

vek21.petro.ru

18+

ISSN 2221-951X

XXI век : ИТОГИ ПРОШЛОГО И ПРОБЛЕМЫ НАСТОЯЩЕГО

пнчс



2018

№ 4 (44) Т. 7

технические науки



XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего *плюс*

Учредитель – ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»

Главный редактор

Шеуджен Асхад Хазретович, академик Российской академии наук,
доктор биологических наук, профессор

Заместители главного редактора:

Авроров Валерий Александрович, доктор технических наук
Ефремова Сания Юнусовна, доктор биологических наук, профессор
Пашенко Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, профессор
Политаева Наталья Анатольевна, доктор технических наук, профессор
Чулков Валерий Александрович, доктор технических наук, доцент

Редакционная коллегия:

Алехина Марина Анатольевна, доктор физико-математических наук, профессор
Акинин Николай Иванович, доктор технических наук, профессор
Алексеев Геннадий Валентинович, доктор технических наук, профессор
Антипов Сергей Тихонович, доктор технических наук, профессор
Базарнова Юлия Генриховна, доктор технических наук, профессор
Богданов Андрей Владимирович, доктор технических наук, профессор
Бурахта Вера Алексеевна, доктор химических наук, профессор
Васенев Иван Иванович, доктор биологических наук, профессор
Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор
Громов Юрий Юрьевич, доктор технических наук, профессор
Квятковская Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор
Кемалов Берик Каирович – кандидат технических наук, PhD
Кручинина Наталья Евгеньевна, доктор технических наук, профессор
Лавендел Юрий Оскарович, Candidate of the Technical Sciences, LR Dr.sc.ing
Мамедова Тарана Аслан кызы, доктор технических наук
Маскевич Сергей Александрович, доктор физико-математических наук, профессор
Махмудова Любовь Ширваниевна, доктор технических наук, профессор
Михеев Михаил Юрьевич, доктор технических наук, профессор
Первухина Елена Львовна, доктор технических наук, профессор
Петрова Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор
Прохоров Сергей Антонович, доктор технических наук, профессор
Румянцев Константин Евгеньевич, доктор технических наук, профессор
Рыбаков Анатолий Валерьевич, доктор технических наук, доцент
Рыжаков Виктор Васильевич, доктор технических наук, профессор
Стороженко Павел Аркадьевич, член-корреспондент Российской академии наук,
доктор химических наук, профессор
Таранцева Клара Рустемовна, доктор технических наук, профессор
Тихомирова Елена Ивановна, доктор биологических наук, профессор
Фатыхов Юрий Адгамович, доктор технических наук, профессор
Шалагин Сергей Викторович, доктор технических наук
Ципенко Антон Владимирович, доктор технических наук, профессор

Ответственный секретарь

Жарова Олеся Сергеевна, кандидат философских наук

Основан в 2011 г.

18+

Том 7
№ 4 (44)
2018

Журнал выходит
4 раза в год

Входит в ПЕРЕЧЕНЬ рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Зарегистрирован Управлением Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций по Пензенской области ПИ № ТУ 58 – 00243 от 27 апреля 2015 года.

Компьютерная верстка:
О.С. Жарова

Технический редактор:
О.С. Жарова

Адрес редколлегии, учредителя,
редакции и издателя
ФГБОУ ВО «Пензенский
государственный технологический
университет»:
440039, г. Пенза, проезд Байдукова/
ул. Гагарина, д. 1а/11
Тел.: 8(8412) 20-86-39;
E-mail: journal21@penzgtu.ru;
Сайт: <https://vek21.penzgtu.ru>

Подписано в печать 27.11.2018.
Выход в свет 06.12.2018.
Формат 60X84 1/8
Печать ризография.
Усл. печ. л. 29,07.
Тираж 100 экз. Заказ № 1480.

СВЕДЕНИЯ О ЧЛЕНАХ РЕДКОЛЛЕГИИ

Главный редактор

Шеуджен Асхад Хазретович, академик Российской академии наук, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой агрохимии (Кубанский государственный аграрный университет)

Заместители главного редактора:

Авроров Валерий Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Пищевые производства» (Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия)
Ефремова Сания Юнусовна, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Биотехнология и техносферная безопасность» (Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия)
Пащенко Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе (Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия)
Политаева Наталья Анатольевна, доктор технических наук, профессор, профессор Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия)
Чулков Валерий Александрович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Биомедицинская инженерия» (Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия)

Редакционная коллегия:

Алехина Марина Анатольевна, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Математика» (Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия)
Акинин Николай Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность» (Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия)
Алексеев Геннадий Валентинович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Процессы и аппараты пищевых производств» (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, информатики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия)
Антипов Сергей Тихонович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Машины и аппараты пищевых производств» (Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж, Россия)
Базарнова Юлия Генриховна, доктор технических наук, профессор, директор Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия)
Богданов Андрей Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Переработка сельскохозяйственной продукции и безопасность жизнедеятельности» (Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск, Россия)
Бурахта Вера Алексеевна, доктор химических наук, профессор, проректор по научной работе (Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, г. Уральск, Республика Казахстан)
Васенев Иван Иванович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экологии» (РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия)
Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Химическая технология и промышленная экология» (Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия)
Громов Юрий Юрьевич, доктор технических наук, профессор, декан факультета «Информационные технологии» (Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия)
Квятковская Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор, директор института информационных технологий и коммуникаций (Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия)
Кемалов Берик Каирович – кандидат технических наук, PhD, заместитель начальника департамента образования и науки министерства обороны (Республика Казахстан, г. Астана)
Кручинина Наталия Евгеньевна, доктор технических наук, профессор,

заведующий кафедрой «Промышленная экология»
(Российский государственный химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия)

Лавендел Юрий Оскарович, Candidate of the Technical Sciences, LR Dr.sc.ing,
Professor of the Department of Software Engineering
(Rīgas Tehniskā universitāte, Латвия)

Мамедова Тарана Аслан кызы, доктор технических наук, заместитель директора
(Институт Нефтехимических процессов НАН Азербайджана, г. Баку, Азербайджан)

Маскевич Сергей Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, директор
(Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь)

Махмудова Любовь Ширваниевна, доктор технических наук, профессор, директор
(Институт нефти и газа, Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, г. Грозный, Чеченская Республика)

Михеев Михаил Юрьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
«Информационные технологии и системы»
(Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия)

Первухина Елена Львовна, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой информационных систем
(Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия)

Петрова Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Системы автоматизированного проектирования»
(Астраханский инженерно-строительный институт, г. Астрахань, Россия)

Прохоров Сергей Антонович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
«Информационные системы и технологии»
(Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П. Королева, г. Самара, Россия)

Румянцев Константин Евгеньевич, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Информационная безопасность телекоммуникационных систем»
(Инженерно-технологическая академия, Южный федеральный университет, г. Таганрог, Россия)

Рыбаков Анатолий Валерьевич, доктор технических наук, доцент
(Академия гражданской защиты МЧС России, г. Москва, Россия)

Рыжаков Виктор Васильевич, доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Техническое управление качеством»
(Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия)

Стороженко Павел Аркадьевич, член-корреспондент Российской академии наук, доктор химических наук, профессор, генеральный директор ГНЦ РФ «Государственный ордена Трудового Красного Знамени НИИ химии и технологии элементоорганических соединений», профессор кафедры химии и технологии элементоорганических соединений
(Московский институт тонкой химической технологии имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия)

Таранцева Клара Рустемовна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
«Биотехнология и техносферная безопасность»
(Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия)

Тихомирова Елена Ивановна, доктор биологических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Экология»
(Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов, Россия)

Фатыхов Юрий Адгамович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Пищевых и холодильных машин»
(Калининградский технический университет, г. Калининград, Россия)

Шалагин Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор кафедры «Компьютерные системы»
(Казанский Национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева, г. Казань, Россия)

Ципенко Антон Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физика»
(Московский авиационный институт, г. Москва, Россия)

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Колонка редактора.....	12
ДИНАМИЧЕСКАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ШАГАЮЩЕГО РОБОТА С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА	
Рядчиков Игорь Викторович, Гусев Александр Алексеевич, Сеченев Семен Ильич.....	14
МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЙ СЛОЖНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
Гольшевский Олег Анатольевич, Прокофьев Олег Владимирович.....	19
РАСПРЕДЕЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ СЕТЕЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ НА БАЗЕ СМАРТФОНА	
Мартышин Георгий Викторович, Пышкина Ирина Сергеевна, Пашенко Дмитрий Владимирович.....	24
ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ДИАГНОСТИРОВАНИИ ОСТРОГО НАЗОФАРИНГИТА	
Хусейн Абдуллах Х.Х.....	29
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ АНАЛИЗА ПУБЛИКАЦИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ	
Мартышкин Алексей Иванович, Сальников Игорь Иванович, Пашенко Дмитрий Владимирович, Бершадская Елена Григорьевна.....	35
ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ВЕБ-САЙТОВ НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО АВТОМАТА	
Смирнов Дмитрий Сергеевич, Шашков Борис Дмитриевич.....	45
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО СИГНАЛА МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ НА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛНАХ КРУЧЕНИЯ	
Слесарев Юрий Николаевич, Воронцов Александр Анатольевич.....	49
ОРГАНИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ПЕРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРОЙ В ВИДЕ ОБЛАЧНОГО СЕРВИСА, ФОРМИРУЕМОГО ПО ЗАПРОСУ КЛИЕНТА (РЕАЛИЗАЦИЯ ИЗМЕНЯЕМОЙ СИСТЕМНОЙ АРХИТЕКТУРЫ)	
Мустафа Садек Джафар, Зинкин Сергей Александрович, Карамышева Надежда Сергеевна.....	54
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ВЫБОРА СТРУКТУРЫ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ПРИМЕРЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ	
Тимофеев Максим Николаевич, Тимофеев Алексей Николаевич.....	61
МЕТОД РЕАЛИЗАЦИИ ПОДСИСТЕМЫ РАССЫЛКИ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДИНАМИЧЕСКОМУ СПИСКУ ПОЛУЧАТЕЛЕЙ	
Калашников Виталий Александрович, Борискин Вячеслав Владимирович, Родионов Владислав Сергеевич, Гурин Евгений Иванович, Митрохин Максим Александрович.....	67
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРИ ОПИСАНИИ И УПРАВЛЕНИИ РЕСУРСАМИ И РАБОЧЕЙ НАГРУЗКОЙ АДАПТИВНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ТЕХНОЛОГИЕЙ ВИРТУАЛИЗАЦИИ РЕСУРСОВ	
Бутаев Михаил Матвеевич, Папко Антонина Алексеевна, Курносов Владимир Ефимович, Мартышкин Алексей Иванович, Пашенко Дмитрий Владимирович.....	71
К ВОПРОСУ ИСЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ КОМПЬЮТЕРОВ В ПРОЦЕССЕ ПОДКЛЮЧЕНИЯ К КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ ЧАСТНОГО ОБЛАКА ПЕНЗГТУ	
Папко Антонина Алексеевна, Курносов Владимир Ефимович, Михайлов Петр Григорьевич, Слесарев Юрий Николаевич, Воронцов Александр Анатольевич.....	79
ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ В CASE-СРЕДСТВАХ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ	
Бурнашев Рустам Арифович.....	85

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСЕВОЙ КОМПОНЕНТЫ МАГНИТНОГО ПОЛЯ КОЛЬЦЕВОГО МАГНИТА Слесарев Юрий Николаевич, Воронцов Александр Анатольевич.....	92
РАЗРЕШЕНИЕ КОНФЛИКТА ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ БРОНИРОВАНИЯ БИЛЕТОВ Веселова Марина Дмитриевна, Забродина Ксения Андреевна, Сафронова Валерия Сергеевна, Пучкова Ульяна Николаевна, Кучин Алексей Викторович.....	97
ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ФОРМЫ КОНСТРУКЦИЙ Курносов Владимир Ефимович, Андреева Татьяна Владимировна.....	103
ВОЗМОЖНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОГО НК-АВТОМАТА КАУФМАНА ПРИ ИМИТАЦИИ ОСОБОГО ПЕРИОДА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ Бабич Михаил Юрьевич, Бабич Андрей Михайлович.....	110
АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ И СЦЕНАРИЕВ РАЗВИТИЯ «УМНЫХ ГОРОДОВ» Видясова Людмила Александровна, Качурина Полина Андреевна.....	115
МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ КРИПТОГРАФИЧЕСКОГО БЛОКА СЖАТИЯ ХЕШ-ФУНКЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛНОСВЯЗНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ Дубравин Алексей Викторович, Петкилев Александр Алексеевич, Балаев Кирилл Артемович, Межгорин Даниил Сергеевич.....	119
ПОДХОДЫ К ОПИСАНИЮ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ФОРМАТЕ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ, РЕАЛИЗУЕМЫХ НА ПЛИС Ушенина Инна Владимировна, Сальников Игорь Иванович, Слесарев Юрий Николаевич, Михайлов Петр Григорьевич, Ремонтов Андрей Петрович.....	122
ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗВЕСТНЫХ СРЕДСТВ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ, ПОЛУЧАЕМЫХ ИЗ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ Папко Антонина Алексеевна, Бутаев Михаил Матвеевич, Сальников Игорь Иванович, Курносов Владимир Ефимович, Мартышкин Алексей Иванович.....	128
ОРГАНИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ПЕРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРОЙ В ВИДЕ ОБЛАЧНОГО СЕРВИСА, ФОРМИРУЕМОГО ПО ЗАПРОСУ КЛИЕНТА (КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ГРАФЫ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ АЛГОРИТМОВ) Мустафа Садек Джафар, Зинкин Сергей Александрович, Карамышева Надежда Сергеевна.....	136
ТЕХНОЛОГИИ IN-MEMORY ДЛЯ ХРАНЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ СТРУКТУРИРОВАННЫХ И СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДАННЫХ Артюшина Елена Анатольевна, Сальников Игорь Иванович.....	147
ВЫЯВЛЕНИЕ УЗКИХ МЕСТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ НАГРУЗКИ Саватеев Максим Валерьевич, Калашников Виталий Александрович, Борискин Вячеслав Владимирович, Исхаков Никита Валерьевич, Коннов Николай Николаевич.....	153
АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОИСК ДВИЖЕНИЯ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ Кочкин Василий Алексеевич, Лоскутов Владимир Юрьевич.....	159
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИНТЕЗАТОРА FloPoCo ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НА ПЛИС АККУМУЛЯТОРОВ, РАБОТАЮЩИХ В ФОРМАТЕ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ Ушенина Инна Владимировна.....	165
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАРУШИТЕЛЯ В РЛТСО ДЛЯ ЧАСТОТНОГО МЕТОДА ОБНАРУЖЕНИЯ И ДЛЯ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ Данилов Евгений Александрович.....	170
К ВОПРОСУ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА МАГНИТОСТРИКЦИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И ВЛИЯНИИ НА НЕЕ	

ТОЛЩИНЫ ПОСТОЯННОГО МАГНИТА Папко Антонина Алексеевна, Воронцов Александр Анатольевич, Слесарев Юрий Николаевич, Курнос Владимир Ефимович, Михайлов Петр Григорьевич.....	177
ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФОРМА УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ФУРЬЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ТЕПЛОАГРУЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ Курнос Владимир Ефимович, Наумова Ирина Юрьевна.....	182
АКТУАЛИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ Гольшевский Олег Анатольевич Усачев Юрий Евгеньевич, Ремонтов Андрей Петрович.....	188
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ	
ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕРОВ ОТВЕРСТИЙ СИТОВОГО БАРАБАНА ПРОТИРОЧНОЙ МАШИНЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ ИЗ КАБАЧКОВ Богданов Андрей Владимирович, Ганенко Сергей Владимирович, Попова Светлана Юрьевна, Штриккер Любовь Андреевна.....	192
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАМЕДЛЕНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ Романчиков Сергей Александрович.....	196
ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДА АНАЛИЗА РАЗМЕРНОСТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЦЕССА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ЭМУЛЬСИЙ И СУСПЕНЗИЙ В ВЫСОКОСКОРОСТНОМ РОТОРНОМ ДИСПЕРГАТОРЕ Мурашкина Оксана Александровна, Сарафанкина Елена Александровна, Авроров Валерий Александрович.....	201
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ КРАСИТЕЛЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ Айлярова Мадина Камболатовна, Рехвиашвили Этери Илларионовна, Кабулова Марина Юрьевна, Гревцова Светлана Алексеевна.....	206
СВОЙСТВА КУКУРУЗНЫХ КРАХМАЛОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ МУЛЬТИФЕРМЕНТНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ АМИЛОСУБТИЛИНОМ И BACILLUS LICHTNIFORMIS Никитина Елена Владимировна, Юртаева Татьяна Александровна, Гамула Ольга Олеговна.....	210
РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ В ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ И МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ Шешницан Ирина Николаевна, Шабурова Галина Васильевна.....	215
РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВИНЕ ИЗ ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ Макаров Сергей Сергеевич, Панасюк Александр Львович, Макаров Сергей Юрьевич.....	221
ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ, ОБОГАЩЕННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ Габдукаева Лилия Зуфаровна, Решетник Ольга Алексеевна.....	227
МЯСНЫЕ ЗРАЗЫ ИЗ КОНИНЫ Бочкарева Зенфира Альбертовна, Пчелинцева Ольга Николаевна.....	233
РЫБНЫЕ ФОРМОВАННЫЕ ИЗДЕЛИЯ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ Асфондырова Ирина Владимировна, Демченко Вера Артемовна, Кучерявенко Маргарита Андреевна.....	238
МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ В ОТНОШЕНИИ ТОМАТНЫХ СОУСОВ Аверьянова Елена Витальевна, Неверова Анастасия Юрьевна.....	244
БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА	
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА Свиридова Татьяна Валерьевна, Боброва Ольга Борисовна.....	250

ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА Киреева Лилия Александровна, Каверзнева Татьяна Тимофеевна.....	256
ИНСТИТУТ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА Сучилкина Елена Владимировна.....	263
О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ, ФОРМИРУЮЩИХ УСЛОВИЯ ТРУДА Морозов Сергей Дмитриевич, Розенберг Наталья Владимировна, Парменов Анатолий Александрович, Носов Владимир Иванович.....	270
ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Андреев Андрей Викторович, Бурлов Вячеслав Георгиевич, Гомазов Федор Андреевич.....	276
БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ Мартынова Дина Юрьевна, Манаева Алина Рамзиловна.....	282
ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ» Андреев Андрей Викторович, Бызов Антон Прокопьевич, Гомазов Федор Андреевич.....	286
СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИЯ СКОШЕННОЙ ГАЗОННОЙ ТРАВЫ Куликова Евгения Геннадьевна, Ефремова Сания Юнусовна, Пономарева Галина Евгеньевна.....	292
АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И КАЧЕСТВО ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ Разикова Наталья Игоревна, Кочегарова Ксения Алексеевна, Патраков Эдуард Викторович.....	297
ОЦЕНКА СЕЗОННОГО ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОДАХ Каргин Святослав Юрьевич, Таранцева Клара Рустемовна.....	303

CONTENT
INFORMATION SCIENCE, COMPUTING DEVICES AND CONTROLLING

Editor column	12
DYNAMIC STABILIZATION OF WALKING ROBOT USING GENETIC ALGORITHM Ryadchikov Igor Viktorovich, Gusev Alexander Alekseevich, Sechenov Semyon Ilyich.....	14
MODEL OF SYSTEM FORECASTING CONDITIONS OF COMPLEX TECHNICAL OBJECT Golyshevsky Oleg Anatolyevich, Prokofiev Oleg Vladimirovich.....	19
DISTRIBUTED COMPLEX FOR DIAGNOSTICS AND MONITORING OF PARAMETERS OF CELLULAR COMMUNICATION NETWORKS ON THE BASIS OF SMARTPHONE Martyashin Georgiy Viktorovich, Pyshkina Irina Sergeevna, Pashchenko Dmitry Vladimirovich.....	24
TECHNOLOGICAL BASES OF APPLICATION OF THE DATA ANALYSIS ALGORITHM IN THE SPHERE OF MEDICINE, ON THE EXAMPLE OF ACUTE NAZOFARINGIT Hussein Abdullah H.H.....	29
DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR ANALYSIS OF PUBLICATION OF USERS IN SOCIAL NETWORKS Martyshkin Alexey Ivanovich, Salnikov Igor Ivanovich, Pashchenko Dmitry Vladimirovich, Bershadskaya Elena Grigorevn.....	35
PRINCIPLES OF AUTOMATED TESTING OF WEB SITES BASED ON A PROBABILISTIC AUTOMATON Smirnov Dmitry Sergeevich, Shashkov Boris Dmitrievich.....	45
SIMULATION OF THE ACCURACY OF THE FORMATION OF THE MEASURING SIGNAL OF MAGNETOSTRICTIVE TRANSDUCERS OF LINEAR DISPLACEMENTS ON ULTRASONIC TORSION WAVES Slesarev Yuriy Nikolaevich, Vorontsov Aleksandr Anatolievich.....	49
ORGANIZING THE FUNCTIONALITY OF THE DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEMS USING A VARIABLE ARCHITECTURE AS A CLOUD SERVICE, FORMED UPON THE CUSTOMER'S REQUEST (A REALIZATION OF VARIABLE SYSTEM ARCHITECTURE) Mustafa Sadeq Jaafar, Sergey Alexandrovich Zinkin, Nadezhda Sergeevna Karamysheva.....	54
USING A SYSTEM APPROACH TO SELECT A STRUCTURE OF A HYBRID ELECTRIC POWER STATION ON THE EXAMPLE OF THE SARATOV REGION Timofeev Maksim Nikolaevich, Timofeev Alexey Nikolaevich.....	61
THE METHOD OF IMPLEMENTATION OF A BROADCAST SUBSYSTEM OF CRITICAL IMPORTANT INFORMATION TO A DYNAMIC LIST OF RECIPIENTS Kalashnikov Vitaly Alexandrovich, Boriskin Vyacheslav Vladimirovich, Rodionov Vladislav Sergeevich, Gurin Evgeny Ivanovich, Mitrokhin Maxim Alexandrovich.....	67
USING ELEMENTS OF QUEUING THEORY IN DESCRIBING AND MANAGING RESOURCES AND WORKLOAD OF ADAPTIVE MATHEMATICAL MODELS OF COMPUTING SYSTEMS WITH TECHNOLOGY OF VIRTUALIZATION OF RESOURCES Butaev Mikhail Matveyevich, Papko Antonina Alekseevna, Kurnosov Vladimir Efimovich, Martyshkin Alexey Ivanovich, Pashchenko Dmitry Vladimirovich.....	71
TO THE QUESTION OF THE RESEARCH OF THE CHANGES OF THE QUICKNESS OF COMPUTERS IN THE PROCESS OF CONNECTION TO THE COMPUTER NETWORK OF THE PRIVATE CLOUD PSTU Papko Antonina Alekseevna, Kurnosov Vladimir Efimovich, Mikhaylov Petr Grigorievich, Slesarev Yuriy Nikolaevich, Vorontsov Aleksandr Anatolievich.....	79
APPLICATION OF EXPERT SYSTEMS TO SOFTWARE DEVELOPMENT CASE TOOLS Burnashev Rustam Arifovich.....	85
STUDY OF THE AXIAL COMPONENT OF THE MAGNETIC FIELD OF RING MAGNET Slesarev Yuriy Nikolaevich, Vorontsov Aleksandr Anatolievich.....	92

CONFLICT RESOLUTION DURING PARALLEL DATA PROCESSING ON THE EXAMPLE OF TICKETS BOOKING Veselova Marina Dmitrievna, Zabrodina Ksenia Andreevna, Safronova Valeria Sergeevna, Puchkova Ulyana Nikolaevna, Kuchin Alexey Victorovich.....	97
LOGICAL-MATHEMATICAL REPRESENTATION OF THE EQUATIONS THEORY OF ELASTICITY FOR SOLVING PROBLEMS AUTOMATIC SYNTHESIS OF FORM DESIGNS Kurnosov Vladimir Efimovich, Andreeva Tatiana Vladimirovna.....	103
OPPORTUNITIES OF THE MODIFIED KAUFFMAN'S NK AUTOMATON IN IMITATION OF SYSTEM FUNCTIONING SPECIAL PERIOD Babich Mihail Jur'evich, Babich Andrey Mihailovich.....	110
ANALYSIS OF MODELS AND SCENARIOS OF SMART CITIES DEVELOPMENT Vidiasova Lyudmila Aleksandrovna, Kachurina Polina Andreevna.....	115
CRYPTOGRAPHIC HASH FUNCTION'S COMPRESSION BLOCK CREATION METHOD BASED ON FULLY CONNECTED NEURAL NETWORK Dubravin Aleksey Victorovich, Petkilev Alexander Alexeyevich, Balaev Kirill Artemovich, Mezhgorin Daniil Sergeevich.....	119
APPROACHES TO DESCRIPTION OF FLOATING POINT CALCULATIONS INTENDED TO BE IMPLEMENTED ON FPGA Ushenina Inna Vladimirovna, Salnikov Igor Ivanovich, Slesarev Yuriy Nikolaevich, Mikhaylov Petr Grigorievich, Remontov Andrey Petrovich.....	122
STUDY OF KNOWN MEANS OF COLLECTION AND ANALYSIS OF DATA FROM SOCIAL NETWORKS Papko Antonina Alekseevna, Butaev Mikhail Matveyevich, Salnikov Igor Ivanovich, Kurnosov Vladimir Efimovich, Martyshkin Alexey Ivanovich.....	128
ORGANIZING THE FUNCTIONALITY OF THE DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEMS USING A VARIABLE ARCHITECTURE AS A CLOUD SERVICE, FORMED UPON THE CUSTOMER'S REQUEST (THE CONCEPTUAL GRAPHS OF DISTRIBUTED ALGORITHMS) Mustafa Sadeq Jaafar, Sergey Alexandrovich Zinkin, Nadezhda Sergeevna Karamysheva.....	136
MEMORY TECHNOLOGIES FOR STORING, PROCESSING AND ANALYSING OF LARGE VOLUMES OF STRUCTURED AND WEAKLY STRUCTURED DATA Artyushina Elena Anatolievna, Salnikov Igor Ivanovich.....	147
IDENTIFY BOTTLENECKS IN COMPUTING SYSTEMS USING A LOAD MODELING METHOD Savateev Maxim Valerievich, Kalashnikov Vitaly Alexandrovich, Boriskin Vyacheslav Vladimirovich, Iskhakov Nikita Valerievich, Konnov Nikolay Nikolaevich.....	153
THE AUTOMATIC METHOD FOR SEARCHING OF MOTION IN DYNAMIC HETEROGENEOUS IMAGES SEQUENCE Kochkin Vasilij Alekseevich, Loskutov Vladimir Yur'evich.....	159
EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF USING FloPoCo SYNTHESIZER IN FPGA-IMPLEMENTATION OF FLOATING-POINT ACCUMULATORS Ushenina Inna Vladimirovna.....	165
THE ANALYSIS OF POSSIBILITIES EXTRACTING THE INFORMATIVE PARAMETERS OF THE INTRUDER IN RLTSO FOR THE FREQUENCY DETECTION METHOD AND FOR THE WAVELET TRANSFORM Danilov Evgeny Aleksandrovich.....	170
TO THE QUESTION OF MATHEMATICAL MODELLING OF THE OUTPUT SIGNAL OF THE MAGNETOSTRICTION CONVERTER OF MOVEMENTS AND INFLUENCE OF THICKNESS OF THE PERMANENT MAGNET ON IT Papko Antonina Alekseevna, Vorontsov Aleksandr Anatolievich, Slesarev Yuriy Nikolaevich, Kurnosov Vladimir Efimovich, Mikhaylov Petr Grigorievich.....	177
LOGICAL AND MATHEMATICAL FORM OF THE THERMAL CONDUCTIVITY EQUATION OF FOURIER TO SOLVE THE PROBLEMS OF ANALYSIS AND SYNTHESIS OF HEAT-LOADED	

CONSTRUCTIONS

Kurnosov Vladimir Efimovich, Naumova Irina Yurevna.....182

ACTUALIZATION OF EDUCATIONAL PROGRAMS

Golyshevsky Oleg Anatolievich, Usachev Yury Evgenievich, Remontov Andrey Petrovich.....188

FOOD TECHNOLOGY**SUBSTANTIATION OF THE SIZES OF THE HOLES OF THE SIEVE DRUM MASHING MACHINE IN THE PRODUCTION PROCESS OF VEGETABLE MARROW**

Bogdanov Andrey Vladimirovich, Ganenko Sergey Vladimirovich, Popova Svetlana Yuryevna, Stricker Liubov Andreevna.....192

DEVICE FOR LASTING MICROBIOLOGICAL PROCESSES IN FOOD PRODUCTS

Romanchikov Sergey Aleksandrovich.....196

THE USE OF THE METHOD OF DIMENSIONAL ANALYSIS FOR PROCESS EVALUATION OF DISPERSION OF EMULSIONS AND SUSPENSIONS IN A HIGH-SPEED ROTARY DISPENSER

Murashkina Oxana Alecsandrovna, Sarafankina Elena Alecsandrovna, Avrorov Valery Alecsandrovich.....201

BIOTECHNOLOGICAL ASPECTS OF PRODUCTION OF THE DYE OF NATURAL ORIGIN

Ailarova Madina Cambeltowna, Rekhviashvili Eteri Illarionovna, Kabulova Marina Yuryevna, Grevtsova Svetlana Alexeevna.....206

PROPERTIES OF CORN STARCH, MODIFIED BY AMULOSUBTILIN MULTIPUREMENTS AND BACILLUS LICHTNIIFORMIS

Nikitina Elena Vladimirovna, Yurtaeva Tatyana Alexandrovna, Gamula Olga Olegovna.....210

VEGETATIVE RAW MATERIAL IN TECHNOLOGY FUNCTIONAL BAKERY AND FAMILY CONFECTIONERY PRODUCTS

Sheshnitsyn Irina Nikolaevna, Shaburova Galina Vasilievna.....215

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR INCREASING THE CONCENTRATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN BLACK CURRANT WINE

Makarov Sergey Sergeevich, Panasyuk Alexander Lvovich, Makarov Sergey Uyrievich.....221

FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF CHOPPED MEAT PRODUCTS ENRICHED WITH VEGETABLE COMPONENTS

Gabdukaeva Liliya Zufarovna, Reshetnik Olga Alexeevna.....227

STUFFED HORSEMEAT

Bochkareva Zenfira Albertovna, Pchelinceva Olga Nikolaevna.....233

FISH FOOD PRODUCTS OF HIGH FOOD VALUES

Asfondyarova Irina Vladimirovna, Demchenko Vera Artemovna, Kucheryavenko Margarita Andreevna.....238

MARKETING RESEARCH OF CONSUMER PREFERENCES WITH RESPECT TO TOMATO SAUCES

Averyanova Elena Vitalevna, Neverova Anastasiya Yuryevna.....244

HUMAN ACTIVITY SAFERY**ANALYSIS OF METHODS ESTIMATE OF INDUSTRIAL INJURIES AND PROFESSIONAL RISK**

Sviridova Tatyana Valeryevna, Bobrova Olga Borisovna.....250

GENERAL TRENDS OF CHANGES IN LEGISLATION IN THE FIELD OF LABOR PROTECTION

Kireeva Lilia Alexandrovna, Kaverzneva Tatyana Timofeevna.....256

INSTITUTE OF SPECIAL ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS

Suchilkina Elena Vladimirovna.....263

ABOUT SOME ASPECTS, THAT FORM LABOUR CONDITIONS

Morozov Sergey Dmitrievich, Rosenberg Natalya Vladimirovna, Parmenov Anatoly Alecsanrovich, Nosov Vladimir Ivanovich.....270

TECHNOLOGY FOR MANAGING WORK SAFETY PROCESSES Andreev Andrey Viktorovich, Burlov Vyacheslav Georgievich, Gomazov Fedor Andreevich.....	276
SAFETY OF THE URBAN ENVIRONMENT AS A FACTOR OF ENSURING THE QUALITY OF LIFE OF THE POPULATION Martynova Dina Yurievna, Manaeva Alina Ramzilevna.....	282
APPLICATION OF PROJECT ACTIVITY IN TEACHING STUDENTS IN THE DIRECTION OF «TECHNOSPHERIC SAFETY» Andreev Andrey Viktorovich, Byzov Antoy Prokopievich, Gomazov Fedor Andreevich.....	286
METHODS OF DISPOSAL OF MOWN TURF GRASS Kulikova Yevgeniya Gennadyevna, Efremova Saniya Yunusovna, Ponomareva Galina Yevgenyevna.....	292
ATOMIC ENERGY AND QUALITY OF POPULATION LIFE Razikova Natalia Igorevna, Kochegarova Ksenia Alexeyevna, Patakov Eduard Viktorovich.....	297
ASSESSMENT OF SEASONAL CHANGES IN THE CONTENT OF PETROLEUM PRODUCTS IN URBAN WASTE Kargin Svyatoslav Yurievich, Tarantseva Klara Rustemovna.....	303

ПОДХОДЫ К РАЗВИТИЮ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СОВРЕМЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Современный ВУЗ это, прежде всего преподаватели и научные сотрудники, совместно формирующие его облик.

По национальному проекту «Наука», в рамках выполнения стратегии научно-технологического развития до 2035 года, президентом РФ поставлена задача – войти в пятерку высокотехнологических стран мира. Для решения задачи по всей стране планируется построить и модернизировать до 900 научных лабораторий мирового уровня. Это будут лаборатории как фундаментального, так и прикладного профиля исследования в которых должны быть ориентированы на решение как национальных, так и мировых научных и технических проблем. Создание их потребует привлечения научно-технического потенциала ведущих промышленных предприятий и организаций, а современный ВУЗ должен выступить научной площадкой и поставщиком кадров для таких лабораторий.

Если обратиться к опыту ведущих мировых университетов, то все чаще осуществляется переход от подготовки студентов в рамках кафедральной структуры к более укрупненной форме факультетов и супер факультетов. Это справедливо и для ведущих российских ВУЗов, имеющих свои приоритетные направления развития и участвующие в программе 5-100. Существуют и минусы такого подхода, в виде потери уникальности основ современного университета, к которым без преувеличения можно отнести выпускающие кафедры. Поэтому во многих университетах предлагается альтернатива такому подходу, заключающаяся в разделении на кафедре научной и образовательной деятельности. При таком подходе, образовательная деятельность использует последние научные достижения при подготовке студентов, что является более рациональным и позволяет сохранить и гармонично развивать научный и педагогический потенциал профессорско-преподавательского состава, формировать кадровый резерв из студентов и аспирантов. Минусом кафедральной организации является меньшая гибкость при изменении федеральных образовательных стандартов и номенклатуры специальности.

Важнейшим вопросом при создании новых научных лабораторий и научно-образовательных центров является привлечение ведущих ученых к руководству и работе над проектами этих лабораторий. Государство оказывает поддержку в этом вопросе – программы Российского научного фонда, Российского фонда фундаментальных исследований. Фонды регулярно финансируют совместные научные исследования, проводимые с участием ведущих иностранных и отечественных ученых. Вузам необходимо участвовать в этих проектах как самостоятельно, так и в рамках коллабораций с ведущими отечественными университетами. Поэтому каждый региональный университет должен иметь своё «отраслевое лицо», выделяющее его на фоне остальных вузов, с учетом территориальной специфики, опыта работы и приоритетных направлений развития.

Реализация на базе Пензенского государственного технологического университета (ПензГТУ) модели индустриального университета позволяет, с одной стороны, воспитать молодые технические кадры, способные генерировать идеи и реализовывать их в рамках реальных проектов на производстве. Ориентация на подготовку студентов в рамках проектной деятельности позволяет привлекать ведущих специалистов предприятий к образовательной и научно-исследовательской деятельности, модернизировать образовательный вектор университета с потребностями предприятий и участвовать в разработке новой инновационной продукции. В целях развития научно-исследовательской деятельности студентов и аспирантов в ВУЗе созданы студенческие научные объединения и общества, в которых сложились как традиционные, так и новые формы НИРС что формирует преемственность поколений и реализуется возможность беспрепятственного внедрения новых технологий в уже существующие решения:

– «Проектирования элементов технически сложных систем» – создание инновационных технологий в области беспилотных летательных аппаратов и робототехники;

– «Высокопроизводительные вычисления и встраиваемые системы» – развитие облачных технологий, разработка и исследование устройств аппаратной поддержки для повышения производительности операционных систем; разработка и исследование аппаратного ядра с изменяемой конфигурацией многопроцессорных операционных систем реального времени с использованием математических моделей на основе приоритетных сетей массового обслуживания;

– «Мобильные технологии» – разработка проектов мобильных приложений для университета, тесно связанных с инфраструктурой ВУЗа и поддержка научных работ, использующих мобильные технологии.

На базе кафедр созданы и успешно функционируют научно-образовательные центры, созданные в рамках партнерских соглашений о сотрудничестве университета с ведущими предприятиями региона.

В университете основной упор в работе делается на приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, утвержденные указом Президента РФ № 899 от 7 июля 2011 г. Сотрудники проводят исследования в направлениях: «Индустрия наносистем», «Информационно-телекоммуникационные системы», «Рациональное природопользование», «Энергоэффективность, энер-

госбережение, ядерная энергетика».

ПензГТУ позиционирует себя как индустриальный ВУЗ, расположенный в шаговой доступности от целого кластера предприятий радиоэлектронной, химической и пищевой промышленности. Вместе с тем, университет обладает мощным социально-гуманитарным блоком, успешно реализующим научные проекты, поддержанные РНФ и РФФИ, мощным IT- кластером, который определяет вектор развития университета и совпадает с направлением развития Пензенской области. Содействуют развитию связи между предприятием и университетом федеральные целевые программы, в рамках которых возможно проведение НИР и НИОКР при софинансировании государства. Это, прежде всего, федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы»; постановление №220 правительства РФ, направленное на финансовое обеспечение и стимулирование развития науки и ее инновационной составляющей; постановление правительства №218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских образовательных организаций высшего образования, государственных научных учреждений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства, в рамках подпрограммы «Институциональное развитие научно-исследовательского сектора» государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы» и фонд перспективных исследований.

В заключении хотелось подчеркнуть одну из основных задач современного вуза – сохранение и развитие кадрового потенциала, прежде всего профессорско-преподавательского состава, молодых ученых, обеспечение благоприятных условий для защиты кандидатских и докторских диссертаций. Современный университет – это, прежде всего, площадка, интегрированная в мировые научные исследования, осуществляющая научные и технические работы совместно с ведущими национальными и мировыми предприятиями и организациями.

Пащенко Д.В.




Пащенко Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, профессор, почетный работник сферы образования РФ.

В 1998 г. окончил Пензенский государственный университет по специальности «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети».

В 2003 г. защитил кандидатскую диссертацию по специальностям 05.13.01 – «Системный анализ управление и обработка информации» и 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» на тему «Математическое и программное обеспечение систем принятия решений в пост катастрофических ситуациях». В 2006 г. присвоено ученое звание доцент по кафедре «Вычислительная техника». С 2006 г. – член-корреспондент Академии информатизации образования.

В 2013 г. – защитил докторскую диссертацию по специальности 05.13.01 – «Системный анализ управление и обработка информации» по тематике разработки экспертных систем контроля полетной информации авиационных комплексов радиолокационного дозора и наведения. В 2018 г. присвоено звание профессора по специальности «Теоретические основы информатики».

С 2005 г. года работал на кафедре вычислительной техники ФГБОУ ВО ПГУ, с 2014 по 2018 г. – в должности заведующего кафедрой. 2007–2015 гг. – работал по совместительству ведущим инженером АО «НПП «Рубин» (г. Пенза) над проектами АО концерн «Радиостроения «ВЕГА» (г. Москва): разработка экспертной системы диагностики для авиационных комплексов А-50; разработка экспертной системы диагностики авиационных комплексов А-100. С 2014 по 2016 г. – руководитель проекта «Единая базовая платформа управления наземной инфраструктурой ракетно-космической техники» по ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы». С 2017 года работает над проектами по распознаванию запахов «Искусственный нос», биометрический почерк, развитие блокчейн технологий, информационные системы территориально протяженных объектов.

С 2018 г. – член экспертного совета ВАК по управлению, вычислительной технике и информатике. Член трех диссертационных советов. С июля 2018 г. – проректор по научной работе Пензенского государственного технологического университета.

Имеет 11 публикаций, индексируемых в базах данных Scopus и WoS.

УДК 004.896:621.865

ДИНАМИЧЕСКАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ШАГАЮЩЕГО РОБОТА С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

© 2018

Рядчиков Игорь Викторович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры оптоэлектроники *Кубанский государственный университет*
(350040, Россия, Краснодар, улица Ставропольская, 149)

Гусев Александр Алексеевич, аспирант кафедры оптоэлектроники
Кубанский государственный университет
(350040, Россия, Краснодар, улица Ставропольская, 149, e-mail: gusevftf@ya.ru)

Сеченев Семен Ильич, аспирант кафедры математического моделирования
Кубанский государственный университет
(350040, Россия, Краснодар, улица Ставропольская, 149)

Аннотация. Простейшей моделью для исследования динамической устойчивости шагающего робота является модель обратного маятника. Компенсация отклонений корпуса от положения равновесия, возникающих при ходьбе робота, может осуществляться с помощью пар гироскопических устройств, расположенных на осях перпендикулярных векторам продольных и поперечных отклонений корпуса при ходьбе робота. Для управления гироскопическими устройствами часто используют ПИД-регуляторы в силу их широкой распространенности и относительной простоты подбора управления. Популярные прикладные пакеты наподобие Simulink предлагают встроенные средства линеаризации моделей и подбора коэффициентов ПИД-регуляторов. Однако найденные линеаризацией коэффициенты не всегда оказываются лучшим решением для нелинейных систем, возникают сложности при настройке каскадов ПИД-регуляторов с учетом желаемых механико-геометрических свойств модели. Указанные сложности создают спрос на исследование более эффективных методик настройки регуляторов и проектирование систем управления с учетом новых результатов. В данной публикации демонстрируется применение генетического алгоритма для настройки разработанной авторами системы динамической стабилизации шагающего робота. Приведена структурно-логическая схема системы стабилизации. Получены коэффициенты ПИД-регуляторов. Показано поведение модели робота с учетом найденных коэффициентов при моделировании 10° -ого отклонения от положения равновесия. Выявлены недостатки и предложены способы повышения надежности работы генетического алгоритма в среде Matlab / Simulink.

Ключевые слова: система динамической стабилизации, шагающий робот, обратный маятник, генетический алгоритм, ПИД-регулятор, гироскопическая стабилизация.

DYNAMIC STABILIZATION OF WALKING ROBOT USING GENETIC ALGORITHM

© 2018

Ryadchikov Igor Viktorovich, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of the department of optoelectronics
Kuban State University

(350040, Russia, Krasnodar, Stavropolskaya St., 149)

Gusev Alexander Alekseevich, post-graduate student of the department of optoelectronics
Kuban State University

(350040, Russia, Krasnodar, Stavropolskaya St., 149, e-mail: gusevftf@ya.ru)

Sechenev Semyon Ilyich, post-graduate student of the department of mathematical modeling
Kuban State University

(350040, Russia, Krasnodar, Stavropolskaya St., 149)

Abstract. The simplest model for studying the dynamic stability of a walking robot is the model of the reverse pendulum. Compensation of deviations of the robot body from the equilibrium position, arising from the robot walking, can be carried out using pairs of gyroscopic devices, located on the axes, perpendicular to the vectors of longitudinal and transverse deviations of the body when the robot walks. PID controllers are often used to control gyroscopic devices due to their wide prevalence and relative ease of control adjustment. Popular software packages, such as Simulink, offer built-in tools for linearization of models and selection of PID coefficients. However, the coefficients found by linearization are not always the best solution for nonlinear systems; there are difficulties in adjusting the PID controller cascades considering the desired mechanical and geometric properties of the model. These difficulties create a demand for the study of more effective methods for setting up regulators and designing control systems based on new results. In this publication, the application of a genetic algorithm for tuning the walking robot dynamic stabilization is shown using the control system suggested by the authors. The structural and logical scheme of the stabilization system is given. The genetically found coefficients of the PID controllers are shown. The behavior of the robot model considering the found coefficients in the simulation of 10° deviation from the equilibrium position is shown. Shortcomings are revealed and the ways for increasing the genetic algorithms

reliability in the Matlab / Simulink environment are suggested in the article.

Keywords: dynamic stabilization system, walking robot, reverse pendulum, genetic algorithm, PID controller, gyroscopic stabilization.

Введение. Настройка ПИД-регуляторов является достаточно изученной задачей линейного программирования. В случае нелинейных систем, таких как системы динамической стабилизации шагающих роботов, можно условно выделить 3 основные группы конкурирующих подходов к настройке ПИД-регуляторов:

1) *линеаризация*, т.е. получение решения с помощью приближенной линейной модели системы в окрестностях некоторой рабочей точки по теореме Ляпунова об устойчивости по линейному приближению [1,2], с использованием кусочно-линейных моделей [3], с использованием различных методик идентификации систем на основе пар входных и выходных данных для построения линейных моделей[4];

2) *автонастройка* регуляторов – на основе различных стратегий предсказания динамики системы [5,6,7], с использованием автонастройки на основе нечеткой логики [8,9,10];

3) *методы глобальной оптимизации* в подборе параметров ПИД-регуляторов, т.е. исследование возможных значений параметров в направлении улучшения целевой характеристики системы.

Среди широкого разнообразия методов глобальной оптимизации[11,12,13] в настройке ПИД-регуляторов сравнительно большее распространение к настоящему времени получили генетические алгоритмы [14,15,16], что объясняется сравнительной простотой и универсальностью постановки задачи для генетического поиска, сравнительно высокой степенью защиты данного метода от «застывания» в локальном минимуме и наличием встроенного решателя генетических алгоритмов во многих математических пакетах. Тем не менее, необходимо отметить и сложности в работе с генетическими алгоритмами: не всегда просто перевести требования к нелинейной системе в запись целевой функции (функции приспособленности) генетического алгоритма; часто необходимы дополнительные ограничения на область поиска параметров во избежание получения решений, приводящих к ошибкам решателя при имитационном моделировании; генетический поиск является ресурсоемким процессом, что, однако, может быть сглажено использованием параллельных вычислений на многоядерных или многопроцессорных системах. Указанные противоречия применения генетических алгоритмов создают спрос на исследование применимости данного подхода к конкретным задачам, поиск подходящих функций приспособленности, описание и устранение возникающих затруднений применения генетических алгоритмов.

В данном исследовании изучается применение генетического алгоритма к задаче настройки каска-

да из двух ПИД-регуляторов, управляющих системой компенсации отклонений корпуса при ходьбе робота. Для моделирования динамики робота использована модель обратного маятника, как одна из простых и одновременно адекватных моделей [17]. Несмотря на отмеченные выше сложности применения генетических алгоритмов, предложенная функция приспособленности позволяет найти приемлемое управление за 2 часа параллельной эволюции на 4-ядерном микропроцессоре Intel(R) Core(TM) i7-7700 с тактовой частотой 3601 МГц и 12 Гб оперативной памяти для хранения популяций.

Постановка задачи. Исследуемая механическая модель шагающего робота состоит из балки «а» (рисунок 1) размеров 0,02 x 0,02 x 2,5 м, масса которой пренебрежимо мала. На балке закреплен куб «корпус» стороной 2 м. Центр куба находится на высоте 2,5 м (на конце балки). Масса куба составляет 3520 кг. Через центр куба проходит балка «b» перпендикулярная балке «а». По обоим концам балки «b» прикреплены гироскопические устройства ГУ1, ГУ2. Максимальный кинетический момент каждого из гироскопических устройств не превосходит 9000 Н*м*с.

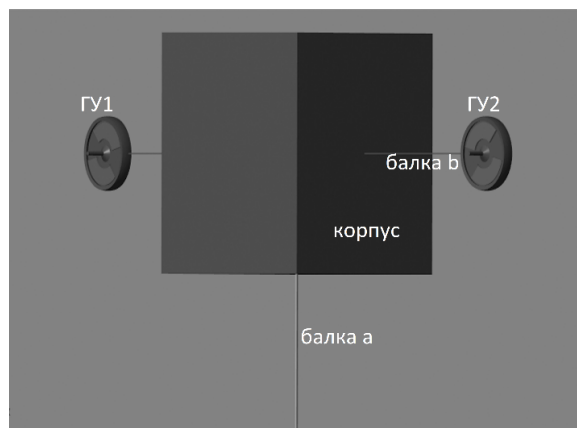


Рисунок 1 – Механическая модель робота

При отклонении корпуса перпендикулярно балке «b» на величину 10° необходимо найти оптимальные параметры каскада ПИД-регуляторов (рисунок 2), управляющих скоростью антисимметричного вращения гироскопических устройств для возвращения корпуса робота к положению равновесия. Для определенности отклонение возникает в момент времени $t=0$. Работа сил трения не учитывается.

Метод. Генетические алгоритмы – это алгоритмы глобальной оптимизации на основе эволюционных вычислений, использующие механизмы случайного подбора, комбинирования и вариации искомым параметров, аналогичные естественному отбору в природе [18].

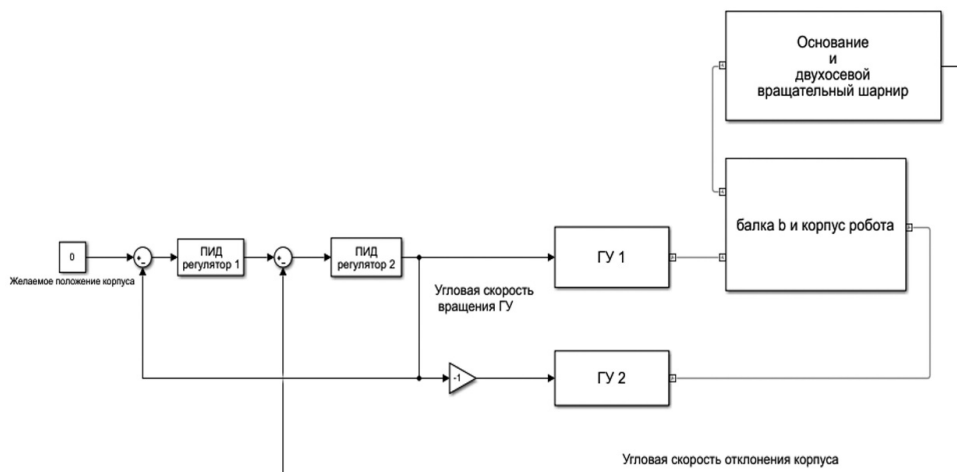


Рисунок 2 – Структура системы стабилизации робота

Формализация задачи осуществляется в виде генотипа – вектора генов, где каждый ген является битом, числом или другим объектом. Случайным образом создается набор генотипов начальной популяции. Каждому генотипу сопоставляется определенное значение функции приспособленности, заданной исследователем. На основе значений функции приспособленности отбираются лучшие генотипы, к которым затем применяются генетические операторы – скрещивание (кроссовер) и мутация, в результате чего появляется новое поколение решений, для которых процедура повторяется [19]. Процесс останавливается через заданное исследователем число поколений с одинаковым лучшим значением функции приспособленности в поколении, по исчерпанию заданного числа поколений, либо времени, отпущенного на генетический поиск [20].

Необходимо отметить, что эволюция может идти как в направлении увеличения значений функции приспособленности, так и в направлении ее минимизации. Выбор направления зависит от настроек пакета, используемого для реализации генетического алгоритма. Изменение направления поиска обычно регулируется с помощью знака функции приспособленности. В данном исследовании генетический поиск шел в направлении *минимизации* функции приспособленности.

Решение. С использованием инструментального средства для создания генетических алгоритмов *ga* из набора *Global Optimization Toolbox* пакета *Matlab R2018a* осуществлялся поиск решения задачи минимизации функции приспособленности f , отражающей неравенство угла отклонения корпуса робота нулю (N) и немонотонность убывания угла отклонения (M):

Таблица 1 – Найденные коэффициенты регуляторов

Регуляторы и коэффициенты	P	I	D	N (коэффициент фильтрации)
ПИД-регулятор 1	-0,1628	-0,0439	0,0650	2,3974
ПИД-регулятор 2	99,8108	143,6955	0,9534	40,5466

$$f = N + M ,$$

$$\text{где } N = \sum w_1 \cdot |\varphi_i| ,$$

$M = R \cdot w_2$, где R - количество случаев, когда при $i > j$ выполняется $\varphi_i > \varphi_j$,

φ_i – угол отклонения для модельного момента t_i ,

w_1, w_2 – весовые коэффициенты, в данном исследовании оба равные 100

Спустя 50 поколений генетического отбора были найдены параметры (таблица 1), соответствовавшие минимуму функции приспособленности 2571,77. Значение функции приспособленности для сгенерированной случайным образом начальной популяции решений составляло 3200.

Динамика корпуса робота с найденными параметрами каскада ПИД-регуляторов показана на рисунке 3.

Для повышения скорости работы генетического алгоритма использовались параллельные вычисления на 4 исполнителях с использованием пакета *Matlab Parallel Computing Toolbox*.

Недостатком реализации генетических алгоритмов в среде *Matlab / Simulink* является «застывание» решателя на наборах параметров, приводящих к неограниченному росту автоколебаний в системе. Точный расчет таких колебаний требует существенного уменьшения временной продолжительности шага решателя. В некоторых случаях заданная в настройках решателя точность расчетов не может быть достигнута при минимальной заданной длине шага, что приводит к аварийному завершению работы всего генетического алгоритма.

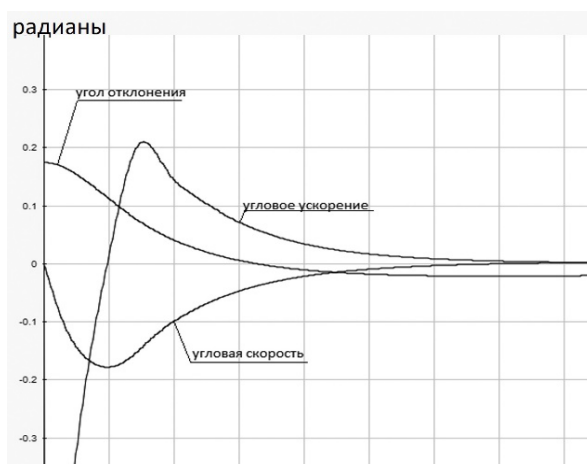


Рисунок 3 – Компенсация отклонения корпуса при управлении, найденном генетическим алгоритмом

Возможны два способа борьбы с этим недостатком, по первому из которых область поиска параметров ограничивается с использованием свойства `InitialPopulationRange` класса параметров функции `ga`. Однако применение данного подхода может привести к нахождению локальных минимумов вследствие установленных ограничений. Кроме того, не всегда возможно априори оценить границы наборов параметров, потенциально могущих привести к затруднениям работы решателя.

Вторым способом является обработка исключения «`DiagnosticError`» через обращение к свойству `ExecutionInfo.StopEvent` класса метаданных текущей симуляции модели. При возникновении такого исключения значение функции приспособленности можно искусственно установить достаточно большим, чтобы генетический алгоритм считал такой набор параметров нежелательным и уходил из области возникновения затруднений.

Заключение. В работе продемонстрирована возможность применения генетического алгоритма для подбора коэффициентов ПИД-регуляторов системы динамической стабилизации шагающего робота. Предложена модель системы динамической стабилизации робота на основе пар гироскопических устройств. Предложен вид функции приспособленности для оптимизации ПИД-коэффициентов с помощью генетического алгоритма. Представлены результаты моделирования процесса стабилизации корпуса робота с использованием найденных коэффициентов, результаты являются оптимальными для выбранных параметров механической модели робота. При изменении конфигурации модели генетический поиск необходимо повторить, используя ту же функцию приспособленности. Дальнейшие исследования будут направлены на совершенствование представленной в статье системы динамической стабилизации с использованием генетических алгоритмов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Lan S., Woo P.Y. Linearization and PID parameters design for nonlinear systems // Proceedings 1992 IEEE International Conference on Systems Engineering, Kobe, Japan, 1992. С.444 – 447. doi: 10.1109/ICSYSE.1992.236992
2. Datar R., Gupta S., Langde R. Turning of PID Controllers for Non-Linear System // IJISSET – International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology. 2015. Volume 2, Issue 4. С. 948 – 951.
3. Dolezel P., Taufer I. Piecewise-linear artificial neural networks for PID controller tuning // Acta Montanistica Slovaca. 2012. № 17(3). С. 224 – 233.
4. Soltesz K. On Automation of the PID Tuning Procedure. URL: https://www.researchgate.net/publication/319183200_On_Automation_of_the_PID_Tuning_Procedure (дата обращения: 19.08.2018)
5. Cetin M., Iplikci S. A novel auto-tuning PID control mechanism for nonlinear systems. // ISA Trans. 2015. № 58. С. 292 – 308. doi: 10.1016/j.isatra.2015.05.017
6. Yamamoto T., Fujii K., Kaneda M. Design and Implementation of a Self-Tuning PID Controller. IFAC Proceedings Volumes. 1998. Volume 31, Issue 22. С. 59 – 64. doi: 10.1016/S1474-6670(17)35921-9.
7. Lee C., Chen R. Optimal Self-Tuning PID Controller Based on Low Power Consumption for a Server Fan Cooling System // Sensors. 2015. № 15. С. 11685 – 11700. doi: 10.3390/s150511685
8. Yanlin He, Shuxiang Guo, Liwei Shi, Huiming Xing, Zhan Chen, Shuxiang Su. Design and implementation of self-tuning control method for the underwater spherical robot // Mechatronics and Automation (ICMA) 2017 IEEE International Conference on. 2017. С. 632 – 637
9. Niewiara L., Zawirski K. Auto-tuning of PID controller based on fuzzy logic // Computer Applications in Electrical Engineering. 2013. № 11. С. 230 – 240.
10. Güzelkaya M., Eksin I., Yeşil E. Self-tuning of PID-type fuzzy logic controller coefficients via relative rate observer // Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2003. Volume 16, Issue 3. С. 227 – 236. doi: 10.1016/S0952-1976(03)00050-2.
11. Coelho L.S. Tuning of PID controller for an automatic regulator voltage system using chaotic optimization approach // Chaos, Solitons & Fractals. 2009. Volume 39, Issue 4. С. 1504 – 1514. doi: 10.1016/j.chaos.2007.06.018.
12. Ozana S., Docekal T. PID Controller Design Based On Global Optimization Technique With Additional Constraints // Journal of Electrical Engineering. 2016. Vol. 67. NO 3. С. 160 – 168.
13. Carotenuto L., Pugliese P., Sergeyev Ya. D. Maximizing performance and robustness of PI and PID controllers by global optimization // Control and Intelligent Systems. 2006. № 34 (3) С. 225 – 235.
14. Mirzal A., Shinichiro Y., Masashi F. PID Pa-

rameters Optimization by Using Genetic Algorithm. // ISTECS Journal. 2006. Vol. 8. С. 34 – 43.

15. Amaral J., Tanscheit R., Pacheco M. Tuning PID Controllers through Genetic Algorithms. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/f076/83ad-64892ab34acca14e3066b47681bdf772.pdf> (дата обращения: 20.08.2018).

16. Jayachitra A., Vinodha R. Genetic Algorithm Based PID Controller Tuning Approach for Continuous Stirred Tank Reactor // Advances in Artificial Intelligence. 2014. vol. 2014. Article ID 791230. 8 pages. doi: 10.1155/2014/791230.

17. Hemami H. , Golliday C.L. Jr. The inverted pendulum and biped stability // Mathematical Biosciences. 1977. Volume 34, Issues 1 – 2. С.95 – 110. doi: 10.1016/0025-5564(77)90038-4.

18. McCall J. Genetic algorithms for modeling and optimisation // Journal of Computational and Applied Mathematics. 2005. Volume 184, Issue 1. С. 205 – 222. doi: 10.1016/j.cam.2004.07.034.

19. Samakwong T., Wudhichai A. PID Controller Design for Electro-hydraulic Servo Valve System with Genetic Algorithm // Procedia Computer Science. 2016. № 86. С. 91 – 94.

20. Haupt R.L., Haupt S.E. Practical Genetic Algorithms. 2nd Ed. Hoboken, New Jersey, США: John Wiley & Sons Inc., 2004. 253 с.

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки России, проект № 8.2321.2017/4.6.

Статья поступила в редакцию 16.09.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 519.876.5

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЙ СЛОЖНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

© 2018

Гольшевский Олег Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, проректор
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: goa@penzgtu.ru)

Прокофьев Олег Владимирович, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Информационные технологии и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: Prokof_ow@mail.ru)

Аннотация. Состояние технически сложного объекта (ТСО) в процессе работы определяется с помощью комплекса параметрических датчиков, позволяющего определять характеристики динамики как внешней среды эксплуатации, так и показателей функционирования самого объекта. Выходные сигналы датчиков могут отображать наличие кратковременных, ступенчатых и прочих нагрузок, что может быть проявлено в виде изменений в структуре временного ряда, в форме разрыва или излома тренда, в виде изменения дисперсии случайной составляющей сигнала. Своевременное обнаружение таких ситуаций и корректное использование данных позволяют сделать прогноз о приближении режима работы к предаварийной ситуации или к достижению ограничений работоспособности. Построение системы прогнозирования, реализующей комплексный подход, возможно на концептуальной основе модели в виде нечёткой когнитивной карты. Данный подход позволяет не прибегать к усложнению применяемого математического аппарата и проводить имитационное моделирование процесса управления ТСО. Форма реализации системного подхода к проектированию в терминах нечётких когнитивных карт позволяет составить сценарии поведения системы управления с поддержкой принятия решений на основе прогнозов, провести оценку информационной ценности выводов по результатам обработки сигналов отдельных датчиков.

Ключевые слова: технически сложный объект, прогнозирование, предаварийная ситуация, работоспособность, нечёткая когнитивная карта.

MODEL OF SYSTEM FORECASTING CONDITIONS OF COMPLEX TECHNICAL OBJECT

© 2018

Golyshevsky Oleg Anatolyevich, candidate of technical Sciences, docent, vice rector,
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail goa@penzgtu.ru)

Prokofiev Oleg Vladimirovich, candidate of technical Sciences, docent,
associate Professor of sub-department «Information technology and systems»
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: Prokof_ow@mail.ru)

Abstract. The state of a technically complex object (TCO) in the process of work is determined using a complex of parametric sensors, which allows to determine the characteristics of the dynamics of both the external environment of operation and the performance indicators of the object itself. The output signals of the sensors can show the presence of short-term, stepped and other loads, which can be manifested in the form of changes in the structure of the time series, in the form of a break or a break in the trend, in the form of a change in the variance of the random signal component. The timely detection of such situations and the correct use of data allow us to make a forecast about the approach of the operation mode to the pre-emergency situation or to the achievement of performance limitations. Building a forecasting system that implements an integrated approach is possible on a conceptual basis of the model in the form of a fuzzy cognitive map. This approach allows not to resort to the complexity of the applied mathematical apparatus and to carry out simulation modeling of the TCO control process. The form of implementation of a systematic approach to design in terms of fuzzy cognitive maps allows you to create scenarios of control system behavior with decision-making support based on predictions, to assess the informational value of conclusions based on the results of processing signals from individual sensors.

Keywords: technically complex object, forecasting, pre-emergency situation, performance, fuzzy cognitive map.

Введение. Подготовка к работе ТСО связана с анализом показаний множества параметрических датчиков, выполняющих измерительное преобразование физических величин различной природы. Во время подготовки к режиму работы и в процессе движения объекта проявляется действие объективных условий работы, внешней среды, корректировки задания, которые могут привести к появлению предаварийной ситуации. В выходных сигналах датчиков могут проявляться

последствия температурного и временного дрейфа их характеристик, износа аппаратуры, влияния электромагнитных шумов, вибраций, изменения внешней физической среды, оперативной корректировки, пересмотра цели управления ТСО в процессе работы [1-3]. Привести поступающие потоки информации в единую систему, задать приоритеты или степени значимости того или иного показателя, определить причинно-следственные связи и сделать конечные выводы для управления объектом возможно на основе системного подхода к проектированию. Элементами системы здесь являются не только физически существующие выходные сигналы датчиков, прошедшие аналого-цифровое преобразование, но и виртуальные составляющие: результаты проверки свойств сигналов в программных модулях, результаты выполнения логических правил. Концепция построения системы контроля служит для обеспечения возможности управления объектом как в режиме поддержки принятия решений на основе прогнозирования.

Постановка задачи и ее практическая значимость. В данной работе была поставлена цель построения модели, отражающей процесс контроля работы ТСО с возможностью предсказывать переход в предаварийное состояние по ряду причин или по комбинации причин. Для достижения цели предложен вариант модели системы контроля за состоянием ТСО, функционирующий на коротких отрезках временного ряда при управлении процессом движения и на подготовительной стадии. Инструментом реализации модели стала нечёткая когнитивная карта [4-17] (Fuzzy Cognitive Map, FCM), отвечающая цели исследования и системному подходу к решению задач. Элементы системы контроля представляют собой концепты (факторы) FCM, изображаемые как вершины ориентированного графа. Факторы характеризуются числовым уровнем и связаны между собой дугами ориентированного графа, веса которых отражают интенсивность причинной связи. Факторы, не зависящие от других (в рамках рассматриваемой системы контроля), относятся к состоянию внешней среды и прочим обстоятельствам, повлиять на которые в процессе работы ТСО невозможно. Представляет интерес исследование функциональной устойчивости и работоспособности системы контроля, использующей математический аппарат FCM.

Базовая методология. Одним из подходов к построению модели сценариев развития отношений является построение нечёткой когнитивной карты, вариант которой представлен на рисунке 1. Причинно-следственные связи в виде дуг ориентированного графа слева направо отражают логические цепочки: «изменение структуры выходного сигнала датчика» – «результат теста» – «вывод». Дуги графа, направленные справа налево, соответствуют «субъективной» части причинно-следственных связей, которые зависят от корректировки режима работы ТСО, то есть когда влияние соответствующих факторов-причин может быть существенно уменьшено. Включённые в модель

факторы (концепты) характеризуются начальным уровнем, изменение которого возможно в процессе функционирования системы, а также отношениями с другими факторами с различной теснотой связи (интенсивностью В изображённой схеме принято, что концепты $e_1 - e_4$ относятся, преимущественно, к объективно существующим внешним причинам, а $e_5 - e_7$ относятся к «субъективным» причинам, доступным для корректировки путём изменения режима работы ТСО. Обратная связь в системе, изображённая между e_{22} и e_{13} , e_{14} , e_{15} , отображает возможность этой корректировки. Моделирование произведено с помощью метода, реализованного Guillermo Ochoa de Aspuru в разработанном им Java-приложении [18]:

$$L_i^{(k)} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n L_{ij}^{(k-1)}, \quad (1)$$

$$L_{ij}^{(k-1)} = E_{ij} \left(L_j^{(k-1)} - L_i^{(k-1)} \right) / 100,$$

$$i = \overline{1, n} \quad j = \overline{1, n}.$$

k – номер итерации;

$L_i^{(k)}$ – уровень фактора i в диапазоне от 0 до 100;
 $L_{ij}^{(k-1)}$ – результат воздействия фактора j на фактор i ;
 E_{ij} – направление влияния, принимает значение -1 или 1;
 I_{ij} – интенсивность причинной связи, принимает значение в диапазоне от 0 до 100.

Технология проведения эксперимента и полученные результаты. Уровни факторов и интенсивности связей оцениваются в условных единицах от 0 до 100 и в ряде случаев выявляются в результате обработки мнений экспертов. Значения интенсивности связей представлены в таблице 1. Как следует из таблицы 1, для концептов e_{21} и e_{22} в эксперименте рассматривались несколько вариантов интенсивностей связей с концептами-причинами. Итерационный процесс, запускаемый для перехода карты в новое установившееся состояние, останавливался по признаку нулевой нормы поправки между векторами состояния факторов на соседних итерациях. Результаты исследований с помощью когнитивной карты получены в итоге итерационных процессов (Convergence reached), сходимости которых была достигнута во всех случаях.

Анализ результатов экспериментов. Итоговые состояния концептов, представлены в таблице 2. Строки соответствуют номерам экспериментов, количество итераций обозначено как K . Номера столбцов соответствуют номерам экспериментов, перечисленных ниже.

1. Нулевые состояния концептов означают работу элементов системы в нормативном состоянии и отсутствие вывода о предаварийной ситуации.

2. Увеличение мощности шума (дисперсии отклонений) представлено e_4 равном 50 и это выявлено с помощью тестов Парка и Уайта (e_{11}). Концепт предаварийной ситуации имеет состояние 3.

3. Рекомендуются увеличение интенсивности причинно-следственных связей.

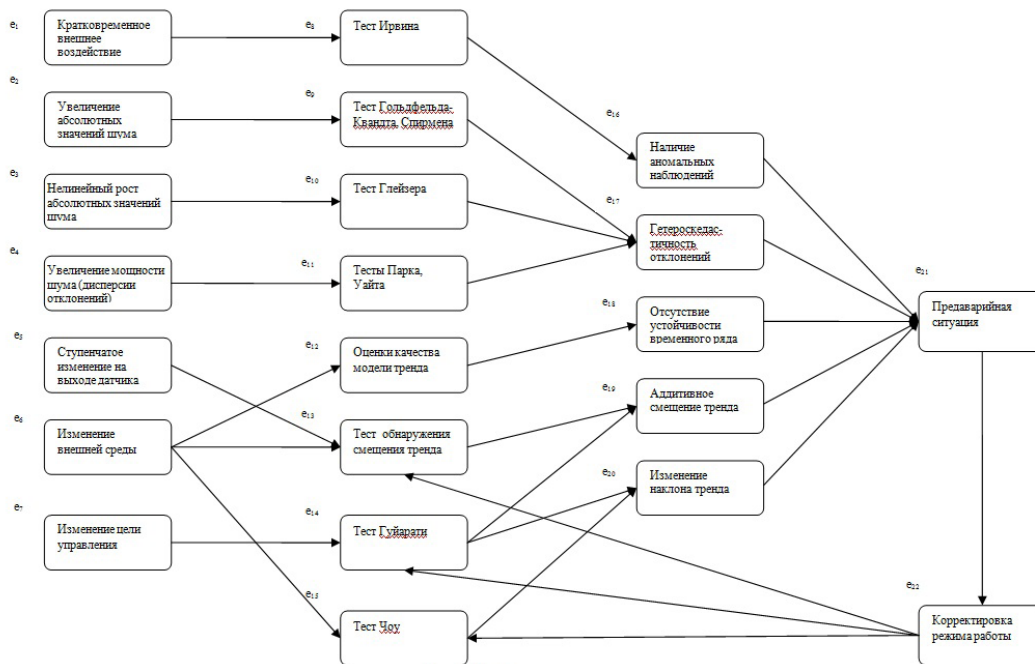


Рисунок 1 – Нечёткая когнитивная карта

Таблица 1 – Интенсивность связей

Концепт-следствие	Концепт-причина	Интенсивность связи
e_{21}	e_{16}	75
	e_{17}	100
	e_{18}	75
	e_{19}	100
	e_{20}	75
	e_{21}	100
	e_{22}	75
Остальные интенсивности связи		50

Таблица 2 – Примеры результирующих состояний концептов

	1	2	3	4	5	6	7
e_1	0	0	0	0	100	0	100
e_2	0	0	0	0	100	0	100
e_3	0	0	0	0	100	0	100
e_4	0	50	50	100	100	0	100
e_5	0	0	0	0	100	100	0
e_6	0	0	0	0	100	100	0
e_7	0	0	0	0	100	100	0
e_8	0	0	0	0	100	0	100
e_9	0	0	0	0	100	0	100
e_{10}	0	0	0	0	100	0	100
e_{11}	0	50	50	100	100	0	100
e_{12}	0	0	0	0	100	100	0
e_{13}	0	0	0	0	100	100	0
e_{14}	0	0	0	0	100	100	0
e_{15}	0	0	0	0	100	100	0
e_{16}	0	0	0	0	100	0	100
e_{17}	0	16	16	33	100	0	100
e_{18}	0	0	0	0	100	100	0
e_{19}	0	0	0	0	100	100	0
e_{20}	0	0	0	0	100	100	0
e_{21}	0	3	3	6	100	60	40
e_{22}	0	3	3	6	100	60	40
K	2	8	8	8	12	12	11

3. Интенсивность связи между e_{21} и концептами-причинами равна 75, между e_{22} и e_{21} равна 75 при прочих неизменных условиях. Состояние концепта

предаварийной ситуации e_{21} не изменилось. 4. Увеличение мощности шума (дисперсии отклонений) представлено концептом e_4 , состояние

его оценено как 100. Состояние концепта предаварийной ситуации e_{21} увеличилось до 6.

5. Все концепты-причины от e_1 до e_7 активны и имеют значение 100. Интенсивность связи между e_{21} и концептами-причинами равна 100, между e_{22} и e_{21} равна 100 при прочих неизменных условиях. Все остальные концепты достигают уровня 100.

6. Активны концепты-причины только от e_5 до e_7 и имеют значение 100. Причины предаварийной ситуации связаны с заданием на движение ТСО, доступны корректировке. Концепты-причины от e_1 до e_4 имеют значение 0. Состояние концепта предаварийной ситуации e_{21} увеличилось до 60.

7. Ситуация, обратная предыдущей. Активны концепты-причины только от e_1 до e_4 и имеют значение 100. Концепты-причины от e_5 до e_7 имеют значение 0. Состояние концепта предаварийной ситуации e_{21} изменилось и стало равным 40.

Выводы. Эксперименты 2–4 показывают важность настройки чувствительности системы контроля как с помощью уровней состояния концептов, так и с помощью интенсивностей причинно-следственных связей. Не является бесспорным и соотношение между уровнями концепта предаварийной ситуации e_{21} 60 и 40, соответствующими экспериментам 6 и 7.

Несмотря на это, тестирование модели показывает её адекватность в широком смысле, так как не обнаруживается противоречий между конечными установившимися состояниями системы и фундаментальными представлениями в предметной области.

Достижение функциональной устойчивости и работоспособности системы контроля достигается только при комплексном подходе к оценке угрозы приближения к предаварийной ситуации. Используемый здесь инструментарий нечётких когнитивных карт достаточно плодотворен в отношении охвата смежных предметных областей [19–20] и не связан с существенным ростом сложности алгоритма при усложнении параметрической датчиковой аппаратуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Михеев М.Ю., Прокофьев О.В., Савочкин А.Е., Линкова М.А. Математические и информационно-структурные модели прогнозирования состояния технически сложных объектов. Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2015. № 4 (32). С. 232–249.

2. Михеев М.Ю., Савочкин А.Е., Прокофьев О.В. Методы прогнозирования предаварийной ситуации сложного технического объекта. В сборнике: Управление реформированием социально-экономического развития предприятий, отраслей, регионов сборник научных трудов VII МНПК. Пенза: Изд-во ПГУ, 2016. С. 341–343.

3. Прокофьев О.В., Савочкин А.Е. Моделирование

системы обнаружения предаварийной ситуации на основе нечеткой когнитивной карты. Надежность и качество сложных систем. 2018. № 2 (22). С. 73–79.

4. Bart Kosko. Fuzzy Thinking: The New Science of Fuzzy Logic. Hyperion, New York, 1993, p. 320

5. Wojciech Froelich, Jose L. Salmeron. Advances in fuzzy cognitive maps theory. Neurocomputing. Volume 232, 5 April 2017, Pages 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.11.058>

6. M. Furkan Dodurkaab, Engin Yesilab, Leon Urbasa. Causal effect analysis for fuzzy cognitive maps designed with non-singleton fuzzy numbers. Neurocomputing, Volume 232, 5 April 2017, Pages 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.09.112>

7. Maja Štula, Josip Marasa, Saša Mladenović. Continuously self-adjusting fuzzy cognitive map with semi-autonomous concepts. Neurocomputing, Volume 232, 5 April 2017, Pages 34–51. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.09.114>

8. W. B. Vasantha Kandasamy, Florentin Smarandache. Fuzzy Cognitive Maps and Neutrosophic Cognitive Maps. Xiquan, Phoenix, 2003. – 212 p.

9. Elpiniki I. Papageorgiou, Miklós F. Hatwágner, Adrienn Buruzsc, László T. Kóczy. A concept reduction approach for fuzzy cognitive map models in decision making and management. Neurocomputing Volume 232, 5 April 2017, Pages 16–33. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.11.060>

10. Wojciech Stach, Lukasz Kurgan, Witold Pedrycz, Marek Reformat. Genetic learning of fuzzy cognitive maps. Fuzzy Sets and Systems Volume 153, Issue 3, 1 August 2005, Pages 371–401. <https://doi.org/10.1016/j.fss.2005.01.009>

11. Karel Mls, Richard Cimler, Ján Vaščák, Michal Puheim. Interactive evolutionary optimization of fuzzy cognitive maps. Neurocomputing. Volume 232, 5 April 2017, Pages 58–68. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.10.068>.

12. Ye Chena, Lawrence J. Mazlack, Ali A. Minai, Long J. Lu. Inferring causal networks using fuzzy cognitive maps and evolutionary algorithms with application to gene regulatory network reconstruction. Applied Soft Computing. Volume 37 (2015) .Pages 667–679. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2015.08.039>

13. Jose L. Salmeron, Antonio Ruiz-Celma, Angel Mena. Learning FCMs with multi-local and balanced memetic algorithms for forecasting industrial drying processes. Neurocomputing. Volume 232, 5 April 2017, Pages 52–57. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.10.070>

14. Andreas Christoforou, Andreas S. Andreou. A framework for static and dynamic analysis of multi-layer fuzzy cognitive maps. Neurocomputing. Volume 232, 5 April 2017, Pages 133–145. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.09.115>

15. Jose Aguilar, Oswaldo Téran, Hebert Sánchez, José Gutiérrez de Mesa, Jorge Cordero, Danilo Chávez. Towards a Fuzzy Cognitive Map for Opinion Mining. Procedia Computer Science. Volume 108, 2017, Pages

2522-2526. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.05.287>

16. Wladyslaw Homenda, Agnieszka Jastrzebska. Clustering techniques for Fuzzy Cognitive Map design for time series modeling. *Neurocomputing*, Volume 232, 5 April 2017, Pages 3-15. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.08.119>.

17. Afshin Jamshidi, Daoud Ait-kadi, Angel Ruiz & Mohamed Larbi Rebaiaia. Dynamic risk assessment of complex systems using FCM. *Journal International Journal of Production Research*. Volume 56, 2018 – Issue 3. Pages 1070-1088. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1370148>

18. Guillermo Ochoa de Aspuru. Fuzzy Cognitive Maps [Электронный ресурс] . – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.ochoadeaspuru.com/fuzcogmap/index.php>

19. Прокофьев О.В. Анализ последствий развития кризисной ситуации на рынке труда и оценка возможностей их снижения. В сборнике: Опыт и проблемы социально-экономического развития предприятий, отраслей, комплексов. Пенза, Изд-во ПГСХА, 2009. С. 232–245.

20. Михеев М.Ю., Прокофьев О.В., Семочкина И.Ю. Методы анализа данных и их реализация в системах поддержки принятия решений: Учебное пособие. Пенза: Изд-во ПГУ, 2014, – 118 с.

Статья поступила в редакцию 20.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 004.4

РАСПРЕДЕЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ СЕТЕЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ НА БАЗЕ СМАРТФОНА

© 2018

Мартяшин Георгий Викторович, старший преподаватель кафедры
«Информационно-вычислительные системы»

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
(440028, Россия, Пенза, улица Германа Титова, 28, e-mail: nowargore@gmail.com)*

Пышкина Ирина Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Информационно-вычислительные системы»

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
(440028, Россия, Пенза, улица Германа Титова, 28, e-mail: glazycheese@gmail.com)*

Пашенко Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, проректор по научной работе,
Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: dmitry.pashchenko@gmail.com)

Аннотация. Диагностика и мониторинг являются ресурсоёмкими, но необходимыми процессами для предоставления операторами надежных услуг сотовой связи. Высокая стоимость существующих измерительных комплексов и необходимость постоянного участия в измерениях высококвалифицированных специалистов накладывает свои ограничения. Таким образом, цель разработки альтернативного решения для задачи диагностики и мониторинга является актуальной. В качестве предлагаемого решения выступает распределенная автоматизированная информационно-измерительная система на основе смартфона, использующая метод пассивного мониторинга. Был разработан программный комплекс, включающий диагностическое мобильное приложение, веб-сервис хранения и обработки данных и веб-приложение визуализации данных измерений с использованием фреймворка Django и картографического сервиса Яндекс.Карты. Предложенное решение позволяет целесообразно использовать возможности современных смартфонов и отличается относительной простотой разработки, внедрения и эксплуатации, а также высокой степенью гибкости и мобильности. В статье подробно рассмотрены особенности каждого компонента, входящие в разработанный распределенный автоматизированный информационно-измерительный комплекс. Для практического подтверждения соответствия разработанного решения предъявляемым требованиям в работе представлен фрагмент карты покрытия.

Ключевые слова: оператор сотовой связи, мониторинг, смартфон, информационно-измерительный комплекс, распределенная система.

DISTRIBUTED COMPLEX FOR DIAGNOSTICS AND MONITORING OF PARAMETERS OF CELLULAR COMMUNICATION NETWORKS ON THE BASIS OF SMARTPHONE

© 2018

Martyashin Georgiy Viktorovich, Senior Lecturer of the Department “Information and Computing Systems”
Penza State University of Architecture and Construction

(440028, Russia, Penza, German Titov St., 28, e-mail: nowargore@gmail.com)

Pyshkina Irina Sergeevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department
“Information and Computing Systems”

Penza State University of Architecture and Construction

(440028, Russia, Penza, German Titov St., 28, e-mail: glazycheese@gmail.com)

Pashchenko Dmitry Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Vice Rector for Research
Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: dmitry.pashchenko@gmail.com)

Abstract. Diagnostics and monitoring are resource-intensive, but necessary processes for operators to provide reliable cellular services. The high cost of existing measuring systems and the need for continuous participation in the measurements of highly qualified specialists imposes its limitations. Thus, the goal of developing an alternative solution for the problem of diagnostics and monitoring is relevant. The proposed solution is a distributed automated information-measuring system based on a smartphone using the method of passive monitoring. A software package was developed that includes a diagnostic mobile application, a web service for storing and processing data and a web application for visualizing measurement data using the Django framework and the Yandex.Maps map service. The proposed solution makes it possible to use the capabilities of modern smartphones and is characterized by relative simplicity of development, implementation and operation, as well as a high degree of flexibility and mobility. The article discusses in detail the features of each component included in the developed distributed automated information-measuring complex. For practical confirmation of the compliance of the developed solution to the requirements, a fragment of the coverage map is presented.

Keywords: mobile operator, monitoring, smartphone, information-measuring complex, distributed system.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. Предоставление услуг сотовой связи высокого качества требует от оператора их надежного обеспечения, для чего необходимо постоянное выполнение диагностики и мониторинга различных технических параметров сетей. Это дает возможность своевременно обнаружить проблемные участки, предотвратить и ликвидировать потенциальные проблемы еще до их возникновения [1]. Пренебрежение мониторингом сотовых сетей, напротив, может привести к последствиям катастрофического масштаба для оператора, вплоть до выхода участков сети из работоспособного состояния. В связи с этим любой отказ в работе сети, весьма вероятно, приведет не только к существенным экономическим затратам в силу необходимости ликвидации проблемы в крайне сжатые сроки, но и к негативному влиянию на репутацию оператора, за чем последует «миграция» абонентов [2].

Анализ последних исследований и публикаций, в которых рассматривались аспекты этой проблемы. Диагностика подразумевает выполнение измерений, которые осуществляются с помощью специализированных измерительных комплексов. В настоящее время сотовые операторы преимущественно используют измерительные комплексы, разработанные зарубежными производителями, которые отличаются высокой стоимостью и при этом требуют постоянного нахождения высококвалифицированного инженера непосредственно рядом с аппаратурой комплекса для управления процессом измерения [3]. Высокая стоимость существующих измерительных комплексов обусловлена тем, что в состав этих комплексов входит множество дорогостоящего оборудования, но все они, как правило, включают также мобильные телефоны, которые используются в качестве датчиков показаний [4, 5]. Однако функции таких комплексов при современном уровне развития технологий легко могут быть реализованы на основе только одного современного мобильного телефона – смартфона [6]. Необходимость же постоянного участия в измерениях высококвалифицированных специалистов является следствием того, что существующие комплексы используют активный способ мониторинга, требующий выполнения целенаправленных измерений специалистами при постоянных объездах зоны покрытия [7]. Решение этой проблемы заключается в использовании пассивного способа мониторинга с помощью абонентов, который позволяет производить автоматизированный сбор данных и отказаться от целенаправленных измерений. Использование современного смартфона, обладающего возможностью определения местоположения с помощью GPS и доступом к сети интернет, в качестве основы измерительного комплекса легко

позволяет реализовать пассивный мониторинг [8].

Целью исследования является разработка распределенного автоматизированного решения для диагностики и мониторинга технических параметров сетей сотовой связи, которое отвечает следующим требованиям:

- в качестве аппаратной основы должен использоваться только обычный смартфон;
- уровень автоматизированности и автономности решения должен позволять выполнять непрерывный мониторинг без участия высококвалифицированных специалистов в процессе измерения;
- должны измеряться все параметры необходимые для оценки качества сотовой связи и построения карты покрытия [9];
- так как при долговременном мониторинге параметров важна не столько точность измерений, сколько их количество и постоянство должна обеспечиваться своевременная статистическая обработка получаемых данных [10];
- связанный с мониторингом расход трафика абонентов должен быть минимальным.

Материалы и результаты исследований. Для достижения поставленной цели предлагается разработать распределенный автоматизированный информационно-измерительный комплекс, который основан на схеме, представленной на рисунке 1. Комплекс включает смартфоны абонентов, на которых установлено приложение диагностики, веб-сервис хранения и обработки данных и ПК для просмотра результатов мониторинга с помощью программного средства для визуализации результатов измерений. Смартфоны абонентов в фоновом режиме выполняют измерения параметров сетей сотовой связи, определение местоположения точки измерения и отправку этих данных в веб-сервис. Веб-сервис производит статистическую обработку полученных данных и актуализирует на их основе информацию о качестве покрытия, которую визуализирует программное средство на ПК.



Рисунок 1 – Общая схема распределенного информационно-измерительного комплекса

Теперь требуется рассмотреть каждый из трех компонентов, составляющих комплекс более под-

робно, определив назначение, область ответственности и прочие особенности каждого компонента.

Первым компонентом комплекса является смартфон с установленным приложением диагностики и мониторинга. Данное приложение обеспечивает постоянное измерение технических параметров сети сотовой связи через определенные промежутки времени. Результаты измерения параметров фиксируются вместе с координатами местоположения измерения и временем измерения. Зафиксированные данные передаются второму компоненту комплекса – веб-сервису для обработки данных. Потому как смартфон может не обладать постоянным доступом к сети интернет, реализована возможность отправки данных, зафиксированных за некоторый промежуток времени, при появлении доступа к сети интернет. Исходя из требований автономности и автоматизированности измерений, приложение диагностики должно функционировать без какого-либо участия со стороны пользователя смартфона. Поэтому, чтобы не вызывать дискомфорт при использовании смартфона абонентом сети сотовой связи, приложение работает в фоновом режиме, потребляя минимально возможное количество системных ресурсов в процессе функционирования [11]. Также, в целях сохранения конфиденциальности личных данных, зафиксированные приложением данные анонимизируются, то есть отсутствует возможность каким-либо образом установить связь между данными измерений и личностью абонента сети сотовой связи [12].

Вторым компонентом является веб-сервис обработки данных. Сервис обеспечивает прием и статистическую обработку данных. Так как поступающие данные имеют достаточно большой объем, сервис использует для их хранения базу данных. Принимая во внимание темпы накопления данных, сервис периодически производит их статистическую обработку, получая адекватные значения параметров для определенного интервала времени, и затем удаляет участвовавшие в обработке данные [13]. На основе статистически обработанных данных строится карта покрытия сети сотовой связи для исследуемого региона [14].

Третьим компонентом комплекса является программное средство для визуализации данных. Данный компонент обеспечивает наглядное отображение статистически обработанных данных – построенную карту покрытия для последующего анализа специалистами. Программное средство представляет из себя веб-приложение, отображающие интерактивную визуализацию карты покрытия, построенной с помощью метода тепловых карт на основе обработанных данных измерений, посредством взаимодействия с картографическим веб-сервисом [15]. Средство визуализации данных взаимодействует с картографическим веб-сервисом для отображения на странице визуализации карты местности. Визуализация карты интерактивна, в резуль-

тате взаимодействия с пользователем она позволяет производить позиционирование и масштабирование. Для отображаемого в текущий момент времени фрагмента местности веб-приложение строит тепловую карту, обращаясь к веб-сервису хранения и обработки данных для получения связанных с данным фрагментом местности параметров сигнала. Для отображения точек тепловой карты производится обращение к программным интерфейсам картографического веб-сервиса, который уже и осуществляет их рендеринг на визуализации отображаемой карты.

В соответствии с описанной выше концепцией был разработан программный комплекс, включающий диагностическое мобильное приложение, веб-сервис хранения и обработки данных и веб-приложение визуализации данных измерений с использованием фреймворка Django и картографического сервиса Яндекс.Карты [16]. В качестве целевой мобильной операционной системы была выбрана операционная система Android, так как она является наиболее распространённой. Доля мирового рынка для смартфонов, работающих под управление Android, в 1 квартале 2017 года составила более 85% [17]. Параметры, измеряемые приложением, включают уровень сигнала (RSSI) и идентификатор (CID) обслуживающей соты, уровни сигнала (RSSI) и идентификаторы (CID) соседних 6 сот, код локальной зоны (LAC) и координаты точки измерения. Объем суточного трафика, связанного с работой приложения, составляет менее 1 Мб.

Для практического подтверждения соответствия разработанного решения предъявляемым требованиям был построен фрагмент карты покрытия. В качестве типа анализируемых сетей были выбраны сети 3G (то есть сети стандарта UMTS – HSPA, HSPA+) [18]. В качестве сети сотовой связи была выбрана сеть оператора «Мобильные ТелеСистемы».

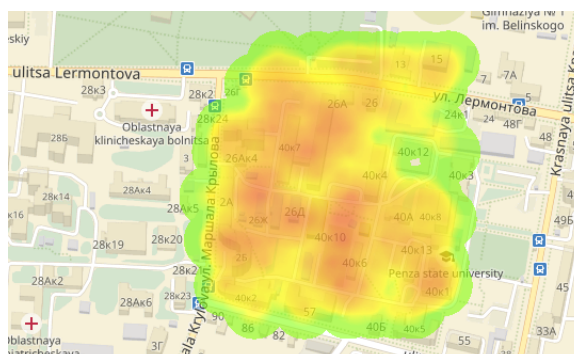


Рисунок 2 – Карта покрытия, полученная в результате апробации

Полученный в результате фрагмент карты покрытия представлена на рисунке 2. Измерения производились в течении нескольких часов с 6 мобильных устройств. В результате были

получены и обработаны данные около 700 измерений. Из построенного фрагмента карты покрытия видно, что вся исследуемая территория имеет отличное покрытие для сети сотовой связи 3G оператора «Мобильные ТелеСистемы».

На официальном сайте оператора «Мобильные ТелеСистемы» представлена карта покрытия, фрагмент которой изображен на рисунке 3. Покрытие для сети сотовой связи 3G отображается насыщенным красным цветом [19]. Из рисунка видно, что оператор имеет отличное покрытие для сети сотовой связи 3G в районе, включающем в том числе и исследуемое место. При сравнении полученного фрагмента карты покрытия и карты покрытия, предоставляемой оператором, для одной и той же местности можно заключить, что их результаты идентичны. Однако, построенная карта имеет явное преимущество – это наиболее актуальная карта покрытия, которая постоянно обновляется за счет получения новых данных от абонентов. Это позволяет точно и своевременно выявлять проблемные участки зоны покрытия.

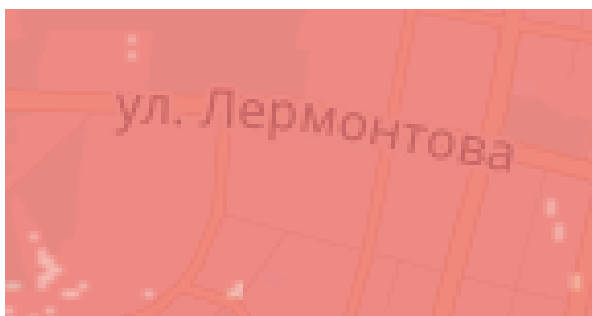


Рисунок 3 – Фрагмент карты покрытия оператора «Мобильные ТелеСистемы»

Если сравнивать разработанное решение с существующими комплексами, то становится очевидно, что оно выгодно отличается от них по стоимости, мобильности и простоте внедрения и эксплуатации. Все существующие комплексы являются специализированным оборудованием, которое отличается крупными габаритами, сложностью использования и высокой ценой. Например, наиболее компактный анализатор радиосетей Rohde & Schwarz TSMU имеет стоимость порядка 19000\$, массу 1,5 кг и габариты 150×80×70 мм [20]. Единственное преимущество таких комплексов – высокая точность измерений, которая при мониторинге качества покрытия не так важна, как количество и постоянство получения данных измерений, позволяющих строить самые актуальные карты покрытия и своевременно находить проблемные участки.

Выводы. Был разработан автоматизированный распределенный информационно-измерительный комплекс на основе смартфона. Диагностическое приложение, устанавливаемое на смартфоны, автономно и функционирует без участия пользователя. Расход трафика абонентов, связанный с мониторингом, минимален. Комплекс позволяет выполнять

постоянный мониторинг качества покрытия сети сотовой связи оператора с помощью абонентов без участия в процессе измерения специалистов и использования специализированного оборудования. Полученные в результате работы комплекса карты покрытия постоянно обновляются и являются наиболее актуальными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Nawrocki M., Aghvami H., and Dohler M. «Understanding UMTS radio network modelling, planning and automated optimisation: theory and practice», John Wiley & sons, 2006, 510 pp.
2. Ханин И.В., Мартяшин Г.В. Автономный измерительный комплекс для непрерывного мониторинга сотовой сети // Радиоэлектронная техника: межвуз. сб. науч. тр. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – С. 183–189.
3. Ханин И.В. Информационно-измерительная система для мониторинга сетей мобильной связи: диссертация ... кандидата технических наук: 05.11.16. Пензенский государственный университет, Пенза, 2012. –137 с.
4. Шидль В.-Д., Ваньерке О. Анализатор радиосетей R&S@TSMU. Непревзойденная эффективность в компактном формате и новый уровень возможностей // Мобильные системы. – 2004. – №3. – С. 4–7.
5. Максименко В., Фалеева О. Оценка качества услуг: программный комплекс «Маска» // Мобильные системы.– 2006. – №10. – С. 52–56.
6. Светлов А.В., Сорокин И.В., Ханин И.В., Мартяшин Г.В. Система мониторинга параметров сетей сотовой связи на базе мобильного телефона с операционной системой Android // Надежность и качество – 2013: труды Международного симпозиума: – Пенза. ПГУ, 249 с.
7. Chevallier C., Brunner C., Garavaglia A., Murray K. P., and Baker K. R. «WCDMA (UMTS) deployment handbook: planning and optimization aspects», John Wiley & Sons, 2006, pp. 315–367.
8. Fraleigh C., Diot C., Lyles B., Moon S., Owezarski P., Papagiannaki D., and Tobagi F. «Design and deployment of a passive monitoring infrastructure», Thyrrenian International Workshop on Digital Communications, 2001, pp. 556–575.
9. Stasiak M., Glabowski M., Wisniewski A., and Zwierzykowski P. «Modelling and dimensioning of mobile wireless networks: from GSM to LTE», John Wiley & Sons, 2010, 340 pp.
10. Taylor John Robert «An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements», University Science Books, 1999, pp. 128–129.
11. Bareth U., and Kupper A. «Energy-efficient position tracking in proactive location-based services for smartphone environments», Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), 2011 IEEE 35th Annual, 2011, pp. 516–521.

12. О персональных данных: федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации [сайт]. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102108261&intelsearch=%EE+%EF%E5%F0%F1%EE%ED%E0%EB%FC%ED%FB%F5+%E4%E0%ED%ED%FB%F5> (accessed 25.11.2017).

13. Yang L., Schopf J. M., Dumitrescu C. L., and Foster I. «Statistical data reduction for efficient application performance monitoring», CCGRID 06. Sixth IEEE International Symposium, Vol. 1, 2006, 8 pp.

14. Davies J. J., Beresford A. R., Hopper A. «Scalable, distributed, real-time map generation», IEEE Pervasive Computing, 5(4), 2006, pp. 47–54.

15. Leland Wilkinson and Michael Friendly. «The History of the Cluster Heat Map», The American Statistician, 63(2), 2009, pp. 179–184.

16. «Yandex.Maps — detailed map of the world», Yandex. Available at: <https://yandex.com/maps> (accessed Nov. 25, 2017).

17. «Smartphone OS Market Share, 2017 Q1», IDC, The premier global market intelligence firm. Available at: <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp> (accessed 25.11.2017).

18. «Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); UE Radio Access capabilities», ETSI, 2014, pp. 72.

19. «Зоны обслуживания – Пензенская область», ПАО «МТС» [сайт]. URL: http://www.penza.mts.ru/mobil_inet_and_tv/help/mts/coverage/ (дата обращения: 25.11.2017).

20. «R&S@TSMU», ROHDE & SCHWARZ. Available at: <http://shop.rohde-schwarz.com/bargain/r-rtsmu-5.html> (accessed 25.11.2017).

Статья поступила в редакцию 25.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 519.6

ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ДИАГНОСТИРОВАНИИ ОСТРОГО НАЗОФАРИНГИТА

© 2018

Хусейн Абдуллах Х.Х. аспирант, Институт вычислительной математики и информационных технологий
Казанский (Приволжский) федеральный университет
(420008, Россия, Казань, улица Кремлёвская, 35, e-mail: aoaasd@yahoo.com)

Аннотация. В статье рассматривается задача по разработке системы предварительного диагностирования острого назофарингита с применением нейронной сети. Используя среду *Python* и вспомогательные библиотеки по работе с данными в системе управления базами данных *PostgreSQL*, был осуществлен анализ медицинских данных с последующей постановкой диагноза пациентов по медицинской карте на примере клинических рекомендаций по оказанию медицинской помощи детям и взрослым с острой респираторной вирусной инфекцией (острый назофарингит). Для выполнения данных задач была разработана программа с применением среды *Python* и библиотека *TensorFlow*, проведен анализ результатов исследований и выявлены основные закономерности влияния показателей диагноза пациентов на постановку предварительного диагноза, параметры структуры данных, построение графических диаграмм с применением библиотеки *matplotlib* а также выбран алгоритм, который дал положительный результат.

Ключевые слова: анализ данных, медицинская карта, Python, PostgreSQL

TECHNOLOGICAL BASES OF APPLICATION OF THE DATA ANALYSIS ALGORITHM IN THE SPHERE OF MEDICINE, ON THE EXAMPLE OF ACUTE NAZOFARINGIT

© 2018

Hussein Abdullah H.H., postgraduate student, Institute of Computational
Mathematics and Information Technologies
Kazan Federal University
(420008, Kazan, Kremlyovskaya St., 35, e-mail: aoaasd@yahoo.com)

Abstract. The article deals with the task of developing a system for the preliminary diagnosis of acute nasopharyngitis using a neural network. Using the Python environment and supporting libraries for working with data in the PostgreSQL database management system, medical data analysis was performed with subsequent diagnosis of patients using a medical card using the example of clinical recommendations for providing medical care to children and adults with acute respiratory viral infection (acute nasopharyngitis). To perform these tasks, a program was developed using the Python environment and the *TensorFlow* library, an analysis of the results of studies was carried out and the main patterns of influence of patient diagnosis indicators on diagnosis, data structure parameters, graphing diagrams using the *matplotlib* library were identified, and the algorithm that gave positive result.

Keywords: data analysis, medical card, Python, PostgreSQL

Введение. Для каждой страны забота о здоровье человека является одной из важнейших компонентов человеческого счастья, а также успешного социального и экономического развития.

Изучение данных о состоянии здоровья граждан позволяют в полной мере реализовать возможность для оптимизации экономических затрат на здравоохранение, а также сформировать путь для развития страны.

Острый назофарингит достаточно легко поддается лечению, если его вовремя начать лечить, обратившись к нужному специалисту. На сегодняшний день нет специфической терапии по лечению данного заболевания, в связи с тем, что она является симптоматической и профильному врачу бывает очень сложно определить точную стадию развития острого назофарингита у детей и взрослых.

В связи с этим, актуальность исследовательской работы очевидна и проблема тщательного изучения данной проблемы важна, а именно выявление с помощью современных информационно коммуникационных технологий (ИКТ) стадии заболеваемости острым назофарингитом. Исследование проводи-

лось в целях будущего здоровья детей и направлено на сохранение здоровой семьи.

Целью работы является разработка модели и программного обеспечения информационной поддержки системы здравоохранения.

Задачами исследовательской работы, являются:

1. Создание модели, автоматизированной медицинской информационной системы (АМИС) для обеспечения высокого качества обслуживания пациентов, сокращение количества медицинских ошибок, повышения эффективности и производительности работы клиники и обеспечение врачебного персонала нужной информацией для принятия правильных решений.

2. Разработка архитектуры нейронной сети, которая имитирует практику врача, основанную на коллекциях симптомов на основе нейронных сетей.

3. Подготовка внедрение модели в нейронную сеть с применением популярного языка программирования в области искусственного интеллекта Python 3.7 и библиотеки *Tensorflow* и *Keras* на примере прогнозирования острого назофарингита.

4. Сбор медицинский данных по симптомам на

основе общения с врачами (педиатр и лор) для последующего обучения нейронной сети.

5. Тестирование разработанной модели в медицинской врачебной практики.

6. Построение диаграмм и анализ данных с применением библиотеки matplotlib Python 3.7.

Структурная составляющая подсистем медицинской информационной системы

Требования к структуре АМИС.

АМИС должна иметь архитектуру «клиент-сервер» и базироваться на следующих основных принципах:

- открытость – система должна использовать общедоступные, специфицированные решения [20], протоколы и интерфейсы, что должно обеспечивать интеграцию создаваемых решений, как между собой, так и с внешними информационными системами;
- модульность – система должна быть построена с использованием модульной архитектуры, что предполагает реализацию основных функ-

ций как отдельных модулей, которые обеспечивают возможность их независимой модификации. Сбой в работе одного из модулей не должен приводить к полному прекращению функционирования системы в целом;

- масштабируемость – архитектура системы должна позволять увеличивать производительность систем, объемы хранимой и обрабатываемой информации без длительной остановки работы и значительной модификации программного кода;
- управляемость и конфигурирование – должно быть обеспечено управление системой на всех уровнях ее архитектуры: на уровне инфраструктуры, на функциональном уровне, на уровне представления данных и др.

Для качественного функционирования данной АМИС системы в медицинском учреждении, были выделены основные ключевые блоки, которые позволят управлять данной системой в конкретных действиях (таблица 1).

Таблица 1 – Ключевые блоки для подсистем автоматизированных информационных медицинских систем

Подсистема	Составляющая
Управление процессами стационара Работа приемного отделения стационара	- оформление госпитализации - инициализация локальной истории болезни - регистрация диагнозов - регистрация осмотров пациентов в отделении - регистрация назначений в приемном отделении - регистрация согласия пациентов на медицинское вмешательство - регистрация согласия пациента на обработку персональных данных - ведение учета личных ценностей, принятых вещей и ценностей, формирование квитанций - возможность просмотра данных о пациенте с регионального (федерального) уровней - коррекция данных пациентов
Управление потоками пациентов стационар	регистрация всех назначений во всех отделениях стационара и контроль назначений - регистрация данных проведенных исследований - регистрация эпикризов - регистрация этапов взаимодействия с бюро медико-социальной экспертизы - формирование листков временной нетрудоспособности - учет бланков листов временной нетрудоспособности пациентов
Управление потоками пациентов поликлиника	- оформление обращения - учет посещений - ввод назначений - ввод диагнозов, анамнезов, статус - ввод рекомендаций по лечению - ввод направлений - ввод результатов анализов - регистрация диагностических данных - формирование листа нетрудоспособности - ведение регистра заболеваний по мед учреждению и др.

Искусственные нейронные сети как инструментальное средство анализа данных медицинских показателей пациентов.

Используя Python и пакет библиотеки keras, была реализована данная задача с применением алгоритма Adam. При постановке предварительного диагноза [16] был использован следующий метод:

```

$вычисление прогноза
predictions = model.predict(X)
    
```

Для данного ввода можно вычислить несколько типов вывода, включая метод:

- `model.evaluate()`: используется для вычисления значений потерь;
- `model.predict_classes()` используется для вычисления выходов категории;
- `model.predict_proba()` используется для вычисления вероятностей классов.

В исследовании, первым шагом была разработана

модель автоматизированной медицинской информационной системы (АМИС), которая является средством комплексной автоматизации лечебно-диагностической и научной деятельности медицинского учреждения. Исследование также направлено на автоматизацию следующих бизнес-процессов:

- управление организационной структурой и персоналом, что предполагает набор административных функций для формирования организационной структуры;

- ведение электронной медицинской карты (ЭМК) пациента, включает амбулаторную карту пациента и медицинскую карту стационарного больного с целью быстрого доступа к записям врачей;

- организацию амбулаторного приема пациентов, что предусматривает ведение журналов приема врачами-консультантами;

- госпитализацию, выписку и движение пациентов. Включает функции работы приемного отделения по регистрации пациентов, ведение журналов госпитализации, оперативный учет коечного фонда отделений;

- организацию диагностики и лечения пациентов в стационаре. Предусматривает функции записи на консультации, лабораторные и диагностические исследования, формирование листа назначений и температурного листа, отметок о выполненных назначениях;

- проведение диагностических исследований. Составление графиков загрузки диагностического оборудования;

- проведение лабораторных исследований. Формирование направлений на лабораторные исследования, проведение отбора и регистрации биоматериала, проведение пробной подготовки;

- учет лекарственных средств. Определение мест хранения лекарственных средств, ведение номенклатуры лекарственных средств, расходных и перевязочных материалов, контроль срока годности, учет поступлений, перемещения между складами и отделениями;

- формирование учетных форм статистической отчетности. Функции анализа и формирования статистической отчетности по утвержденным формам профильных в этой сфере медицинских учреждений;

- ведение нормативной базы знаний.

Алгоритм исследования состоял из следующих этапов:

- разработке модели АМИС системы;
- интеграции АМИС системы и получения системы принятия решения на примере острого назофарингита;
- применение нейронной сети и поиске решения задач по получению и обработке данных рекомендательного характера;
- постановка диагноза по симптомам острого

назофарингита с использованием машинного обучения.

Построение нейронной сети заключается в выборе структуры сети и подборе весов сети [1]. Подбор весов – это обучение сети [8]. При разработке архитектуры сети нужно учитывать:

- число входов и функцию активации;
- способ соединения нейронов между собой;
- количество выходных результатов и прогнозирование.

Во многих практических ситуациях данные легко собираются, но в них сложно выявить зависимости и взаимосвязи, нейронные сети (рисунок 1) позволяют реализовать данную задачу [11,12].

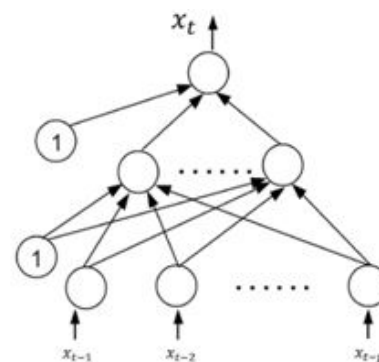


Рисунок 1 – Схема связи нейронов сети для анализа данных

Регрессионный анализ – это статистический метод исследования зависимости случайной величины Y от переменных X_j ($j = 1, 2, k$), рассматриваемых в регрессионном анализе как неслучайные величины независимо от истинного закона распределения X_j .

Регрессионный анализ используется в нашей задаче для прогностической оценки неизвестных значений внутри сетевых элементов данных (симптомов).

С помощью регрессионного анализа можно воспроизвести значения зависимой переменной внутри интервала заданных множеств независимых переменных или оценить выполнение процесса вне заданного интервала.

Применение нейронных сетей выбранной архитектуры в задачах медицинской аналитики и оценки показателей пациента

Используя методы, описанные выше, было сказано, что острый назофарингит состоит из трёх стадий развития:

- Первая стадия отличается появлением небольшого дискомфорта в области носоглотки.
- На второй стадии начинает выделяться большое количество отделяемого серозного типа.
- Третья стадия отличается тем, что отделяемое становится гнойным.

Для данных стадий составляется модель, позволяющая количественно [5, 6] описать и поставить предварительный диагноз [17, 18, 19].

Подготовка данных

Таблица 2 – Пациенты-симптомы (Patient Symptoms)

id_medcard	nasal_congestion	nasal_mucosa	Nasopharynx	nasal_breathing	Smell	ear_pain		
0001	Сильная	отёки и покраснения	имеет вязкую консистенцию	затруднено	нарушено	Да	да	3 стадия
0002	Отсутствует	покраснения	Отсутствует	затруднено	отсутствует	Нет	да	1 стадия
0003	Сильная	отёки и покраснения	Отсутствует	затруднено	отсутствует	Да	да	2 стадия

Описание структуры таблицы «Симптомы»[20]

- Id_medcard - id Медицинской карты пациента
- Nasal_congestion - заложенность носа
- nasal_mucosa – слизистая оболочка
- nasopharynx – задняя стенка носоглотки
- Nasal breathing-носовое дыхание

- Smell- обоняние
- ear pain - боль в ушах
- Headache - головная боль
- Diagnosis- диагноз

После этого была создана таблица в СУБД PostgreSQL (рисунок 2) с параметрами для постановки диагноза пациенту (рисунок 3).

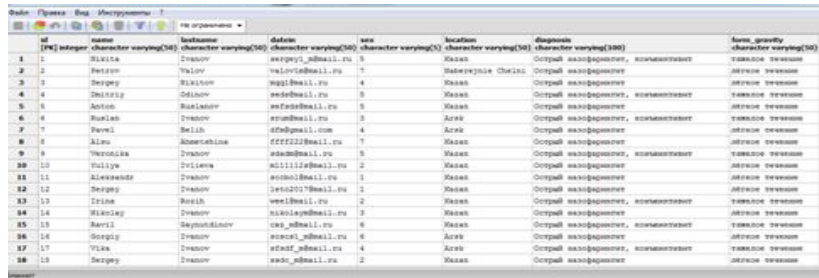


Рисунок 2 – Данные по симптомам пациентов

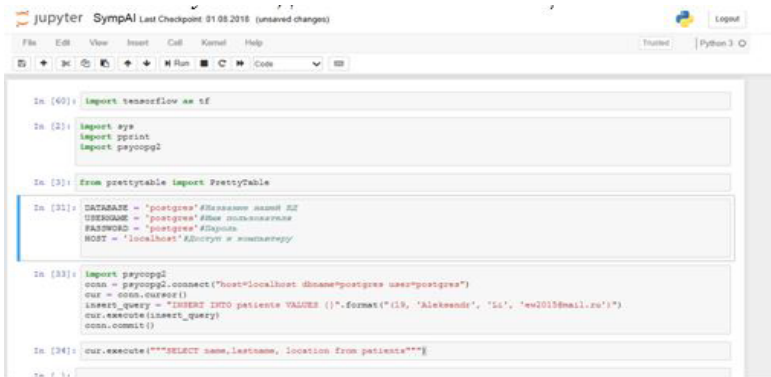


Рисунок 3 – Подключение к БД из jupyter-notebook

После подготовки данных, был разработан графический интерфейс (рисунок 4) с применением средств HTML, Javascript и CSS, который описан ниже:

```
input_form = «»»
<div style="background-color:gainsboro; border:solid red; width:600px; padding:22px;»
Медицинская карта пациента: <input type="text" id="var_name" value="»»><br>
Заложенность носа: <input type="text" id="var_value" value="»»><br>
Слизистая оболочка: <input type="text" id="var_name" value="»»><br>
Задняя стенка носоглотки: <input
```

```
type="text" id="var_value" value="»»><br>
Носовое дыхание: <input type="text" id="var_name" value="»»><br>
Обоняние: <input type="text" id="var_value" value="»»><br>
Боль в ушах: <input type="text" id="var_value" value="»»><br>
Головная боль: <input type="text" id="var_name" value="»»><br>
<button onclick="set_value()">Узнать стадию назофарингита</button>
Стадия назофарингита: <input type="text" id="var_name" value="3 стадия"><br>
</div>
«»»
```

Рисунок 4 – Форма по определению стадии острого назофарингита

Применение библиотеки matplotlib для визуализации данных по возрастам

```
import matplotlib as mpl
import matplotlib.pyplot as plt
import datetime as dt
import csv
data_names = [patients.years]
data_values = [patients.counts]
dpi1 = 100
fig1 = plt.figure(dpi1=dpi1, figsize =
(600 / dpi1, 484 / dpi1) )
fig1.savefig('stat.png')
```

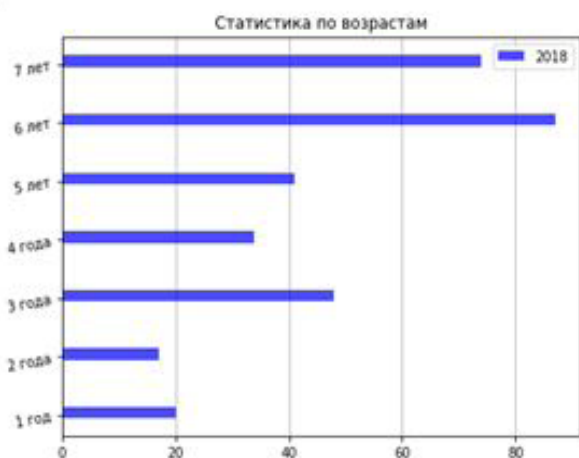


Рисунок 5 – Статистика по возрастам

Выборка всех данных пациентов с базы данных PostgreSQL для выбранной архитектуры в задачах по анализу данных [13, 14] с последующим построением диаграмм (рисунок 5), с помощью импортирования библиотеки matplotlib была составлена диаграмма по анализу заболеваемости острым назофарингитом (рисунок 6), а именно по трём стадиям течения заболеваемости.

При разработке системы были учтены рекомендации медицинских экспертов, знания которых были основой при предварительной постановке диагноза – острого назофарингита.

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

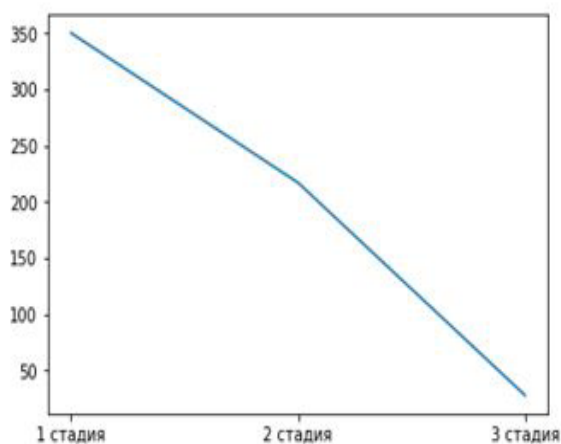


Рисунок 6 – Статистика заболеваемости

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Царегородцев В.Г. Общая неэффективность использования суммарного градиента выборки при обучении нейронной сети // Материалы XII Всеросс. семинара «Нейроинформатика и ее приложения», Красноярск, 2004. – С.145–151.
2. Аакер Д. Стратегическое рыночное управление / Пер. с англ. под ред. Ю.Н. Каптуревского. – СПб: Питер, 2002. – 544 с.
3. Аббакумов В.Л., Лезина Т.А. Бизнес-анализ информации. Статистические методы: Учебник [Текст] // Серия: Учебники экономического факультета СПбГУ// ЗАО «Издательство «Экономика». – 2009. – 374с.
4. Абдикеев Н.И. Проектирование интеллектуальных систем в экономике: Учебник / Под ред. Н.П. Тихомирова. – М.: Издательство «Экзамен», 2004. 528 с.
5. Царегородцев В.Г. Оптимизация экспертов boosting-коллектива по их кривым обучения // Материалы XII Всеросс. семинара «Нейроинформатика и ее приложения», Красноярск, 2004. – 196с. – С.152–157.
6. Айвазян С.А. и др. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. Справочное изд. / С. А. Айвазян, И. С. Енюков,

Л. Д. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 471 с.

7. Андрианов Д.Л., и др. Имитационное моделирование и сценарный подход в системах принятия решений // Проблемы теории и практики управления. 2002. – №5. – С. 74-75.

8. Царегородцев В.Г. Уточнение решения обратной задачи для нейросети-классификатора // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2003, №12.

9. Ансофф И. Новая корпоративная стратегия. – СПб: Питер Ком, 1999. – 416 с.

10. Багриновский К.А. и др. Методы машинной имитации экономических процессов. – М.: Наука, 1982. – 265 с.

11. Балдин К.В. Теоретические основы принятия управленческих решений: Учеб./К.В. Балдин, С.Н. Воробьев Б.В. Уткин. М.: Издательство Московского психолого-социального института; Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК», 2005. – 504 с.

12. Боумэн К. Основы стратегического менеджмента / Пер. с англ. под ред. Л.Г. Зайцева, М.И. Соколовой. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. 175

13. Валиотти Н.А. Количественное описание реакции рынков на экономический кризис 2008 года на основе нейросетевой модели // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки №2(192) 2014. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург. – 2014 – С. 191–199.

14. Валиотти Н.А. Нейросетевая модель для дифференцированной оценки влияния одновременных внешних событий в сфере розничной торговли // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10: Прикладная математика, процессы управления. 2014. Вып. 2. С. 111–119.

15. Валиотти Н.А., Аббакумов В.Л. Количественное оценивание последствий управленческих решений на основе нейросетевых моделей [Текст] // Журнал «Прикладная информатика» №5(47). Синергия-Пресс, Москва. – 2013 – С. 6–13.

16. Союз педиатров России, Международный Фонд охраны здоровья матери и ребенка. Научно-практическая программа «Острые респираторные заболевания у детей. Лечение и профилактика». М., 2002 г.

17. Таточенко В.К. Болезни органов дыхания у детей. М. ПедиатрЪ. 2012

18. Gwaltney JM Jr, Hendley JO, Phillips CD, et al. Nose blowing propels nasal fluid into the paranasal sinuses. Clin Infect Dis 2000; 30:387.

19. А.А. Баранов (ред.). Руководство по амбулаторно-клинической педиатрии. М. Гэотар-Медиа. 2-е изд. 2009.

20. Бояркина Е.В. Применение автоматизированных программ в учреждениях здравоохранения // Вестник магистратуры. 2016. №11-3 (62). С. 70 – 72.

Статья поступила в редакцию 30.08.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 004.67

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ АНАЛИЗА ПУБЛИКАЦИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

© 2018

Мартышкин Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры
«Вычислительные машины и системы»

*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: alexey314@yandex.ru)*

Сальников Игорь Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
«Вычислительные машины и системы»

*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: alexey314@yandex.ru)*

Пашенко Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе
Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: dmitry.pashchenko@gmail.com)

Бершадская Елена Григорьевна, кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры
«Вычислительные машины и системы»

*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: bereg.50@mail.ru)*

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению и описанию основных этапов разработки программы, выполняющей анализ публикаций зарегистрированных пользователей в социальных сетях. Рассмотрены архитектуры программных продуктов клиент-серверной архитектуры. В рамках данной тематики разработки и исследования выбрана трехуровневая архитектура клиент-сервер. Произведена характеристика и дана классификация систем управления базами данных (СУБД), а также проведен сравнительный анализ двух СУБД. В рамках работы выбрана СУБД MySQL и разработана структура данных для нее. Предложены клиентская и серверная части программы. Разработано программное обеспечение, которое позволяет извлекать данные из социальных сетей, обрабатывать их с помощью необходимых фильтров по дате и по городу, в котором вероятно расположен исследуемый пользователь, а также создавать отчеты по полученным и обработанным данным. Произведен анализ публикаций из сообщества в социальной сети, а также произведен глубокий анализ публикаций пользователей социальной сети. Опытным путем установлено, что созданное программное средство имеет практическую ценность, выраженную в возможности его применения для определения количественных характеристик публикаций пользователей. В заключении статьи представлены основные выводы по проделанной работе.

Ключевые слова: анализ социальных сетей, архитектура «клиент-сервер», база данных, большие данные, визуализация данных, информационный обмен, клиентская часть, открытые источники, пользователь, приложение, программное средство, реляционная система, серверная часть, синхронизация, сообщество, социальная сеть.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR ANALYSIS OF PUBLICATION OF USERS IN SOCIAL NETWORKS

© 2018

Martyshkin Alexey Ivanovich, candidate of technical sciences, docent, associate Professor
of sub-department «Computers and systems»

*Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin Street, 1a/11, e-mail: alexey314@yandex.ru)*

Salnikov Igor Ivanovich, doctor of technical sciences, professor, head of sub-department “Computers and Systems”
Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baidukov passage / Gagarin St., 1a / 11, e-mail: iis@penzgtu.ru)

Pashchenko Dmitry Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, vice-rector for scientific work
Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baidukov passage / Gagarin St., 1a / 11, e-mail: dmitry.pashchenko@gmail.com)

Bershadskaaya Elena Grigorevna, candidate of technical sciences, professor, professor of sub-department
«Computers and systems»

*Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: bereg.50@mail.ru)*

Abstract. The article is devoted to the review and description of the main stages of development of the program that analyzes the publications of registered users in social networks. The architectures of client-server architecture software products are considered. Within the framework of this subject of development and research, a three-level

client-server architecture was chosen. Produced characteristics and classification of database management systems (DBMS), as well as a comparative analysis of the two DBMSs. As part of the chosen database MySQL and developed a data structure for it. The client and server parts of the program are offered. We have developed software that allows you to extract data from social networks, process them using the necessary filters by date and by city in which the user is likely to be studied, as well as create reports on the received and processed data. The analysis of publications from the community in the social network, as well as an in-depth analysis of publications of users of the social network. Empirically found that the created software tool has practical value, expressed in the possibility of its application to determine the quantitative characteristics of user publications. At the end of the work given some conclusions.

Keywords: social network analysis, client-server architecture, database, big data, data visualization, information exchange, client part, open sources, user, application, software, relational system, server part, synchronization, community, social network.

Актуальность темы исследования заключается в том, что в последнее время наблюдается повсеместное проникновение информационных технологий в жизнь современного общества и в частности социальных сетей.

Для анализа публикаций пользователей в социальных сетях стоят проблемы, относящиеся к большим данным [1-3]:

- 1) общий объем публикаций пользователей относительно сложно подсчитать из-за постоянного роста их числа;
- 2) количество публикаций ежечасно увеличивается;
- 3) публикации пользователей, достаточно размытое понятие, к ним можно отнести как сообщения, публикуемые на странице в социальной сети, сообщения, отправленные другим пользователям приватно, фотографии, видео и т.п.;
- 4) публикации пользователей могут быть как информативными, так и лишены всякого смысла, например, набор случайных цифр и букв.

Данные проблемы могут быть решены следующим образом:

- следует ограничиться сбором заданного числа публикаций (1 и 2);
- под публикациями пользователей понимать сообщения, которые пользователи оставляют на своей странице или на странице группы (3);
- решение 4 проблемы, может рассматриваться, как создание фильтров для снижения смутности.

В данной статье создаваемое программное средство для анализа публикаций пользователей в социальных сетях подразделяется, на клиентскую и серверную части. В классической клиент-серверной архитектуре базовые составляющие части приложения распределены по паре физических модулей (рисунок 1) [4,5] и [6-8]. Как правило пользовательский интерфейс расположен на клиентской стороне, а программные компоненты для хранения данных – на стороне сервера. В таком случае обработку данных нужно распределять между серверной и клиентской частями, что является главным недостатком этой архитектуры. Дробление алгоритмов обработки данных нуждается в синхронизации действий обеих частей системы.

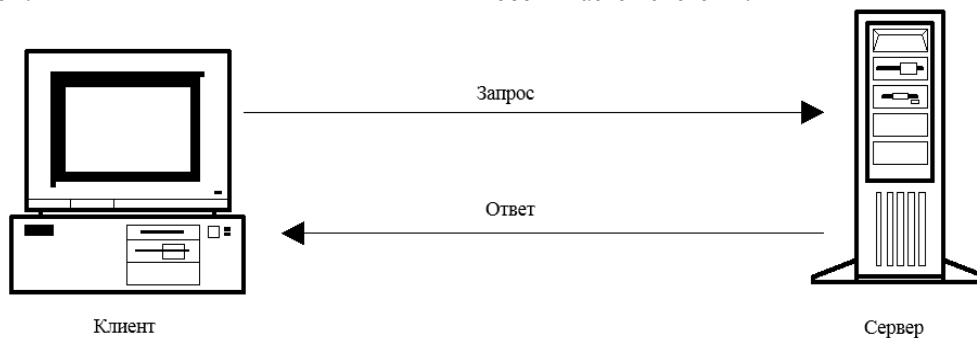


Рисунок 1 – Классическая клиент-серверная архитектура

Каждый из перечисленных подходов имеет определенные недостатки:

- при обработке данных на сервере имеет место проблема описания и отладки встроенных процедур. Еще одним недостатком является то, что систему с обработкой данных на сервере невозможно перенести на другую платформу;
- при обработке данных на клиентской стороне из-за передачи необработанных данных неоправданно перегружается сеть и становится сложнее изменение состава и поддержание ра-

ботоспособности системы, т.к. исправление возникшей ошибки или замена конкретного алгоритма вычислений нуждается в одновременной полной замене всех программ интерфейсной части, иначе последует несогласованность данных.

Для устранения отмеченных недостатков применяются многоуровневые клиент-серверные модели, где модули обработки данных выполняющиеся на одном или нескольких независимых серверах, распределены более интеллектуально (рисунок 2) [4,5] и [6-8].

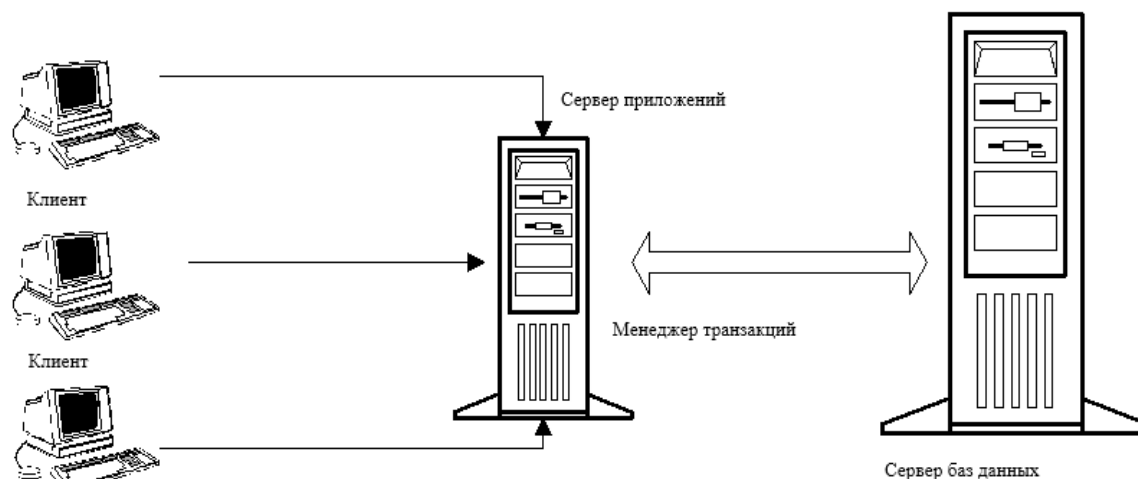


Рисунок 2 – Многоуровневая клиент-серверная архитектура

Представленные модули играют роль сервера для интерфейсов с пользователями и клиента – для серверов базы данных (БД). Также различные серверы приложений могут взаимодействовать между собой для более точного разделения системы на функциональные блоки, выполняющие определенные задачи.

В данной работе программное средство использует трехуровневую архитектуру, а значит состоит из трех компонент: клиент, сервер приложений и сервер БД.

Система управления базами данных (СУБД) – совокупность программных и лингвистических средств, обеспечивающих управление созданием и использованием БД. Реляционные системы реализуют реляционную модель работы с данными, которая определяет всю хранимую информацию как набор связанных записей и атрибутов в таблице. СУБД этого типа используют таблицы для работы и хранения данных. Каждый атрибут содержит свой тип информации, а для каждой записи в БД, есть уникальный ключ.

К основным функциям СУБД относят:

- управление данными в оперативной памяти и во внешней памяти;
- поддержка языков БД;
- каталогизация изменений, резервное копирование и восстановление БД после сбоев.

Как правило, любая современная СУБД включает в свой состав:

- подсистему поддержки времени исполнения, позволяющую интерпретировать программы манипуляции данными, создающими пользовательский интерфейс с СУБД;
- ядро, отвечающее за управление данными в оперативной памяти и во внешней памяти;
- процессор языка БД, обеспечивающий оптимизацию запросов на извлечение и изменение данных и создание, исполняемого внутреннего кода;
- внешние утилиты, которые позволяют обеспечить некоторые дополнительные возможности по обслуживанию системы.

Существует множество способов, по которым

можно провести классификацию СУБД.

По степени удаленности:

- распределенные СУБД (фрагменты СУБД могут размещаться кроме одного, также на двух и более компьютерах);
- локальные СУБД (все части локальной СУБД сосредоточены лишь на одном компьютере).

По способам доступа СУБД делятся на встраиваемые, файл-серверные и клиент-серверные.

Встраиваемая СУБД поставляется как составная часть конкретного программного продукта, не требуя процедуры дополнительной установки. Прежде всего встраиваемые СУБД необходимы и применяются для местного хранения данных приложения и не подходят для общего использования в сети. Физически встраиваемая СУБД зачастую реализована в виде подключаемой библиотеки. Со стороны приложения доступ к данным происходит через SQL, либо через специализированные программные интерфейсы. К СУБД такого типа, например, относятся SQLite, OpenEdge, Microsoft SQL Server Compact, BerkeleyDB, Firebird Embedded и другие [4].

Клиент-серверная СУБД размещена на сервере вместе с БД и осуществляет доступ к ней в монопольном режиме. Все запросы на обработку данных обрабатываются клиент-серверной СУБД централизованно. Как пример недостатков клиент-серверных СУБД можно отметить повышенные требования к серверу. К основным достоинствам таких СУБД относят удобство обеспечения таких важных характеристик, как высокая доступность, надежность и безопасность; потенциально более низкая загрузка локальной сети; удобство централизованного управления. К СУБД описанного типа относят MS SQL Server, MySQL, Oracle Interbase, Informix, Database, Firebird, Sybase Adaptive Server Enterprise, PostgreSQL и другие

В файл-серверных СУБД файлы данных располагаются централизованно на файл-сервере. СУБД располагается на каждой рабочей станции. Доступ СУБД к данным осуществляется с помощью ло-

кальной сети. Синхронизация осуществляется с помощью файловых блокировок. Важным преимуществом архитектуры является довольно низкая нагрузка на процессор файлового сервера. К недостаткам относят достаточно высокую загрузку локальной сети; невозможность или затрудненность в централизованном управлении; невозможность или затрудненность в обеспечении таких важных характеристик, как высокая надежность, доступность и безопасность. Применяются чаще всего в локальных приложениях, использующих функции управления БД, а также в системах с низкой интенсивностью обработки данных и низкими пиковыми нагрузками на БД. На сегодняшний день файл-серверная технология признана морально устаревшей, а ее применение в крупных системах – существенным недостатком и пережитком прошлого.

В настоящей работе используется клиент-серверная СУБД. Сравним для примера некоторые клиент-серверные СУБД. Microsoft SQL Server – система управления реляционными базами данных (PCУБД), разработанная компанией Microsoft. Основной применяемый язык запросов – Transact-SQL, создан совместными усилиями Sybase и Microsoft. Transact-SQL – воплощение ANSI/ISO-стандарта по языку запросов SQL с некоторыми дополнениями. Используется для работы с БД от персональных до крупных.

Для предприятия среднего бизнеса, целесообразно выбрать платное решение. Одним из преимуществ является отсутствие оплаты за дополнительно подключаемые функции или программные продукты, например, средства обеспечения высокой надежности, доступности, возможность удаленного восстановления в случае наступления сбойной ситуации, сжатия данных и прозрачного шифрования данных, инструменты для работы с пространственными данными, инструменты бизнес-аналитики (BI) с поддержкой самообслуживания и другие.

Преимущества MS SQL Server:

- интеграция с другими программными продуктами от Microsoft;
- имеет развитые средства реляционного доступа к данным (Transact-SQL, PL/SQL), администрирования, защиты и восстановления БД.

Недостатки MS SQL Server:

- является платным продуктом;
- поддерживает работу только на операционных системах семейства Windows.

MySQL – бесплатная СУБД, возникшая как некоторая попытка провести сопряжение mSQL с собственными разработками компании: таблицам, для которых использовались подпрограммы низкого уровня (ISAM). В результате разработчиками получен принципиально новый SQL-интерфейс.

Разработку и сопровождение MySQL ведет компания Oracle, имеющая права на этот бренд наряду с поглощенной Sun Microsystems. СУБД тиражируется как под GNU General Public License, так и под

коммерческой лицензией компании. Кроме этого, разработчики также создают необходимый функционал по специальному заказу лицензионных авторизированных пользователей. В большой степени благодаря таким заказам начиная с ранних версий в программном продукте появляется механизм синхронизации (репликация БД) [5].

Преимущества MySQL:

- существует множество сторонних инструментов, включая визуальные, облегчающих начало работы с БД;
- MySQL поддерживает большую часть функционала SQL;
- MySQL может работать с большими объемами данных, и подходит для масштабируемых приложений;
- пренебрежение некоторыми стандартами позволяет MySQL работать производительнее.

Недостатки MySQL:

- некоторые операции реализованы менее надежно, чем в других PCУБД;
- MySQL является open-source продуктом, работа над ней сильно заторможена.

В результате сравнения, в данной работе будет использоваться MySQL т.к. он может работать как на Windows, так и на Debian и является свободно распространяемым.

Результат разработки структуры БД представлен на рисунке 3.

Разработка серверной части

Серверная часть должна выполнять следующие функции:

- получать содержимое публикаций пользователей из социальной сети;
- анализировать полученные публикации с помощью различных фильтров;
- формировать отчеты на основе анализа полученных данных;
- хранить полученные данные в БД;
- обеспечивать выполнения запросов от клиентской части.

Язык разработки серверной части: Python [9].

Таким образом разработку серверной части можно разделить на разработку несколько модулей, каждый из которых будет выполнять отдельную функцию [10-14].

В результате разработки были созданы следующие модули: взаимодействия с ВКонтакте; взаимодействия с клиентом; выполнения клиентских задач; обработки данных.

Рассмотрим их по отдельности.

Модуль взаимодействия с ВКонтакте. Получить публикации пользователей из социальной сети ВКонтакте можно несколькими способами: воспользоваться API ВКонтакте [15], который позволяют получить массив структурированных данных от сервера ВКонтакте; создавать программное средство для сбора данных со страниц пользователей.

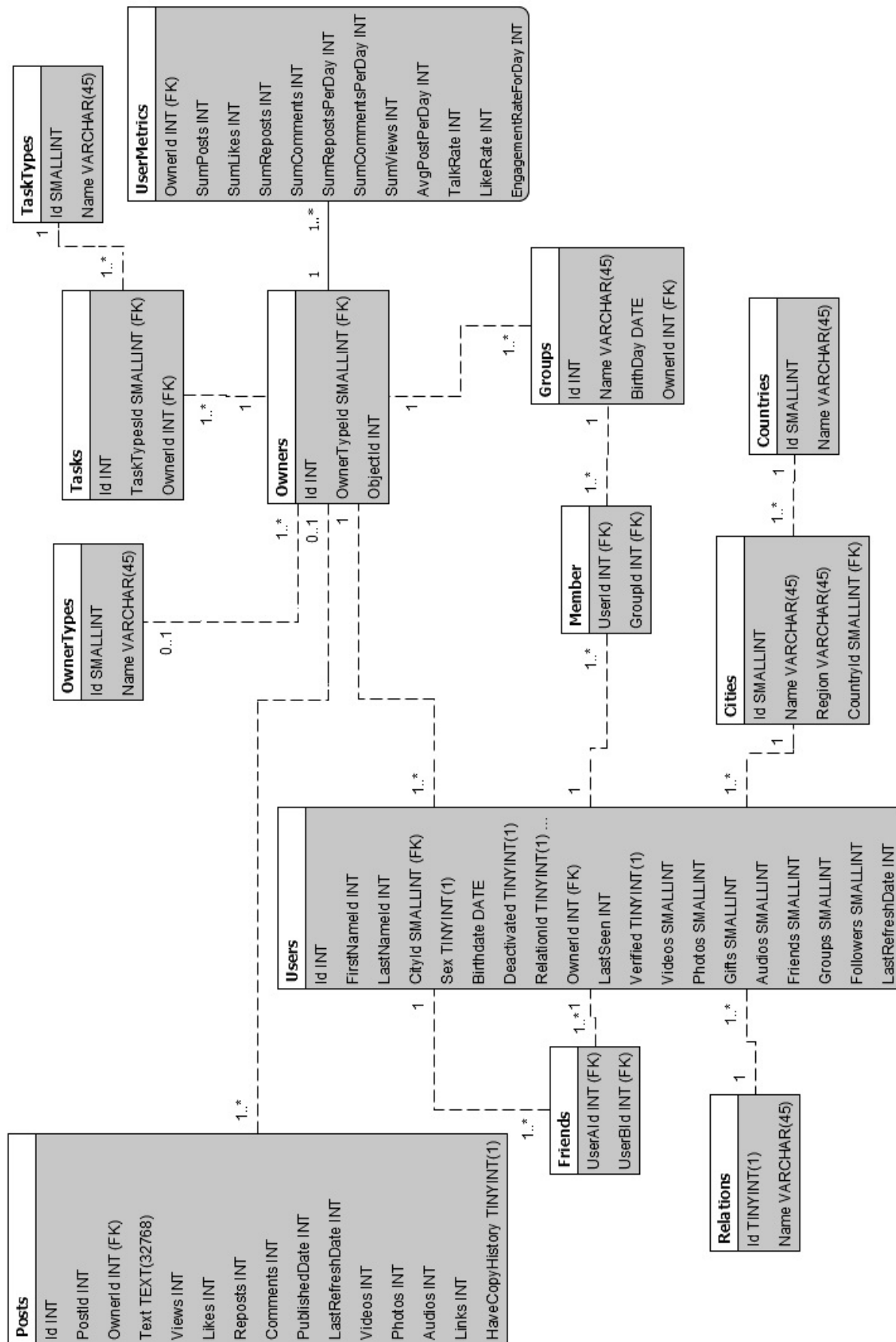


Рисунок 3 – Структура БД

Первый вариант является наиболее предпочтительным т.к. для него не требуется создавать отдельного программного средства, но вместе с тем несет ограничения, связанные с работой API ВКонтакте. Так для API ВКонтакте на май 2018 года существует ограничение в 5000 обращений в сутки для получения публикаций пользователей [15]. В результате было решено использовать обращение к API ВКонтакте.

Модуль взаимодействия с клиентом. Взаимодействие с клиентской частью организуется с помощью сокетов – программный интерфейс, обеспечивающий информационный обмен между процессами, которые при таком обмене могут выполняться как на одном, так и на различных устройствах, которые между собой связаны сетью.

В момент старта серверной части,

создается сокет, ожидающий подключения, и в случае создания соединения происходит обмен между серверной и клиентской частями.

Модуль выполнения клиентских задач. Данный модуль является арбитром для других модулей программы. Он принимает задачи клиентской части, определяет задачи для модуля обработки данных и взаимодействия с ВКонтакте.

Модуль обработки данных. Занимается расчетами количественных характеристик для публикаций пользователей, отвечает за взаимодействие с БД и выполняет задачи, поставленные модулем выполнения клиентских задач.

Перед написанием программного кода создана UML-диаграмма классов для серверной части (рисунок 4).

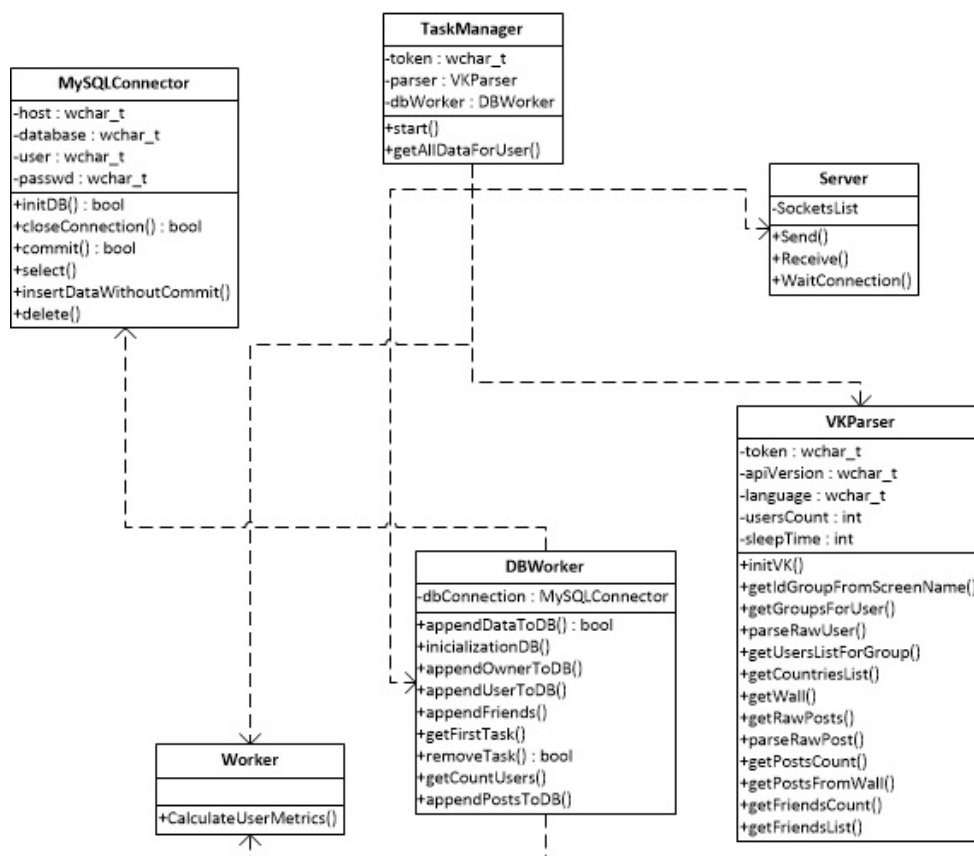


Рисунок 4 – Диаграмма классов для серверной части

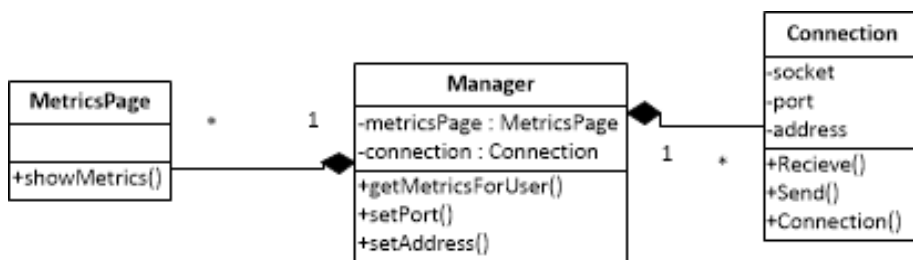


Рисунок 5 – Диаграмма классов для клиентской части

Разработка клиентской части

Согласно заданию, клиентская часть должна выполнять следующие функции:

- формировать запросы для серверной части;
- выводить отчеты по полученным публикациям.

Клиентская часть должна обладать интуитивным графическим интерфейсом пользователя.

Язык разработки: C++ с библиотеками Qt.

По аналогии с серверной частью, клиентская часть была разделена на модули:

- управления;
- визуализации данных;

- взаимодействия с сервером.

Клиентская часть позволяет с помощью серверной получить следующие данные:

- оценка публикаций группы в социальной сети за определенный период [16-18];
- общая статистика по публикациям заданного числа пользователей, определенного города [19-20].

Перед написанием программного кода создана UML-диаграмма классов для клиентской части (рисунки 5).

Результатом разработки является программное средство, обладающее структурой, представленной на рисунке 6.

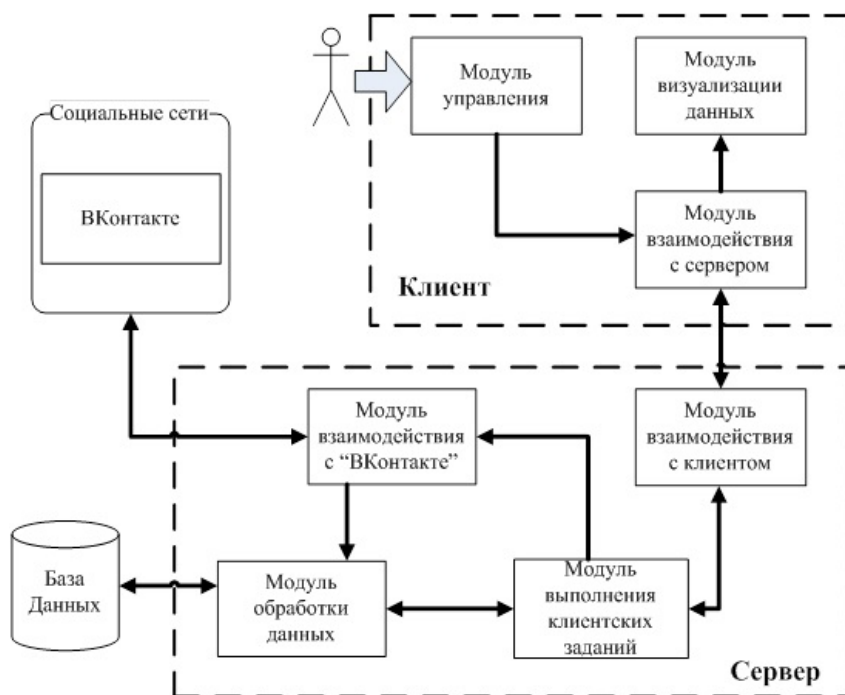


Рисунок 6 – Структура программного средства

Таблица 1 – Описание запускаемых для серверной части команд

Параметр	Описание
Обязательные	
--port PORT, -p PORT	Установка номера порта, который будет прослушиваться сервером
--token TOKEN, -t TOKEN	Установка значения ключа доступа, для получения данных из ВКонтakte
--user USER, -u USER	Установка имени учетной записи для доступа к БД
--pass PASSWORD, -p PASSWORD	Установка пароля учетной записи для доступа к БД
Запросы	
--task TASKTYPE, -tk TASKTYPE	Установка типа запроса для получения данных (Варианты: g – для группы, u – пользователей)
--name NAME, -n NAME	Установка параметра, в зависимости от типа запроса либо ссылка на группу, либо название города
-fd FIRST_DATE	Установка даты с которой будет осуществляться сбор (Формат: "ГГГГ.ММ.ДД")
-ld LAST_DATE	Установка даты, до которой будет осуществляться сбор
-c COUNT	Установка требуемого числа пользователей для сбора
Другие	
--help, -h	Вывод справочной информации по параметрам запуска

Серверную часть можно запустить с различными параметрами, приведенными в таблице 1.

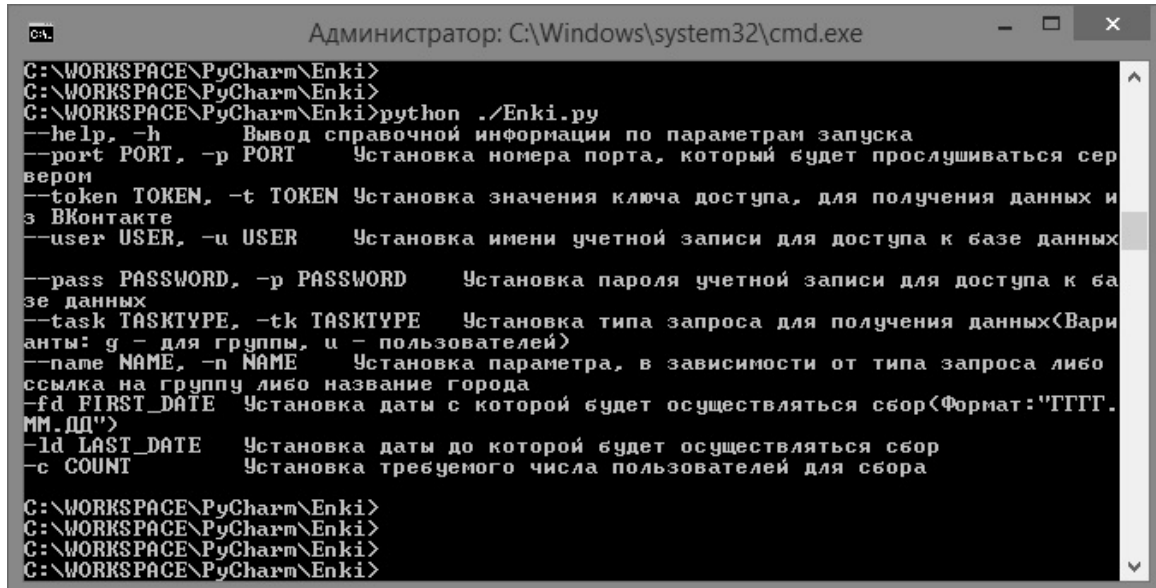
В случае запуска сервера без обязательных параметров (рисунок 7), он выведет справочную информацию и прекратит работать.

Во время старта клиентской части пользователю предлагается ввести ip-адрес и порт где располагается сервер (рисунок 8).

В случае успешного соединения с сервером

появится меню с дальнейшими возможными действиями (рисунок 9). Предлагается две возможности: сбор данных о публикациях для группы по ее веб-адресу или общий сбор данных по публикациям пользователей социальной сети, указавшим свой город.

В качестве примера для анализа была выбрана группа: “Пенза новости”, расположенная по веб-адресу: https://vk.com/news_pnz (рисунок 10).



```
Администратор: C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\WORKSPACE\PyCharm\Enki>
C:\WORKSPACE\PyCharm\Enki>
C:\WORKSPACE\PyCharm\Enki>python ./Enki.py
--help, -h          Вывод справочной информации по параметрам запуска
--port PORT, -p PORT  Установка номера порта, который будет прослушиваться сервером
--token TOKEN, -t TOKEN  Установка значения ключа доступа, для получения данных из ВКонтакте
--user USER, -u USER   Установка имени учетной записи для доступа к базе данных
--pass PASSWORD, -p PASSWORD  Установка пароля учетной записи для доступа к базе данных
--task TASKTYPE, -tk TASKTYPE  Установка типа запроса для получения данных (Варианты: g - для группы, u - пользователей)
--name NAME, -n NAME     Установка параметра, в зависимости от типа запроса либо ссылка на группу либо название города
--fd FIRST_DATE          Установка даты с которой будет осуществляться сбор (Формат: "ГГГГ.ММ.ДД")
--ld LAST_DATE           Установка даты до которой будет осуществляться сбор
--c COUNT                Установка требуемого числа пользователей для сбора
C:\WORKSPACE\PyCharm\Enki>
C:\WORKSPACE\PyCharm\Enki>
C:\WORKSPACE\PyCharm\Enki>
C:\WORKSPACE\PyCharm\Enki>
```

Рисунок 7 – Запуск сервера без параметров

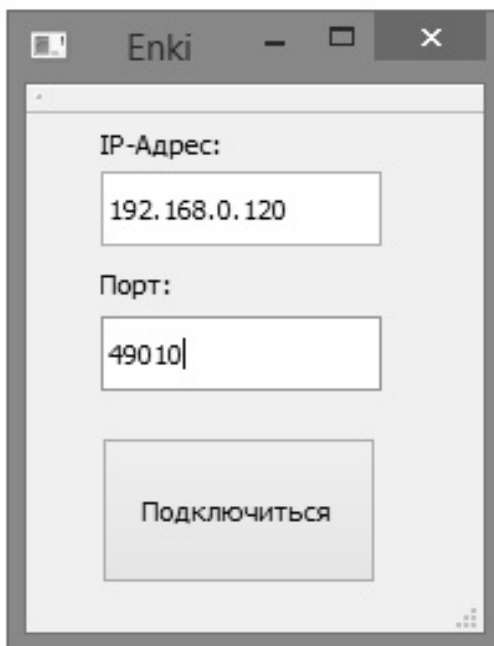


Рисунок 8 – Форма подключения к серверу для клиента

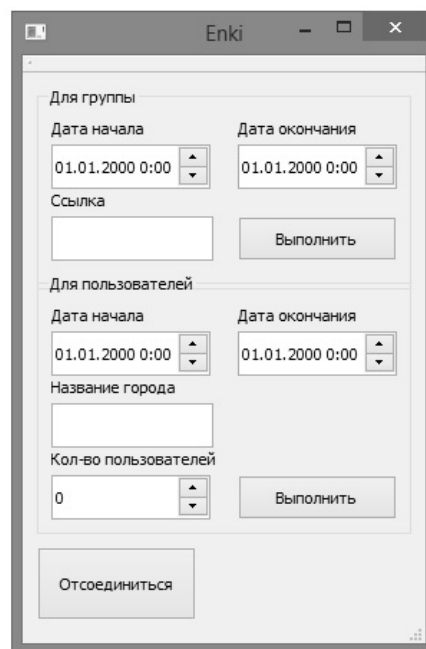


Рисунок 9 – Меню выбора задач для анализа

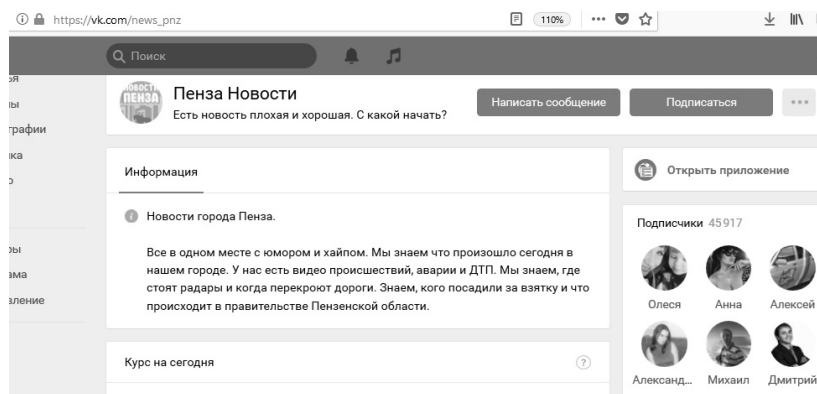


Рисунок 10 – Страница группы в социальной сети ВКонтакте

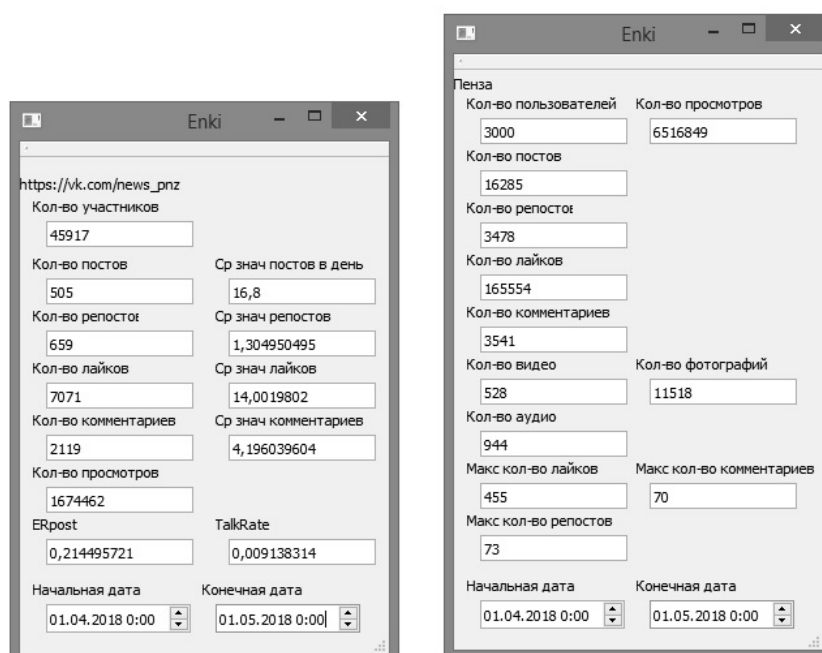


Рисунок 11 – Форма вывода отчета анализа публикаций для группы из социальной сети (а); форма вывода отчета анализа публикаций пользователей социальной сети ВКонтакте (б)

Для анализа публикаций пользователей были взяты пользователи, указавшие своим городом Пензу. Размер выборки – 3000 пользователей, временные границы с 1 апреля 2018 по 1 мая 2018.

По полученным на рисунке 11 данным можно сделать вывод, что в данной группе в день в среднем выпускается 16 публикаций. На каждую публикацию приходится: 14 отметок “Нравится” и 331 просмотр. У публикации в среднем оставляют 4 комментария и делают одну пересылку (один репост). В среднем на пользователя в месяц приходится 5 публикаций. На каждую публикацию приходится: 10 отметок “Нравится” и 400 просмотров. Только почти каждую 5 публикация комментируют и пересылают. К публикациям чаще всего прикрепляют изображения реже звуковые файлы и еще реже видео.

В заключении сделаем ряд выводов по проделанной работе. Рассмотрены архитектуры программных комплексов вида клиент-сервер. Вы-

брана трехуровневая архитектура клиент-сервер. Произведена характеристика и дана классификация СУБД, а также проведен сравнительный анализ двух СУБД. Выбрана СУБД MySQL и разработана структура данных для нее. Разработаны клиентская и серверная части программного средства. Разработано программное средство, позволяющее извлекать данные из социальных сетей, обрабатывать их с помощью фильтров по дате и по городу вероятного расположения пользователя, а также создавать отчеты по обработанным данным. Произведен анализ публикаций из группы в социальной сети, а также отдельно произведен анализ публикаций пользователей социальной сети. Установлено, что разработанное специализированное программное средство имеет практическую ценность, выраженную в возможности его применения для определения количественных характеристик публикаций пользователей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Новые методы работы с большими данными: победные стратегии управления в бизнес-аналитике: научно-практический сборник / под ред. А. В. Шмида. М.: ПАЛЬМИРА, 2016. – 528 с.
2. Charu C. Aggarwal. Social Network Data Analytics. 2011. 520 p.
3. Vidasova L., Novikov D., Bershadskaya E. Do Social Networks help to Organize a Community around E-participation Portals in Russia? // ACM International Conference Proceeding Series Challenges in Eurasia. Сер. «eGose 2017 - 2017 International Conference on Electronic Governance and Open Society: Challenges in Eurasia, Proceedings» 2017. PP. 62–69.
4. М. Нейгард. Release it! Проектирование и дизайн ПО для тех, кому не всё равно. – СПб.: Питер, 2016. – 320 с.
5. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений. Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 544 с.
6. Вольфсон Б. Гибкое управление проектами и продуктами. – СПб.: Питер, 2015. – 144 с.
7. Спинеллис Д., Гусиос Г. Идеальная архитектура. Ведущие специалисты о красоте программных архитектур. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2010. – 528 с.
8. Розенфельд Л., Морвиль П. Информационная архитектура в Интернете, 2-е издание. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2005. – 544 с.
9. Силен Д., Мейсман А. Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных. СПб.: Питер, 2017. – 336 с.
10. Коршунов А., Белобородов И., Бузун Н., Аванесов В., Пастухов Р., Чихрадзе К., Козлов И., Гомзин А., Андрианов И., Сысоев А., Ипатов С., Филоненко И., Чуприна К., Турдаков Д., Кузнецов С. Анализ социальных сетей: методы и приложения // Труды Института системного программирования РАН. 2014. Т. 26. № 1. С. 439–456.
11. Чураков А. Н. Анализ социальных сетей // СоцИс. 2001. – № 1. – С. 109–121.
12. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2010. – 228 с.
13. Давыденко В.А., Ромашкина Г.Ф., Чуканов С.Н. Моделирование социальных сетей // Вестник Тюменского государственного университета. 2005. – №1. – С. 68–79.
14. Базенков Н. И. Обзор информационных систем анализа социальных сетей / Н. И. Базенков, Д. А. Губанов // Управление большими системами. – 2013. – 41. – С. 357–394.
15. Streaming API и ограничения API для поиска [Электронный ресурс] // Streaming API и ограничения API для поиска | Разработчикам URL: https://vk.com/dev.php?method=data_limits (дата обращения: 29.09.2018).
16. Реутов Е.В. Социальные сети в региональном сообществе: монография / Реутов Е.В., Колпина Л.В., Реутова М.Н., Бояринова И.В.; отв. ред. Е.В. Реутов. Белгород: Константа, 2011. – С. 80–88.
17. Тимонин А.Ю., Бождай А.С. «Использование технологий Big Data для построения социального профиля человека на основе открытых источников» // Вестник Пензенского государственного университета. – 2015. – № 2 (10). – С. 140–144.
18. Анализ структурированных и неструктурированных данных с помощью ContentAnalytics / Центр компетенции по технологии IBM Big Data. – М, 2014. – 66 с.
19. Бершадская Е.Г., Назиров Р.Р. Проблемы сбора и представления неструктурированной информации из открытых источников // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: сборник статей XVI Всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией И.И. Сальникова. 2018. – С. 64–68.
20. Батура Т.В. Методы анализа компьютерных социальных сетей // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2012. – Том 10, – выпуск 4. – С. 13–28.

Статья поступила в редакцию 10.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 004.094

ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ВЕБ-САЙТОВ НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО АВТОМАТА

© 2018

Смирнов Дмитрий Сергеевич, аспирант
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: bazaar@ya.ru)

Шашков Борис Дмитриевич, кандидат технических наук, профессор кафедры «МО и ПЭВМ»
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: sbd2222@mail.ru)

Аннотация. В статье рассматривается проблема многопользовательского тестирования веб-сайтов и создания автоматизированных средств для ее решения. Для решения проблемы ручными средствами используются техники альфа и бета тестирования, но они имеют ряд недостатков. В случае альфа тестирования – это дороговизна привлечения достаточного количества людей для тестирования. В случае бета тестирования – это отсутствие контроля за процессом тестирования и открытие незавершенного продукта общественности. На данный момент нет инструментов, которые позволили бы решить поставленную задачу автоматизированными средствами. Автоматизированные тесты проверяют бизнес сценарии, когда в системе всего один активный пользователь. Веб-сайты являются многопользовательскими системами, и бизнес процессы одних пользователей могут оказывать незапланированное влияние на бизнес процессы других пользователей. Для решения поставленной задачи необходима разработка инструмента тестирования, который позволял бы создать необходимое количество виртуальных пользователей, эмулирующих работу реальных пользователей. Для эмуляции поведения пользователя предлагается использование такого математического аппарата как вероятностный автомат. Вероятностный автомат дает возможность описать поведение пользователя, а также определить вероятности совершения пользователем конкретных действий, что позволяет приблизиться к поведению реального пользователя. Матрица вероятности позволяет определить вероятности выбора конкретных действий пользователем, благодаря чему поведение виртуального пользователя будет больше похоже на поведение реального пользователя. Взаимодействие с вебсайтом виртуальными пользователями предлагается посредством веб-браузера для достижения схожести со способом взаимодействия реального пользователя. Разработанный инструмент позволит проводить многопользовательское тестирование, оценивать поведение системы в условиях, близких к условиям реальной эксплуатации, выявить возможные в этих условиях ошибки.

Ключевые слова: ручное тестирование, автоматизированное тестирование, альфа тестирование, бета тестирование, нагрузочное тестирование, функциональное тестирование, интеграционное тестирование, конечный автомат, веб драйверы, вероятностный автомат, профиль нагрузки, шаблон поведения пользователя.

PRINCIPLES OF AUTOMATED TESTING OF WEB SITES BASED ON A PROBABILISTIC AUTOMATON

© 2018

Smirnov Dmitry Sergeevich, graduate student
Penza State University
(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: bazaar@ya.ru)

Shashkov Boris Dmitrievich, Candidate of Technical Sciences, professor of the department “Mathematical Support and Computer Application”
Penza State University
(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: sbd2222@mail.ru)

Abstract. The article examines the problem of multi-user testing of Web sites and the lack of automated tools to solve it. This task can be solved by using alpha and beta testing, but it has drawbacks. In cases of alpha testing, it is expensive to attract enough people for testing. In the case of beta testing, it is the lack of control over the testing process and the opening of the unfinished product to the public. At the moment there are no tools that would allow us to solve the task by automated means. Automated tests check business scenarios when there is only one active user on the system. Web sites are multi-user systems, and the business processes of some users can have an unplanned impact on the business processes of other users. To solve this problem, it is supposed to develop a testing tool that would allow creating the necessary number of virtual users that emulated the work of real users. A probabilistic automaton is used to emulate user behavior. A probability automaton allows us to describe the behavior of a user. The probability matrix allows us to determine the probability of selecting specific actions by the user, so that the behavior of the virtual user will be more similar to the behavior of the real user. Tools should use special web-browser for testing system, because this way is similarity with the way the real user interacts with

system. The developed tool will allow to conduct multi-user testing, to receive the results of how the system will behave in conditions close to the conditions of real operation, what errors may occur in this case.

Keywords: manual testing, automated testing, alpha testing, beta testing, load testing, functional testing, integration testing, finite state machine, web drivers, probabilistic automaton, load profile, pattern of user behavior.

Одним из важнейших этапов разработки программного обеспечения является тестирование. Фаза тестирования – это последний рубеж перед эксплуатацией продукта, когда продукт может быть возвращён на доработку вследствие нахождения отклонений от заданных требований. Исправление ошибок на этой фазе обходится значительно дешевле, чем на фазе эксплуатации. Устранить все ошибки в продукте невозможно, но нужно стремиться минимизировать их количество. И от того, насколько качественно организована фаза тестирования, зависит количество обнаруженных ошибок.

Для достижения наилучших результатов в тестировании комбинируют методы ручного и автоматизированного тестирования. Автоматизированное тестирование может происходить на уровне кода и на уровне графического интерфейса. При этом стратегия покрытия тестами остаётся одинаковой, она предполагает декомпозицию системы и покрытие ее тестами.

Предполагается, что если протестировать все части по отдельности, то будет протестировано и все приложение в совокупности [1]. Это справедливо только отчасти, даже в случае использования интеграционных тестов. Некоторые ошибки могут возникать только во время работы с системой одновременно нескольких пользователей, когда разные бизнес процессы оказывают друг на друга незапланированное влияние. Примером такой ошибки, является так называемое “потерянное обновление”, когда при одновременном изменении одного блока данных разными транзакциями одно из изменений теряется. Такие ошибки часто возникают непосредственно во время реальной эксплуатации приложения.

На этапе тестирования такие ошибки весьма проблематично обнаружить в силу того, что тестирование бизнес сценария проводится одним тестирующим и возникновение такой ошибки маловероятно. Их обнаружение возможно только в случае, если тестирующий целенаправленно будет проверять систему на такие ошибки.

Данная проблема решается проведением альфа тестирования, для которого необходимо привлечь специальную команду тестирующих, что может оказаться достаточно затратным [2]. Также может быть проведено бета тестирование, когда привлекаются будущие пользователи продукта [3]. В таком случае компания теряет контроль над процессом тестирования: если продукт содержит слишком много ошибок или недоработок, то бета-тестеры могут информировать об этом других пользователей, что испортит мнение о продукте и скажется на дальнейшем его продвижении, даже

если к моменту выпуска все недостатки будут устранены [4].

На данный момент нет автоматизированных инструментов, которые бы позволяли провести тестирование всей системы в целом в условиях, приближенных к реальной эксплуатации. Стоит уточнить, что подразумевается под словами в “условиях, приближенных к реальной эксплуатации”, – это означает, что сайт тестируется во время работы реалистического количества пользователей. Автоматизированные средства не могут заменить ручные средства тестирования, но способны значительно сократить объем работы, которую необходимо провести.

Для решения поставленной задачи необходимо разработать инструмент, который обладал бы следующими характеристиками:

- позволял бы создавать неограниченное количество виртуальных пользователей, управлять временем их жизни;
- действия виртуального пользователя не должны подчиняться одному строго заданному алгоритму, а иметь вариативность в выборе действий;
- тестирование должно осуществляться с помощью средств веб-браузера, не исключая графический интерфейс.

Рассмотрим каждую характеристику в отдельности. Для создания и управления виртуальными пользователями необходимо разработать “Генератор пользователей”. Генератор пользователей получает на входе профиль нагрузки, который определяет, как должно изменяться количество пользователей в единицу времени. Генераторы пользователей являются основой единственных многопользовательских тестов, а именно нагрузочного тестирования [5, 6]. У одного из лидеров приложений, осуществляющих нагрузочное тестирование, (Jmeter) используются характерные профили нагрузки: постоянный, линейный и ступенчатый [7]. Линейный профиль предполагает плавное изменение количества пользователей в единицу времени, при постоянном профиле количество пользователей не изменяется с течением времени, а ступенчатый профиль подразумевает скачкообразное нормированное приращение числа пользователей по происшествии определенного периода времени.

Необходимо разработать механизм, с помощью которого можно было бы описывать поведения виртуального пользователя, при этом поведение виртуального пользователя не должно подчиняться одному строгому алгоритму, а должно быть вариативным, иметь некоторую стохастическую природу. Каждая система обладает ограниченным набором возможностей, которыми может

воспользоваться пользователями. Результаты взаимодействия с системой описываются спецификацией, на основе которой разрабатываются планы тестирования и тестовые случаи [8].

Результат совершения того или иного действия может быть определен заранее, поэтому можно представить процедуру конечным автоматом, который показывает какой набор действий доступен пользователю в конкретном состоянии [9]. Существует ряд техник, которые позволяют тестировать приложение на основе конечного автомата [10 – 13]. Для добавления вариативности в процесс выбора действий стоит использовать вероятностный автомат (ВА) [14].

Математический аппарат ВА применим для разработки методов проектирования дискретных систем, проявляющих статистически закономерное случайное поведение, для выяснения возможностей таких систем и обоснования границ целесообразности их использования [15]. Аппарат ВА применяется также для моделирования дискретно-стохастических объектов, у которых подача входных параметров, изменение состояния и формирование выходных параметров осуществляется в дискретные моменты времени t_i (t_0, t_1, \dots, t_i). Состояние объекта определяется через предшествующие состояния и входной параметр. Выходной параметр определяется через состояние в данном такте времени, состояние в предшествующем такте, а также через входной параметр.

Вероятностный автомат (ВА) – это пятерка M вида $M = (X, Y, Q, q_0, P)$, где X – входной алфавит (его элементы – входные символы); Y – выходной алфавит (его элементы – выходные символы); Q – конечное множество состояний конечного автомата с выходом; q_0 – распределение начальных состояний; P – стохастическая матрица, определяющая вероятность нахождения системы в состоянии q_i в момент времени t [16, 17].

На сайте могут присутствовать пользователи с различным поведением и целями. Хотя каждый пользователь является уникальным, можно все же выделить некоторые группы пользователей с одинаковыми шаблонами поведения. Выделив такие группы можно для каждой из них настроить свой ВА автомат, который будет наиболее точно соответствовать поведению конкретной группы. Шаблон поведения задается матрицей вероятностей. Шаблон поведения не единственная характеристика, которой можно описать группу, также важной характеристикой является продолжительность пользовательской сессии. Совокупность таких параметров, описывающих группу, называется профилем пользователя.

Например, выделим два пользовательских профиля – профиль автора и профиль читателя. Автора можно охарактеризовать тем, что он пользуется возможностью создания статей в системе и проводит значительное время именно в фазе создания статьи, это могут быть периодический вызов сохранения черновиков. Читатель не

пользуется функционалом создания статей, он больше использует функционал комментирования этих статей. Также количество авторов и читателей различно.

Последней характеристикой рассматриваемого теста является способ взаимодействия с тестируемой системой. Пользователи взаимодействуют с системой с помощью графического интерфейса, поэтому особенно важно, чтобы этот интерфейс не содержал ошибок. Если интерфейс содержит ошибки, то данные не смогут быть отправлены на сервер ввиду того что кнопка «отправить» заблокирована, либо при обработке отправляемых данных была допущена ошибка и сервер не смог их правильно обработать. В связи с этим единственным приемлемым способом для такого тестирования является тестирование через браузер. Существует несколько способов организации такого тестирования. Наиболее распространенным способом является тестирование с использованием специальных web драйверов, предоставляющих собой браузеры, внешне ничем не отличающиеся от обычных, но предоставляющие специализированное API, позволяющие программными средствами взаимодействовать с элементами на странице. Такой способ тестирования часто используется в функциональном тестировании [18, 19].

Рассмотрим, как осуществляется взаимодействие автомата и тестируемой системы. Автомат является управляющим устройством, которое определяет, какие действия виртуальный пользователь совершает и как на них реагирует, при этом сами действия автомат не совершает и взаимодействия с веб-сайтом не осуществляет. Для этого между автоматом и веб-сайтом служит посредник в виде «Преобразователя».

Преобразователь получает от автомата команду и результат выполнения этой команды и далее в соответствии с командой осуществляет выполнение набора действий на основе API методов, предоставляемых web драйвером. После завершения выполнения команд сервер возвращает результат, который анализируется преобразователем и сравнивается с тем результатом, полученным от автомата. Если результаты совпадают, то преобразователь дает сигнал автомату, что команда выполнена, и он ждет новой команды. Если результаты не совпадают, это означает, что возникла ошибка. Тогда процесс тестирования для конкретного виртуального пользователя останавливается, ошибка сохраняется в журнал. Весь процесс сравнения результатов – это процесс проверки ожидаемого поведения и фактического поведения [20].

Процесс моделирования состоит из нескольких фаз: фаза инициализации, подготовительная фаза, фаза моделирования, фаза завершения, фаза подготовки результатов и фаза очистки. На фазе инициализации определяется, какое количество «генераторов пользователей» будет работать во время тестирования, какое время будет длиться тест. Количество генераторов зависит от количества

профилей пользователей, каждому генератору соответствует один профиль пользователя. На подготовительной фазе осуществляется подготовка окружения к тестированию. Например, на этом этапе базы данных заполняются тестовыми данными. Основной фазой является фаза моделирования. На ней всем генераторам подаётся сигнал о начале работы. Каждый генератор начинает создавать пользователей в соответствии с профилем нагрузки. Для каждого созданного пользователя определяется свой экземпляр автомата и преобразователя. Автомат работает пока не получит сигнал о том, что время пользовательской сессии подошло к концу или о том, что не возникла непредвиденная ошибка. Вся полученная в процессе тестирования информация сохраняется в логах. К такой информации относятся команды, которые посылает конечный автомат, действия преобразователя и результат, полученный от сервера, а также техническая информация о времени ответа сайта, величине ответа и т.д. Завершение тестирования может быть как по окончании отведённого времени, так и внеплановым, если пользователь решит остановить процесс тестирования. После остановки начинается фаза завершения, в это время всем генераторам и автоматам направляется сигнал о завершении работы. Процесс завершения может занять некоторое время. После завершения начинается фаза подготовки результатов в виде отчета об ошибках и статических данных. Данная фаза может быть совмещена с фазой моделирования, и все результаты могут получаться в реальном времени, это зависит от непосредственной реализации. Последней фазой является фаза очистки, которая очищает артефакты, оставшиеся после тестирования. После этого тестирование считается завершённым.

Предложенный вид тестирования позволяет выяснить, как будут работать приложения в максимально приближенной к реальной ситуации, выявить возникновение ошибок на клиентской стороне и на стороне сервера, уточнить производительность системы и т.д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Gerard Meszaros. XUnit Test Patterns: Refactoring Test Code. Addison Wesley; 01 edition (21 May 2007). 944 p.
2. Alpha Testing. URL: <http://www.professionalqa.com/alpha-testing> (дата обращения: 09.01.2018).
3. Beta Testing URL: <http://www.professionalqa.com/beta-testing> (дата обращения: 11.01.2018).
4. Альфа- и бета-тестирование. URL: <http://training.qatestlab.com/front-page/blog/technical-articles/alpha-beta-testing/> (дата обращения: 21.04.2018).
5. Performance Testing Guidance for Web Applications / J.D. Meier, Carlos Farre, Prashant Bansode, Scott Barber, and Dennis Rea. Microsoft Press; 1 edition November 21, 2007. 288 p.

6. The Art of Application Performance Testing: From Strategy to Tools, 2nd Edition / Ian Molyneux. O'Reilly Media; December 2014. 241 p.
7. Performance Testing with JMeter - Second Edition / Bayo Erinle. Packt; April 2015. 164 p.
8. G. Bernot, M.-C. Gaudel, B. Marre. Software testing based on formal specifications: a theory and a tool. Software Engineering Journal, 6 (6) (1991), pp. 387–405.
9. Джон Хопкрофт, Раджив Мотвани, Джеффри Ульман. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. – М.: Вильямс, 2002. – С. 528.
10. Jeff Tian. Software Quality Engineering Testing, Quality Assurance, and Quantifiable Improvement. Department of Computer Science and Engineering Southern Methodist University Dallas, TX. 2005. 441p.
11. Lee, D.; Yannakakis, M. Principles and methods of testing finite state machines – A survey. Proceedings of the IEEE, vol. 84(8), 1996, pp. 1090–1123.
12. Wolfgang Grieskamp, Yuri Gurevich, Wolfram Schulte, Margus Veanes. Conformance Testing with Abstract State Machines. Microsoft Research. URL: <https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2016/02/ggsv.pdf>
13. Marie-Claude Gaudel. Problems and Methods for Testing Infinite State Machines : Extended Abstract. Electronic Notes in Theoretical Computer Science. Volume 95, 17 May 2004, Pages 53–62.
14. Rabin, M.O., Probabilistic automata. Information and Control 6(3), 230–245 (1963). (русский перевод: Рабин М.О. Вероятностные автоматы Кибернетический сборник, – Вып. 9. – М.: Иностранная литература, 1964. – С. 123–141.
15. В.И.Финаев, Е.Н. Павленко, Е.В.Заргарян. Аналитические и имитационные модели: Учебное пособие. – Таганрог: Изд-во Технологического института ЮФУ, 2007. – 310 с.
16. Миронов, А.М., Основные понятия теории вероятностных автоматов. Интеллектуальные системы. Теория и приложения. 2015, Вып. 4.
17. Миронов, А.М., Основные понятия теории вероятностных автоматов. Интеллектуальные системы (часть 2). Теория и приложения. 2016, вып. 2.
18. Dima Kovalenko. Selenium Design Patterns and Best Practices. Packt Publishing (September 2014). 270 p.
19. Satya Avasarala. Selenium WebDriver Practical Guide. Packt Publishing (January 2014). 264 p.
20. Lisa Crispin. Agile Testing: A Practical Guide for Testers and Agile Teams. Addison-Wesley Professional; 1 edition (30 Dec. 2008). 576 p.

Статья поступила в редакцию 30.08.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 004.942

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО СИГНАЛА МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ НА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛНАХ КРУЧЕНИЯ

© 2018

Слесарев Юрий Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры
«Автоматизация и управление»

Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: slesarevun@gmail.com)

Воронцов Александр Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Вычислительные машины и системы»

Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com)

Аннотация. В статье рассматривается и анализируется один из методов повышения точности магнито-стрикционного измерителя перемещения на основе ультразвуковых волн кручения. Непосредственная оценка точности измерения магнито-стрикционного преобразователя линейных перемещений затруднительна, так как требует сравнения результатов измерения магнито-стрикционного преобразователя с результатами измерения более точного прибора, таких как интерферометр. На сегодняшний день практическая погрешность измерения большинства серийно производимых магнито-стрикционных измерителей не превышает ± 0.1 мм. В существующих устройствах формирования цифрового измерительного сигнала осуществляется сравнением аналогового сигнала, фронт которого испытывает колебания от возмущающих факторов, с постоянным пороговым уровнем. Полученный цифровой сигнал также будет испытывать временные искажения, свойственные аналоговым сигналам. Отмечено, что на кривой первой производной сигнала воспроизведения имеется точка пересечения ее с нулевой линией. Эта координата соответствует середине области звуковой волны, перемещающейся вдоль звукопровода, которая слабо чувствительна к искажениям сигнала и может быть использована для формирования цифрового измерительного сигнала, используя методы экстремального детектирования. Показано, что введение в блок обработки измерительного сигнала операции дифференцирования незначительно увеличивает уровень шумов. Предложена и промоделирована схема одного из вариантов блока обработки сигнала, который мало чувствителен к возмущающим факторам. Проведена оценка погрешности измерения.

Ключевые слова: Моделирование, магнито-стрикционный измеритель перемещения, погрешность измерения, возмущающие факторы, канал воспроизведения измерительного сигнала, искажения измерительного сигнала, шумовая составляющая измерительного сигнала, коэффициенты передачи измерительного сигнала, шумового напряжения, модель канала воспроизведения измерительного сигнала, дифференцирование измерительного сигнала, частотные характеристики канала воспроизведения измерительного сигнала, экстремальное детектирование, коэффициент увеличения среднеквадратичного значения шумового напряжения, оценка погрешности измерения.

SIMULATION OF THE ACCURACY OF THE FORMATION OF THE MEASURING SIGNAL OF MAGNETOSTRICTIVE TRANSDUCERS OF LINEAR DISPLACEMENTS ON ULTRASONIC TORSION WAVES

© 2018

Slesarev Yuriy Nikolaevich, doctor of technical Sciences, professor of Automation and
Managements department,

Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: slesarevun@gmail.com)

Vorontsov Aleksandr Anatolievich, candidate of technical Sciences, associate Professor
of sub-department «Computers and systems»

Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com)

Abstract. The article discusses and analyzes one of the methods for improving the accuracy of a magneto-strictive displacement meter based on ultrasonic torsion waves. A direct assessment of the accuracy of measuring a linear displacement magnetostrictive transducer is difficult because it requires comparing the measurement results of a magnetostrictive transducer with the results of a more accurate instrument, such as an interferometer. To date, the practical measurement error of the majority of mass-produced magnetostriction meters does not exceed ± 0.1 mm. In existing devices, the formation of a digital measuring signal is carried out by comparing an analog signal, the front of which is oscillating from disturbing factors, with a constant threshold level. The resulting digital signal will also experience temporal distortion inherent in analog signals. It is noted that the curve of the first derivative of the playback signal has its intersection with the zero line. This coordinate corresponds to the middle of the region

of the sound wave moving along the conduit, which is weakly sensitive to signal distortions and can be used to form a digital measuring signal using methods of extreme detection. It is shown that the introduction of a differentiation operation into the processing unit of the measuring signal slightly increases the noise level. A scheme of one of the variants of the signal processing unit, which is little sensitive to disturbing factors, was proposed and modeled. An estimate of the measurement error.

Keywords: simulation, magnetostriction displacement meter, measurement error, disturbing factors, measurement signal reproduction channel, measurement signal distortion, measurement signal noise component, measurement signal transfer coefficients, noise voltage, measurement signal reproduction channel model, differentiation measurement signal, frequency response of the measurement signal reproduction channel, extreme detection, increase rms noise voltage estimate measurement error.

Введение. Существует множество способов реализации магнитоstrictionных преобразователей перемещения МПП и улучшения их метрологических характеристик. К ним относятся структурные, технологические, алгоритмические методы [1-7].

На погрешность регистрации оказывает влияние большое число возмущающих факторов. Мы будем оценивать только погрешности связанные с блоком обработки информации магнитоstrictionных преобразователей линейных перемещений на ультразвуковых волнах кручения.

Непосредственная оценка точности измерения магнитоstrictionного преобразователя линейных перемещений затруднительна, так как требует сравнения результатов измерения магнитоstrictionного преобразователя с результатами измерения более точного прибора, таких как интерферометр. Стоимость такого прибора более чем на два порядка превышает стоимость МПП, дешевые приборы китайского производства рассчитаны на измерение больших расстояний и не обеспечивают необходимую точность. Кроме того, необходима достаточно сложная стыковка МПП с интерферометром.

Метод, оценки точности, предложенный в [8] также является затратным. Более приемлем метод косвенной оценки точности измерения.

Теоретическая часть. Известно [9-18], что полный поток, пересекающий обмотку соленоида воспроизведения, вызванный намагниченностью M_z получается посредством интегрирования бесконечно малых потоков, возникающих из последовательности намагниченностей вдоль волновода, и равен

$$\Phi_z(z_i) = k \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^2 \mu_0 \cdot M_z(z - z_i, r) \cdot H_{cr}(z, r) \cdot 2\pi r \cdot dr \cdot dz, \quad (1)$$

где $d_{ВЛ}$ — диаметр волновода, $z_i = vt$, k - коэффициент, определяемый магнитоstrictionными коэффициентами [9].

Сигнал воспроизведения рассчитывается с помощью первой производной от магнитного потока $\Phi_z(z)$

$$u(z_i) = \frac{d\Phi_z(z_i)}{dt}, \quad (2)$$

Сигнал воспроизведения для одного крутильного колебания можно рассчитать, подставив значение магнитного потока из выражения (1) в выражение

(2). Форма сигнала воспроизведения приведена на рисунке 1. для двух значений расстояний между магнитом и звукопроводом. Изменение расстояния может быть вызвано механическими причинами.

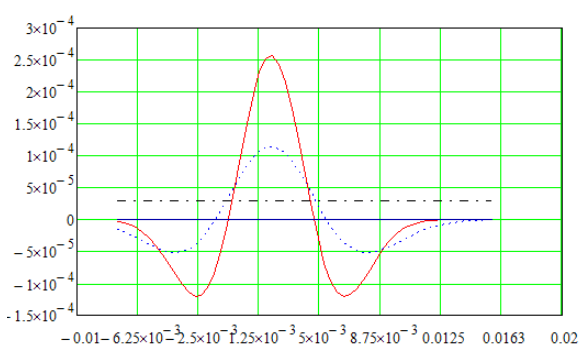


Рисунок 1 – Сигнал воспроизведения для одного периода крутильных колебаний, z_0 измеряется в м, диаметр звукопровода равен 1мм, внутренний и внешний радиусы катушки воспроизведения равны соответственно 0.55 и 0.6 мм, длина катушки воспроизведения соответствует величине 4мм

Наиболее распространенным способом аналого-цифрового преобразования на сегодняшний день является преобразование путем сравнения аналогового сигнала с постоянным уровнем. фронт которого испытывает колебания от возмущающих факторов (рисунок 1). Полученный цифровой сигнал также будет испытывать временные искажения, свойственные аналоговым сигналам.

Для аналого-цифрового преобразования более эффективно будет использование способа преобразования по особым точкам. Одной из таких точек может быть точка пересечения первой производной аналогового измерительного сигнала с нулевым уровнем (рисунок 2).

Форма аналогового сигнала была получена в результате моделирования по разработанной методике. Из рисунка 2 следует, что на кривой первой производной сигнала воспроизведения имеется точка f пересечения ее с нулевой линией. Эта координата соответствует середине области звуковой волны, перемещающейся вдоль звукопровода, которая слабо чувствительна к искажениям сигнала и может быть использована для формирования цифрового измерительного сигнала, используя методы экстремального детектирования.

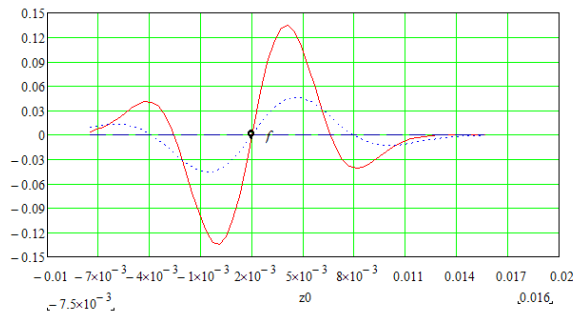


Рисунок 2 – Первая производная от сигнала воспроизведения для одного периода крутильных колебаний, приведенного на рисунке 1

Вычисление производной приводит к увеличению уровня собственных шумов. Анализ метода формирования сложно сделать без их учета. Эквивалентная схема входной цепи линейного усилителя сигнала воспроизведения изображена штриховой рамкой на функциональной модели канала воспроизведения (рисунок 3).

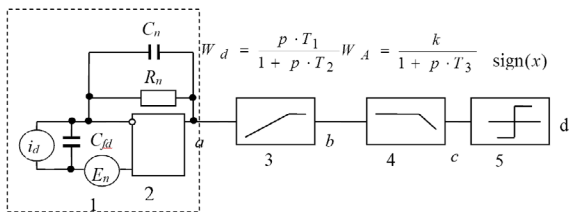


Рисунок 3 – Модель канала воспроизведения для детектирования измерительного сигнала МПП: 1 – источник шумового напряжения с регулируемой спектральной плотностью; 2 – дифференциальный усилитель; 3 – инерционное дифференцирующее звено; 4 – аperiodическое звено; 5 – пороговое звено

На схеме имеется источник сигнала id , моделирующий катушку воспроизведения, источник шумового напряжения En , определяющий шумовые составляющие входного сигнала и элементы, моделирующие емкости катушки воспроизведения, соединительных проводов Cfd , сопротивления нагрузки Cn .

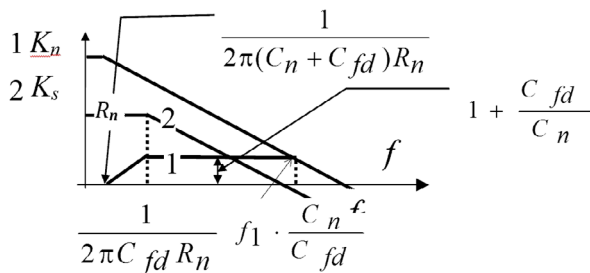


Рисунок 4 – Частотные характеристики усилителя канала воспроизведения измерительной информации K_s и шумовой составляющей сигнала K_n

Анализ схемы входной цепи показывает, что существуют различные коэффициенты передачи измерительного сигнала, шумового напряжения, которые зависят от параметров эквивалентной схемы замещения входной цепи (рисунок 4).

По приведенной на рисунках 3,4 модели канала воспроизведения получен коэффициент увеличения среднеквадратичного значения шумового напряжения, вызванного введением дифференцирующего звена, определяемый как

$$K_{dn} = \frac{\sqrt{V_c(f)}}{\sqrt{V_a(f)}}, \quad (3)$$

где $\sqrt{V_c(f)}$ действующее значение шумового напряжения на выходе аperiodического звена (точка c); $\sqrt{V_a(f)}$ действующее значение шумового напряжения на входе инерционного дифференцирующего звена.

Коэффициент K_{dn} от ширины полосы пропускания приведен на рисунке 5. Из рисунка следует вывод о хорошей фильтрации шумов до частоты 10 МГц и ухудшении отношения сигнал – шум в частотном диапазоне от 10 до 100 МГц.

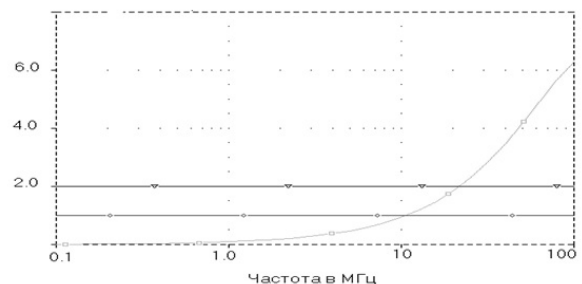


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента увеличения среднеквадратичного значения шумового напряжения K_{dn} от ширины полосы пропускания

Для подтверждения предположений была разработана и промоделирована схема блока обработки сигнала, один из вариантов которой приведен на рисунке 6 [19,20].

На рисунке 6 источники $V3$, $V1$ моделируют соответственно измерительный сигнал и источник шумового напряжения. Линейный усилитель $A4$ и дифференциатор $A1$ предназначены для получения усиленного измерительного сигнала и первой производной измерительного сигнала, которые отображаются осциллографом XSC5 и приведены на рисунке 6.

Компараторы $A3$, $A5$ формируют цифровой сигнал из усиленного аналогового измерительного сигнала и его первой производной.

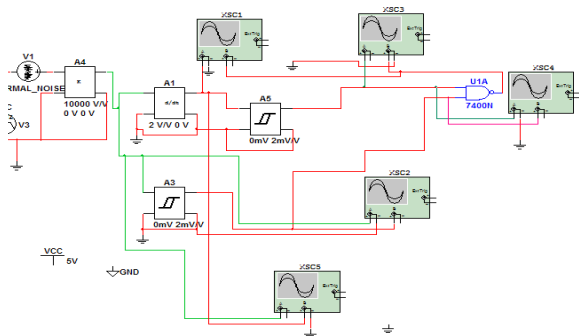


Рисунок 6 – Структурная схема блока обработки сигнала высокоточного измерителя перемещений

На рисунке 8 приведено в увеличенном виде та часть рисунка 7, которая соответствует моменту перехода производной сигнала через ноль.

Неточность фиксации компаратором момента перехода производной сигнала через ноль Δz , т.е. ошибка измерения, определяется порогом дискриминации Δp и скоростью изменения производной сигнала в момент перехода через ноль. Чем меньше порог Δp и выше скорость производной сигнала, тем точнее будет фиксация момента перехода через ноль и, соответственно, меньше ошибка измерения.

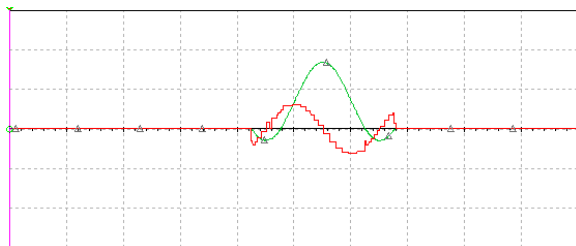


Рисунок 7 – Сигналы с осциллографа XSC5.

Сигнал, отмеченный зеленым цветом и одновременно треугольными маркерами, является выходом линейного усилителя A4.

Сигнал, отмеченный красным цветом, является выходом дифференциатора A1

Из рисунка можно определить ошибку измерения Δz .

$$\Delta z = \frac{\Delta p}{\tan \alpha} = \frac{\Delta p}{dU(z_0)/dz_0}, \quad (4)$$

Минимальное значение порога дискриминации ограничивает шумовая составляющая измерительного сигнала, которая определяется шумами усилителя, тепловыми шумами резистивных элементов, шумами дифференциатора. Максимальное скорость изменения производной увеличивается с расширением полосы пропускания усилителя и дифференциатора, но при этом увеличивается шумовая составляющая. Существует оптимальная полоса пропускания блока обработки информации, позволяю-

щая получить минимальную ошибку измерения.

Порог дискриминации Δp выбирают в 3-5 раз больше среднеквадратичного значения шумовой составляющей сигнала.

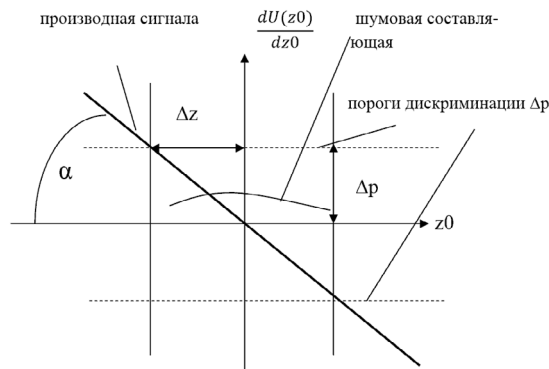


Рисунок 8 – Момент перехода производной сигнала через ноль

Выводы. Результаты экспериментальных исследований показывают, что при амплитуде сигнала воспроизведения $A=1В$, амплитуда производной сигнала соответствует величине $0.1В$, а скорость изменения производной $20 В/мм$.

Среднеквадратичное значение шумовой составляющей σ соответствует $100 мкВ$. Если выбрать $\Delta p=5 \sigma$, то $\Delta p=500 мкВ$.

Подставляя полученные данные в формулу (4) получим

$$\Delta z = \frac{\Delta p}{\tan \alpha} = \frac{\Delta p}{dU(z_0)/dz_0} = \frac{500 мкВ}{20 В/мм} = 25 мкм, \quad (5)$$

Таким образом, даже в заведомо худших условиях работы блока обработки информации погрешность определения расстояния не будет превышать $25 мкм$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вдовин Алексей Юрьевич. Повышение точности и помехозащищенности магнитоотрицательных преобразователей на основе DSP технологий: Дис. ... канд. техн. наук: 05.13.05 Астрахань, 2005. 156 с. РГБ ОД, 61:06-5/475.
2. Радов Максим Юрьевич. Повышение точности магнитоотрицательных преобразователей на основе спектрального анализа характеристик их волноводов: Дис. ... канд. техн. наук: – Астрахань. – 2005. – 182 с.
3. Туз Ю. М. Структурные методы повышения точности измерительных устройств. Издательское объединение «Вища школа». – 1976. – 266 с.
4. Государственный стандарт Союза ССР. Преобразователи ультразвуковые магнитоотрицательные методы измерения характеристик ГОСТ 27955–88 (МЭК 782) Издание официальное Государственный Комитет СССР По стандартам. Мо-

сква.

5. Способ калибровки магнестриктонных преобразователей линейных перемещений и устройство его реализации. Патент RU (11) 2 584 577(13) С1, Заявка: 2015103262/28, 02.02.2015.

6. Математическое моделирование магнитных полей двухкоординатных магнестриктонных наклономеров, содержащих кольцевой или сплошной постоянный магнит // Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, Э.В. Карпунин / Известия Пензенского государственного педагогического университета. Физико-математические и технические науки. – 2012. – № 30. С. 467–472.

7. Голямина И.П. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1979. – 400 с.

8. Джордж Д. Самосогласованный расчет перехода намагниченности в диске с тонким рабочим слоем / Д. Джордж, С. Кинг, А. Карр // Проблемы магнитной записи: Пер. с англ. / Под ред. В.Г. Королькова. – М.: Энергия, 1975. – С. 42-51.

9. Ивасаки С. Динамическая модель процесса магнитной записи/ С. Ивасаки, Т. Судзуки // Проблемы магнитной записи: Пер. с англ. /Под ред. В.Г. Королькова.– М.: Энергия, 1975. – С. 25–34.

10. Немцов М.В. Справочник по расчету параметров катушек индуктивности / М.В. Немцов, Ю.М. Шамаев. – М.: Энергоиздат, 1981. – 136 с.

11. Слесарев Ю.Н. Реверсивные методы записи для оптических дисковых накопителей: Дис....д-ра техн. наук. – Пенза, 2004. – 342 с.

12. Воронцов А.А. Математическое моделирование магнитных полей в двухкоординатных магнито-стриктонных наклономерах: Дис....канд. техн. наук. – Пенза, 2013. – 160 с.

13. Расчет электрических цепей и электромагнитных полей на ЭВМ/ М.Г. Александрова, А.Н. Белянин, В Брюкнер и др.: Под ред. Л.В. Данилова и Е.С. Филиппова. – М.: Радио и связь, 1983. – 344 с.

14. Brown W.F. Magnetostatic principles in ferromagnetism. – N.Y.: North Holland Publishing Company, 1962. – 202 p.

15. Huth B.G. Calculations of stable domain radii produced by termomagnetic writing// IBM J. Res. Develop. – 1974. – Vol.18, №2.– P. 100–109.

16. Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем./ Под ред. Е.М. Лейкина. – М.: Мир, 1983. – 520 с.

17. Воронцов А.А. Исследование и моделирование блока обработки сигнала магнестриктонных преобразователей линейных перемещений на ультразвуковых волнах кручения [Текст] / Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, С.В. Родионов // Современные информационные технологии. Пенза: ПензГТУ, 2015. № 21. С. 195–198.

18. Воронцов А.А. Моделирование магнитной системы конструкций двухкоординатных магнестриктонных наклономеров с расположением магниточувствительных элементов под углом 90 граду-

сов / Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, С.В. Родионов, А.М. Зелик // В сб.: Новое слово в науке: перспективы развития Сборник материалов международной научно–практической конференции. Чебоксары, 2014. С. 238 – 240.

19. Устройство воспроизведения с оптического носителя А.С. СССР № 934548, 1982, Б. И. № 21 Слесарев Ю.Н., Чупрына С.А.

20. Синхрогенератор для оптоэлектронного запоминающего устройства А.С. СССР № 841046, 1981, Б. И. № 23 Слесарев Ю.Н., Чулков В.А.

Статья поступила в редакцию 06.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 004.832.32

ОРГАНИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ПЕРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРОЙ В ВИДЕ ОБЛАЧНОГО СЕРВИСА, ФОРМИРУЕМОГО ПО ЗАПРОСУ КЛИЕНТА (РЕАЛИЗАЦИЯ ИЗМЕНЯЕМОЙ СИСТЕМНОЙ АРХИТЕКТУРЫ)

© 2018

Мустафа Садек Джафар, аспирант кафедры «Вычислительная техника»
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: mustafajaafar221087@gmail.com)
Зинкин Сергей Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры
«Вычислительная техника»
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: zsa49@yandex.ru)
Карамышева Надежда Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Вычислительная техника»
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: karamyshevans@yandex.ru)

Аннотация. Объектом исследования является системная архитектура распределенных вычислительных систем, формируемая по запросу клиента. В основу построения распределенной вычислительной системы положена концепция облачного сервиса NCaaS – Network Computing as a Service on Demand – сетевые вычисления как сервис, реализуемый по запросу клиента. В связи с ростом интереса к развивающимся и интегрированным технологиям проектирования сетевых приложений для метакомпьютерных, кластерных, облачных и грид систем данная проблема требует поиска новых решений. Одним из таких решений является формирование требований к системной архитектуре сетевой распределенной вычислительной системы непосредственно в запросе пользователя. Инфраструктура современных облачных систем позволяет выполнить подобные требования пользователя. Целью работы является разработка метода организации функционирования вычислительных систем с переменной архитектурой в виде облачного сервиса, формируемого по запросу клиента. Исследование и организация процессов формирования системной архитектуры гибридных облачно-сетевых систем типа NCaaS основано на использовании концептуальных графов и метода формирования виртуальных топологий, аналогичных методам, используемых в кластерных системах. При отображении топологии распределенной вычислительной системы на сетевую инфраструктуру использованы элементы логики предикатов первого порядка. Предложена гибридная архитектура распределенной вычислительной среды для реализации глобальных вычислений, отличающаяся гибкостью в обеспечении требований клиента к переменной системной и функциональной архитектуре распределенной вычислительной системы. Предложено данную архитектуру внедрять путем ее оперативного вложения в инфраструктуру исполнительной вычислительной сети, представленной гибридным облаком, в результате чего формируется гибридный облачный грид-сервис по требованию клиента. При создании программного обеспечения в рамках концепции «сеть – это компьютер» рекомендуется использовать базовые облачные технологии, интегрированные с грид-технологиями. Программное обеспечение для формирования архитектуры распределенной вычислительной системы, предоставляемой клиенту в виде облачного сервиса, представляет собой сетевое приложение промежуточного уровня. С учетом современной концепции предоставления вычислений как коммунальных услуг, для реализации выбрана архитектура типа NCaaS – Network Computing as a Service on Demand (компьютерная сетевая архитектура как облачный сервис, формируемый по запросу пользователя) как обеспечивающая необходимые гибкость и масштабируемость. В результате разработан метод организации вычислительных систем с переменной архитектурой в виде облачного сервиса, формируемого по запросу клиента.

Ключевые слова: распределенные вычислительные системы, сетевые вычисления, облачные сервисы, концептуальные модели, системная архитектура, виртуальные топологии.

ORGANIZING THE FUNCTIONALITY OF THE DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEMS USING A VARIABLE ARCHITECTURE AS A CLOUD SERVICE, FORMED UPON THE CUSTOMER'S REQUEST (A REALIZATION OF VARIABLE SYSTEM ARCHITECTURE)

© 2018

Mustafa Sadeq Jaafar, post-graduate student of the Department of Computing Technics
Penza State University
440026, Russia, Penza Region, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: mustafajaafar221087@gmail.com)
Zinkin Sergey Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor
of the Department of Computing Technics

Penza State University
(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: zsa49@yandex.ru)
Nadezhda Sergeevna Karamysheva, Candidate of Technical Sciences, Associated Professor
of the Department of Computing Technics
Penza State University

440026, Russia, Penza Region, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: karamyshevans@yandex.ru)

Abstract. The main objectives of this research is the system architecture of distributed computing systems, which is formed upon the client's request. The basis for building of a distributed computing system is all about the concept of the cloud service NCaaS – Network Computing as a Service on Demand - network computing as a service gets implemented upon the request of a client. Due to the growing interest in developed and integrated technologies for designing network applications for metacomputers, clusters, cloud and grid systems, this problem requires the search for new solutions. One of such solutions is all about the formation of requirements for the system architecture of a network distributed computing system directly in the user's request. The infrastructure of modern cloud systems allows you to fulfill similar requirements of a user. The goal of this work is to develop a method for organizing the functionality of computing systems using a variable architecture in the form of a cloud service which is configured upon the request of a client. The study and the organization of the system architecture formation processes in a hybrid cloud-based network systems such as NCaaS is based on the use of conceptual graphs and the method of forming virtual topologies similar to the methods used in cluster systems. When mapping the topology of a distributed computing system into a network infrastructure, elements of the first-order predicate logic are used. A hybrid architecture of a distributed computing environment for the implementation of global computing, characterized by its flexibility in meeting the customer's requirements for the variables of a system and the functional architectures of a distributed computing system was proposed. It was proposed to introduce this architecture by its operational embedding into the infrastructure of the executive computer network represented by a hybrid cloud, as a result of which a hybrid cloud-grid service is being formed upon a client's request. When creating a software within the framework of "network is a computer" concept, it is recommended to use the basic cloud technologies integrated with the grid technologies. Softwares for building the architecture of a distributed computing system which are provided to the clients as a cloud service can be represented as an intermediate level network application. Taking into account the modern concept of providing computing as utilities, for the implementation of the selected architecture type NCaaS – Network Computing as a Service on Demand (computer network architecture as a cloud service, formed upon the request of users) as providing the necessary flexibility and scalability. As a result, a method was developed for organizing the computing systems with a variable architecture in the form of a cloud service that is formed upon the request of a client.

Keywords: distributed computing systems, network computing, cloud services, conceptual models, system architecture, virtual topologies.

Введение. Архитектура распределенных вычислительных систем становится все более сложной. Как правило, общая системная и функциональная архитектура сложных сетевых распределенных вычислительных систем является результатом интеграции нескольких технологий, например, технологий локальных и глобальных сетей, беспроводных сетей, облачных и грид систем.

Компания Sun Microsystems, слившаяся со временем с корпорацией Oracle, провозгласила в свое время в качестве девиза концепцию «The Network is the Computer» («сеть – это компьютер»). Концепция рассматриваемого в настоящей работе облачного сервиса NCaaS (Network Computing as a Service – сетевые вычисления как сервис) в общем случае соответствует данной концепции. В настоящее время слоган «The Network is the Computer» фактически заменен понятием «Network Computing».

В настоящей работе рассматривается сетевая архитектура распределенной вычислительной системы, включающей в свой состав беспроводную сеть MANET и TCP/IP сеть – фрагмент сети Internet. Сети MANET (Mobile Ad hoc NETWORKS) представ-

ляют собой беспроводные самоорганизующиеся сети со случайными мобильными абонентами, реализующие полностью децентрализованное управление при отсутствии базовых станций или опорных узлов [1 – 8]. Топология сетей MANET случайна и может быстро изменяться.

На рисунке 1 представлена распределенная вычислительная система, в которой взаимодействуют две типовые распределенные облачные вычислительные системы: MANET Cloud и Internet Cloud.

Принято, что клиент-серверная архитектура доступа клиентов к серверам реализуется через составную TCP/IP сеть. Здесь символами C_1, C_2, \dots, C_n обозначены клиентские приложения сети MANET Cloud, а символами R_1, R_2, \dots, R_m – ресурсы, размещенные на серверах сети Internet Cloud. Шлюзы и локальные сети типа Ethernet обеспечивают связь между двумя облачными подсистемами.

Целью работы является разработка метода организации функционирования вычислительных систем с переменной архитектурой в виде облачного сервиса, формируемого по запросу клиента.

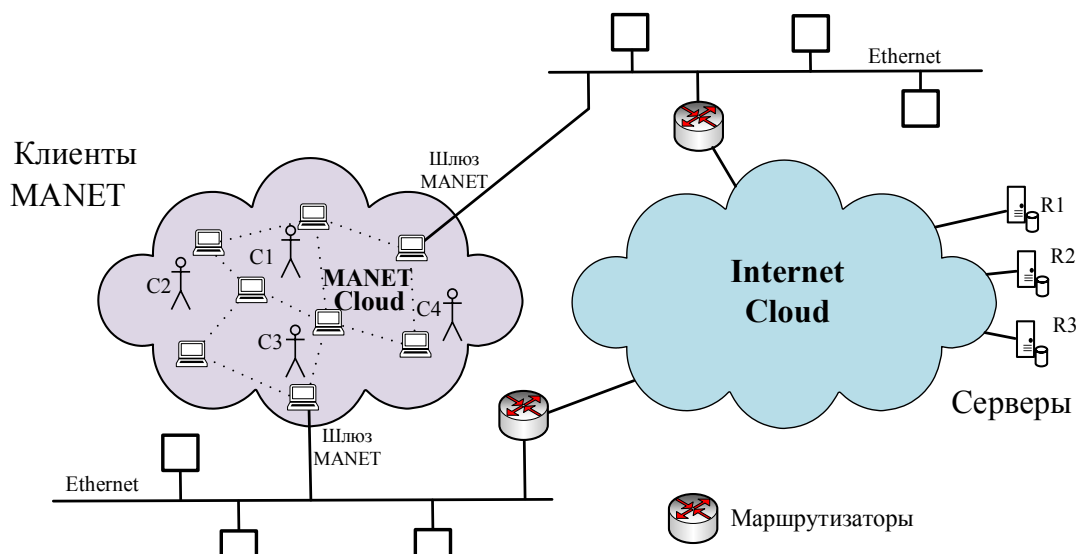


Рисунок 1 – Взаимодействие двух распределенных облачных вычислительных систем через локальные сети типа Ethernet

1. Концептуальная модель сетевых вычислений как облачного сервиса, реализуемого по требованию клиента

На рисунке 2 дана общая организация системной архитектуры облачного сервиса NCaaS с несколькими сторонними аудиторами. Данная архитектура относится к классу Cloud Grid Computing (CGC) – грид-систем, организуемых в облачных предметно-ориентированных средах.

Контролируемый доступ к распределенной вычислительной системе, организуемой на основе

глобальной (WAN – Wide Area Network), локальной сети (LAN – Local Area Network) или беспроводной мобильной сети MANET (Mobile Ad hoc Network) и других типов компьютерных сетей возможно обеспечить при помощи специального программного обеспечения, реализуемого на основе компьютера стороннего аудитора, или аудитора третьей стороны (TPA – Third Party Auditor), и компьютера провайдера облачного сервиса (CSP – Cloud Services Provider).

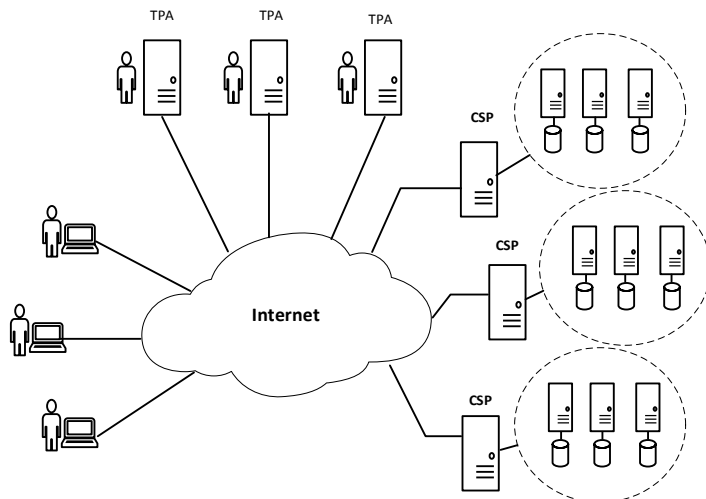


Рисунок 2 – Концептуальная модель облачной грид-системы CGC (Cloud Grid Computing) с несколькими сторонними аудиторами TPA (Third Party Auditors) и провайдерами облачных сервисов CSP (Cloud Services Provider)

Развитие концептуальной модели данной системы представляет собой вариант концептуальной модели из работы [9] и здесь модифицирована путем добавления физического или виртуального кластера, организуемого в грид-

системе, причем концепция NCaaS расширяется до концепции NCaaSSoD – сетевые вычисления как сервис, реализуемый по требованию клиента (oD – on Demand). Концептуальная модель NCaaSSoD (Network Computing as a Service on Demand)

– сетевого компьютеринга как сервиса по требованию клиента) в целом соответствует принципам организации распределенных и параллельных сетевых вычислений в предметно-ориентированных облачных и грид-средах.

Подсистемы аккаунтинга служб TPA и CSP должны обеспечивать корректный доступ к грид-подсистемам. Кроме того, на службу CSP возлагается обязанность по обеспечению настроек грид-подсистем по запросам пользователей. При этом в вычислительной сети по требованию пользователя (“on demand”) реализуется та или иная виртуальная системная архитектура.

2. Концептуальная организация облачного сервиса, предоставляемого по требованию клиента

Архитектура распределенной вычислительной системы возможно задавать динамически путем настройки информационного объекта (некоторой структуры), формируемого на основе концептуального графа. Пример одного из таких графов представлен на рисунке 3.

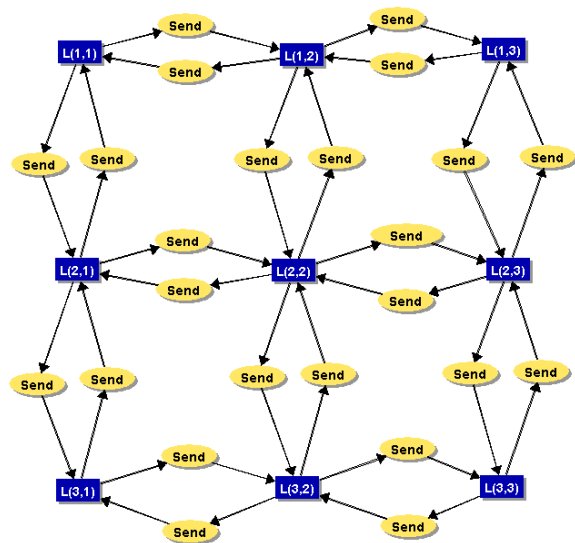


Рисунок 3 – Логические связи в архитектуре “NCaaS on Demand” (grid 3×3)

Концептами, обозначенными прямоугольниками в данном графе (семантической сети), являются логические узлы распределенной вычислительной системы, впоследствии “вкладываемой” в вычислительную сеть. Овалами представлено отношение *Send*, связывающее концепты. Связи реализуются на основе концепции передачи сообщений. В этом плане принятая концепция соответствует, например, концепции интерфейса передачи сообщений MPI (MPI – Message Passing Interface [10]). Обмены сообщениями между сетевыми процессами в системе MPI бывают не только двухточечными и коллективными, но и обменами, выполняемыми в рамках фиксированных топологий – декартовой и

топологий произвольного графа.

Связи, представленные на рисунке 3, по терминологии интерфейса MPI, соответствуют декартовой топологии “решетка 3×3”. Отличительной особенностью всех концептуальных графов является то, что в используемом для их представления редакторе CharGer [11, 12] не представимы явно (двунаправленными стрелками) симметричные отношения и поэтому они представляются двумя отдельными разнонаправленными дугами.

Информационный объект, задающий в вычислительной сети виртуальную топологию, задается текущей интерпретацией бинарного предикатного символа (далее просто предиката) *Send*: $LNode \times LNode \rightarrow \{\text{true}, \text{false}\}$, где *LNode* – множество логических узлов в виртуальной сети (заметим, что на одном физическом узле вычислительной сети может размещаться несколько логических, или виртуальных, узлов). Для концептуального графа, представленного на рисунке 3, предикат *Send*(*x*, *y*), где *x* – логический узел-отправитель сообщения, а *y* – логический узел-получатель сообщения, формируется путем выполнения следующих присваиваний:

$Send(L(1, 1), L(1, 2)) \leftarrow \text{true}; Send(L(1, 2), L(1, 1)) \leftarrow \text{true};$
 $Send(L(1, 2), L(1, 3)) \leftarrow \text{true}; Send(L(1, 3), L(1, 2)) \leftarrow \text{true};$
 $Send(L(2, 1), L(2, 2)) \leftarrow \text{true}; Send(L(2, 2), L(2, 1)) \leftarrow \text{true};$
 $Send(L(2, 2), L(2, 3)) \leftarrow \text{true}; Send(L(2, 3), L(2, 2)) \leftarrow \text{true};$
 $Send(L(3, 1), L(3, 2)) \leftarrow \text{true}; Send(L(3, 2), L(3, 1)) \leftarrow \text{true};$
 $Send(L(3, 2), L(3, 3)) \leftarrow \text{true}; Send(L(3, 3), L(3, 2)) \leftarrow \text{true};$
 $Send(L(1, 1), L(2, 1)) \leftarrow \text{true}; Send(L(2, 1), L(1, 1)) \leftarrow \text{true};$
 $Send(L(1, 2), L(2, 2)) \leftarrow \text{true}; Send(L(2, 2), L(1, 2)) \leftarrow \text{true};$
 $Send(L(1, 3), L(2, 3)) \leftarrow \text{true}; Send(L(2, 3), L(1, 3)) \leftarrow \text{true};$
 $Send(L(2, 1), L(3, 1)) \leftarrow \text{true}; Send(L(3, 1), L(2, 1)) \leftarrow \text{true};$
 $Send(L(2, 2), L(3, 2)) \leftarrow \text{true}; Send(L(3, 2), L(2, 2)) \leftarrow \text{true};$
 $Send(L(2, 3), L(3, 3)) \leftarrow \text{true}; Send(L(3, 3), L(2, 3)) \leftarrow \text{true}.$

Вложение логической структуры в физическую осуществляется следующим образом. Провайдером облачного сервиса, или автоматически, заранее формируется информационный объект (таблица) на основе унарной функции

$$Map: LNode \rightarrow IPaddr, \quad (1)$$

где *IPaddr* – множество IP-адресов физических узлов TCP/IP сети, выделенных для реализации сервиса NCaaS. Для перехода от логической структуры к физической, “вложенной” в вычислительную сеть, введем следующее правило вывода:

$$(\forall x \in LNode)(\forall y \in LNode)[Send(x, y) \rightarrow PhSend(Map(x), Map(y))], \quad (2)$$

где *PhSend*: $IPaddr \times IPaddr \rightarrow \{\text{true}, \text{false}\}$ – бинарный предикат, область истинности которого задает отношение, связывающее по передаче сообщений узлы в физической вычислительной сети, представленной, например, на рисунке 4.

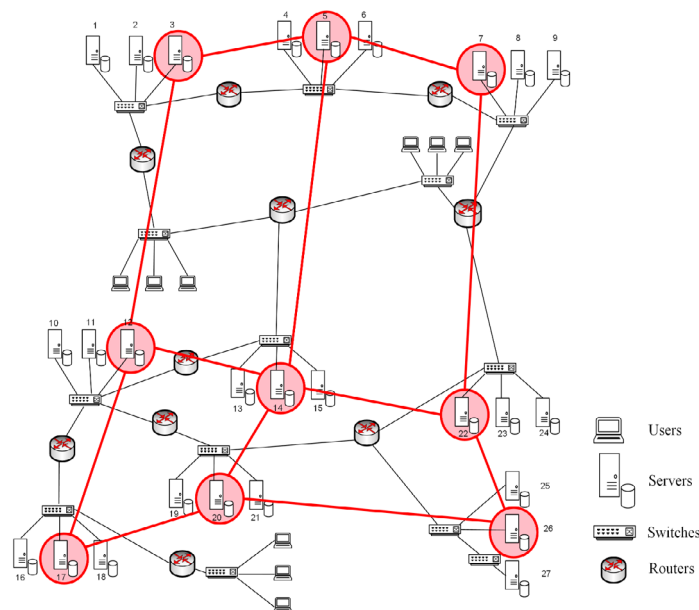


Рисунок 4 – Вложение решетки “grid 3×3” в глобальную сеть при организации сервиса “NCaaS on Demand”

Данное правило реализуется программно на уровне сетевых приложений. В реальном приложении компьютером провайдера облачного сервиса CSP должна быть реализована специальная программа-парсер (программа-разборщик), которая выявляет в исходном запросе клиента на заданную архитектуру связей логические имена и заменяет их на IP-адреса исполнительной вычислительной сети.

Запросом клиента может быть также сетевое приложение с логическими адресами узлов. В этом случае программа-парсер выявляет в исходном запросе, то есть в сетевом приложении клиента логические имена и заменяет их на IP-адреса исполнительной вычислительной сети.

Для явного описания операционной семантики формирования отношения $PhSend$ введем следующее логико-алгебраическое операционное выражение (ЛАОВ):

$$[(\exists_{Sel_all} (x, y) \in LNode \times LNode) Send(x, y)]$$

$$(PhSend(Map(x), Map(y)) \Leftarrow true \vee E) \quad (3)$$

где \exists_{Sel_all} – оператор выборки всех кортежей вида $(x, y) \in LNode \times LNode$ из области истинности предиката $Send(x, y)$; $PhSend(Map(x), Map(y)) \Leftarrow true$ – оператор формирования области истинности предиката $PhSend$ для всех выбранных пар (x, y) ; E – пустой оператор.

Символом дизъюнкции “ \vee ” здесь обозначена операция альтернативного выбора одного из действий, в зависимости от истинности или ложности условия в квадратных скобках. В данном примере это условие заключается в завершении выбора всех пар $(x, y) \in LNode \times LNode$.

Сеть, изображенная на рисунке 4, построена как

обычная составная TCP/IP сеть [13] и содержит серверы (Servers, выделены кружками) и абонентские компьютеры (Users), связанные коммутаторами (Switches) и маршрутизаторами (Routers).

Формирование других известных [10, 14] и новых топологий распределенных вычислительных систем по заказу пользователя возможно осуществить, модифицируя имеющуюся топологию, или задавая их независимо друг от друга. Например, на основе решетки “grid 3×3” возможно построить систему с известной виртуальной топологией типа “torus 3×3” (тор, рисунок 5).

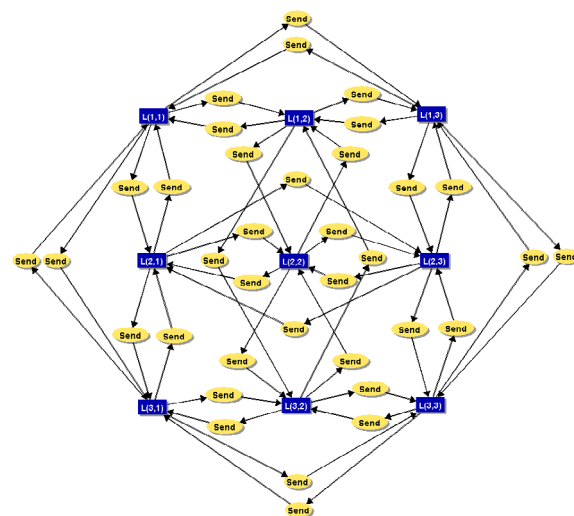


Рисунок 5 – Логические связи в архитектуре “NCaaS on Demand” (“torus 3×3”)

Для формирования тороидальной топологии необходимо дополнительно выполнить следующие действия над предикатом $Send$:

$Send(L(1, 1), L(1, 3)) \leftarrow true; Send(L(1, 3), L(1, 1)) \leftarrow true;$
 $Send(L(2, 1), L(2, 3)) \leftarrow true; Send(L(2, 3), L(2, 1)) \leftarrow true;$
 $Send(L(3, 1), L(3, 3)) \leftarrow true; Send(L(3, 3), L(3, 1)) \leftarrow true;$
 $Send(L(1, 1), L(3, 1)) \leftarrow true; Send(L(3, 1), L(1, 1)) \leftarrow true;$
 $Send(L(1, 2), L(3, 2)) \leftarrow true; Send(L(3, 2), L(1, 2)) \leftarrow true;$
 $Send(L(1, 3), L(3, 3)) \leftarrow true; Send(L(3, 3), L(1, 3)) \leftarrow true.$

Практическая реализация данных операций в сетевых приложениях заключается в определении и идентификации для реальной среды вычислительной сети передающих и принимающих узлов, состав которых известен или неизвестен пользователю и определяется провайдером облачного сервиса. Для физической реализации архитектуры “по требованию” пригодны практически все технологии локальных и глобальных вычислительных сетей.

На рисунке 6 представлена топология “полный граф без петель”, характерная также для пиринговых систем “peer-to-peer”.

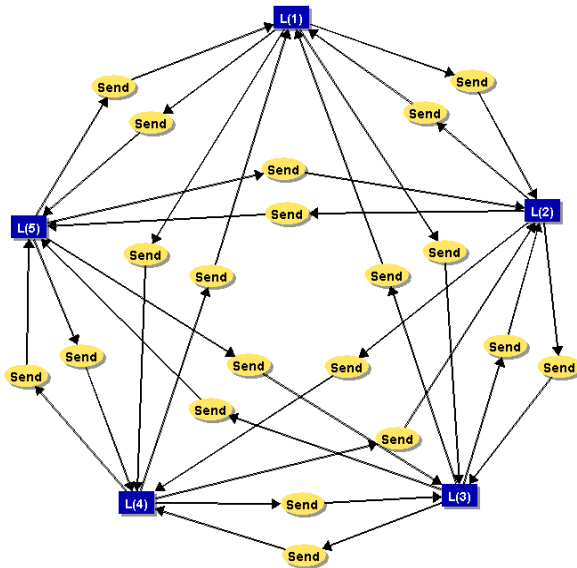


Рисунок 6 – Логические связи в архитектуре “NCaaS on Demand” (peer-to-peer 5)

Логические связи здесь возможно организовать, выполнив следующие действия:

$Send(L(1), L(2)) \leftarrow true; Send(L(2), L(1)) \leftarrow true;$
 $Send(L(2), L(3)) \leftarrow true; Send(L(3), L(2)) \leftarrow true;$
 $Send(L(4), L(5)) \leftarrow true; Send(L(5), L(4)) \leftarrow true;$
 $Send(L(5), L(1)) \leftarrow true; Send(L(1), L(5)) \leftarrow true;$
 $Send(L(1), L(4)) \leftarrow true; Send(L(4), L(1)) \leftarrow true;$
 $Send(L(1), L(3)) \leftarrow true; Send(L(3), L(1)) \leftarrow true;$
 $Send(L(2), L(5)) \leftarrow true; Send(L(5), L(2)) \leftarrow true;$
 $Send(L(2), L(4)) \leftarrow true; Send(L(4), L(2)) \leftarrow true;$
 $Send(L(3), L(1)) \leftarrow true; Send(L(1), L(3)) \leftarrow true;$
 $Send(L(3), L(5)) \leftarrow true; Send(L(5), L(3)) \leftarrow true.$

Для перехода к топологии типа “кольцо” необходимо убрать лишние связи из графа для топологии “peer-to-peer 5”. В результате формируется топология графа “ring 5”:

$Send(L(1), L(4)) \leftarrow false; Send(L(4), L(1)) \leftarrow false;$
 $Send(L(1), L(3)) \leftarrow false; Send(L(3), L(1)) \leftarrow false;$
 $Send(L(2), L(5)) \leftarrow false; Send(L(5), L(2)) \leftarrow false;$
 $Send(L(2), L(4)) \leftarrow false; Send(L(4), L(2)) \leftarrow false;$
 $Send(L(3), L(1)) \leftarrow false; Send(L(1), L(3)) \leftarrow false;$
 $Send(L(3), L(5)) \leftarrow false; Send(L(5), L(3)) \leftarrow false.$

Переход к физической реализации для всех топологий графа осуществляется аналогично примеру с решеткой “grid 3x3” на основании формул (1), (2) и (3).

При наличии вычислительного MPI-кластера возможно также осуществлять настройку топологий графа при помощи модификации предиката *Send* и передачи в главный узел кластера настроечной информации для интерфейса MPI. Информация о виртуальной топологии обменов сообщениями при этом передается от клиентского приложения компьютеру CSP провайдера облачных сервисов и далее кэшируется с коммутатором MPI-кластера. Таким образом в MPI-кластере могут быть заданы оба типа топологий – декартова топология и топология графа с произвольными связями между процессами.

Для произвольной TCP/IP сети требуемая топология может быть задана либо в запросе пользователя на требуемую виртуальную системную архитектуру, либо в приложении компьютера CSP. В результате графы системной архитектуры распределенной вычислительной системы оперативно внедряются в инфраструктуру исполнительной вычислительной сети, представленной гибридным облаком, в результате чего формируется гибридный облачный грид-сервис по требованию клиента.

Развитие концепции OddCI: On-Demand Distributed Computing Infrastructure [15] (инфраструктура для распределенных вычислений, формируемая по требованию пользователя) привело к реализации возможности синтеза реконфигурируемой функциональной архитектуры распределенных вычислительных систем, описанной в работе [16] путем использования объектно-ориентированных сетей Петри [17], задаваемых в системе PIPE [18]. При синтезе функциональной архитектуры облачно-сетевых вычислительных систем могут также использоваться концептуальные схемы, предложенные в работах [19, 20] для синтеза распределенных мобильных сетей.

Заключение.

1. При создании программного обеспечения в рамках концепции «сеть – это компьютер» рекомендуется использовать базовые облачные технологии, интегрированные с грид-технологиями. Программное обеспечение для формирования архитектуры распределенной вычислительной системы, предоставляемой клиенту в виде облачного сервиса, представляет собой сетевое приложение промежуточного уровня.

2. С учетом современной концепции предоставления вычислений как коммунальных услуг, для реализации выбрана архитектура типа NCaaS – Network Computing as a Service on Demand (компьютерная сетевая архитектура как облачный сервис, формируемый по запросу пользователя) как обеспечивающая необходимые гибкость и

масштабируемость. Предложена гибридная архитектура распределенной вычислительной среды для реализации глобальных вычислений, отличающаяся гибкостью в обеспечении требований клиента к переменной системной и функциональной архитектуре распределенной вычислительной системы.

3. На основе отношения передачи сообщений предложены концептуальные графы системной архитектуры распределенной вычислительной системы. Предложено данную архитектуру внедрять путем ее оперативного вложения в инфраструктуру исполнительской вычислительной сети, представленной гибридным облаком, в результате чего формируется гибридный облачный грид-сервис по требованию клиента. Таким образом, разработан метод организации функционирования вычислительных систем с переменной архитектурой в виде облачного сервиса, формируемого по запросу клиента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Handbook of Wireless Networks and Mobile Computing / Edited by Ivan Stojmenovic. John Wiley & Sons, Inc., 2002. – 630 p.
2. Chiu-Ching Tuan, Yi-Chao Wu. Grid Header Election by Predetermining in Mobile Ad-Hoc Networks // Journal of Applied Science and Engineering. Vol. 15, No. 1, 2012, pp. 69–78.
3. Imran Ihsan, Muhammad Abdul Qadir, Nadeem Iftikhar. Mobile Ad-Hoc Service Grid – MASGRID // International Journal of Electrical, Robotics, Electronics and Communications Engineering. Vol. 1, No. 5, 2007, pp. 778–781.
4. Bhaskaran R., Madheswaran M. Performance Analysis of Congestion Control in Mobile Ad-hoc Grid Layer // International Journal of Computer Applications. Vol. 1, No. 20, February, 2010, pp. 102–110.
5. Li J., Khan S., Li Q. An efficient event delivery scheme in mobile ad hoc communities // Int. J. Communication Networks and Distributed Systems. Vol. 10, No. 1, 2013, pp.25–39.
6. An Approach to Ad hoc Cloud Computing / Kirby G., Dearle A., Macdonald A., Fernandes A. // Distributed, Parallel, and Cluster Computing, 2010, pp. 1–6.
7. Mustafa Sadeq Jaafar, Sawant H. K. ACK Based Scheme for Performance Improvement of Ad-hoc Network // International Journal of Advances in Engineering & Technology, (IJAET). Vol. 3, Issue 2, May 2012.
8. Mustafa Sadeq Jaafar, Sawant H. K. Design and Development of ACK-Based Scheme Using FSA for Ad-hoc Networks // International Journal of Modern Engineering Research, (IJMER). Vol. 2, Issue 2, Mar-Apr 2012, pp. 102–106.
9. Maher Alharby. Third-Party based Data Auditing Service (TP-DAS). University of Manchester. School of Computer Science, 2015, pp. 1–88.
10. MPI: A Message-Passing Interface Standard. Version 3.1. Message Passing Interface Forum, June 4, 2015. – 836 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://www.mpi-forum.org/docs/mpi-3.1/mpi31-report.pdf>. Дата доступа 10.10.2018.
11. CharGer Manual v3.5b1 2005-11-30, pp. 1–58. [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://charger.sourceforge.net/>. Дата доступа 10.10.2018.
12. Delugah H. CharGer – A Conceptual Graph Editor written by Harry Delugah [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://www.cs.uah.edu/~delugach/CharGer/>. Дата доступа 10.10.2018.
13. Forouzan B. A. TCP/IP Protocol Suite. McGraw-Hill, 2009. – 1024 p.
14. Md. Firoj Ali, Rafiqul Zaman Khan. Distributed Computing: An Overview // Int. Journ. Advanced Networking and Applications. Vol. 07, Issue 01, 2015, pp. 2630–2635.
15. OddCI: On-Demand Distributed Computing Infrastructure / Costa R., Brasileiro F., Filho G. L., Sousa D. M. // Proceedings of the 2nd Workshop on Many-Task Computing on Grids and Supercomputers (MTAGS'09), November 16th, 2009, Portland, Oregon, USA, Association for Computing Machinery, 2009, pp. 1–10.
16. Mustafa Sadeq Jaafar, S. A. Zinkin, D. V. Pashchenko. Reconfigurable network models for distributed computing systems // Proceedings of the Fourteenth International Conference of Science and Technology “New Information Technologies and Systems” (NITIS-2017). Penza, Russia, November 22-24, 2017. – P. 92–104.
17. Mustafa Sadeq Jaafar, S. A. Zinkin. The Implementation of Global Computing Through the Mapping of Object-Oriented Petri Nets into the Architecture of Distributed Computing Systems // Proceedings of the Fourteenth International Conference of Science and Technology “New Information Technologies and Systems” (NITIS-2017). Penza, Russia, November 22-24, 2017. – P. 105–116.
18. PIPE2: Platform Independent Petri net Editor 2. [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://pipe2.sourceforge.net>. Дата доступа 10.10.2018.
19. Интеграция методов концептуального и поведенческого моделирования дискретно-событийных систем: I. Синтез и анализ концептуальной модели / С. А. Зинкин, Д. В. Пащенко, У. Н. Пучкова, Мустафа Садек Джафар // Кибернетика и программирование, 2016, № 6. – С. 83–95.
20. Интеграция методов концептуального и поведенческого моделирования дискретно-событийных систем: II. Логико-алгебраические операционные модели и инфокоммуникационные технологии / С. А. Зинкин, Д. В. Пащенко, У. Н. Пучкова, Мустафа Садек Джафар // Кибернетика и программирование, 2017, № 1. – С. 75–93.

Статья поступила в редакцию 04.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 004.021

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ВЫБОРА СТРУКТУРЫ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ПРИМЕРЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2018

Тимофеев Максим Николаевич, инженер

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
(410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, e-mail: rendom@sstu.ru)*

Тимофеев Алексей Николаевич, магистрант

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
(410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, e-mail: bolchoicelovek@mail.ru)*

Аннотация. Проведено имитационное моделирование гибридной электростанции на примере Саратовской области. Цель определенная в статье применение системного подхода выбора оптимальной структуры энергетической системы, включающей в себя несколько источников возобновляемой энергии (ВЭ) и учитывающей логистические, экологические и энергетические факторы. Актуальность поставленной в статье задачи обусловлена тем, что имеющиеся методики расчёта электростанций, использующих один возобновляемый источник энергии не решают вопрос обеспечения непрерывного электроснабжения требуемого качества. Моделируется работа гибридной электростанции использующей в качестве источников энергии солнце и ветер. В сравнительных таблицах приведены климатические данные и результаты моделирования. В результате разработана и предложена математическая модель позволяющая подобрать состав оборудования гибридной электростанции с учётом энергетических затрат. Разработана система помогающая принимать решение о структуре электростанции, с учетом эколого-ресурсных, экономических критериев.

Ключевые слова: гибридная электростанция, задача оптимизации, линейное программирование, имитационное моделирование, возобновляемая энергетика, ветрогенератор, солнечная панель, баланс мощностей, коэффициент себестоимости, климат, математическая модель.

USING A SYSTEM APPROACH TO SELECT A STRUCTURE OF A HYBRID ELECTRIC POWER STATION ON THE EXAMPLE OF THE SARATOV REGION

© 2018

Timofeev Maksim Nikolaevich, engineer

*Saratov State Technical University named after Y.A. Gagarin
410054, Russia, Saratov, Politechnicheskaya St., 77, e-mail: rendom@sstu.ru)*

Timofeev Alexey Nikolaevich, graduate student

*Saratov State Technical University named after Y.A. Gagarin
(410054, Russia, Saratov, Politechnicheskaya St., 77, e-mail: bolchoicelovek@mail.ru)*

Abstract. The simulation of a hybrid power plant is Carried out on the example of the Saratov region. The purpose of the article is to apply a systematic approach to the selection of the optimal structure of the energy system, which includes several sources of renewable energy (re) and takes into account logistics, environmental and energy factors. The relevance of the problem posed in the article is due to the fact that the existing methods of calculation of power plants using a renewable energy source do not solve the problem of providing continuous power supply of the required quality. The work of a hybrid power plant using the sun and wind as energy sources is simulated. The comparative tables present climate data and simulation results. As a result, a mathematical model has been developed and proposed that allows to choose the equipment composition of a hybrid power plant taking into account energy lull. A system has been developed to help make a decision on the structure of the power plant, taking into account environmental-resource, economic criteria.

Keywords: hybrid power plant, the problem of optimization, linear programming, simulation modeling, renewable energy, wind turbine, solar panel, balance of power, the coefficient of cost, climate, mathematical model.

Введение. На территории РФ наблюдается рост энергопотребления за счет увеличения обеспеченности населения энергопотребляющими устройствами. В Саратовской области суммарная установленная мощность электростанций составляет 6,6 ГВт. [1, 2]. Основные производители электроэнергии территориально находятся в центральной части региона, рядом с городами Саратов, Энгельс и Балаково. В южной части Саратовской области расположена первая очередь Орловгайской солнечной электростанции (СЭС) установленной мощностью 5 МВт. Несмотря на то, что в целом энергосистема

(ЭС) региона является избыточной, регистрируются отдельные районы, характеризующиеся локальным энергодефицитом. Наиболее значительный дефицит наблюдается в Саратов – Энгельском энергорайоне, который покрывается за счёт избыточных генерируемых мощностей Балаковского района передаваемых по ВЛ-500 кВ и ВЛ-220 кВ. Недостатком Саратовской ЭС является значительный физический износ электросетевого оборудования. Большая часть, около 80% установленной мощности, электростанций введены в эксплуатацию с 1967 по 1993 годы. Необходима также модернизация и ре-

конструкция общесистемных средств управления, таких как АСКУЭ, РЗА, противоаварийная автоматика. Основными задачами Программы перспективного развития энергетики Саратовской области является развитие распределительных электрических сетей [1].

Помимо модернизации существующих электростанций имеется возможность использовать источники возобновляемой энергии (ВЭ), в частности ветер и солнце, для обеспечения потребностей отдаленных районов. Государственное стимулирование интереса к возобновляемым источникам энергии позволяет привлекать финансирование проектов электрификации удаленных объектов, подключение которых к энергосистеме трудноосуществимо. Саратовская область обладает значительным запасом возобновляемых ресурсов. Среднегодовая продолжительность инсоляции составляет 2100-2400 часов [3]. Средняя продолжительность светового дня от 8 часов в декабре (34%) до 16 часов в июне (67%), с продолжительностью светлого времени суток от 252 до 489 ч/месяц. Среднегодовое значение скорости ветра в Саратовской области составляет 5-6 м/с [4-6]. Используя в качестве источника солнце или ветер, необходимо учитывать и ряд недостатков, например, короткий световой день в зимний период, а также неравномерную скорость ветра в течение суток. Для обеспечения автономного электроснабжения удаленного объекта применяется система, состоящая из следующих элементов: источник возобновляемой энергии (ВЭ), дизельный генератор, аккумулятор, инвертор [7]. При подключении к распределительной электрической сети, система имеет упрощенный состав: источник ВЭ, аккумулятор, инвертор. Для обеспечения большей автономности ЭС возможно одновременное использование двух источников ВЭ в зависимости от местных погодных условий, [9, 10]. Использование гибридной электростанции позволит уменьшить период энергетических затиший и увеличит количество вырабатываемой электроэнергии. При использовании подобного оборудования актуальным является обеспечение непрерывной подачи электроэнергии в распределительную сеть требуемого качества [8]. Необходимо управлять созданной ЭС, прогнозировать энергетические затишья и потребность в электричестве. Соответственно, системный подход к разработке методологии принятия решений о выборе места размещения и структуры электростанции являются актуальными и востребованными при проектировании новых ЭС.

Таким образом, **целью работы** является использование системного подхода для выбора оптимальной структуры ЭС, включающей в себя несколько источников ВЭ и учитывающей логистические, экологические и энергетические факторы. В работе использовались методы расчёта, рекомендованные нормативными документами и существующими методиками [10-13]. Для оценки ветроэнергетиче-

ского потенциала были использованы следующие данные: среднегодовая и среднемесячная скорость ветра, амплитуда суточного хода скорости ветра по кварталам, градуированная повторяемость скорости ветра по градациям, вертикальный профиль средней скорости ветра, плотность воздуха, интенсивность турбулентности ветрового потока. Для оценки солнечного потенциала использовались базы данных спутниковых наблюдений [14-16], результаты расчета дублировались в программе «PVsyst» с использованием базы «Meteonorm 7.2». Технические характеристики ветротурбин и солнечных панелей для моделирования были получены с баз данных официальных сайтов производителей.

Материалы и результаты исследования. Было выполнено исследование территории Саратовской области для определения района, где возможно размещение гибридной электростанции. Критериями выбора места расположения являются:

- значительные ресурсы солнечной энергии;
- малая изменчивость скорости ветра во времени;
- малая продолжительность «энергетических» затиший;
- развитая транспортная сеть;
- возможность подключения к распределительной сети;
- земельные участки, не используемые в сельском.

Удовлетворяющим вышеуказанным требованиям в наибольшей мере являются Новоузенский и Александрово-Гайский районы. Данная область характеризуется отсутствием штилей, высоким ветровым потенциалом, низким количеством осадков, малоснежными зимами и сухим, засушливым, резко-континентальным климатом. На более северных территориях количество безветренных дней в течение года составляет 5-10%. Рассмотрев эколого-ресурсные характеристики исследуемого региона, следует отметить, что существует транспортная, и энергосбытовая инфраструктура, при этом земли данного региона имеют сельскохозяйственное значение только в условиях надлежащего орошения. В связи с разрушением оросительной системы с декабря 1996 года, Александров Гай имеет статус пустынной и безводной местности. Из 270 тыс. га под пашни задействовано 36,8 тыс. га. Из этого следует, что на территории района есть площади, которые могут быть отчуждены для строительства электростанции, при условии соблюдения границ особо охраняемых природных территорий.

На основании результатов наблюдений по среднемесячной скорости ветра в заданное время по Гринвичу, была составлена математическая модель и построено графическое выражение полученных данных [17]. Так как в течение суток ветер дует неравномерно, имеющиеся данные были систематизированы и далее рассчитывалась вероятность заданной скорости ветра для ветротурбин фирмы Vestas V112-3MW и V100-1,8MW (таблица 1).

Таблица 1 – Выработка электроэнергии турбиной марки Vestas на высоте 100 м

Производительность по месяцам ветротурбиной (кВт)												Годовая тельность	Марка ветротурбины
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1000,2	1130,4	1119,2	1169,2	1080,4	972,2	922,2	1016,6	1099,8	1194,2	1002,8	955,8	12663	V112-3MW
815,3	885,7	873,9	907,5	852,1	785,8	752,2	813,5	863	924,3	808,5	787,6	10069,4	V100-1,8MW

В результате обработки метеоданных длительности светового дня, времени восхода и заката, есть возможность спрогнозировать продолжительность светового дня в будущем, а также оценить какое количество энергии будет выработано в данный день или до необходимого момента времени. Имея данные по продолжительности светового дня, частоте ясных дней, проценте облачности, была рассчитана

теоретическая производительность солнечных батарей по месяцам (таблица 2).

Для определения рабочих режимов одновременной работы двух источников ветровой и солнечной энергии, было произведено моделирование на основании данных по восходам и закатам и среднемесячной скорости ветра в заданное время по Гринвичу

Таблица 2 – Моделирование выработки электроэнергии солнечными батареями

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Производительность фотопанели (кВт/час)													
CS 6 K-2 752 8 5M	6,9337	13,5756	19,71	22,056	24,8	24,5	24,76	23,95	20,37088	14,449	7,8496	5,96017	17,44
SW 350 XL MONO	8,5786	16,7963	24,39	27,288	30,6	30,31	30,63	29,63	25,20366	17,877	9,7119	7,37417	21,577
Средняя продолжительность дня (ч)													
	8,67	10,05	11,88	13,77	15,5	16,45	15,93	14,54	12,6	10,73	9,04	8,06	
Производительность фотопанели день (кВт)													
CS 6 K-2 752 8 5M	60,115	136,435	234,2	303,71	383	403	394,4	348,2	256,673	155,04	70,961	48,039	
SW 350 XL MONO	74,377	168,803	289,7	375,76	474	498,6	488	430,8	317,5662	191,82	87,796	59,4358	

По результатам работы составлена математическая модель решаемая методами линейного программирования (2):

$$\begin{cases} a_1x + b_1y \leq d_1 & d_1 \rightarrow 0 \\ a_2x + b_2y \leq d_2 & d_2 \rightarrow 0 \\ c_1x + c_{вн}y \geq e & e \rightarrow +\infty \\ c_3x + c_{вз}y \geq e & \\ p_w x + p_s y \leq s & s \rightarrow 0 \end{cases}$$

где:

a_1 – производительность одной солнечной батареи, в день летнего солнцестояния, кВт/ч;

b_1 – производительность одной ветроэнергетической установки, в день летнего солнцестояния, кВт/ч;

c_1 – продолжительность летнего дня, ч;

$c_{вн}$ – время работы ветроэнергетических установок в летний период, ч;

d_1 – потребность в производстве электроэнергии в летний период, кВт;

a_2 – производительность одной солнечной батареи, в день зимнего солнцестояния, кВт/ч;

b_2 – производительность одной ветроэнергетической установки, в день зимнего солнцестояния, кВт/ч;

c_2 – продолжительность зимнего дня, ч;

$c_{вз}$ – время работы ветроэнергетических установок, зимой, ч;

d_2 – потребность в производстве электроэнергии в зимний период, кВт;

p_w – стоимость одной ветротурбины, тыс.руб.;

p_s – стоимость одной солнечной панели, тыс.руб.;

e – время работы гибридной электростанции, ч;

s – общая стоимость оборудования, заложенная в бюджете проекта, тыс.руб.;

x – общая площадь установленных фотоэлементов, м²;

y – количество установленных ветроэнергетических установок, ед.

Решение системы неравенств позволяет определить какое количество ветротурбин и какое количество солнечных батарей или солнечных коллекторов необходимо установить для удовлетворения потребности в электроэнергии заданного объекта.

По результатам проделанной работы создан алгоритм выбора структуры гибридной электростанции, состоящий из следующих шагов (рисунок 1):

1. Сбор основных сведений о возобновляемых энергетических ресурсах области.

2. Формулирование технических требований, ограничений проекта, определение первоначального района расположения электростанции и первичного списка оборудования. т.е. формируется критерии

3. Выбор источника электроэнергии (последовательно ветер и солнце).

4. Сбор и ввод уточненных данных по метеорологической обстановке в целевом районе.

5. Оценка предполагаемого строительства для района с применением критерия соответствия рабочих режимов генерирующего оборудования $P_{уст}$ ветряной или солнечной ситуации.

6. Выбор нового состава оборудования при отрицательном ответе. В случае несоответствия всех комплектов заявленным условиям, производится выбор другого источника электрической энергии.

7. Оценка производительности установленных генерирующих мощностей $P_{опт}$, при положительном результате происходит переход на следующий шаг. При меньшей производительности пересматривается количество установленных мощностей.

8. Моделирование работы гибридной электростанции в режиме реального времени.

9. Определение точного географического положения с учётом техногенных и природных факторов и проведение экспедиции в местность размещения объекта.

10. Получение данных по нагрузке $P(x)$ в течение года, подбор необходимого оборудования и разработка графика работы электростанции. В случае неполного удовлетворения потребности $P(x)$ в электроэнергии, недостаток покрывается из федеральной сети, при полном покрытии проверяется соответствие существующего проекта заданным техническим требованиям.

11. Вычисление коэффициента рентабельности предприятия (КРП). При $КРП \leq 1$ необходимо принимать меры по снижению издержек, такие как использование других типов оборудования и др. В случае отсутствия возможности снизить издержки или несоответствия проекта техническому заданию, проект признается бесперспективным и закрывается.

12. При $КРП > 1$ и полном соответствии заявленным техническим требованиям подготавливается проектно-конструкторская документация.

Заключение. Согласно предложенному алгоритму, разработана система, облегчающая принятие решения оптимизационной задачи по выбору структуры ЭС, включающей в себя один или несколько источников возобновляемой энергии, и подбор необходимых источников питания. На рисунке 1 приведен упрощенный выбор источников электрической энергии. Возможны три варианта определения длительности светового дня: использование табличных значений, осуществление астрономических расчётов, статистическая обработка астрономических результатов и получение зависимости с целью построения прогнозной модели. Создана математическая модель, позволяющая выбрать состав оборудования гибридной электростанции с учётом стоимости оборудования и времени работы электростанции. Рассчитана выработка электроэнергии для ветротурбин, солнечных коллекторов и солнечных панелей, что позволит решить задачу выбора структуры с учётом имеющегося бюджета. Методология и полученные математические модели используются в разработке программного обеспечения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Постановление Губернатора Саратовской области от 25 апреля 2018 г. N 200 «О схеме и программе перспективного развития электроэнергетики Саратовской области на 2019-2023 годы» [Электронный ресурс] / Новости Саратовской губернии – Электрон. текстовые дан. – Саратов.: 2018. – <http://g-64.ru/openoff.php?id=260420183701>.
2. Постановление Правительства Саратовской области от 29 декабря 2014 г. N 725-П «О схеме и программе перспективного развития электроэнергетики Саратовской области на 2015-2019 годы» // Собрании законодательства Саратовской области. – 2014. – № 59, – С. 13710 –13747.
3. Атласы ветрового и солнечного климатов России / Федер.служба России по гидрометеорологии и мониторингу окруж. среды (Санкт-Петербург); Под ред. М.М.Борисенко, В.В.Стадник. – СПб.: Б/И, 1997. – 173 с.
4. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Выпуск 12. Татарская АССР, Ульяновская, Куйбышевская, Пензенская, Оренбургская, Саратовская области. / Поволжское территориальное управление по гидрометеорологии. – Л.: Гидрометеиздат. 1988 – 647 с.
5. Старков А. Н. Атлас ветров России / А. Н. Старков, П. П. Безруких, М. М. Борисенко // М.: «Можайск-Терра», 2000 – 560 с.
6. Бобров Г.П., Волков С.А. Климат // Эколого-ресурсный атлас Саратовской области. Саратов, 1996, – 20 С.
7. Лукутин, Борис Владимирович. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учебное пособие / Б. В. Лукутин, И. О. Муравлев, И. А. Плотников; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – 119 с.
8. ГОСТ 32144-2013 “Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения”. – М.: Стандартинформ, 2014.
9. Papaefthymiou, Stefanos V et al. “A Wind-Hydro-Pumped Storage Station Leading to High RES Penetration in the Autonomous Island System of Icaria.” IEEE Transactions on Sustainable Energy 1 (2010): 163–172.
10. Beykverdi, M.; Jalilvand, A.; Ehsan, M. Cooperative Energy Management of Hybrid DC Renewable Grid Using Decentralized Control Strategies. Energies 2016, 9, 859.
11. ГОСТ 32144-2013 “Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения”. – М.: Стандартинформ, 2014.
12. СТО 70238424.27.100.059-2009 “Ветроэлектростанции (ВЭС). Условия создания. Нормы и требования”. – М.: НП «ИНВЭЛ», 2009.
13. Руководящий документ. Методические указания. Проведение изыскательских работ по оценке ветроэнергетических ресурсов для обоснования схем размещения и проектирования ВЭУ. РД 52.04.275-89. – М.: Гидрометеиздат. – 1991.
14. Gunasekaran, M.; Mohamed Ismail, H.; Chokkalingam, V.; Mihet-Popa, L.; Padmanaban, S. Energy Management Strategy for Rural Communities’ DC Micro Grid Power System Structure with Maximum Penetration of Renewable Energy Sources. Appl. Sci. 2018, 8, 585.
15. Дмитриенко, Виталий Николаевич. Методика оценки энергии солнечного излучения для фотоэлектростанции [Электронный ресурс] / В. Н. Дмитриенко, Б. В. Лукутин // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. Инжиниринг георесурсов / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 2017. – Т. 328, № 5. – С. 49–55. – Заглавие с титульного листа. – Свободный доступ из сети Интернет. – ISSN 2413-1830 Режим доступа: http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/39050/1/bulletin_tpu-2017-v328-i5-05.pdf
16. Atmospheric Science Data Center / NASA, – Электрон. текстовые дан. – Washington, DC.:2015. – <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse>.
17. SolarGIS [Электронный ресурс] / GeoModel Solar, – Электрон. текстовые дан. – Братислава. 2015. – <http://solargis.info>.
18. ГИС «Возобновляемые источники энергии России» [Электронный ресурс] / Объединенный институт высоких температур РАН, – Электрон. текстовые дан. – М.:2015. – Режим доступа: <http://gisre.ru>.
19. Тимофеев М.Н. Построение модели природной среды для проектирования электроэнергетических систем с возобновляемыми источниками электроэнергии // ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ. – 2015. – №. 4. – С. 29–33.
20. Тимофеев М.Н. Обоснование выбора систем с возобновляемыми источниками электроэнергии на базе моделирования природного энергетического потенциала / М.Н. Тимофеев, Ю.Б. Томашевский // Вопросы электротехнологии, 2016. № 1. С.96–101.

Статья поступила в редакцию 26.08.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 004.932.4

МЕТОД РЕАЛИЗАЦИИ ПОДСИСТЕМЫ РАССЫЛКИ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДИНАМИЧЕСКОМУ СПИСКУ ПОЛУЧАТЕЛЕЙ

© 2018

Калашников Виталий Александрович, разработчик

ООО «Ай-Тек» ВЦ»

(119119, Россия, г. Москва, проспект Ленинский, 42, e-mail: mymailfordev@gmail.com)

Борискин Вячеслав Владимирович, разработчик

ООО «Ай-Тек» ВЦ»

(119119, Россия, г. Москва, проспект Ленинский, 42, e-mail: s.boriskin287@gmai.com)

Родионов Владислав Сергеевич, разработчик

ООО «Ай-Тек» ВЦ»

(119119, Россия, г. Москва, проспект Ленинский, 42, e-mail: mymailforvs@inbox.ru)

Гурин Евгений Иванович, доктор технических наук,

преподаватель кафедры «Вычислительная техника»

Пензенский государственный университет

(440026, Россия, г. Пенза, улица Красная, 40, e-mail: gurin2@yandex.ru)

Митрохин Максим Александрович, доктор технических наук, заведующий кафедрой

«Вычислительная техника» абсолютно

Пензенский государственный университет

(440026, Россия, г. Пенза, улица Красная, 40)

Аннотация. В данной статье рассматривается метод реализации подсистемы рассылки пакетов критически важной информации динамическому списку получателей на примере существующей информационной системы регистрации и учета событий проходов, на территорию учреждений обслуживаемых системой. Учитываются требования сохранения актуальности и целостности отправляемой информации, а так же требование сохранения когерентности с отправленной ранее пакетами информации при помощи блокирования отправки копий пакетов. Метод учитывает, что список может изменяться и дополняться новыми участниками рассылки, а также что выбывший участник может вернуться в рассылку и потребовать неотправленные пакеты или начать рассылку с момента возврата в список. Для обеспечения актуальности отправляемой информации рассматриваются пути оптимизации времени работы алгоритмов сбора и подготовки данных и алгоритмов рассылки, а так же оптимизация взаимодействия с сервером базы данных, который включен в состав информационной системы.

Ключевые слова: серверы, серверное программирование, рассылка сообщений, список, получатель, статистика, обработка, протокол, пакеты, база данных.

THE METHOD OF IMPLEMENTATION OF A BROADCAST SUBSYSTEM OF CRITICAL IMPORTANT INFORMATION TO A DYNAMIC LIST OF RECIPIENTS

© 2018

Kalashnikov Vitaly Alexandrovich, developer

LLC "AI-Teko CC"

(119119, Russia, Moscow, Leninsky Avenue, 42, e-mail: mymailfordev@gmail.com)

Boriskin Vyacheslav Vladimirovich, developer

LLC "AI-Teko CC"

(119119, Russia, Moscow, Leninsky Avenue, 42, e-mail: s.boriskin287@gmai.com)

Rodionov Vladislav Sergeevich, developer

LLC "AI-Teko CC"

(119119, Russia, Moscow, Leninsky Avenue, 42, e-mail: mymailfordev@gmail.com)

Gurin Evgeny Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, teacher of the department "Computer Engineering"

Penza State University

(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: gurin2@yandex.ru)

Mitrokhin Maxim Alexandrovich, doctor of technical sciences,

head of the department "Computer Engineering" absolutely

Penza State University

(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40)

Abstract. This article discusses the method of implementing the critical information packet distribution subsystem to a dynamic list of recipients using the example of the existing information system for registering and recording events of access to the territory of serviced institutions. The method takes into account that the list can be changed and supplemented by new members of the mailing list, as well as that the withdrawn participant can return to the mailing list and request unsent packets or start the mailing from the moment of return-

ing to the list. Possible solutions are proposed, indicating the main advantages and disadvantages of each solution. Ways to optimize the time of operation of data collection algorithms and distribution algorithms, as well as optimizing interaction with the database server, which is included in the information system, are considered.

Keywords: servers, server programming, subline of message, list, recipient, statistics, processing, packages, database.

Проблематика и постановка задачи. В данной статье рассматривается частный случай реализации подсистемы рассылки пакетов для действующей информационной системы [1] (далее ИС), которая фиксирует и вводит учет событий прохода на территорию обслуживаемого учреждения.

Данная ИС состоит из глобального сервера-обработчика, глобального SQL-сервера базы данных (далее БД) [2] и локальных серверов, которые расположены в обслуживаемых учреждениях. Каждый локальный сервер обрабатывает события [3] и отправляет данные на глобальный сервер-обработчик [4]. Далее глобальный сервер систематизирует полученную информацию, формирует сообщение и отправляет на сторонний сервис для сбора статистики для дальнейшего анализа [5], на рисунке 1 продемонстрирована общая схема ИС.

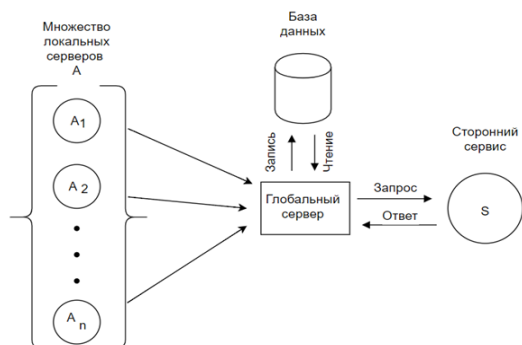


Рисунок 1 – Структурная схема отправки пакетов на один сторонний сервис

Передача данных осуществляется по протоколу SOAP. Пакеты представляют собой XML документ со списком сериализованных представлений каждого события [5, 6].

Задачей стало реализация возможности рассылки формируемых пакетов на сторонние сервисы, в рамках приведенных требований [7]:

- Каждый сервис должен гарантированно получать всю актуальную информацию, приходящую на ИС.
- В случае обрыва связи каждый сервис должен получить все пакеты, которые не были доставлены во время обрыва.
- В случае если сервис выбыл из списка на рассылку, а после вернулся в список, то ему должна быть предоставлена возможность либо дополучить информацию, которая не была отправлена, либо получать информацию с момента возврата в список.
- Каждый сервис не должен получить повторно одни и те же пакеты.

- Список получателей пакетов информации может изменяться [8] и дополняться новыми участниками рассылки.

- Пакеты для каждого сервиса имеют одинаковую структуру и не требуют индивидуального подхода по систематизации информации в нем.

- Отправляемые пакеты считаются критически важной информацией, так как от ее достоверности, целостности, полноты и актуальности зависят итоговые показатели статистики, а также качество работы разного рода систем оповещения.

Итого схема работы ИС после реализации представлена на рисунке 2.

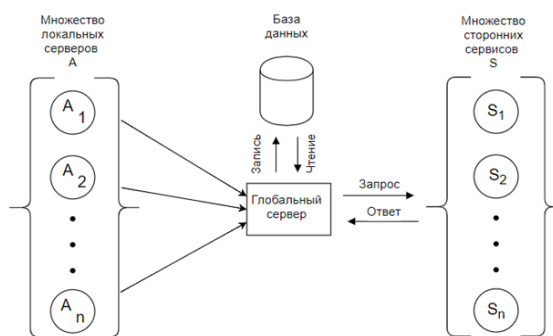


Рисунок 2 – Структурная схема отправки пакетов множеству сторонних сервисов

Проектирование, реализация и методы оптимизации. Для решения задачи индивидуального учета отправляемой информации [9] требуется завести новую сущность «Приемник» (recipient). Новая сущность должна задержать название приемника, адрес, куда должны быть отправлены пакеты информации, флаг на разрешение отправки сообщений, флаг разрешения сбора данных о событиях прохода и флаг разрешения сбора данных о событиях покупки продуктов питания [10]. Стоит отметить, что каждый отдельный тип события представлен как отдельная сущность в БД [11] и имеют свои уникальные идентификаторы, представляющие собой как монотонно увеличивающейся последовательность целых чисел. Данное обстоятельство позволяет использовать идентификатор события как номер последнего события и хранить в поле сущности Приемника. Сам приемник так же имеет идентификатор.

Для отправки пакетов на один сторонний сервис, ИС собирает необходимую для сервиса инфор-

мацию, переводит ее в понятный для сервиса вид и помещает в пакет [12], после отправляет пакет сервису. Последним шагом ИС обрабатывает результат отправки, устанавливая флаг успеха или провала у отправляемых пакетов для дальнейших попыток переотправки. Стоит отметить, что данный алгоритм сбора и отправки информации можно применить к любому типу события. Алгоритм позволяет использовать инструменты распараллеливания [13], что позволяет вести обработку информации по нескольким типам событий с такой же скоростью что если бы ИС обрабатывал информацию по одному [14]. Время работы алгоритма для одного события можно представить по Формуле 2, в случае использования распараллеливания для нескольких типов время работы алгоритма можно рассчитать по следующей формуле:

$$t_{\text{алг}} = (t_{\text{п}} + t_{\text{o}} + t_{\text{обп}}), \quad (1)$$

где $t_{\text{алг}}$ – общее время выполнения алгоритма отправки пакетов, t_{o} – время отправки пакетов сторонним сервисам, $t_{\text{обп}}$ – время обработки и отправки ответа обратно серверу.

$t_{\text{п}}$ – время подготовки пакета, рассчитываемого по следующей формуле:

$$t_{\text{п}}(D) = (t_1 + t_2 + \dots + t_D), \quad (2)$$

где D – множество событий, t_1, t_2, \dots, t_D – время подготовки очередного события.

Итоговое время работы службы отправки пакетов одному приёмнику можно представить по следующей формуле:

$$t_{\text{п}} = \text{MAX}(t_{\text{алг1}}, t_{\text{алг2}}, \dots, t_{\text{алги}}), \quad (3)$$

где – итоговое время выполнения алгоритма отправки пакета сторонним сервисам, $t_{\text{алг1}}, t_{\text{алг2}}, t_{\text{алги}}$ – время выполнения алгоритма отдельного типа события. Итоговое время вычисляется как максимальное среди времён отправки пакетов с разными типами событий.

Данный алгоритм можно применить для списка приемников [15]. Алгоритм относительно прост в реализации и не требует дополнительных манипуляций над списком приемников, однако значительно возрастает затраты по времени, которая так же зависит от размера выборки. При малых объемах информации использование данного алгоритма все еще считается целесообразным. Время работы алгоритма для списка приемников можно рассчитать по следующей формуле:

$$t_{\text{п}} = \sum_{i=1}^N t_{\text{алги}}, \quad (4)$$

где $t_{\text{п}}$ – итоговое время выполнения алгоритма отправки списку приёмников (более 1), N – количество приёмников, $t_{\text{алги}}$ – общее время выполне-

ния алгоритма для очередного пакета. Итоговое время вычисляется как сумма максимальных времён выполнения алгоритма отправки пакета очередному приёмнику.

Для оптимизации работы алгоритма необходимо сгруппировать список по номерам последних пакетов. Данный подход позволяет сократить время работы алгоритма т.к. требуется обработать выборку только для группы [16], а не для каждого участника индивидуально. Данный алгоритм сложнее реализуется [17] и затрачивает больше времени даже при худшем случае, когда $G \equiv 1$, и в худшем случае, когда $G \equiv N$, чем модифицированный алгоритм для одного сервиса т.к. требует предварительно проанализировать список получателей и собрать группы. Так же алгоритм не целесообразно использовать при малых объемах информации. Формула расчета времени работы алгоритма представлена ниже:

$$t_{\text{алг}} = t_{\text{пр}}(i) + \sum_{j=1}^G (t_{\text{пi}} + t_{\text{oj}} + t_{\text{обпj}}), \quad (5)$$

где $t_{\text{алг}}$ – общее время выполнения алгоритма отправки, G – итоговое количество групп, $t_{\text{пi}}$ – время подготовки пакета для отправки очередной группе сервисов, t_{oj} – время отправки пакета очередной группе сервисов, $t_{\text{обпj}}$ – время обработки и отправки ответа обратно серверу, j – очередной участник группы, $t_{\text{пр}}(i)$ – время группировки списка приёмников, рассчитываемое по формуле:

$$t_{\text{пр}}(i) = ((t_{\text{прi}} + t_{\text{дi}})_1 + (t_{\text{прi}} + t_{\text{дi}})_2 + \dots + (t_{\text{прi}} + t_{\text{дi}})_i), \quad (6)$$

где, i – количество приёмников, $t_{\text{прi}}$ – время просмотра индекса очередного приёмника, $t_{\text{дi}}$ – время добавления очередного приёмника в группу. Время группировки приёмников вычисляется как сумма времён просмотра индекса очередного приёмника и добавления очередного приёмника в группу.

Следующим шагом оптимизации стало оптимизация группировки списка приемников и оптимизация выборки информации.

Так как основная информация хранится на SQL-сервере, в первую очередь было акцентировано внимание на оптимизации всех используемых SQL-запросов. Для анализа эффективности SQL-запросов, все ключевые запросы были запущены с префиксом EXPLAIN ANALYZE [18]. По полученным данным можно найти самые затратные подзапросы, а так же колонки таблиц, которые необходимо проиндексировать [19]. Индексация колонки позволяет быстро обращаться к записям в таблицы за счет использования бинарного дерева индексов, что в значительной степени повышает скорость выполнения запроса, в некоторых случаях скорость выполнения растет экспоненциально.

Повышение быстродействия выборки информации произведено путем использования оптимизированных SQL-запросов. Оптимизация анализа и группировки списка приемников было

выполнено путем переноса этой задачи на SQL-сервер. Для этого был модифицирован SQL-запрос получения списка приемников, в итоге от SQL-сервера приходит готовый сгруппированный список.

Для реализации использовался модифицированный алгоритм отправки пакетов с предварительной подготовкой данных. Выбор этого алгоритма обусловлен наличием большого объема информации в выборке и обширного списка получателей [20]. Расчетное время работы службы рассылки намного ниже, чем, если бы был модифицирован старый алгоритм.

Вывод. В ходе анализа и тестирования нового алгоритма отправки пакетов информации динамическому списку получателей был выявлен приток времени работы, однако, не превышающий критического даже во время пика нагрузки на ИС. Каждый приемник получает пакет информации без потери актуальности и значимости. Не наблюдались случаи получения повторов событий, которые могли бы нарушить когерентность с полученными пакетами в прошлых сеансах связи с ИС.

Полученные данные анализа подвергли целесообразность использования алгоритма с предварительной группировкой для обеспечения быстрого действия службы рассылки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы. Построение и анализ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2013. – №3. – С. 140–173.
2. Грофф Д., Вайнберг П., Оппель Э. SQL. Полное руководство. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2015. – №3. – С. 87.
3. Бабинский А.З., Букатов А.А., Шапиро В.А. Определение базовых сервисов, разработка методики наполнения и методов реализации образовательных порталов / Сб. научн. ст. «Интернет-порталы: содержание и технологии». Вып. 1. ГНИИ ИТТ «Информика». – М.: Просвещение, 2003. – С. 7.
4. Кнут Д. Искусство программирования, том 1. Основные алгоритмы, 3 изд.: Пер. с англ.: Уч. пос. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2000. – С. 27.
5. Р. Стивенс Алгоритмы. Теория и практическое применение // John Wiley & Sons. – 2013. – С. 72.
6. Макконнелл С. Совершенный код: Практическое руководство по разработке программного обеспечения // Русская редакция / БХВ. – 2017. – С. 126–129.
7. Pashchenko D. et al. Formal transformation inhibitory safe Petri nets into equivalent not inhibitory // Procedia Computer Science. – 2015. – V. 49. – P. 99–103.
8. Синева М. П. Проблемы динамического отображения информации в системах объективного контроля радиотехнического комплекса / Д. В. Пашченко, Д. А. Трокоз, М. П. Синева // Проведение научных исследований в области обработки, хранения, передачи и защиты информации: сб. науч. тр. – Ульяновск : УлГТУ, 2009. – № 4. – С. 150–154.
9. Синева М. П. Последовательный алгоритм обработки данных при анализе действий операторов // Новые информационные технологии и системы : сб. тр. 10-й Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза, 2011. – С. 220–223.
10. Пашченко Д. В., Синева М. П. Методика построения систем объективного контроля авиационных радиолокационных комплексов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2009. – №. 4. – С. 49–50.
11. Paul Wilton, John Colby, Beginning SQL // John Wiley & Sons Limited. – 2005. – С. 7.
12. Синева М. П. Автоматная модель межпоточного обращения к разделяемому ресурсу в алгоритмах объективного контроля / М. П. Синева, М. Н. Синева // Молодежь. Наука. Инновации: сб. тр. 7-й Междунар. науч.-практ. конф. [Электронный ресурс]. – Пенза: РГУИТТ, 2013. URL: http://rgu-penza.ru/mni/content/files/2013_Sineva,%20Sineva.pdf (дата обращения: 05.11.2013).
13. Вашкевич Н. П., Бикташев Р. А., Синева М. П. Формализация алгоритмов управления многопоточным доступом к разделяемым ресурсам на основе использования событийных недетерминированных автоматов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2014. – №. 1. – С. 128–133.
14. Pashchenko D. et al. The methodology of multicriterial assessment of Petri nets' apparatus // MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2016. – V. 44. – P. 01009.
15. Вашкевич Н. П. Недетерминированные автоматы в проектировании систем параллельной обработки. – Пенза, Издательство ПГУ, 2004. – С. 5.
16. Pashchenko D.V. et al. Directly executable formal models of middleware for MANET and Cloud Networking and Computing // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2016. – V. 710. – №. 1. – P. 012024.
17. Вашкевич Н.П., Бикташев Р.А. Достоинство формального языка, основанного на концепции недетерминизма, при структурной реализации параллельных систем логического управления процессами и ресурсами // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2011. – №. 1. – С. 4–8.
18. Синева М.П. Реализация стратегий объективного контроля в радиолокационных комплексах / Д. В. Пашченко, М. П. Синева // Проведение научных исследований в области обработки, хранения, передачи и защиты информации: сб. науч. тр. – Ульяновск : УлГТУ, 2009. – № 4. – С. 155–158.
19. Синева М. П. Поиск решения в экспертных системах объективного контроля // Новые информационные технологии и системы: сб. тр. 10-й Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза, 2011. – С. 185–187.
20. Синева М. П. Система настройки диагностики радиолокационных комплексов / Д.В. Пашченко, Д.А. Трокоз, М.П. Синева // Новые информационные технологии и системы: сб. тр. 8-й Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза, 2008. – С. 290–295.

Статья поступила в редакцию 11.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 519.872

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРИ
ОПИСАНИИ И УПРАВЛЕНИИ РЕСУРСАМИ И РАБОЧЕЙ НАГРУЗКОЙ АДАПТИВНЫХ
МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ТЕХНОЛОГИЕЙ
ВИРТУАЛИЗАЦИИ РЕСУРСОВ**

© 2018

Бутаев Михаил Матвеевич, доктор технических наук, профессор,
ученый секретарь научно-технического совета
ОАО «Научно-производство приятие «Рубин»

(440000, Россия, г. Пенза, ул. Байдукова, 2, e-mail: butaevmm@gmail.com)

Папко Antonina Alekseevna, доктор технических наук, профессор, главный конструктор направления
Акционерное общество «Научно-исследовательский институт физических измерений»
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Володарского, 8/10, e-mail: inercial@niifi.ru)

Курнос Владимир Ефимович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры
«Вычислительные машины и системы»

Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, а/11, e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru)

Мартышкин Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры
«Вычислительные машины и системы»

Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: alexey314@yandex.ru)

Пашенко Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе
Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: dmitry.pashchenko@gmail.com)

Аннотация. Статья посвящена решению задач описания и подбора исходных параметров математических моделей вычислительных систем с виртуализацией под конкретные классы задач, адаптации применяемых систем и сетей массового обслуживания к исследованию и расчету моделей вычислительных систем с виртуализацией, а также вопросов, связанных с управлением ресурсами и рабочей нагрузкой виртуальных серверов. Применяя средства виртуализации, легко представлять единый физический ресурс конечным множеством независимых ресурсов для изоляции приложений друг от друга, или же наоборот, объединять ряд разделенных физических ресурсов в рамках одной вычислительной структуры в единый ресурс. Анализ современных работ по тематике статьи позволяет отметить, что в мировой практике для получения результатов в задачах проектирования применяют аналитические методы, требующие меньше ресурсов и позволяющие решать важные задачи анализа и оптимизации параметров. Процедуры принятия решений в реальных вычислительных системах осуществляются на основе заданных оператором политик управления ресурсами в PLM (Partition Load Manager – Менеджер загрузки разделов), а также заданных приоритетах приложений. Политика управления ресурсами для каждой группы разделов указывается в файле политики, определяющем как управляемое окружение, так и параметры самой политики. Заданные параметры управления ресурсами, по сути, являются критериями оптимизации структуры виртуального сервера. Основная часть нужной информации для принятия решения собирается в виде статистики в ходе работы системы. Рассматриваемые в статье адаптивные модели отличаются от известных тем, что в процессе решения принимается информация как от самой модели, так и от исследователя в виде своеобразных схем принятия решения, задающихся самим исследователем.

Ключевые слова: адаптивность, аналитическая модель, виртуализация ресурсов, виртуальный сервер, вычислительная система, процедура принятия решений, процессорный пул, рабочая нагрузка, реконфигурация, ресурс, система массового обслуживания, триггер адаптивности, управление ресурсами.

**USING ELEMENTS OF QUEUING THEORY IN DESCRIBING AND MANAGING RESOURCES
AND WORKLOAD OF ADAPTIVE MATHEMATICAL MODELS OF COMPUTING SYSTEMS WITH
TECHNOLOGY OF VIRTUALIZATION OF RESOURCES**

© 2018

Butaev Mikhail Matveyevich, doctor of technical sciences, professor, scientific secretary
of the scientific and technical council
JSC “Scientific production acceptance» Rubin”

(440000, Russia, Penza, Baidukova St., 2, e-mail: butaevmm@gmail.com)

Papko Antonina Alekseevna, doctor of technical sciences, professor, chief designer of the direction
Joint-stock company “Research Institute of Physical Measurements”

(440026, Russia, Penza, Volodarsky St., 8/10, e-mail: inercial@niifi.ru)

Kurnosov Vladimir Efimovich, doctor of technical sciences, professor, professor of sub-department
“Computers and Systems”

Пенза State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baidukov Passage / Gagarin St., 1a / 11, e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru)

Martyshkin Alexey Ivanovich, candidate of technical sciences, docent, associate professor of sub-department
“Computers and systems”

Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: alexey314@yandex.ru)
Pashchenko Dmitry Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, vice-rector for scientific work
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baidukov passage / Gagarin St., 1a / 11, e-mail: dmitry.pashchenko@gmail.com)

Abstract. The article is devoted to solution of problems of the description and selection of initial parameters of mathematical models of computing systems with virtualization for specific classes of problems, the adaptation of the applied systems and queueing networks for the study and calculation models of computing systems virtualization, and issues related to the management of resources and workload of virtual servers. Using virtualization tools, it is easy to represent a single physical resource as a finite set of independent resources to isolate applications from each other, or Vice versa, to combine a number of separated physical resources within a single computing structure into a single resource. Analysis of modern works on the subject of the article allows us to note that in the world practice to obtain results in the design problems used analytical methods that require fewer resources and allow solving important problems of analysis and optimization of parameters. The procedure of decision-making in real computing systems work on the basis of the user-defined resource management policies in PLM (Partition Load Manager), and given the priorities of the applications. The resource management policy for each partition group is specified in a policy file that defines both the managed environment and the resource management policy settings. The parameters defined for the management of resources in fact are the criteria of optimization of the structure of the virtual server. The main part of the necessary information for decision-making is collected in the form of statistics during the operation of the system. The adaptive models considered in the article differ from the known ones in that in the process of decision-making information is received both from the model itself and from the researcher in the form of peculiar decision-making schemes set by the researcher himself.

Keywords: adaptability, analytical model, resource virtualization, virtual server, computing system, decision-making procedure, processor pool, workload, reconfiguration, resource, queueing system, adaptability trigger, resource management.

Главными задачами, рассматриваемыми в статье, являются описание и подбор начальных данных моделей вычислительных систем (ВС) с виртуализацией ресурсов под конкретные классы задач; адаптация повсеместно и активно применяемых элементов теории массового обслуживания для исследования и расчета математических моделей ВС с виртуализацией ресурсов; вопросы, связанные с управлением ресурсами и рабочей нагрузкой виртуальных серверов.

Под термином «виртуализация» принято понимать методы, требуемые для абстрагирования от реальных информационных и вычислительных ресурсов (ВР). Используя средства виртуализации, можно представлять один физический ресурс в форме определенного конечного множества отдельных независимых ресурсов с целью изоляции приложений друг от друга, или наоборот, можно объединять ряд обособленных физических ресурсов в рамках одной вычислительной структуры в единый ресурс. Теория, определяющая возможность виртуализации центрального процессора (ЦП) базируется на работах Черча-Тьюринга [1-4]. Суть их работ – обеспечение возможности моделирования и исследования на ЭВМ машины Тьюринга. Таким образом, из сказанного можно сделать вывод, что с точки зрения потенциала как инструмента для решения алгоритмических проблем все ЭВМ вне зависимости от их исполнения являются равноценными. Однако эти утверждения нельзя назвать устоявшимися и незыблемыми постулатами: упомянутый тезис Черча-Тьюринга – не доказанная теорема, однако он позволяет утверждать, что любую вычислительную систему можно промоделировать другой системой. Важные результаты теоретических исследований относительно виртуализации ЦП получены Джералдом Попеком и Робертом

Гольдбергом. Они были сформулированы как три критерия виртуализации [5]: эквивалентность, полнота управления и эффективность.

Анализ современных опубликованных в открытых источниках материалов [6 - 11] и [12 - 15] позволяет утверждать о том, что в отечественной и зарубежной практике для получения результатов в задачах проектирования, все чаще применяют аналитические методы, требующие для своей реализации намного меньше ВР и позволяющие решать важные задачи анализа и оптимизации параметров. Для получения вероятностно-временных характеристик ВС сегодня активно используются методы теории массового обслуживания.

Принимая во внимание глубокую и детальную проработку подходов, которые уже доведены до конкретных инженерных методик, известные и применяемые сегодня математические модели обладают, пожалуй, главным недостатком – отсутствием возможности комплексного исследования не только информационных потоков внутри модели, но и принятия во внимание изменения в составе компонентов самой математической модели в зависимости как от случайных факторов, так и описанных схем конфигурирования ВС, что вполне нормально для систем с естественной виртуализацией.

Схема многопроцессорной системы без виртуализации функционально схожа с системой с виртуализацией ресурсов, за исключением того момента, что вместо ресурсных пулов используется строго ограниченное число аппаратных ресурсов. Внесение конструктивных изменений в конфигурацию сервера с жестко определенным числом аппаратных ресурсов, как минимум, нуждается в остановке сервера и всех выполняемых на нем задач с приостановкой всех сервисов, также

может потребоваться изменение конфигурации среды выполнения задач, операционной системы (ОС) или сервера, на котором выполняются приложения.

В системе с виртуализацией ресурсов последние могут добавляться или удаляться из общей конфигурации системы непосредственно в процессе ее работы. Чтобы смоделировать такие условия работы, применяя выбранный способ расчета моделей, сегодня известны два варианта использования метода [16]:

1) применять многоканальные системы массового обслуживания (СМО) с возможностью изменения числа каналов в процессе исследования, что не совсем подходит для случая долевого (процентного) распределения мощности процессора, когда общее число каналов K_j и число занятых каналов k_j в многоканальной СМО должно быть дробным числом;

2) динамически добавлять или удалять СМО (например, процессоров и устройств памяти) в процессе моделирования, что повлечет за собой полное обновление и перестроение матрицы вероятностей передач и, как следствие, перерасчет всей собранной ранее статистики, что практически неприемлемо в задачах моделирования и оптимизации структуры ВС.

Если заданное число каналов СМО равно 1.0 – при расчете она считается одноканальной, иначе – многоканальной. Таким образом, более рациональным и предпочтительным в реализации является первый вариант, но некоторые выражения и выкладки необходимо усовершенствовать, например, выражение для определения среднего числа занятых каналов в СМО, т.к. в данном случае мощность процессора может распределяться, начиная от 0,1 (10%) мощности процессорного блока:

$$\beta_j = \lambda_j \vartheta_j = \begin{cases} \rho_j & \text{при } K_j = 1 \\ k_j & \text{при } K_j > 1 \end{cases}, \quad (1)$$

где коэффициент загрузки многоканальной СМО определяется согласно выражению

$$\rho_j = k_j / K_j = \lambda_j \vartheta_j / K_j.$$

И еще одно выражение, где имеется факториал, применяемый, в основном, только для целых чисел

$$R_j(M_j) = \begin{cases} 1/M_j! & \text{при } M_j \leq K_j \\ 1/(K_j! K_j^{M_j - K_j}) & \text{при } M_j > K_j \end{cases}, \quad (2)$$

Проблему нахождения факториала дробного числа можно преодолеть, применяя асимптотическое выражение для вычисления факториала (формула Стирлинга) [17], которая позволяет приближенно находить значение факториала (3).

$$n! = \sqrt{2\pi n} \left(\frac{n}{e}\right)^n \left(1 + \frac{1}{12n} + \frac{1}{288n^2} - \frac{139}{51840n^3} + O(n^{-4})\right), \quad (3)$$

где параметр «*O* большое» представляет собой математические обозначения для сравнения асимптотического поведения функций, под которым

понимается характер изменения функции при её стремлении к определённой точке. Суть указанного термина «*O* большое» зависит от его области применения, но однозначно всегда $O(f)$ растёт не быстрее, чем f [17].

В некоторых случаях для приближенной оценки значения факториала рассматривают только главный член формулы Стирлинга [17].

$$n! \approx \sqrt{2\pi n} \left(\frac{n}{e}\right)^n, \quad (4)$$

При этом принимают [17]:

$$\sqrt{2\pi n} \left(\frac{n}{e}\right)^n < n! < \sqrt{2\pi n} \left(\frac{n}{e}\right)^n e^{1/(12n)}, \quad (5)$$

Для исследования поведения динамически изменяемых компонент моделируемой системы можно использовать программируемые триггеры для отслеживания и корректировки числа каналов в отдельно взятых СМО в зависимости от конкретно заданных условий срабатывания. Триггеры должны быть заданы перед расчетным прогоном модели для каждой СМО назначением диапазона изменения мощности канала обработки и условия срабатывания каждого отдельного триггера. Также необходимо иметь возможность задавать случайные события, которые будут имитировать условия случайных сбоя в модели ВС.

Вероятность возникновения сбойной ситуации задается аналогичным образом в виде триггера псевдослучайных сбоя, позволяющего моделировать отказ в работе тех или иных устройств и блоков в модели ВС. Триггер сбоя создает события времени выполнения модели. В процессе работы модели данные события проявляются как резкое сокращение мощности канала обработки в определенной СМО до минимального значения 0,1. Совсем исключить СМО, где произошел сбой, из модели невозможно ввиду того, что это влечет за собой корректировку и изменение размера матрицы передач, что, в свою очередь, исказит всю собранную до момента сбоя статистическую информацию. Таким образом, после сбоя модель может восстановить мощность обработки с условием использования пула свободных виртуальных ресурсов.

Наличие указанных триггеров придает математическим моделям свойства адаптивности. Появляется возможность синтезировать адаптивные модели, под которыми в данном контексте понимаются математические модели, допускающие сочетание с заданными оператором динамическими характеристиками.

Управление ресурсами и рабочей нагрузкой.

Сервера IBM System p, в совокупности с ОС AIX и опцией Advanced POWER Virtualization [18], дают возможность выбора из трех механизмов управления ресурсами и рабочей нагрузкой:

1) общие процессоры, разделы без ограничений (uncapped). Гипервизор POWER передает

неиспользованные процессорные такты тем разделам без ограничений, которые могут получить от них пользу;

2) Workload Manager (Менеджер рабочей нагрузки, WLM). Устанавливает приоритеты приложений на доступ к ЦП, памяти и подсистеме ввода/вывода в пределах раздела;

3) Partition Load Manager (Менеджер загрузки разделов, PLM) [19, 20]. Добавляет в раздел и перемещает между разделами ресурсы ЦП и памяти, используя динамические операции LPAR. Два режима работы: мониторинга и управления.

Машинные процедуры принятия решений в реальных ВС работают на основе заданных оператором политик управления ресурсами в PLM, а также заданных приоритетах приложений.

На рисунке 1 показана область действия каждого из вышеуказанных механизмов управления загрузкой и ресурсами на серверах IBM System p.

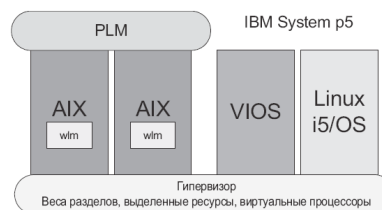


Рисунок 1 – Механизмы управления ресурсами и рабочей нагрузкой

Для улучшения использования системных ресурсов PLM автоматизирует миграцию ресурсов между разделами, основываясь на загрузке и приоритетах разделов; разделы с большими запросами будут получать ресурсы, добровольно отданные или принудительно отобранные у разделов с меньшими запросами. Определяемые пользователями политики управляют тем, как будут перемещаться ресурсы.

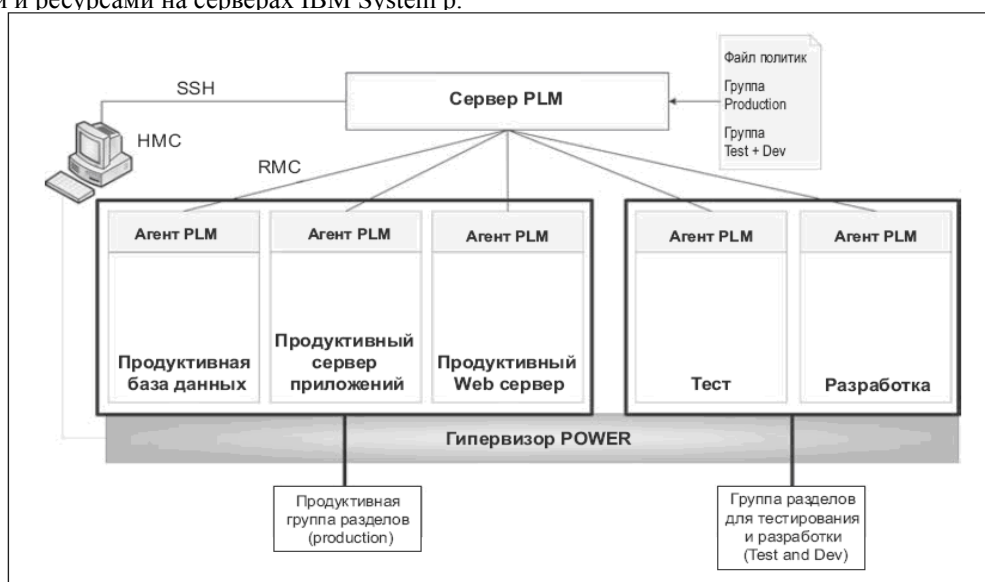


Рисунок 2 – Архитектура PLM

Приложение PLM использует модель «клиент-сервер», показанную на рисунке 2, для предоставления совместного доступа к системной информации, такой как события процессора и памяти, всем одновременно работающим логическим разделам [19, 20].

Так как каждый раздел контролируется локально, и агенты взаимодействуют с сервером PLM только при возникновении события, PLM потребляет незначительное количество системных и сетевых ресурсов.

Политика управления ресурсами (*resource management policy*) для каждой группы разделов (*partition group*) указывается в файле политики (*policy file*), который определяет как управляемое окружение, так и параметры политики управления ресурсами.

Файл политики управления ресурсами содержит:

- 1) описание основных ресурсов виртуального сервера;
- 2) максимальные, минимальные и гарантированные значения ресурсов: ЦП и память;
- 3) шаг наращивания или уменьшения выделен-

ных ресурсов;

4) список виртуальных серверов в пуле, которые будут выступать в роли доноров или акцепторов дополнительных ресурсов;

5) описание интервалов опроса ЦП и памяти на предмет необходимости корректирования объема выделенных ресурсов;

6) пороговые (мин/макс) значения загрузки ЦП и памяти. Каждый раз, когда преодолевается пороговое значение, PLM получает событие «Системы управления и контроля – Resource Management and Control (RMC)». Когда загрузка ресурса превышает верхнее пороговое значение, раздел PLM считает, что раздел нуждается в дополнительных ресурсах; такой раздел называется «requestor» (реципиент). Когда загрузка раздела становится меньше, чем нижнее пороговое значение, раздел становится потенциальным донором (*donor*). При нормальном стечении обстоятельств ресурсы перемещаются от доноров только тогда, когда другой раздел переходит в состояние *requestor* для того же ресурса. Когда загрузка ресурса находится между

двумя пороговыми значениями, PLM считает, что доступных ресурсов достаточно (рисунок 3);

7) опции необходимости немедленного освобождения ресурсов, которые больше не используются, поскольку можно «придержать» ресурсы во избежание слишком частых операций по перемещению ресурсов, которые также требуют времени.

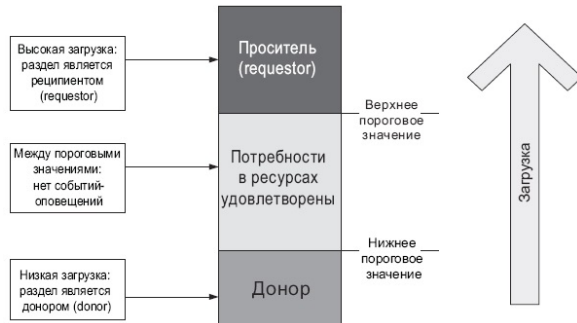


Рисунок 3 – Пороговые значения загрузки ресурсов

Часть определения политики – относительный приоритет каждого раздела в группе. Это достигается путем использования механизма «общих ресурсов» (*shares*) аналогичного WLM. Чем больше «*shares*» выделено разделу, тем выше его приоритет. Чтобы предотвратить полное истощение количества ресурсов в некоторых разделах, PLM модулирует приоритет раздела на основе его текущего количества ресурсов.

Когда PLM оповещается о том, что раздел перешел в состояние реципиента, он ищет свободные ресурсы в следующем порядке: свободный пул неразмещенных ресурсов; донор ресурсов; раздел с наименьшим количеством общих (требуемых) ресурсов, имеющий при этом больше ресурсов, чем указано в параметре настройки «*guaranteed*» (гарантировано).

Количество перемещаемых ресурсов может быть либо минимальным дельта значением для обоих разделов, либо количеством, которое даст им указанный в политике приоритет.

Определение, какой из узлов больше или меньше нуждается в ресурсах, выполняется путем сравнения того, каким количеством ресурсов владеет раздел относительно его приоритета, определяемого,

в свою очередь, по количеству «общих ресурсов». PLM ранжирует разделы, включая раздел *requestor*, в списке разделов с количеством ресурсов, превышающих гарантированное значение. Приоритеты разделов определяются по следующему соотношению [19, 20]:

$$\text{Приоритет} = \frac{(\text{Текущее количество ресурсов} - \text{Гарантированное количество ресурсов})}{\text{Общие ресурсы}} \quad (6)$$

Наименьшее результирующее значение означает наивысший приоритет, разделы с меньшим значением могут получать ресурсы от разделов с большим значением.

На рисунке 4 показан процесс перемещения ресурсов ЦП для трех разделов. Раздел 3 загружен, он выступает просителем. В пуле нет свободных ресурсов, нет и разделов доноров. PLM ищет разделы с избыточным количеством ресурсов (большим, чем им гарантировано). Остальные два раздела в группе имеют избыточные ресурсы. Раздел 1 имеет наибольшее соотношение «избыточные – общие ресурсы» из всех трех разделов, поэтому ресурсы будут перемещаться от раздела 1 к разделу 3.

Если запрос ресурсов не может быть выполнен, он помещается в очередь и проходит повторную оценку, когда появятся свободные ресурсы.

PLM управляет памятью, перемещая логические блоки памяти LMB (Logical Memory Blocks) между разделами. Размер LMB зависит от количества памяти, установленной в хост-платформе (CEC). Он варьируется в диапазоне от 16 до 256 МБ.

Для определения потребности в памяти PLM использует две метрики:

- процент утилизации (использования) (соотношение используемой и установленной памяти);
- скорость замещения страниц (*page replacement rate*).

ОС AIX использует всю доступную ему память. Она не будет выгружать страницы из памяти, если ему не потребуется загрузить другие страницы с диска. Это означает, что если есть избыток памяти, то AIX 5L будет использовать ее и она будет показана как используемая инструментами ОС, даже если нет использующих ее приложений. По этой причине разделы редко становятся донорами.

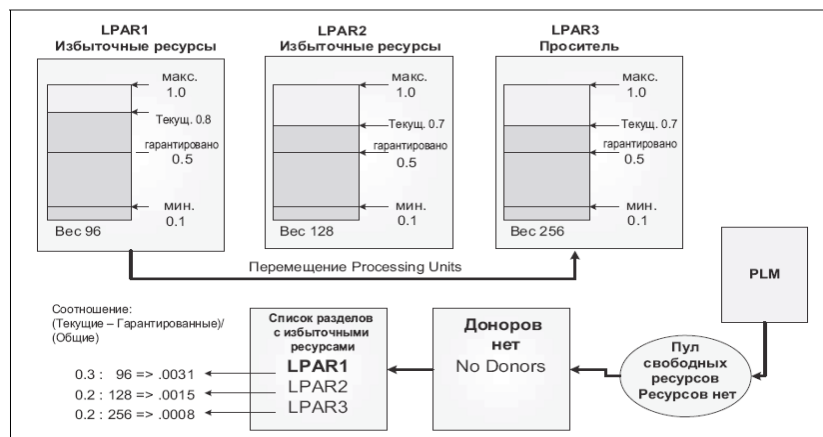


Рисунок 4 – Распределение ресурсов PLM

Для разделов с выделенными процессорами PLM перемещает физические процессоры (по одному) от разделов, которые не используют их или имеют большой вес избыточности, разделам, которые имеют потребность в них. Это позволяет активным разделам с выделенными процессорами лучше использовать свои ресурсы, например, выравнивая переход от транзакций конца дня к ночным пакетным работам.

Для разделов в общем процессорном пуле PLM управляет выделенной мощностью и количеством виртуальных процессоров (VP).

Когда раздел запросит больше процессорной мощности, PLM увеличит выделенную мощность для запрашивающего раздела при условии, что дополнительная процессорная мощность

доступна. PLM может увеличить количество виртуальных процессоров для увеличения потенциальной возможности раздела потреблять процессорные ресурсы при сильной загрузке для разделов с ограничением (*capped*) и без ограничения (*uncapped*).

PLM может также, напротив, для более эффективного использования физических процессоров уменьшить выделенную мощность и количество виртуальных процессоров при низкой нагрузке. Также возможна реконфигурация разделов и политик НМС по расписанию или как отложенные по времени.

На рисунках 5 и 6 показаны этапы задания параметров файла политики управления ресурсами.

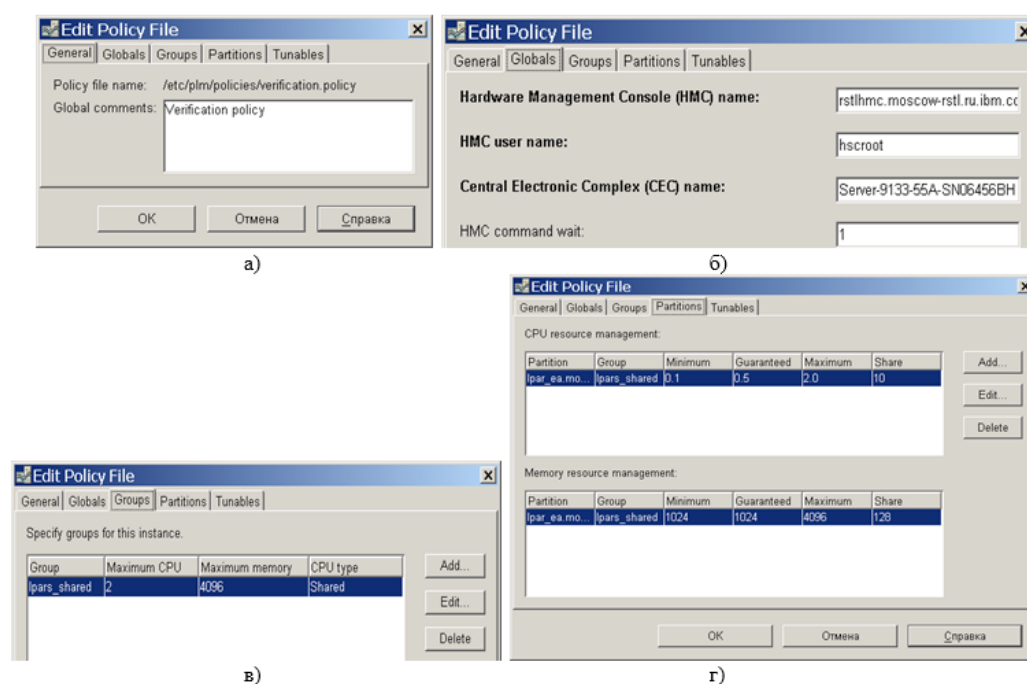


Рисунок 5 – Общие характеристики файла политики (а), глобальные параметры (б), группы виртуальных серверов (в), виртуальные сервера с управляемыми ресурсами (г)

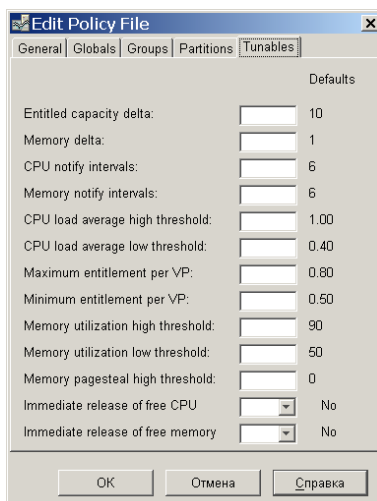


Рисунок 6 – Критерии управления ресурсами

Заданные параметры управления ресурсами являются критериями оптимизации структуры виртуального сервера, причем основная часть необходимой информации для принятия решения собирается в виде статистики в ходе работы системы.

Аналогичным образом, в моделях таких ВС задаются триггеры адаптивности со специфичными для модели критериями, например, можно задать следующие условия срабатывания триггеров адаптивности:

1) коэффициент загрузки в заданных пределах или больше/меньше определенного значения, что позволяет управлять эффективностью загрузки ресурсов;

2) среднее время пребывания заявки в СМО – аналогично среднему времени пребывания заявки в том или ином компоненте реальной ВС. Следует стремиться к тому, чтобы расчетное время не превышало двукратного значения заданного времени обслуживания, в противном случае заявка окажется слишком трудоемкой для полной обработки за один проход, из-за чего образуются очереди;

3) среднее время ожидания в очереди – аналогично среднему времени ожидания заявки в каком-либо буфере, например, оперативная память (ОП) по отношению к ЦП или буфер ввода/вывода по отношению к устройству ввода-вывода. Поскольку объем буферов в реальной ВС ограничен, то следует стремиться к тому, чтобы значение этого параметра не превышало N -ого числа раз от заданного времени обслуживания;

4) средняя длина очереди в модели соответствует наполняемости буфера в том или ином устройстве ВС, как и в предыдущем пункте объем реальных буферов ограничен;

5) среднее время цикла – промежуток времени между двумя выходами обработанных заявок, важная характеристика, отражающая суммарную пропускную способность всей системы в целом.

Существуют и некоторые другие критерии, но все-таки основными показателями, по которым осуществляется принятие решений в части увеличения/уменьшения выделяемых ресурсов, служат уровни загрузки ЦП и уровня использования ОП, что в моделях отражается коэффициентом загрузки.

В заключение следует отметить тот факт, что рассматриваемые адаптивные модели отличаются применением в процессе решения информации как от самой модели, так и от ученого-исследователя в виде своеобразных схем принятия решения, которые устанавливает сам исследователь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Church Alonzo (1936). «An Unsolvable Problem of Elementary Number Theory». American Journal of Mathematics. – No. 58 (58). – PP. 345–363.
2. Church Alonzo (1936). «A Note on the

Entscheidungsproblem». Journal of Symbolic Logic (1). PP. 40–41.

3. Turing A. M. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem // Proceedings of the London Mathematical Society – London Mathematical Society, 1937. vol. 42. PP. 230–265.

4. Turing A. M. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. A Correction // Proceedings of the London Mathematical Society – London Mathematical Society, 1938. vol. s2-43, iss. 6. PP. 544–546.

5. Popek, G. J. Goldberg, R. P. Formal requirements for virtualizable third generation architectures / G. J. Popek, R. P. Goldberg // Communications of the ACM. – July 1974. – No.17 (7). – P. 412 – 421.

6. Annika Blank, Paul Kiefer, Carlos Sallave Jr., Gerardo Valencia, Jez Wain, Armin M. Warda, Advanced POWER Virtualization on IBM System p5, 2005. – 488 p.

7. Vagmo M., Wustefeld P. Advanced POWER Virtualization on IBM System p5: Introduction and Configuration, 2007. – 488 p.

8. Tulloch M. Understanding Microsoft Virtualization Solutions, Microsoft Press, 2010. – 464 p. (Second Edition)

9. Poon Wing-Chi, Mok A.K. Improving the Latency of VMExit Forwarding in Recursive Virtualization for the x86 Architecture // System Science (HICSS), 2012 45th Hawaii International Conference on. – 2012. – pp. 5604–5612.

10. VIRTUALIZATION FOR PROCESS AUTOMATION SYSTEMS. Rockwell Automation Publication: PROCES-WP007A-EN-P January 2013: [Электронный ресурс]. 2013. URL: <http://www.ab.com/onecontact/process/whitepaper/get/PROCES-WP007A-EN-P.pdf> (Дата обращения: 31.08.2018).

11. Мартышкин А.И. Основные направления и пути развития современных встраиваемых операционных систем // Современные информационные технологии. – 2018. – № 27(27). – С. 63–69.

12. Шварц М. Сети связи: протоколы, моделирование и анализ: В 2-х ч. М: Наука, 1992. – 336 с.

13. Валова О.О., Мартышкин А.И. Разработка, исследование и применение моделей вычислительных систем с виртуализацией // Современные информационные технологии. – 2014. – № 20. – С. 50–57.

14. Валова О.О., Мартышкин А.И. Исследование математических моделей вычислительных систем с виртуализацией // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: сборник статей XIII Всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией И.И. Сальникова. – 2015. – С. 105–111.

15. Валова О.О., Мартышкин А.И. Разработка и применение математических моделей вычислительных систем с виртуализацией // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – №

3-2. – С. 268–271.

16. Ложковский А.Г. Теория массового обслуживания в телекоммуникациях: учебник. Одесса: ОНАС им. А. С. Попова, 2012. – 112 с.

17. Формула Стирлинга [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%83%D0%BB%D0%B0_%D0%A1%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B0 (дата обращения: 31.08.2018).

18. Логические разделы – POWER5 [Электронный ресурс] // НОУ ИНТУИТ | Лекция | Технологии виртуализации (POWER). URL: <https://www.intuit.ru/studies/courses/996/224/lecture/5797?page=3> (дата обращения: 31.08.2018).

19. Partition Load Manager (PLM) [Электронный ресурс] // Partition Load Manager - Mt Xia: Partition Load Manager (PLM). URL: <http://dfrench.hypermart.net/css/Downloads/Documentation/mtxia/plm/> (дата обращения: 31.08.2018).

20. Preparation for implementation of PLM [Электронный ресурс] // PLM Configuration – Mt Xia: Partition Load Manager (PLM). URL: <http://dfrench.hypermart.net/css/Downloads/Documentation/mtxia/plm/plmconf.shtml> (дата обращения: 31.08.2018).

Статья поступила в редакцию 08.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 004.942

**К ВОПРОСУ ИСЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ КОМПЬЮТЕРОВ
В ПРОЦЕССЕ ПОДКЛЮЧЕНИЯ К КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ
ЧАСТНОГО ОБЛАКА ПЕНЗГТУ**

© 2018

Папко Антонина Алексеевна, доктор технических наук, профессор, главный конструктор направления
Акционерное общество «Научно-исследовательский институт физических измерений»
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Володарского, 8/10, e-mail: inercial@niifi.ru)

Курносков Владимир Ефимович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры
«Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru)

Михайлов Петр Григорьевич, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник
отдела научных исследований
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: pit_mix@mail.ru)

Слесарев Юрий Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры
«Автоматизация и управления»,
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: slesarevun@gmail.com)

Воронцов Александр Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com)

Аннотация. Данная статья посвящена исследованиям, направленным на определение изменения быстродействия компьютеров в процессе подключения к удаленным рабочим столам виртуальных машин частного облака ПензГТУ. Исследования, производимые в работе, позволяют сделать вывод, как о целесообразности использования частных облаков в образовательных организациях, так и о их возможных перспективах. На примере двух исследований показано, что при работе с удаленными рабочими столами виртуальных машин происходит снижение загрузки процессоров и небольшое увеличение загрузки оперативной памяти. Необходимо отметить, что количественные показатели изменения загрузки процессоров и оперативной памяти могут изменяться в зависимости от технических характеристик устройств, скорости передачи данных. Использование облачных технологий в образовательном процессе позволяет работать дистанционно, в том числе с программным обеспечением, включая операционные системы, в том числе производить их установку и настройку. Также за счет использования ресурсов сервера появляется возможность работы с программным обеспечением, работа которого по системным требованиям была невозможна на устройстве пользователя. Полученные результаты могут быть использованы в образовательных процессах других ВУЗов, как для дистанционной работы обучающихся и преподавателей, так и в стенах ВУЗа.

Ключевые слова: облако, частное облако, ПензГТУ, исследование, загрузка, изменение загрузки, оперативная память, процессор, удаленный рабочий стол, виртуальная машина, подключение, удаленное подключение, облачные технологии, исследование быстродействия, изменение быстродействия.

**TO THE QUESTION OF THE RESEARCH OF THE CHANGES OF THE QUICKNESS
OF COMPUTERS IN THE PROCESS OF CONNECTION TO THE COMPUTER NETWORK
OF THE PRIVATE CLOUD PSTU**

© 2018

Papko Antonina Alekseevna, doctor of technical Sciences, professor, Chief Designer, Joint-Stock Company
Scientific Research Institute of Physical Measurements
(440026, Russia, Penza, Volodarsky St., 8/10, e-mail: inercial@niifi.ru)

Kurnosov Vladimir Efimovich, doctor of technical Sciences, professor of sub-departmen
«Computers and systems»
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru)

Mikhaylov Petr Grigorievich, doctor of technical Sciences, professor, leading researcher
of research department
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: pit_mix@mail.ru)

Slesarev Yuriy Nikolaevich, doctor of technical Sciences, professo
of Automation and Managements department
Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: slesarevun@gmail.com)

Vorontsov Aleksandr Anatolievich, candidate of technical Sciences, associate Professor
of sub-department «Computers and systems»
Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com)

Abstract. This article is devoted to the researches directed to definition of change of speed of computers in the course of connection to remote desktops of virtual machines of a private cloud of PSTU. The researches made in work allow to draw a conclusion, as on expediency of use of private clouds in the educational organizations, and on their possible prospects. On the example of two researches it is shown that during the work with remote desktops of virtual machines there is a decrease in load of processors and small increase in load of random access memory. It should be noted that quantitative indices of change of load of processors and random access memory can change depending on technical characteristics of devices, data transmission speed. Use of a cloud computing in educational process allows to work remotely, including with the software, including operating systems, including to make their installation and control. Also due to use of resources of the server there is a possibility of work with program providing which work on system requirements was impossible on the user's device. The received results can be used in educational processes of other higher education institutions, as for remote work of students and teachers, and in higher education institution.

Keywords: cloud, private cloud, PSTU, research, loading, change of load, random access memory, processor, remote desktop, virtual machine, connection, remote connection, cloud computing, speed research, change of speed.

Введение. Образовательный процесс во все времена был и остается неотъемлемо связанным с информационными технологиями (ИТ). Одним из требований, предъявляемых к современным ВУЗам является реализация в них электронной информационно-образовательной среды.

Перспективным направлением в сфере высшего образования также являются облачные технологии

[1-20], под которыми понимается использование обучающимися и сотрудниками вычислительных ресурсов локальной сети ВУЗа. На данный момент частные облака эффективно реализуют многие ВУЗы, в том числе и ПензГТУ. Подключение виртуальной машине частного облака ПензГТУ для последующего развертывания необходимой ОС, а также ее установка приведена на рисунках 1 и 2.

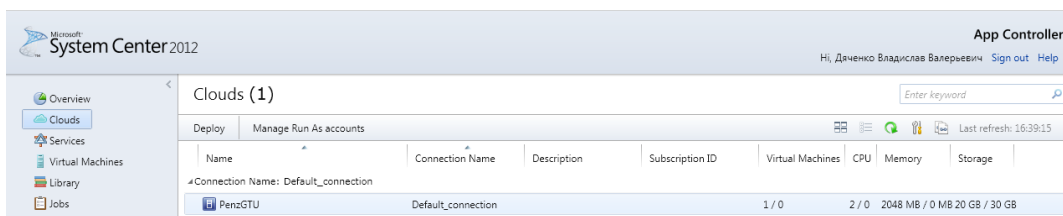
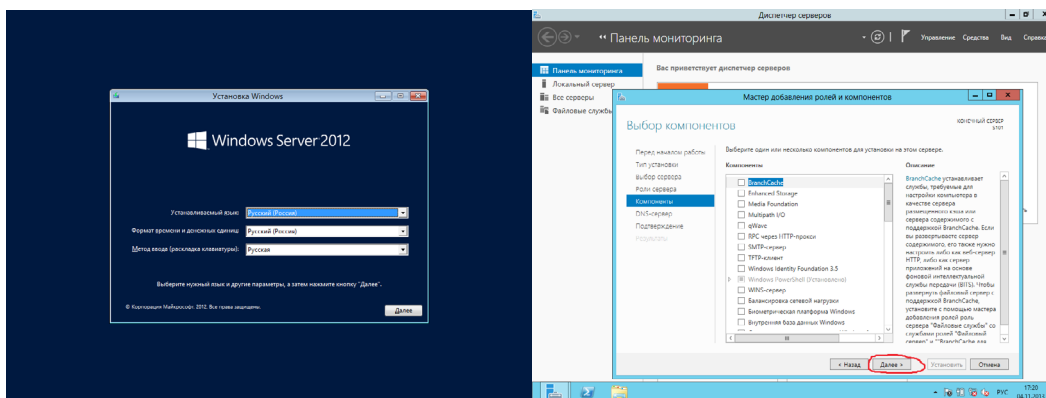


Рисунок 1 – Подключение к виртуальной машине частного облака ПензГТУ для последующего развертывания необходимой ОС



а)

б)

Рисунок 2 – Подключение к виртуальной машине частного облака ПензГТУ: а) установка; б) установка компонентов операционной системы Windows Server 2012R2

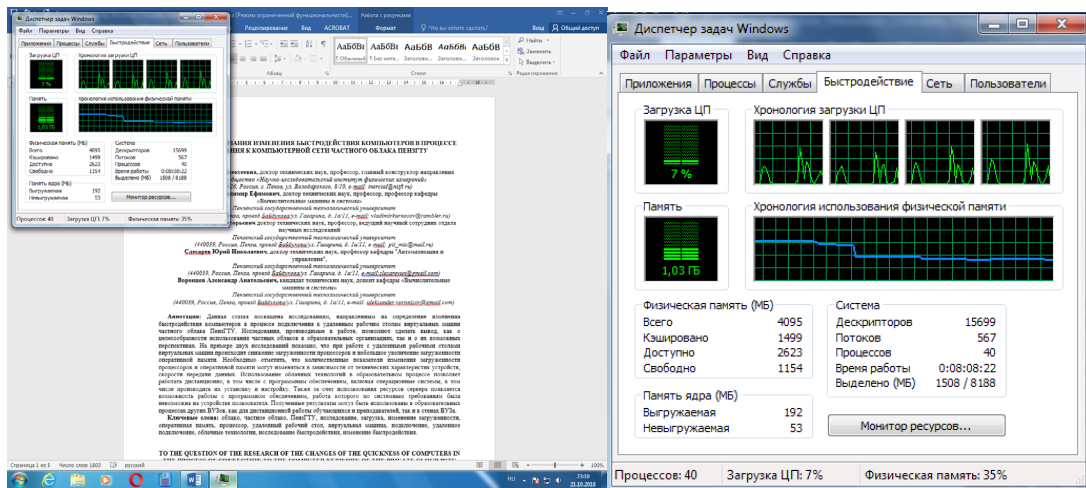
При подключении к частному облаку необходимо устройство с выходом в Интернет и электронный сертификат. Также необходимо учитывать характеристики устройства пользователя, скорость соединения, характеристики оборудования локальной сети, реализующей частное облако. Одним из вопросов, которому и посвящена статья является исследование изменения загрузки оперативной памяти и процессоров в процессе подключения.

Вычислительный эксперимент. Для вычислительного эксперимента использовались следующие условия:

1. Скорость Интернет соединения позволяла производить передачу данных без потерь и длительных задержек (эксперименты проводились при скорости Интернет-соединения более 1 Мбайт/сек).
2. Производительность устройства пользователя позволяла осуществить обработку и хранение данных.

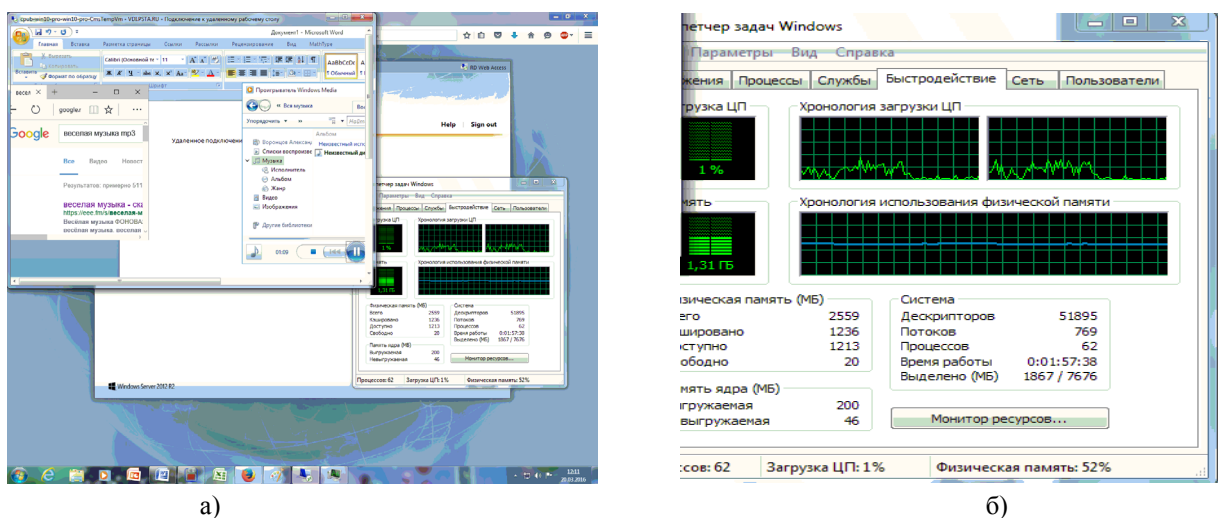
3. Подключение к виртуальным машинам частного облака осуществлялось из-под управления операционной системы Windows 7.

Для эксперимента №1 использовался компьютер с характеристиками, приведенными в таблице 1. В процессе проведения эксперимента локально и удаленно запускался графический редактор Microsoft Word 2007 и 2016, проигрыватель Windows Media Player и Matlab R2012a. При работе с перечисленным программным обеспечением на виртуальной машине происходило уменьшение загрузки процессора с 5% до 1% и увеличение загрузки оперативной памяти с 1,03Гб до 1,31Гб по сравнению с работой на локальном компьютере. Результаты эксперимента приведены на рисунках 3 и 4. Снижение загрузки процессора и увеличение загрузки оперативной памяти как это уже упоминалось является свидетельством вычислительных операций на сервере, а не на компьютере пользователя.



а) б)

Рисунок 3 – Результаты эксперимента №1 по удаленному подключению к виртуальной машине частного облака ПензГТУ (до подключения): а) изображение рабочего стола компьютера; б) диспетчера задач



а) б)

Рисунок 4 – Результаты эксперимента №1 по удаленному подключению к виртуальной машине частного облака ПензГТУ (в процессе подключения): а) удаленный рабочий стол виртуальной машины; б) диспетчера задач

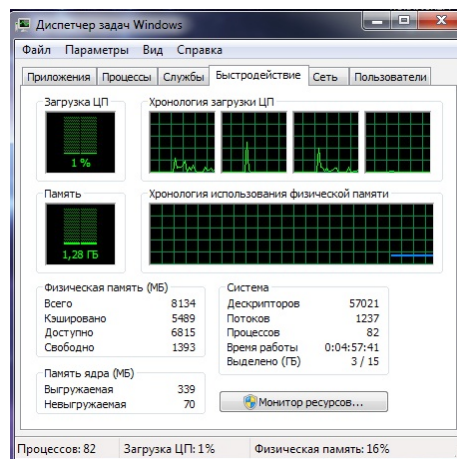
Таблица 1 – Характеристики компьютеров, используемых в вычислительных экспериментах

Характеристики ПК	ЦП	Кол-во ядер	Частота работы каждого ядра, ГГц	Емкость оперативной памяти, Гб	Емкость жесткого диска, ТБ	Объем памяти видеокарты, Мб
Эксперимент №1	Intel(R) Xeon(R) E5430	2	2,7	4	0,16	256*
Эксперимент №2	AMD A10 7800	4	3,9	8	8	4096

* - интегрированная

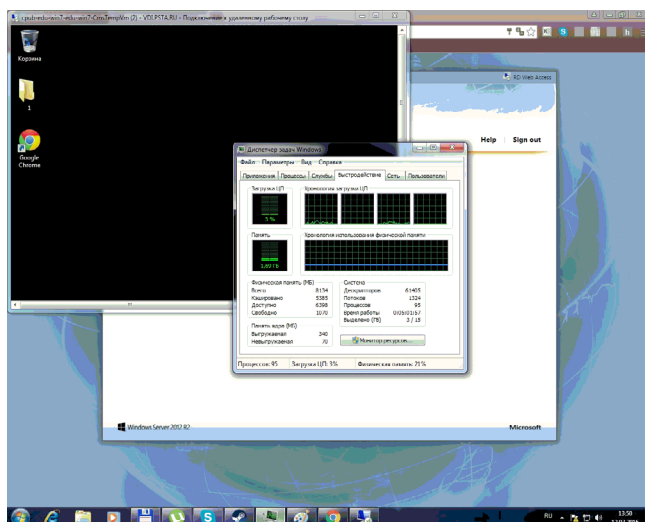


а)

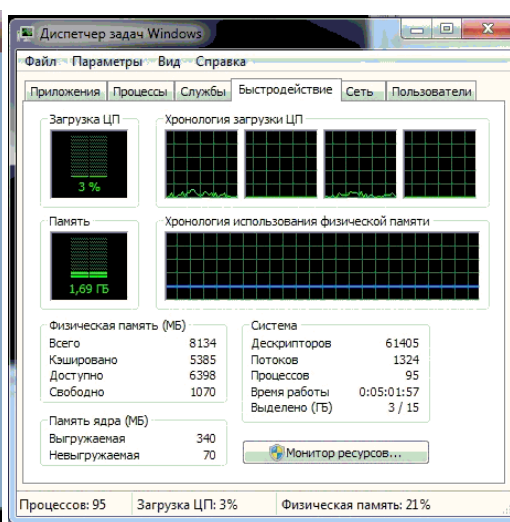


б)

Рисунок 5 – Результаты эксперимента №2 по удаленному подключению к виртуальной машине частного облака ПензГТУ (до подключения): а) изображение рабочего стола компьютера; б) диспетчера задач



а)



б)

Рисунок 6 – Результаты эксперимента №2 по удаленному подключению к виртуальной машине частного облака ПензГТУ (в процессе подключения): а) удаленный рабочий стол виртуальной машины; б) диспетчера задач

Для эксперимента №2 использовался персональный компьютер, с характеристиками, приведенными в таблице 1.

Загрузка оперативной памяти до (рисунок 5) и в процессе подключения (рисунок 6) увеличилась с 1,28Гб до 1,69Гб, что составило около 31%. Это обусловлено высокой производительностью компью-

тера. Загрузка процессора как свидетельствуют результаты эксперимента приблизительно составила 2%. Таким образом, результаты экспериментов №1 и №2 качественно совпали. Вычислительные эксперименты также проводились и на компьютерах с производительностью, отличающейся от приведенных в статье. Их результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Загрузка и характеристики компьютеров, используемых для подключения к виртуальным машинам частного облака ПензГТУ

№ устройства	Количество ядер ЦП	частота работы каждого ядра ЦП, ГГц	Емкость оперативной памяти, ГБ	Загрузка ЦП до подключения, %	Загрузка ОП до подключения, %	Загрузка ЦП после подключения, %	Загрузка ОП после подключения, %
1.	1	2,8	0,5	100	137*	37	182*
2.	2	2,0	1	41	50	11	80
3.	2	2,2	2	38	44	10	65
4.	2	2,4	3	34	38	9	61
5.	2	2,6	4	31	36	8	55
6.	2	2,8	6	28	32	7	47
7.	2	3,0	8	25	27	6	41
8.	4	2,2	8	3	53	2	58
9.	4	4,2	8	2	16	2	21

* - при использовании файлов подкачки

Заключение. Необходимо отметить, что для работы с виртуальными машинами частного облака кроме характеристик оперативной памяти и процессоров устройств, необходимо учитывать видеопамять, частоту работы шин адреса и данных, скорость передачи данных по сети Интернет, а также оборудование, входящее в состав локальной сети частного облака. Кроме возможностей, связанных с установкой и знакомством с программным обеспечением и операционными системами, использование облачных технологий в сфере образования имеет и другую практическую направленность, так как позволяет пользователям благодаря обработке данных на сервере работать даже на «слабых» компьютерах с программным обеспечением, с повышенными требованиями к ресурсам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Роль программного обеспечения как услуг в облачных вычислениях [Электронный ресурс] – Сайт IBM [ibm.com](http://www.ibm.com). – Режим доступа: <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/wa-saascloud/> (Дата обращения 02.05.2018).
2. Что такое AppController 2012 [Электронный ресурс] – Сайт ITproosp.ru. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/win2000/2012/11/13033364/> (Дата обращения 02.05.2018).
3. Управление облаком на open-source софте [Электронный ресурс] – Сайт habrahabr.ru. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/company/depocomputers/blog/145826/>. (Дата обращения 02.05.2018).
4. Создание частного облака с помощью SystemCenterVirtualMachineManager 2012 R2 [Электронный ресурс] – Сайт habrahabr.ru. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/company/microsoft/blog/195738/>. – Дата доступа: (Дата обращения 02.05.2018).
5. Про частные «облака» [Электронный ресурс] – Сайт habrahabr.ru. – Режим досту-

па: <http://habrahabr.ru/company/croc/blog/203466/>. – Дата доступа: (Дата обращения 02.05.2018).

6. Как измерить производительность «облака» [Электронный ресурс] – Сайт habrahabr.ru. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/company/croc/blog/189382/>. (Дата обращения 02.05.2018).

7. Инфраструктура просто и легко с «частным облаком» [Электронный ресурс] – Сайт habrahabr.ru. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/company/netapp/blog/123376/>. (Дата обращения 02.05.2018).

8. Сети для облаков [Электронный ресурс] – Сайт «Открытые системы» osp.ru. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/lan/2013/10/13037886/> (Дата обращения 02.05.2018).

9. 13. Вычисления в облаке [Электронный ресурс] – Сайт «Открытые системы» osp.ru. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/2010/01/13000677/> (Дата обращения 02.05.2018).

10. Управление ИТ-сервисами в облаках [Электронный ресурс] – Сайт «Открытые системы» osp.ru. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/2011/09/13011559/> (Дата обращения 02.05.2018).

11. Логические разделы – POWER5 [Электронный ресурс] // НОУ ИНТУИТ | Лекция | Технологии виртуализации (POWER). URL: <https://www.intuit.ru/studies/courses/996/224/lecture/5797?page=3> (дата обращения: 31.08.2018).

12. Partition Load Manager (PLM) [Электронный ресурс] // Partition Load Manager – Mt Xia: Partition Load Manager (PLM). URL: <http://dfrench.hypermart.net/css/Downloads/Documentation/mtxia/plm/> (дата обращения: 31.08.2018).

13. Preparation for implementation of PLM [Электронный ресурс] // PLM Configuration - Mt Xia: Partition Load Manager (PLM). URL: <http://dfrench.hypermart.net/css/Downloads/Documentation/mtxia/plm/plmconf.shtml> (дата обращения: 31.08.2018).

14. Church Alonzo (1936). «An Unsolvability Problem of Elementary Number Theory». American

Journal of Mathematics DOI:10.2307/2371045.

no. 58 (58). pp. 345–363.

15. Church Alonzo (1936). «A Note on the Entscheidungsproblem». Journal of Symbolic Logic (1). pp. 40–41.

16. Turing A. M. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem // Proceedings of the London Mathematical Society – London Mathematical Society, 1937. vol. 42. pp. 230–265. ISSN 0024-6115; 1460-244X – doi:10.1112/PLMS/S2-42.1.230.

17. Turing A. M. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. A Correction // Proceedings of the London Mathematical Society – London Mathematical Society, 1938. vol. s2-43, iss. 6. P. 544–546. – ISSN 0024-6115; 1460-244X – doi:10.1112/PLMS/S2-43.6.544.

18. Popek, G. J.; Goldberg, R. P. (July 1974). “Formal requirements for virtualizable third generation architectures”. Communications of the ACM. no.17 (7). pp. 412–421. doi:10.1145/361011.361073.

19. Annika Blank, Paul Kiefer, Carlos Sallave Jr., Gerardo Valencia, Jez Wain, Armin M. Warda, Advanced POWER Virtualization on IBM System, 2005. p. 5.

20. Vagmo M., Wustefeld P. Advanced POWER Virtualization on IBM System p5: Introduction and Configuration, 2007. 488 p.

Статья поступила в редакцию 29.09.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 519.6

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ В CASE-СРЕДСТВАХ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

© 2018

Бурнашев Рустам Арифович, аспирант, Институт вычислительной математики и информационных технологий

*Казанский (Приволжский) федеральный университет
(420010, Россия, Казань, улица Деревня университета, 9, e-mail: r.burnashev@inbox.ru)*

Аннотация. В статье представлены результаты исследования в области создания CASE средств, для эффективного построения экспертных систем. В рамках создания CASE средств, предусматривается построение интегрированной среды разработки, включающей в себя комбинацию языков программирования SWI-PROLOG, C#, Java, Python, систему управления базами данных (СУБД) PostgreSQL, а также средства телеметрии. С помощью созданной интегрированной среды разработки выполнилось построение экспериментальной версии специализированной экспертной системы. База знаний включает в себя данные на основе заложенных с помощью средств телеметрии знаний и ориентирована на автоматизацию процессов анализа и формирования требований к разрабатываемым программным приложениям и аппаратным средствам. Для непрерывной интеграции и управления задачами автоматизации предметной области был использован веб-сервис Travis CI. Данный сервис отвечает за качественную автоматизацию предметной области и выполняет сборку и тестирование программных продуктов. В результате исследования была создана экспертная система, которая на основе знаний о рабочих станциях, влияет на ход интеграции и внедрения программного продукта, что делает данную разработку универсальной, не только с точки зрения анализа требований к программному продукту, но и для требований к характеристикам рабочих станций.

Ключевые слова: экспертная система, системы управления базами данных, CASE-средства, непрерывная интеграция.

APPLICATION OF EXPERT SYSTEMS TO SOFTWARE DEVELOPMENT CASE TOOLS

© 2018

Burnashev Rustam Arifovich, PhD student, Institute of Computational Mathematics and Information Technologies

*Kazan Federal University
(420010, Kazan, Universiade Village, 9, e-mail: r.burnashev@inbox.ru)*

Abstract. The article presents the results of research in the field of creating CASE tools for the effective development of expert systems. As part of the creation of CASE tools, it is planned to build an integrated development environment that includes a combination of SWI-PROLOG, C #, Java, Python programming languages, PostgreSQL database management system (DBMS) and telemetry tools. Using the created integrated development environment, we intend to build an experimental version of a specialized expert system focused on automation processes of analysis and the formation of requirements for software applications and hardware based of the telemetry tools and taking the specifics of the corresponding subject area into account. The knowledge base includes data based on knowledge acquired through telemetry tools and focused on automating the processes of analysis and the formation of requirements for software applications and hardware being developed. For continuous integration and management of automation of the software application development, the use of special server software product Travis CI is provided. Continuous integration is responsible for high-quality automation and is aimed at discovering changes in the code, version control system, assembly, deployment and testing of a software product. The final result of the project is to create an expert system that, based on knowledge of the characteristics of the workstations, affects the course of integration and implementation of the software product, which makes this development process universal, not only from the point of view of analyzing software requirements, but also for requirements for the characteristics of corresponding workstations.

Keywords: expert system, database management systems, CASE tools, continuous integration.

Введение. Анализ требований к программному продукту является фундаментом будущего программного продукта, который требует много времени и знаний в разработках программных продуктов для последующей интеграции в процессы предметной области.

В рамках создания CASE средств, предусматривается построение интегрированной среды разработки включающую в себя комбинацию языков программирования SWI-PROLOG, Java, Python, систе-

му управления базами данных (СУБД) PostgreSQL, а также средств телеметрии, что делает наше средство универсальным в решение проблем анализа, проектирования, тестирования и ввода готового продукта в эксплуатацию.

С помощью созданной интегрированной среды разработки была разработана экспериментальная экспертная система ориентированная на автоматизацию процессов анализа и формирования требований к разрабатываемым программным приложени-

ям и аппаратным средствам на основе заложенных средств телеметрии и учета специфики соответствующей предметной области.

CASE средства и анализ требований к программному обеспечению

Интеллектуальные информационные системы и технологии являются одной из наиболее перспективных и бурно развивающихся научных областей информатики. Они оказывает влияние на все научные и технологические направления, связанные с использованием компьютеров и уже сегодня дают обществу то, что оно ждет от науки – практически значимые результаты, многие из которых способствуют кардинальным изменениям в сферах их применения [1, 2].

Жизненный цикл работы с требованиями к программному продукту состоит из 7 основных этапов, отдельные части которых включены в CASE средства (рисунок 1).



Рисунок 1 – Структура взаимодействия между CASE средствами и требованиями к программным продуктам

Выделяют следующие группы три уровня CASE средств:

1. CASE средства верхнего уровня;
2. CASE средства нижнего уровня;
3. Интегрированные CASE средства (I-CASE).

CASE средства верхнего уровня ориентированы на начальные этапы построения программного продукта. Они обеспечивают точное планирование, расстановку основных целей, задач и приоритетов представления необходимой информации. Все CASE средства верхнего уровня содержат графические инструменты построения диаграмм, таких как диаграммы типа «сущность-связь» (ER диаграммы), диаграммы потока данных (DFD), структурные схемы, деревья решений и пр. [16]. Данный уровень определяет следующие этапы работы с требованиями к программному продукту:

- инициация идеи о создании продукта;
- сбор требований к программному продукту;
- анализ требований к программному продукту;
- проектирование программного продукта.

CASE средства нижнего уровня применяются на последних этапах разработки программного продукта, так как зависят от данных, которые предоставляют средства верхнего уровня. Данный уровень включает в себя следующие этапы работы с требованиями к программному продукту:

- разработка продукта;
- тестирование продукта;
- развёртывание продукта на рабочих станциях.

Интегрированные CASE средства (I-CASE).

Эти CASE средства охватывают полный жизненный цикл разработки программного обеспечения. Они предоставляют экспертам предметной области своего рода «мост» между CASE средствами верхнего и нижнего уровня. Анализ требований к программному продукту является трудоёмким и требует много времени. Процесс работы с требованиями к программному продукту состоит из 7 основных этапов:

Телеметрия

В исследовании использовалась телеметрия, позволяющая идентифицировать необходимые характеристики программных и аппаратных частей рабочих станций для последующей структуризации фактов в базе знаний разрабатываемой экспертной системы. Используя полученные характеристики о рабочих станциях в базе знаний, экспертная система позволит обеспечить совместимость компонентов интегрированной среды.

Совместимость – это способность различных объектов, аппаратных или программных компонентов взаимодействовать друг с другом (рисунок 7) в рамках разработанной интегрированной среды.

Выделим следующие основные части, участвующие в обеспечении совместимости:

- Аппаратная часть (рисунок 2);
- Программная часть (рисунок 3).

Аппаратная часть (рисунок 2) – техническая часть в системе обеспечивает совместную работу одного устройства другими устройствами в сети.

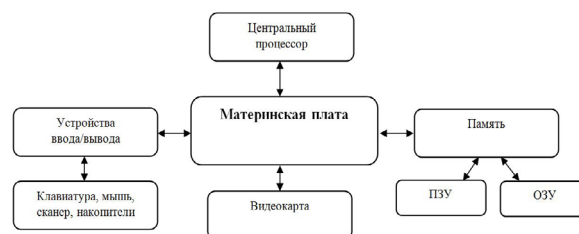


Рисунок 2 – Аппаратная часть

Программная часть (рисунок 3) обеспечивает выполнение программ с получением единого результата в рамках сети

Используя телеметрию, разработчики в режиме реального времени вносят в базу знаний необходимые факты измеряемых характеристик аппаратного и программного обеспечения рабочих станций. В результате формирования базы знаний экспертная система обеспе-

чивает предоставление информации рекомендательного характера, которая в последующем будет использована в написании и тестировании технического задания для обеспечения успешного внедрения программного продукта.

Структура работы интегрированной среды разработки (рисунок 4) предполагает использование клиент-серверной составляющей, отвечающей за отправку, сбор и последующую обработку данных в базе знаний.

Разработчикам в целях реализации поставленных задач предлагается обширный набор выбора необходимых характеристик по рабочим станциям в сети:

- 1) Операционная система (данные о версии, ряд, последнее обновление)
- 2) ОЗУ (информация о памяти)
- 3) ПЗУ (информация о памяти)
- 4) GPU (частота, память)
- 5) CPU (частота ядра, кэш)
- 6) IP адрес и имя компьютера в сети и др.

Интеллектуальный анализ данных – это процесс обнаружения в данных ранее неизвестных, нетривиальных, практически полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности.

Для определения необходимых характеристик рабочих станций был использован язык программирования Python 3.7, а также необходимые модули обеспечивающие достижение поставленной цели:

```
//импорт библиотек
* import os
* import time
* import platform
* import socket
* import ctypes
* import psutil
* import wmi
// модуль pandas и объект DataFrame для анализа
характеристик
ra = pd.DataFrame ({
'PC name': [socket.getname()],
'IP ' : [socket(hostname)],
'OS' : [platform.system()],
'OS version' : [platform.release()],
'CPU capacity': [sys.platform],
'CPU' : [proc.Name],
'RAM' : [system_ram],
'Date:': [time.ctime()],
}, index = ['Work station'])
```

В интеллектуальном анализе данных существуют следующие стадии:

- 1) Выявление закономерностей (свободный поиск);
- 2) Прогностическое моделирование;
- 3) Анализ исключений.

На стадии выявления закономерностей осуществляется исследование набора данных с целью поиска скрытых закономерностей. Свободный поиск представлен такими действиями:

- выявление закономерностей условной логики
- выявление закономерностей ассоциативной логики
- выявление колебаний.

В ходе решения задачи поиска ассоциативных правил отыскиваются закономерности между связанными событиями в наборе знаний о предметной области (рисунок 7). Поиск закономерностей по рабочим станциям (рисунок 4) осуществляется не на основе свойств анализируемого объекта, а между несколькими событиями, которые происходят одновременно.

CASE-средства

CASE-средства (Computer Aided Software Engineering) – это инструмент, который позволяет автоматизировать процесс разработки информационной системы и программного обеспечения [14].

В настоящее время можно выделить следующие основные направления развития CASE-средства:

- объектно-ориентированные и объектно-реляционные базы данных, инструменты визуальной и компонентной разработки, интерфейсы;
- СУБД с WEB-средствами;
- средства разработки в архитектуре «Клиент-сервер»;
- средства анализа и проектирования баз данных.

CASE-средство состоит прежде всего из [15]:

- методологии на основе единого графического языка, а также правил и методов работы с ним;
- графических редакторов, используемых при построении диаграмм;
- генератора для генерации исходного кода для различных платформ;
- репозитория (базы данных) для хранения результатов работы разработчиков.

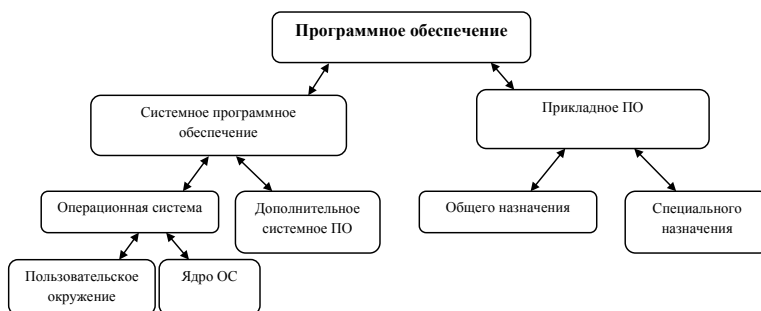


Рисунок 3 – Программная часть

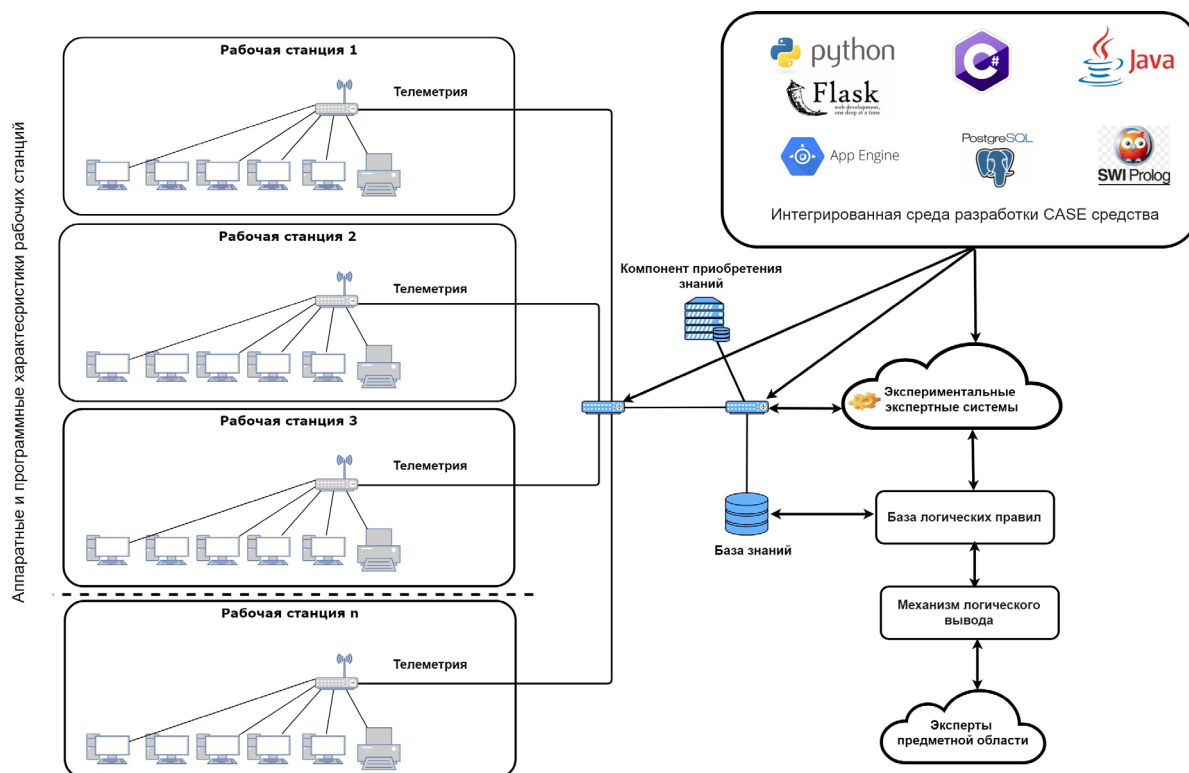


Рисунок 4 – Структура работы интегрированной среды разработки

Экспертная система

Одним из главных назначений ЭС является решение достаточно трудоёмких для экспертов задач на основе накапливаемой базы знаний, отражающей профессиональный опыт и квалификацию эксперта предметной области [7, 9, 10].

Схема взаимодействия между «Разработчиками» и «Заказчиком» (рисунок 6) основывается на комбинации языков программирования SWI-PROLOG, C#, Python и системы управления базами данных (СУБД) PostgreSQL. Использование телеметрии в разработках ЭС является актуальной задачей в CASE средствах в процессах разработки и выбора программного продукта (ПП) [12]. На основе данных в базе знаний, экспертная система формирует требования и рекомендации к системным и аппаратным характеристикам для качественной интеграции программного продукта в рабочие процессы различных предметных областей, которые позволят удовлетворить основные потребности и ожидания заказчиков программных продуктов.

Система измерений характеристик рабочих станций является совокупностью измеряемых характеристик, единиц измерения, измерительных шкал и связей, установленных между элементами.

Модуль pandas предоставляет возможности для простого объединения характеристик нескольких рабочих станций с применением объектов Series, DataFrame и Panel с различными типами логики набора данных и реляционной алгебры.

Функция concat () выполняет операции конкатенации (рисунок 5) вдоль оси при установке набора

логики (объединения или пересечения) индексов на других осях. Ниже представлен код программы в Python по структуризации характеристик рабочих станций, для последующего анализа данных:

//Пример первой рабочей станции:

```
>> ra = pd.DataFrame ({
ra = pd.DataFrame ({
'PC name': [socket.getname()],
'IP ' : [socket(hostname)],
'OS': [platform.system()],
'OS version' : [platform.release()],
'CPU capacity': [sys.platform],
'CPU' : [proc.Name],
'RAM' : [system_ram],
'Date:': [time.ctime()],
}, index = ['Work station1'])
```

//Пример второй рабочей станции:

```
>> rt= pd.DataFrame ({
ra = pd.DataFrame ({
'PC name': [socket.getname()],
'IP ' : [socket(hostname)],
'OS': [platform.system()],
'OS version' : [platform.release()],
'CPU capacity': [sys.platform],
'CPU' : [proc.Name],
'RAM' : [system_ram],
'Date:': [time.ctime()],
}, index = ['Work station2'])
```

Объединение рабочих станций с применением функции concat():

```
>> result = pd.concat(frames)
```

Результатом измерений характеристик в избранной шкале, было выявление сходств и различий в характеристиках аппаратного и программного обеспечения рабочих станций с применением алгоритма Apriori (рисунок 7), поиска ассоциативных пра-

вил в интеллектуальном анализе данных на Python.
Ассоциация (от лат. association – соединение) это связь психологических представлений, обусловленная предшествующим опытом, благодаря которой одно представление, появившись в сознании, вызывает другое представление, по принципу сходства,

смежности или противоположности. Обучение на ассоциативных правилах (далее Associations rules learning – ARL) представляет довольно часто применимый в реальной жизни метод поиска взаимосвязей (ассоциаций) в наборе данных.

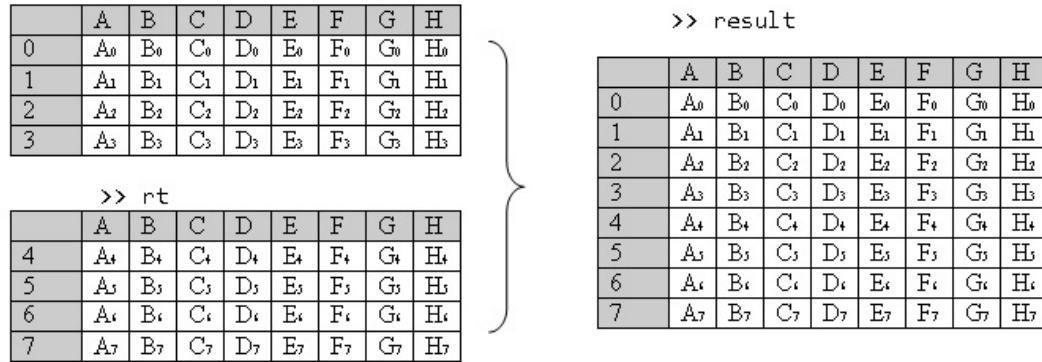


Рисунок 5 – Применение функции concat() для объединения рабочих станций



Рисунок 6 – Соотношение между разработчиками и заказчиками в экспертной системе

Ниже представлен листинг базы знаний soft.pl реализованной в логическом языке программирования SWI Prolog, в котором имеются факты и правила, обеспечивающие выявление фактов совместимости систем управления базами данных с программным продуктом.

Пример реализации языка запросов в SWI-Prolog (совместимость со стандартом SQL):

```
s_compatible('PostgreSQL').
s_compatible('MySQL').
s_compatible('Oracle Database').
# совместимость с программным продуктом
soft_compatible('PostgreSQL').
soft_compatible('MongoDB').
soft_compatible('MySQL').
```

```
soft_compatible('Oracle Database').
soft_compatible('Microsoft SQL Server').
soft_compatible('IBM DB2').
#Правила в базе знаний по определению совместимости программных продуктов
s_compatible(X) :- soft_compatible(X);
```

Непрерывная интеграция (Travis CI)

Для непрерывной интеграции и управления задачами автоматизации было применено специальное серверное программное обеспечение Travis CI. Непрерывная интеграция отвечает за качественную автоматизацию и направлена на поиск изменений в коде, системе контроля версий, сборке, развертывании и тестировании программного продукта.

Составные части системы:

- база знаний, содержащая информацию о

программных продуктах и их системных требованиях и зависимостях;

- клиентское приложение, анализирующее систему пользователя и выполняющее роль мастера непрерывной интеграции.

Контролируя ход сборки или даже «ежедневные» сборки программы, пользователи могут сразу же установить и тестировать, не дожидаясь официальной версии программного продукта, благодаря чему между «заказчиками» и «разработчиками» сильно повышает качество обратной связи.

	items	support
0	(1280, 680)	1.0
1	(2 Gb)	0.2
2	(32)	1.0
3	(4 Gb)	0.8
4	(7)	1.0
5	(Linux)	0.2
6	(Windows)	0.8
7	(2 Gb, 1280, 680)	0.2
8	(32, 1280, 680)	1.0
9	(4 Gb, 1280, 680)	0.8
10	(7, 1280, 680)	1.0
11	(Linux, 1280, 680)	0.2

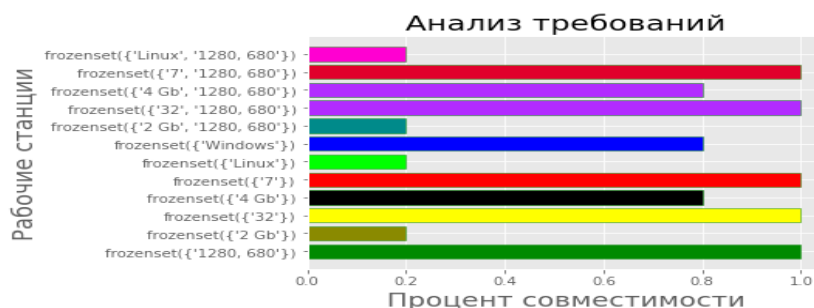


Рисунок 7 – Применение алгоритма Apriori при сборе требований

Заключение. В результате исследования явилась разработка экспертной системы, которая на основе знаний о характеристиках рабочих станций, влияет на ход интеграции и внедрения программного продукта, что обеспечивает универсальность, не только для анализа требований к программному продукту, но и для требований к характеристикам рабочих станций.

Система управления базами знаний (содержащая в себе факты и правила), реализованная на языке SWI Prolog, обеспечивает доступ к знаниям, хранящимся в системе управления базами данных PostgreSQL посредством интерфейса связи ODBC (Open Database Connectivity).

Отличительной чертой экспертной системы является то, что работающий с базой знаний специалист может не только получить нужный ему ответ, но и получить доступ ко всем знаниям из базы знаний, задав необходимые вопросы к экспертной системе. Методы основаны на получении информации о характеристиках программного обеспечения с использованием специализированных программных средств, обеспечивающих автоматизацию.

В ходе исследования были получены следующие основные результаты:

- разработана модель, обеспечивающая взаимосвязь между разработчиками, изготовителями, дистрибьюторами и потребителями (заказчиками);
- сформулированы оптимальные требования по программной совместимости и качеству в интересах физических и юридических лиц;

- спроектирована модель CASE средства на основе знаний экспертов, специализирующихся в области обеспечения совместимости программных систем;

- разработано CASE средство для создания ЭС с применением логического языка программирования Prolog, СУБД PostgreSQL, высокоуровневого языка программирования Python и средств телеметрии с дальнейшим тестированием и внедрением в образовательный процесс, для повышения профессиональных компетенций студентов и вовлечения студентов в научную деятельность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Тоискин В.С. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие. – Ставрополь: Изд-во СГПИ, 2009. – Часть 1. – С. 3.
2. Буров К. Обнаружение знаний в хранилищах данных. // Открытые системы. – 1999. – № 5–6. – С. 67–77.
3. Тельнов Ю.Ф. Интеллектуальные информационные системы / Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права. – М., 2004. – С. 11.
4. П.В. Бураков, В.Ю. Петров Введение в системы баз данных, Санкт-Петербург 2010. – С. 21.
5. Hausi A. Muller, Ronald J. Norman, Jacob Slonim: Computer Aided Software Engineering, Springer US, 1996
6. К. Дейт Введение в системы баз данных. – Москва – Санкт-Петербург, 2005. – С. 25–30.

7. Burnashev R. A., Yalkaev N. S., Enikeev A. I., DATA STRUCTURING AND DATA PROCESSING FOR THE INFORMATION INTELLECTUAL APPLICATIONS // JOURNAL OF FUNDAMENTAL AND APPLIED SCIENCES. – 2017. – Vol.9, Is. – P.1403–1416.
8. Kamalov A.M, Burnashev R.A., Development of the expert system prototype «medexpert» for differential disease diagnostics // Astra Salvensis. – 2017. – Vol.2017, Is. – P.55–64.
9. Бурнашев Р.А., Георгиев В.О., Еникеев А.И., Ларионов Г.В. Исследование и практическая реализация вопросов использования языков высокого уровня для разработки прототипа экспертной системы – SMIT 2017 IX Научная Конференция по математическому моделированию и информационным технологиям. SMIT 2017. – Секция «Математическое моделирование». – С. 14–15.
10. Ялкаев Н.С., Бурнашев Р.А. Практическое применение результатов исследования структуризации и первичной обработки документов MS Word – IX Студенческая конференция по математическому моделированию и информационным технологиям. SMIT 2017. – Секция «Математическое моделирование». – С. 17.
11. Камалов А., Бурнашев Р. Разработка прототипа экспертной системы «Med-expert» дифференциальной диагностики заболеваний – IX Студенческая конференция по математическому моделированию и информационным технологиям. SMIT 2017. – Секция «Математическое моделирование». – С. 12.
12. Р.А. Бурнашев, А. Губайдуллин Решение проблемы совместимости между логическим языком программирования PROLOG и СУБД POSTGRESQL / Новые информационные технологии в научных исследованиях (НИТ 2017): материалы XXII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Рязань 2017. С. 180–182.
13. Горин С.В., Тандоев А.Ю. Применение CASE-средства Erwin 2.0 для информационного моделирования в системах обработки данных. «СУБД», 1995, №3. – С. 1–11.
14. Абрамова, О.Ф. CASE-технологии: изучать или исключить? // Alma mater (Вестник высшей школы). – 2012. – № 9. – С. 109–110.
15. Матрохин, А.Е. Проблемы процесса разработки программных систем [Электронный ресурс] / Матрохин А.Е., Абрамова О.Ф. // Студенческий научный форум 2014 : докл. VI междунар. студ. электрон. науч. конф., 15 февр. – 31 марта 2014 г. Направл.: Технические науки / РАЕ. – М., 2014. – С. 1–6. – Режим доступа : <http://www.scienceforum.ru/2014/pdf/3414.pdf>.
16. Горбань, В.Д. Сравнительный обзор программных средств моделирования информационных систем [Электронный ресурс] / Горбань В.Д., Абрамова О.Ф. // Студенческий научный форум 2014 : докл. VI междунар. студ. электрон. науч. конф., 15 февр. – 31 марта 2014 г. Направл.: Технические науки / РАЕ. – М., 2014. – С. 1–4. – Режим доступа : <http://www.scienceforum.ru/2014/pdf/6574.pdf>.
17. Пожитнева В.В. Кейс-технологии для развития одаренности // Химия в школе. – 2008. – №4. – С. 13–17.
18. Брусакова И.А., Мамаева С.О. Система управления базами измерительных знаний // Управление базами знаний. – 2006. – № 5. – С.93–97.

Статья поступила в редакцию 29.09.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 004.942

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСЕВОЙ КОМПОНЕНТЫ МАГНИТНОГО ПОЛЯ КОЛЬЦЕВОГО МАГНИТА

© 2018

Слесарев Юрий Николаевич, доктор технических наук,
профессор кафедры «Автоматизация и управления»

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: slesarevun@gmail.com)

Воронцов Александр Анатольевич, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com)

Аннотация. В статье дается объяснение эффекту изменения направления магнитного поля магнита кольцевой формы, намагниченного перпендикулярно плоскости магнита. Объектом разработки и исследования данной статьи является поведение составляющей магнитного поля вдоль оси кольцевого магнита. Было впервые получено объяснение изменению знака напряженности магнитного поля кольцевого постоянного магнита при изменении вдоль оси ординат, совмещенной с его центром. Было обнаружено, что с увеличением расстояния вдоль оси ординат на расстоянии над поверхностью оснований постоянного магнита преобладает магнитное поле от магнита с меньшим радиусом, которое постепенно уменьшается за счет влияния магнита с большим радиусом. Для проведения экспериментов была собрана установка, состоящая из прибора для измерения магнитного поля, линейки для измерения расстояний, крепежей и фиксаторов. Также выполнено моделирование магнитных полей кольцевого постоянного магнита. Достоверность полученных теоретических результатов подтверждается экспериментальными исследованиями. Полученные результаты могут быть использованы при конструировании различных магнитных систем и в частности магнитных систем магнитострикционных преобразователей перемещения. Так как кольцевые постоянные магниты используются во многих устройствах и датчиках, то информация, полученная в статье может быть использована и в других отраслях.

Ключевые слова: математическое моделирование, кольцевой магнит, осевая компонента магнитного поля, моделирование, вычислительный эксперимент, математическое моделирование, исследование, напряженность, магнитное поле, напряженность магнитного поля, расчет, численное значение, вычисление напряженности.

STUDY OF THE AXIAL COMPONENT OF THE MAGNETIC FIELD OF RING MAGNET

© 2018

Slesarev Yuriy Nikolaevich, doctor of technical Sciences,
professor of Automation and Managements department,

Penza Sate Technological University

(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: slesarevun@gmail.com)

Vorontsov Aleksandr Anatolievich, candidate of technical Sciences, associate Professor of sub-department
«Computers and systems»

Penza Sate Technological University

(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com)

Annotation. In article the explanation is offered to effect of change of the direction of magnetic field of the magnet of a ring form magnetized perpendicular to the magnet plane. Subject to development and a research of this article is the behavior of a component of magnetic field along an axis of a ring magnet. The explanation for change of the sign of tension of magnetic field of a ring permanent magnet at change along ordinate axis combined with its center was for the first time received. It was revealed that with increase in distance along ordinate axis at distance over a surface of the bases of a permanent magnet magnetic field from a magnet with a smaller radius which gradually decreases due to influence of a magnet with a big radius prevails. For carrying out experiments the installation consisting of the device for measurement of the magnetic field, a ruler for measurement of distances, fixtures and clamps was collected. Modeling of magnetic fields of a ring permanent magnet is also executed. The reliability of the received theoretical results is confirmed by pilot studies. The received results can be used when designing various magnetic systems and in particular the magnetic systems of magnetostriction converters of movement. As ring permanent magnets are used in many devices and sensors, information obtained in article can be used also in other branches.

Keywords: mathematical modeling, ring magnet, axial component of magnetic field, modeling, computing experiment, mathematical modeling, research, tension, magnetic field, tension of magnetic field, calculation, numerical value, tension calculation.

Введение. Остриков М.Ф., изучая магнитное поле ферритового кольца, намагниченного перпендикулярно плоскости магнита, экспериментально обнаружил изменение направления магнитного поля на оси вращения магнитного кольца [1]. Простого объяснения этому явлению не было дано.

Теоретическая часть. Данный эффект по мнению авторов статьи, можно объяснить принципом суперпозиции двух сплошных цилиндрических магнитов различного радиуса.

Известно что для постоянного кольцевого магнита с намагниченностью M в направлении, перпендикулярном плоскости магнита и с внешним и внутренним радиусами соответственно R_{22} и R_{11} (рисунок 1) компонента напряженности магнитного поля, перпендикулярная плоскости магнита (осевая компонента) [2-7]:

$$H_{mz}(r, z) = \frac{1}{4\pi} [H_{z2}(r, z) - H_{z1}(r, z)] \quad (1)$$

где

$$(r, z) = 4 \cdot \int_{R1}^{R2} M \cdot \rho \cdot z \cdot E2(k2) \cdot \frac{1}{[(r-\rho)^2 + z^2] \cdot \sqrt{(r+\rho)^2 + z^2}} d\rho \quad (2)$$

$$H_{z1}(r, z) = 4 \cdot \int_{R1}^{R2} M \cdot \rho \cdot (z-h) \cdot E2(k1) \cdot \frac{1}{[(r-\rho)^2 + (z-h)^2] \cdot \sqrt{(r+\rho)^2 + (z-h)^2}} d\rho \quad (3)$$

$E2(k) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - k^2 \sin^2(\varphi)} \cdot d\varphi$ – полный эллиптический интеграл второго рода [8-12],

$$k1 = \frac{4 \cdot r \cdot \rho}{(r+\rho)^2 + (z-h)^2}, \quad k2 = \frac{4 \cdot r \cdot \rho}{(r+\rho)^2 + z^2},$$

r – расстояние от центра постоянного магнита

до точки наблюдения, $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$,

z – координата в направлении, перпендикулярном плоскости магнита,

ρ – полярный радиус, определяемый расстоянием от центра постоянного магнита до точки, лежащей на его верхней или нижней поверхности, $\rho = \sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2}$ [13-18].

$H_{mz}(r, z)$ – осевая составляющая поля кольцевого магнита с намагниченностью M и радиусами $R11$ и $R22$.

При $R11=0$ магнит из кольцевого становится сплошным [19-20].

Результат моделирования изменения значений напряженностей магнитных полей вдоль оси OZ ($r=0$) приведен на рисунке 2.

Хорошо видно, что на графике имеется точка $z0$, в которой величина магнитного поля меняет направление с положительной величины на отрицательную в точке, находящейся на расстоянии 9.4 мм от

нижнего края кольцевого магнита. Такое поведение напряженности магнитного поля кажется мало понятным. По логике поле кольцевого магнита должно бы монотонно уменьшаться по величине с увеличением расстояния точки наблюдения от плоскости магнита без изменения направления.

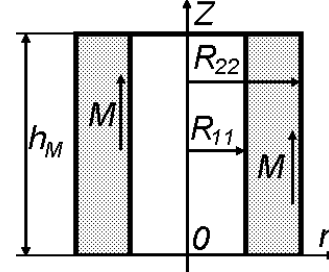


Рисунок 1 – Математическая модель магнитных полей постоянного магнита

Используем принцип суперпозиции для объяснения результата натурального и вычислительного эксперимента. Поле кольцевого магнита (рисунок 1) можно представить как сумму магнитных полей двух сплошных магнитов с радиусами $R22$ и $R11$ намагниченных в противоположные стороны (рисунок 3).

Для расчета магнитных полей сплошных магнитов можно использовать выражение (1), положив равным нулю радиус $R1$ и приравняв $R2$ равным $R22$ и $R11$ учитывая при этом направление намагниченности сплошных магнитов как изображено на рисунке 3.

Результат вычислительного эксперимента приведен на рисунке 4, где сплошная кривая соответствует магнитному полю от магнита радиусом $R22=12.85$ мм. Кривая, отображаемая точками, соответствует магнитному полю от сплошного магнита радиуса $R11=7.35$ мм. Кривая, отображаемая пунктирной линией – результат сложения двух полей. Поле сплошного магнита радиуса $R22$ в функции величины z в пределах $0 < z < h_M$ превышает поле сплошного магнита радиуса $R11$, сумма этих полей при этом имеет положительное значение. Пунктирная линия на этом рисунке соответствует кривой на рисунке 2. Смена знака магнитного поля у сплошных магнитов радиусами $R22$ и $R11$ происходит в точках соответствующих $z=0$ и $z=h_M$.

Более подобно расположение точки перемены знака величины магнитного поля от расстояния вдоль оси магнита приведена на рисунке 5.

Из рисунка 4 хорошо видно, что с увеличением расстояния вдоль оси OZ при $z > h_M$ преобладает магнитное поле от магнита с меньшим радиусом $R11$, которое постепенно уменьшается за счет влияния магнита с большим радиусом $R22$. В точке смены знака (пунктирная кривая) поля равны и направлены в противоположные стороны. При удалении от точки смены знака также преобладает поле от сплошного магнита с радиусом $R22$.

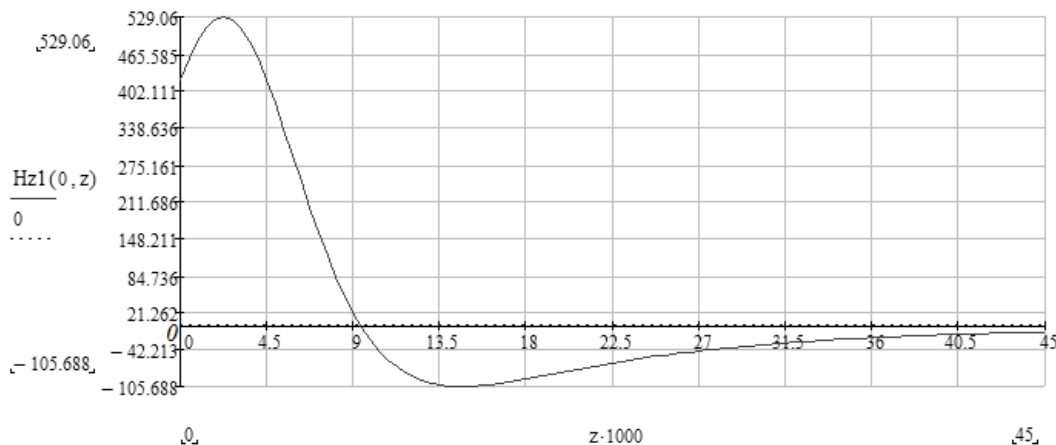


Рисунок 2 – Результат вычислительного эксперимента по определению магнитных полей магнита при $R11=7.35$ мм, $R22=12.85$ мм, $h_M=4.5$ мм, $B=0.22$ Тл

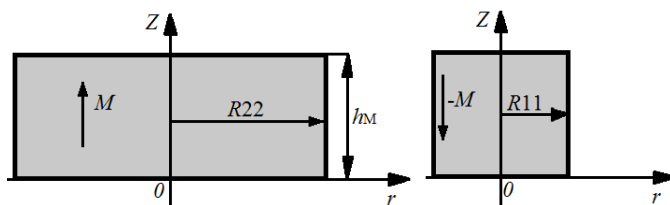


Рисунок 3 – Представление кольцевого магнита суперпозицией сплошных магнитов

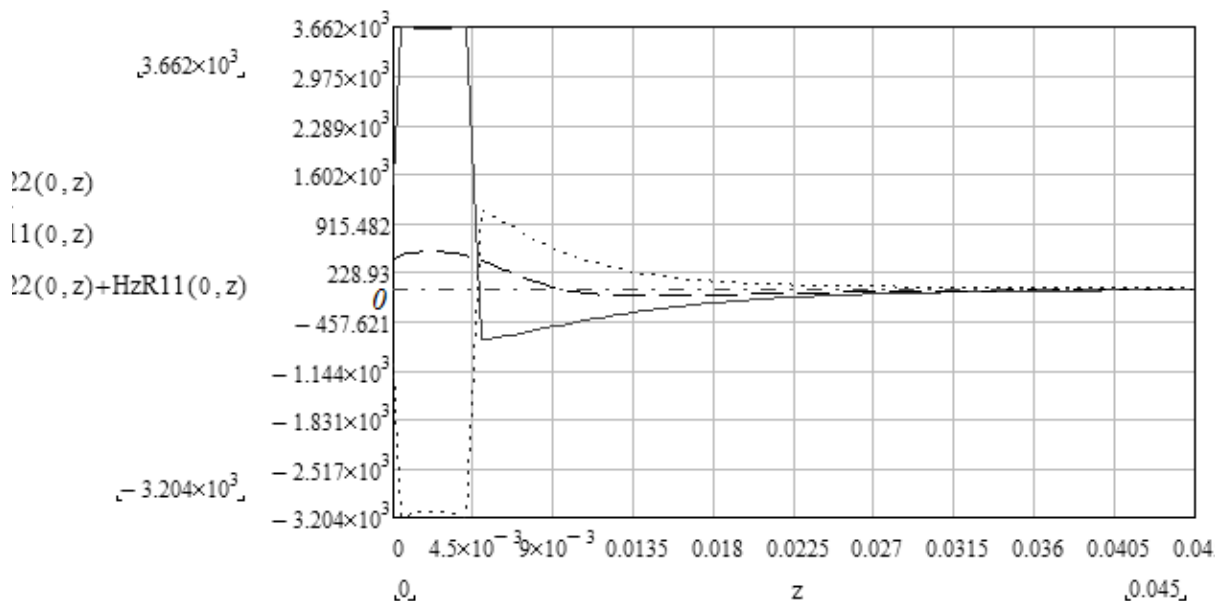


Рисунок 4 – Результаты моделирования представления кольцевого магнита суперпозицией сплошных магнитов. $R11=7.35$ мм, $R22=12.85$ мм, $h_M=4.5$ мм

Натурный эксперимент проводился на установке, сконструированной на базе стойки для крепления дрели и изображенной на рисунке 6.

На рисунке 7 приведены результаты сравнения экспериментального измерения величины напряженности магнитного поля и расчетного значения. Эксперимент подтверждает наличие точки смены направления магнитного поля. Её величина, при рассматриваемых геометрических размерах магни-

та, соответствует приблизительно 9.4 мм. Не совпадение экспериментальной точки отмеченной крестиком в левой части рисунка 6, с расчетной кривой обусловлено невозможностью измерения величины магнитного поля в центре магнита и плоскости верхней кромки из-за конечной толщины измерительного датчика, поэтому это значение меньше расчетного.

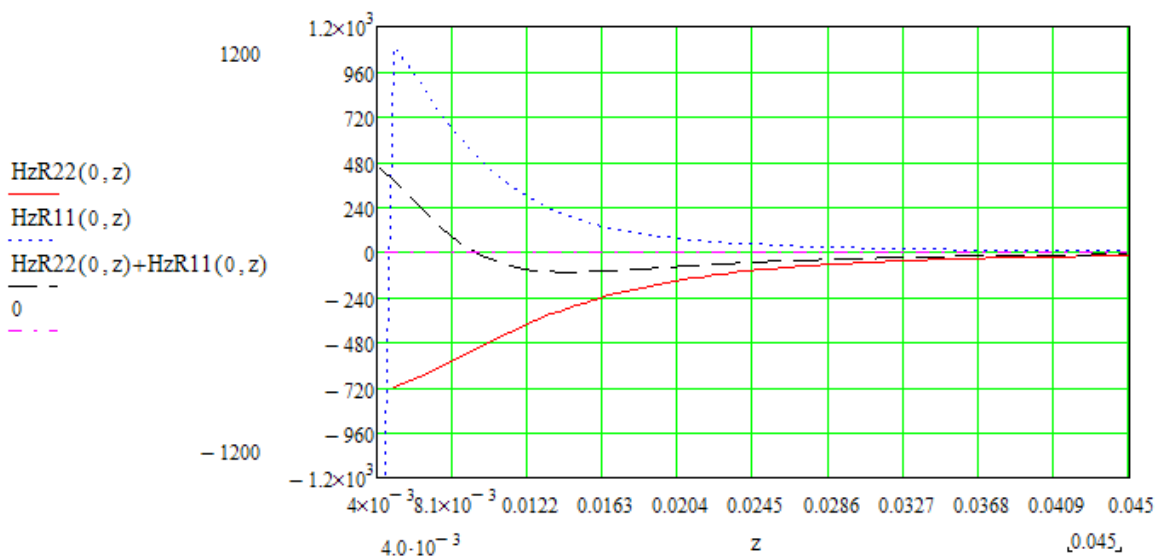


Рисунок 5 – Результаты моделирования представления величины магнитного поля кольцевого магнита суперпозицией сплошных магнитов: $R11=7.35\text{мм}$, $R22= 12.85\text{мм}$, $h_M=4.5\text{мм}$

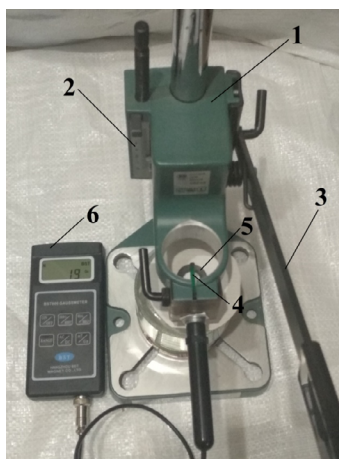


Рисунок 6 – Экспериментальная установка для проверки расчетных значений:

1 – перемещающая рычагом 3 подвижная головка с закрепленным датчиком напряженности магнитного поля 4. Величина напряженности магнитного поля регистрировалась гауссметром BST600 6. Положение датчика магнитного поля относительно кольцевого магнита 5 измерялось линейкой 2, закрепленной на подвижной головке

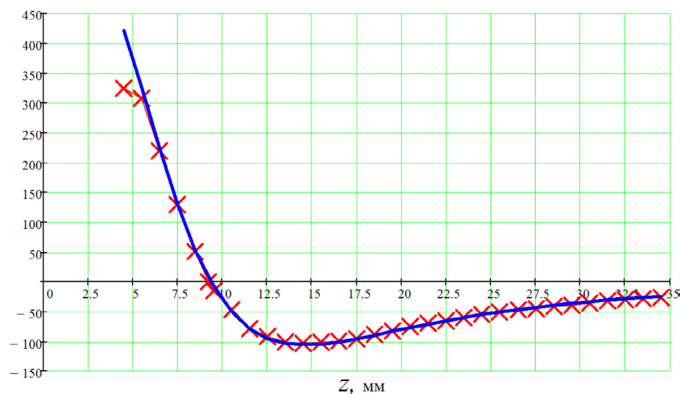


Рисунок 7 – Результаты сравнения расчетной величины (сплошная линия) и полученных экспериментально (кривая отмеченная крестиками) значений напряженности магнитного поля в Э от нижней кромки магнита в мм

Выводы. Натурные эксперименты качественно и количественно согласуются с предложенной моделью и результатами моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Воронцов А.А. Математическое моделирование магнитных полей двухкоординатных магнито-стрикционных наклонеров, содержащих кольцевой или сплошной постоянный магнит / Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, Э.В. Карпунин // Известия Пензенского государственного педагогического университета. Физико-математические и технические науки. – 2012. – № 30. С. 467–472.
2. Расчет электрических цепей и электромагнитных полей на ЭВМ/ М.Г. Александрова, А.Н. Белянин, В Брюкнер и др.: Под ред. Л.В. Данилова и Е.С. Филиппова. – М.: Радио и связь, 1983. – 344 с.
3. Brown W.F. Magnetostatic principles in ferro-magnetism. – N.Y.: North Holland Publishing Company, 1962. – 202 p.
4. Huth B.G. Calculations of stable domain radii produced by termomagnetic writing // IBM J. Res. Develop. – 1974. – Vol.18, №2. – P. 100–109.
5. Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем./ Под ред. Е.М. Лейкина. – М.: Мир, 1983. – 520с.
6. Воронцов А.А. Исследование и моделирование блока обработки сигнала магнито-стрикционных преобразователей линейных перемещений на ультразвуковых волнах кручения / Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, С.В. Родионов// Современные информационные технологии. Пенза: ПензГТУ, 2015. № 21. С. 195–198.
7. Vorontsov A.A. The mathematical modeling and calculation of magnetic fields two-co-ordinate magnetostriuctive tiltmeters taking into account skin-effect [Текст] / Yu.N. Slesarev, A.A. Vorontsov, S.V. Rodionov// Наука и технологии. SCIEURO, London, 2015. № 1. С. 8–18.
8. Воронцов А.А. Моделирование магнитной системы конструкций двухкоординатных магнито-стрикционных наклонеров с расположением магниточувствительных элементов под углом 90 градусов / Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, С.В. Родионов, А.М. Зелик // В сб.: Новое слово в науке: перспективы развития Сборник материалов международной научно–практической конференции. Чебоксары, 2014. С. 238–240.
9. Прецизионные сплавы. Справочник / Под ред. Молотилова Б.В. – М.: Металлургия, 1983. – 439 с.
10. Голямина И.П. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1979. – 400 с.
11. Джордж Д. Самосогласованный расчет перехода намагниченности в диске с тонким рабочим слоем / Д. Джордж, С. Кинг, А. Карр // Проблемы магнитной записи: Пер. с англ. / Под ред. В.Г. Королькова. – М.: Энергия, 1975. – С. 42–51.
12. Ивасаки С. Динамическая модель процесса магнитной записи/ С. Ивасаки, Т. Судзуки // Проблемы магнитной записи: Пер. с англ. /Под ред. В.Г. Королькова.– М.: Энергия, 1975. – С. 25–34.
13. Купалян С.Д. Теоретические основы электротехники. Ч.3. Электромагнитное поле. Издание 3-е, исправленное и дополненное. – М.: Энергия, 1970. – 248 с.
14. Немцов М.В. Справочник по расчету параметров катушек индуктивности / М.В. Немцов, Ю.М. Шамаев. – М.: Энергоиздат, 1981. – 136 с.
15. Слесарев Ю.Н. Реверсивные методы записи для оптических дисковых накопителей: Дис.... д-ра техн. наук. – Пенза, 2004. – 342 с.
16. Воронцов А.А. Математическое моделирование магнитных полей в двухкоординатных магнито-стрикционных наклонерах: Дис.... канд. техн. наук. – Пенза, 2013. – 160 с.
17. Turing A. M. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. A Correction // Proceedings of the London Mathematical Society – London Mathematical Society, 1938. vol. s2-43, iss. 6. P. 544–546. – ISSN 0024-6115; 1460-244X – doi:10.1112/PLMS/S2-43.6.544.
18. Turing A. M. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem // Proceedings of the London Mathematical Society – London Mathematical Society, 1937. vol. 42. pp. 230–265. ISSN 0024-6115; 1460-244X – doi:10.1112/PLMS/S2-42.1.230.
19. Church Alonzo (1936). «An Unsolvable Problem of Elementary Number Theory». American Journal of Mathematics no. 58 (58). pp. 345–363. DOI:10.2307/2371045.
20. Формула Стирлинга [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Магнитострикция> (дата обращения: 31.08.2018).

Статья поступила в редакцию 01.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 004.04

РАЗРЕШЕНИЕ КОНФЛИКТА ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ БРОНИРОВАНИЯ БИЛЕТОВ

© 2018

Веселова Марина Дмитриевна, разработчик

ООО «Ай-Текс-ВЦ»

(119119, Россия, г. Москва, проспект Ленинский, 42, e-mail: marina_veselova58@mail.ru)

Забродина Ксения Андреевна, разработчик

ООО «Ай-Текс-ВЦ»

(119119, Россия, г. Москва, проспект Ленинский, 42, e-mail: kzabrodina1999@gmail.com)

Сафронова Валерия Сергеевна, разработчик

ООО «Ай-Текс-ВЦ»

(119119, Россия, г. Москва, проспект Ленинский, 42, e-mail: valer.safronova@gmail.com)

Пучкова Ульяна Николаевна, магистрант кафедры «Вычислительная техника»

Пензенский государственный университет

(440026, Россия, Пенза, улица Красная, 40, e-mail: u.puchkova2807@gmail.com)

Кучин Алексей Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Вычислительная техника»

Пензенский государственный университет

(440026, Россия, Пенза, улица Красная, 40, e-mail: kuav@pnzgu.ru)

Аннотация. Данная статья посвящена разрешению конфликтов при параллельной обработке данных. В ней рассмотрены и проанализированы способы бронирования билетов, механизм взаимодействия пользователя с сервером, а также метод разрешения конфликта при фиксации одного места двумя пользователями. Цель, которая определена в этой статье – нахождение консенсуса при онлайн-бронировании билетов в кинотеатре. Актуальность поставленной в статье задачи обусловлена тем, что в реальной жизни могут возникнуть ситуации, при которых два пользователя забронировали одно и то же место, в следствии чего исполняющая сторона (кинотеатр) снижает свой рейтинг и теряет потенциальных клиентов. Два способа бронирования, которые рассматриваются в этой статье, представляют собой: фиксирование факта бронирования при выборе места пользователем и фиксирование факта бронирования по нажатию кнопки «Забронировать». Был рассмотрен алгоритм обработки сервером параллельных запросов, посылаемых пользователями. В результате анализа были выявлены преимущества и недостатки способов решения конфликтных ситуаций. При использовании механизма параллельной обработке запросов, изложенного в данной статье, конфликтные ситуации будут возникать реже для обеих сторон (клиента и поставщика услуг).

Ключевые слова: клиент, сервер, параллельные процессы, критическая секция, запрос, конфликтная ситуация, автоматизированная система бронирования, база данных.

CONFLICT RESOLUTION DURING PARALLEL DATA PROCESSING ON THE EXAMPLE OF TICKETS BOOKING

© 2018

Veselova Marina Dmitrievna, developer

LLC "AI-Teko CC"

Penza State University

(119119, Russia, Moscow, Leninsky Avenue, 42, e-mail: marina_veselova58@mail.ru)

Zabrodina Ksenia Andreevna, developer

LLC "AI-Teko CC"

Penza State University

(119119, Russia, Moscow, Leninsky Avenue, 42, e-mail: kzabrodina1999@gmail.com)

Safronova Valeria Sergeevna, developer

LLC "AI-Teko CC"

Penza State University

(119119, Russia, Moscow, Leninsky Avenue, 42, e-mail: valer.safronova@gmail.com)

Puchkova Ulyana Nikolaevna, graduate student of sub-department «Computer engineering»

Penza State University

(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: u.puchkova2807@gmail.com)

Kuchin Alexey Victorovich, candidate of technical Sciences, associate Professor
of sub-department «Computer engineering»

Penza State University

(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: kuav@pnzgu.ru)

Abstract. This article is devoted to conflict resolution in parallel data processing. It discusses and analyzes the ways of booking tickets, the mechanism of user interaction with the server, as well as the method of resolving the conflict when fixing one place by two users. The goal, which is defined in this article – finding consensus when booking tickets online at the cinema. The relevance of the task set in the article is due to the fact that in real life there may be situations in which two users have booked the same place, in consequence of which the performing party (cinema) reduces its rating and loses potential customers. Two methods of booking, which are discussed in this article, are: fixing the fact of booking when choosing a place by the user and fixing the fact of booking by pressing the “Book” button. The algorithm of processing by the server of the parallel requests sent by users was considered. The analysis revealed the advantages and disadvantages of ways to solve conflict situations. If you use the parallel request processing mechanism described in this article, conflict situations will occur less frequently for both parties (customer and service provider).

Keywords: client, server, parallel process, critical section, request, conflict situation, automated booking system, data base.

1. Введение. Основа для современных автоматизированных систем бронирования, далее АСБ, была заложена в конце 50-х – начале 60-х годов [1]. Первые АСБ были предназначены для предоставления услуг корпоративными туристическими фирмами. Данная концепция привела к внедрению таких систем в различные сферы человеческой деятельности [2]. Дальнейшее развитие АСБ обусловлено следующими преимуществами [3]:

- пользователь самостоятельно выбирает предоставляемую услугу;
- система работает на постоянной основе, то есть 24 часа в сутки, за исключением аварийных ситуаций;
- процесс бронирования автоматизирован, не требует участия работников кинотеатра, информация о брони автоматически отправляется клиенту;
- пользователь получает услугу, не выходя из дома.

Кроме того, оно повысило качество и эффективность предлагаемых услуг в сфере авиационных и железнодорожных компаний, кинотеатров, ресторанного бизнеса и в других сферах.

Рассмотрим механизм online – бронирования билета в кинотеатр, включающий в себя следующие объекты, изображенные на рисунке 1: клиент – сервер, на котором происходит взаимодействие с базой данных кинотеатра; процессы: ввод пользователем данных о посещении желаемого сеанса, обмен информацией между устройством пользователя и сервером кинотеатра [4].

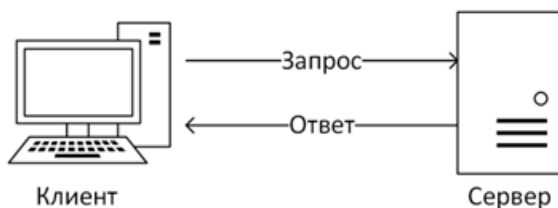


Рисунок 1 – Архитектура «Клиент – Сервер»

Остановимся на процессах и разберем их более подробно:

Ввод заказчиком данных о посещении желаемого сеанса подразумевает, что пользователь пройдет авторизацию на сайте кинотеатра, далее выберет фильм и время сеанса, ряд и место, а после нажмет кнопку, подтверждающую действие бронирования или совершения покупки билета [5].

Процесс обмена информацией между устройством заказчика и сервером кинотеатра можно поделить на три этапа [6]:

1 этап. Формирование запроса передачи на сервер кинотеатра всех необходимых данных пользователя и выбранных им деталей заказа.

2 этап. Обработка запроса на сервере кинотеатра. Обращение к базе данных. Формирование ответа на запрос.

3 этап. После выполнения 2 этапа, на устройстве пользователя отображается сообщение о результате выполнения данной услуги. В случае некорректного завершения операции формируется уведомление об ошибке.

Более подробно операция бронирования рассматривается на диаграмме последовательности, изображенной на рисунке 2 [7].

Примером подобной ситуации является события, когда два пользователя прошли авторизацию, выбрали один и тот же фильм и сеанс, а затем выбрали одно и то же место; когда один авторизованный пользователь выбирает два места, одно из которых было выбрано в это же время другим авторизованным пользователем. Таким образом, возникает конфликт: у кого из пользователей операция бронирования выполнится успешно. При игнорировании данной ситуации возникнет случай, когда одно место зафиксируется за двумя клиентами, что приведет к спорной ситуации между пользователями. Для предотвращения подобных событий необходимо реализовать обработку одного из запросов в потоке данных.

2. Способы бронирования мест клиентами

Существует несколько способов бронирования:

1. Фиксирование факта бронирования при выборе места пользователем.
2. Фиксирование факта бронирования по нажатию кнопки «Забронировать».



Рисунок 2 – Диаграмма последовательности операции бронирования

2.1. Фиксирование факта бронирования при выборе места пользователем

Первоначально осуществляется авторизация в системе, далее определяется сеанс фильма с последующей выборкой места. Формируется запрос i – потока со стороны клиента на сервер с реквизитами заказа на выбор места, параллельно ему создается идентичный запрос $i+1$ – потока от другого пользователя. Для синхронизации потоков на сервере создаются заявки на их обработку. Каждому запросу присваивается идентификатор, вследствие чего определяется, какой из них будет обработан первым. Другие потоки встают в очередь до окончания обработки предыдущего. Действия с обрабатываемыми данными происходят в критической секции, это обуславливается необходимостью защиты и целостности блока данных. Затем идет обращение к базе данных по ключевым полям объектов, пришедших с запроса [8]. Из базы данных возвращается сведения о статусе состояния выбранного места, исходя из которого формируется ответ сервера на запрос [9]. Если ответ = «Свободно», происходит фиксация места за пользователем и активация таймера на выполнение операции бронирования; ответ = «Выбрано», создается сообщение об ошибке бронирования. По истечении заданного таймером времени сервер исключает возможность пользователя забронировать билет, следствием чего является изменение статуса выбранных мест на «Свободно» до следующей операции выбора. Статус «Забронировано» место получает в случае, когда пользователь отправляет запрос на бронирование заказа с последующем подтверждением с сервера. Последовательность выполнения организации работы алгоритма по первому способу более подробно представлена на рисунке 3 [10].

Преимущество этого способа – меньшая

вероятность образования конфликтных ситуаций при выборе одного места несколькими пользователями [11].

Недостатками данного способа являются:

1. Более сложен при реализации на программном уровне;
2. Высокая нагрузка сервере при образовании большого количества запросов от пользователей;
3. При выполнении выбора мест несколькими пользователями до факта бронирования, есть вероятность их недоступности для других потенциальных покупателей, что может привести к низкой окупаемости услуг компании.

2.2. Фиксирование факта бронирования по нажатию кнопки «Забронировать»

По аналогии вышеописанного способа происходит авторизация в системе и выбор места пользователями. Место не закреплено за клиентом до момента нажатия кнопки «Забронировать», а значит оно доступно для бронирования другими пользователями. Факт бронирования происходит при отправке запроса i - потока со стороны клиента на сервер с реквизитами выбранных мест, при этом параллельно ему может сформироваться идентичный запрос $i+1$ - потока от другого пользователя [12]. Разрешения данного конфликта осуществляется подобно способу, указанному выше, за исключением обработки информации в базе данных. При анализе полученного запроса проверяется статус каждого из мест, которые выбраны клиентом. Если хотя бы одно из них имеет статус = «Забронировано», происходит сброс всех выбранных мест и формирование сообщения об ошибке. В противном случае все места фиксируются за пользователем. Последовательность организации работы алгоритма по второму способу более подробно представлена на рисунке 4.

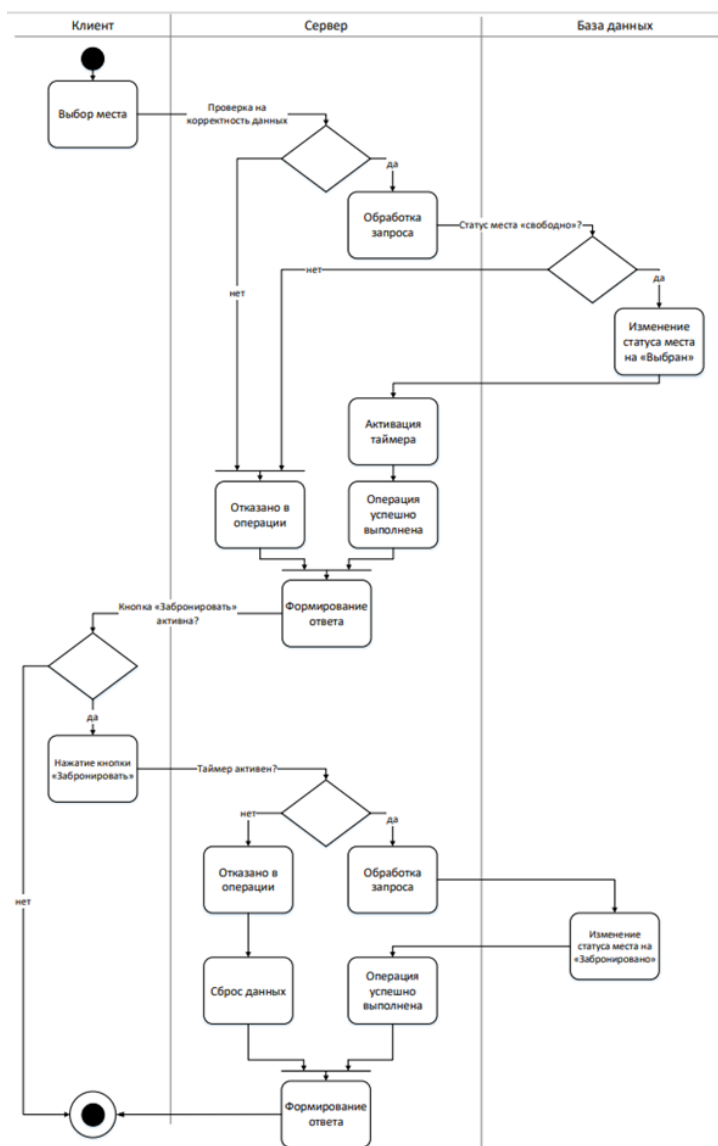


Рисунок 3 – Диаграмма деятельности первого способа

Преимуществами данного способа является:

1. Простота реализации и меньшая ресурсозатратность на программном уровне;
2. Высокая скорость обработки данных;
3. Низкая нагрузка на сервер, в следствии меньшего количества запросов, поступающих от пользователей;
4. Отсутствие потерь на стороне представителя услуг.

Недостатком данного способа может быть: ненадежность того, что пользователь сможет забронировать интересующее место, так как факт бронирования происходит только при нажатии кнопки «Забронировать».

3. Математическая модель алгоритма разрешения конфликта

Разрешения конфликтных ситуаций осуществляется на сервере, где выполняются действия над критическим ресурсом [13]. В данной статье в качестве критического ресурса рассма-

тривается место, выбранное пользователем, Работу с данным ресурсом можно представить в виде математической модели алгоритма, описанной на языке СНДА [14]. Важно учитывать, как реализован способ обращения параллельных потоков к ресурсу [15]. Механизм разрешения конфликтов представлен на рисунке 5. Ниже описаны условные обозначения пошаговой работы алгоритма разрешения конфликта при одновременном бронировании клиентами одного места [16]:

- условное обозначение события, определяющего начало процедуры согласно последовательности действий i -го потока [17];
- событие, которое определяет доступен ли ресурс i -му потоку;
- событие, проверяющее ресурс на занятость (если свободен, то поток проходит) [18];
- событие, определяющее готовность ко входу i -го потока в критический ресурс:

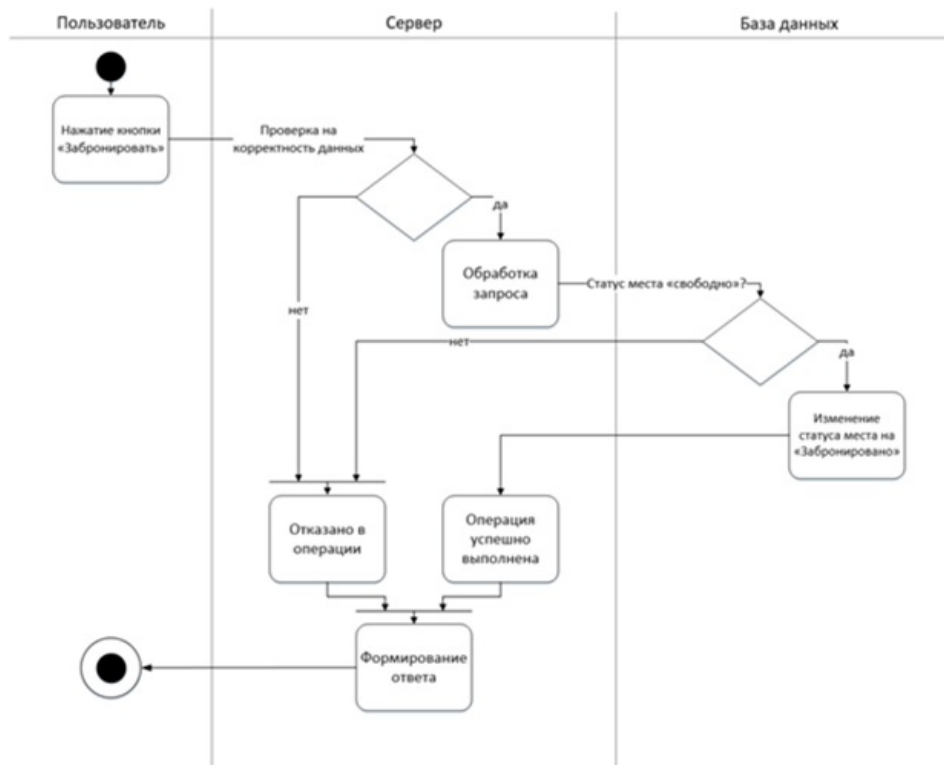


Рисунок 4 – Диаграмма деятельности второго способа

$$R_{\text{готовКР}}^i(t+1) = R_{\text{готовКР}}^i(t) \& R_{\text{свобод}}^i(t) \& R_{\text{запрос}}^i(t) \quad (1)$$

– событие, определяющее ожидание ответа сервера на стороне клиента;

– событие, определяющее готовность i-го потока на обслуживание:

$$R_{\text{готов}}^i(t+1) = (R_{\text{свобод}}^i \vee R_{\text{запрос}}^i \vee R_{\text{вхКР}}^i(t)) \overline{R_{\text{готовКР}}^i} \quad (2)$$

– событие, определяющее вход i-го потока в критический ресурс:

$$R_{\text{вхКР}}^i(t+1) = R_{\text{готовКР}}^{i+1} \vee R_{\text{готовКР}}^i \quad (3)$$

– событие, свидетельствующее о выходе i-го потока из критического ресурса.

– событие, определяющее действия над i-м потоком внутри критической секции.

Началом обработки i-потока является выбор места пользователем с последующим формирова-

нием запроса на сервер. На данном этапе запрос еще не готов к обслуживанию ресурсом [19]. Для этого осуществляется проверка на доступность ресурса i-потоку. Если ресурс свободен, то происходит изменение состояния запроса на «Готов». Далее осуществляется вход в критическую секцию, с последующей обработкой запроса. После выхода из критической секции завершается обработка i-потока. Пользователь получает ответ с сервера о выполненной операции.

4. Заключение

На основании анализа результатов, изложенных выше способов, можно отметить большую эффективность второго способа для разрешения конфликтов при параллельной обработке данных на примере бронирования билетов [20]. <https://helpiks.org/6-49742.html>

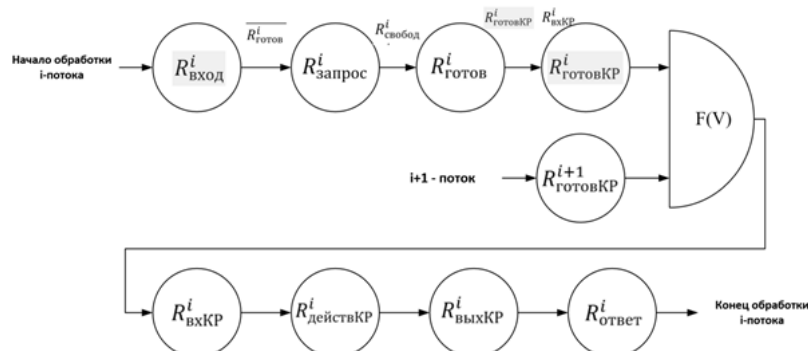


Рисунок 5 – Математическая модель алгоритма обработки запроса

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Автоматизированные системы бронирования [Электронный ресурс]: URL: <https://mydocx.ru/11-96603.html> (дата обращения: 16.10.2018).
2. Физическое моделирование АИС [Электронный ресурс]: URL: <https://helpiks.org/6-49742.html> (дата обращения: 15.10.2018).
3. Ивахненко А.Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами // Киев: Техника, 1975. – С. 312.
4. Борсук Н.А. Анализ инструментальных средств разработки систем online бронирования // Проблемы и перспективы технических наук. Международной научно-практической конференции. – Уфа: АЭТЕРНА. – 2015. – С. 38–41.
5. Басин Н.А., Ермакова, Л.А. Подсистема автоматизированного составления расписания прокатной сетки для сети кинотеатров «ПЛАНЕТА КИНО» // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве: сборник докладов IV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве» – Екатеринбург: УрФУ, – 2015. – С. 181–185.
6. Pashchenko D.V. et al. Directly executable formal models of middleware for MANET and Cloud Networking and Computing // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2016. – V. 710. – №. 1. – P. 012024.
7. Диаграммы последовательности [Электронный ресурс]: URL: https://www.syl.ru/article/206012/new_uml-diagramma-vidyi-diagramm-uml (дата обращения: 16.10.2018).
8. Пирогов В.Ю. Информационные системы и базы данных: организация и проектирование // СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – С. 528.
9. Варламов О.О. Параллельная обработка потоков информации на основе виртуальных потоковых баз данных // Известия высших учебных заведений. Электроника. М.: Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники». – 2003. – №. 5. – С. 82–89.
10. Гома Х. UML. Проектирование систем реального времени, параллельных и распределенных приложений // Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2016. – С. 700.
11. Бронштейн И.И., Генинсон Б.А., Трахтенгерц Э.А. Правило минимизации числа конфликтов в многопроцессорных вычислительных системах // М.: Автоматика и телемеханика. – 1979. – №. 3. – С. 143–149.
12. Белоус В.С. Обнаружение тупиков на мьютексах в многопоточных приложениях // М.: Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013. – №. 6. – С. 1–11.
13. Вашкевич Н.П., Бикташев Р.А., Синев М.П. Формализация алгоритмов управления многопоточным доступом к разделяемым ресурсам на основе использования событийных недетерминированных автоматов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2014. – №. 1. – С. 128–133.
14. Математическое моделирование [Электронный ресурс]: URL: <https://studfiles.net/preview/947768/page:2/> (дата обращения: 16.10.2018).
15. Вашкевич Н.П., Бикташев Р.А. Достоинство формального языка, основанного на концепции недетерминизма, при структурной реализации параллельных систем логического управления процессами и ресурсами // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2011. – №. 1. – С. 3–11.
16. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления // СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
17. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений // М.: Бином. Лаборатория знаний, 2007. – С. 424.
18. Вашкевич Н.П. Недетерминированные автоматы в проектировании систем параллельной обработки. // Пенза: Пензенский государственный технологический университет. – 2004. – С. 280.
19. Pashchenko D. et al. Formal transformation inhibitory safe Petri nets into equivalent not inhibitory // Procedia Computer Science. – 2015. – Т. 49. – С. 99–103.
20. Pashchenko D. et al. The methodology of multicriterial assessment of Petri nets' apparatus // MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2016. – V. 44. – P. 01009.

Статья поступила в редакцию 03.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 681.5.01:658.512.2.011.56

**ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ ДЛЯ
РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ФОРМЫ КОНСТРУКЦИЙ**

© 2018

Курносов Владимир Ефимович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры
«Вычислительные машины и системы»

*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru)*

Андреева Татьяна Владимировна, специалист
*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11)*

Аннотация. Рассматривается применение численных методов для решения задач анализа и синтеза конструкций. Показан порядок построения моделей для исследования напряженно-деформируемого состояния конструкций. Используется метод конечных разностей для решения уравнений теории упругости. Предложен способ формального построения шаблонов для получения разностных аналогов производных. Предлагается метод построения систем уравнений на основе метода конечных разностей для решения уравнений Ламе теории упругости. Дано описание области проектирования. Получены логико-математические уравнения баланса элемента объема. Используются операции имплицативной алгебры выбора. Показана связь элементов объема сеточной области проектирования. Получены уравнения баланса для элемента объема сеточной области. Уравнения включают переменные имплицативной алгебры выбора. Выражения для деформаций элемента объема содержат признаки наличия материала и предметные переменные. Предлагается способ решения задач автоматического синтеза конструкций. Решена тестовая задача теории упругости для растяжения пластины. Показана форма пластины при отсутствии воздействия. Получено точное симметричное решение. Отношение продольных деформаций к поперечным соответствует заданному значению коэффициента Пуассона. Показано решение задачи растяжения пластины при наличии отверстия. Предлагаемый метод построения моделей позволяет создавать новые информационные технологии анализа и синтеза конструкций.

Ключевые слова: теория упругости, синтез конструкций, автоматическое проектирование, моделирование, численные методы

**LOGICAL-MATHEMATICAL REPRESENTATION OF THE EQUATIONS THEORY OF
ELASTICITY FOR SOLVING PROBLEMS AUTOMATIC SYNTHESIS OF FORM DESIGNS**

© 2018

Kurnosov Vladimir Efimovich, doctor of technical sciences, professor, professor of sub-department
“Computers and Systems”

*Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baidukov Passage / Gagarin St., 1a / 11, e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru)*

Andreeva Tatiana Vladimirovna, specialist
Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baidukov Passage / Gagarin St., 1a / 11)

Abstract. The use of numerical methods for solving problems of analysis and synthesis of structures is considered. The order of building models for the study of stress-deformable state of structures is shown. The finite difference method is used to solve the equations of the theory of elasticity. A method for formal construction of templates for obtaining differential analogs of derivatives is proposed. A method of constructing systems of equations based on the finite difference method for solving the Lamé equations of the theory of elasticity is proposed. The description of the design area is given. Logic-mathematical equations of the balance of the volume element are obtained. The operations of implicative algebra of choice are used. The connection of the volume elements of the grid design area is shown. The balance equations for the volume element of the grid area are obtained. The equations include variables of implicative choice algebra. The expressions for the deformations of the volume element contain signs of material availability and subject variables. A method for solving problems of automatic synthesis of structures is proposed. Solved the test problem of the theory of elasticity for stretching of the plate. Shows the shape of the plate in the absence of exposure. An exact symmetric solution is obtained. The ratio of longitudinal strain to transverse corresponds to the specified value of the Poisson's ratio. The solution of the problem of stretching a plate in the presence of a hole is shown. The proposed method of building models allows you to create new information technology analysis and synthesis of structures.

Keywords: theory of elasticity constructions synthesis, automated layout, modeling, calculus of approximations

Введение. Численные методы в задачах важным и эффективным инструментом прикладной механики сплошных сред являются моделирования процессов, протекающих в условиях

эксплуатационных воздействий на элементы конструкций устройств различного назначения. Создание наукоемких изделий и разработка новой техники требуют оценки характеристик физических процессов при различных воздействиях, например, тепловых или механических.

Эффективным средством решения задач по исследованию тепловых процессов и напряженно-деформируемого состояния конструкций являются методы вычислительной математики. Проведение численных экспериментов основано на построении математической модели и замене исследования реального процесса на исследование построенной математической модели [1].

Для проведения численных экспериментов по оценке состояния конструкции при заданных воздействиях необходимо выполнить постановку задачи, построить математическую модель, разработать алгоритмы проведения численных экспериментов. Модели строятся на основе систем дифференциальных уравнений в частных производных и уравнений, соответствующих начальным и граничным условиям согласно решаемой задаче.

Создание расчетно-экспериментальных и расчетных методик позволяет на этапе проектирования получать оценку состояния конструкции при различных внешних воздействиях, принимать обоснованные проектные решения [2]. Для построения численной математической модели на основе уравнений в частных производных и метода конечных разностей необходимо:

1) задать геометрическое представление конструкции, по которому далее строится область решения краевой задачи;

2) выбрать или разработать математическую модель на основе численного метода решения уравнений в частных производных, задать начальные и граничные условия для решения поставленной задачи;

3) построить сеточную модель, выполнить дискретизацию области решения;

4) построить систему конечно-разностных уравнений в соответствии с разностной схемой, позволяющей получить решение задачи в виде значений искомых функций в узлах сеточной модели;

5) разработать алгоритм и создать его программную реализацию для обеспечения возможности исследования численной математической модели, провести численные эксперименты и дать оценку полученных результатов.

Построение систем конечно-разностных уравнений в соответствии с разностной схемой является сложной трудоемкой задачей, в связи с чем автоматизация процесса построения модели и

получения решения позволит сократить затраты как на проведение численных экспериментов на этапе проектирования конструкций, так и на получение обоснованных проектных решений.

В работах [3,4] предлагается метод решения задач синтеза конструкций по заданным тепловым или механическим эксплуатационным воздействиям. Для обеспечения возможности автоматической модификации формы конструкции краевая задача строится в области проектирования. Автоматическое формирование системы конечно-разностных уравнений может быть выполнено при использовании аппарата импликативной алгебры выбора (ИАВ) Волгина Л.И. [5,6].

Операции ИАВ могут быть записаны в логической и алгебраической форме. Это позволяет применять для получения решения логико-математические выражения, решать задачи автоматического вычисления формы конструкций при изменяющемся в процессе решения количестве переменных.

Материалы и результаты исследований. Рассмотрим порядок формирования системы конечно-разностных уравнений [7] при решении задач анализа и автоматического синтеза формы конструкций по заданным механическим воздействиям [8,9].

Функции напряжений, деформаций и смещений являются решением задачи в теории упругости. В каждой точке внутри материала должны быть обеспечены условия равновесия и непрерывности, у границы внутренние силы должны быть в равновесии с внешними силами, действующими на поверхностях [10,11].

Для получения логико-математической формы представления уравнений Ламе в частных производных фактически необходимо провести их вывод, включая в уравнения равновесия граничных элементарных объемов граничные условия.

Оценка напряженно-деформированного состояния материала в заданной точке конструкции дается по состоянию малого элемента объема (рисунок 1). Индексы $+X$, $-X$, $+Y$, $-Y$, $+Z$, $-Z$ обозначают грани элемента размером h_x, h_y, h_z [3].

Внутренние силы P^{+X}, \dots, P^{-Z} рассматриваются по граням и заменяются равнодействующими параллельными осям координат, точкой их приложения выбирается центр грани.

Таким образом, для элемента объема будет получено восемнадцать составляющих внутренних сил. Верхний индекс обозначает грань элемента объема. Ось, параллельно которой направлена составляющая силы, обозначается первым нижним индексом, второй индекс обозначает нормаль к грани элемента, к которой относится составляющая внутренней силы.

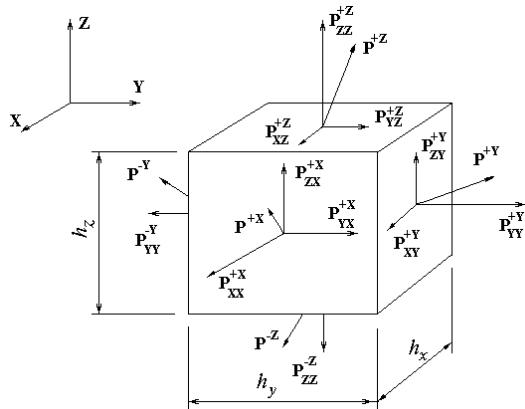


Рисунок 1 – Внутренние силы по граням элемента и их проекции на оси координат

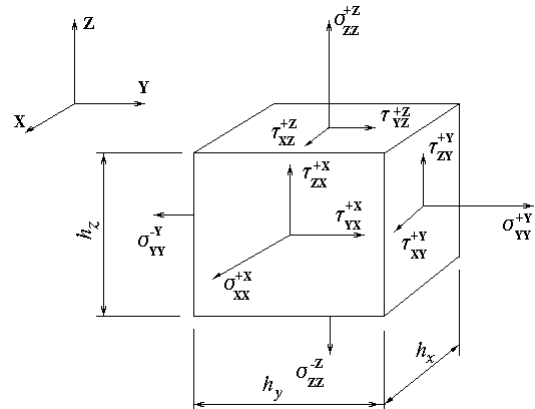


Рисунок 2 – Составляющие напряжений по граням элемента объема материала

Восемнадцать составляющих напряжений определяют напряженное состояние элемента объема. Шесть составляющих относятся к нормальным напряжениям растяжения - сжатия, двенадцать составляющих относятся к касательным напряжениям. Значения напряжений в точке будут получены как предел отношений при устремляющихся размерах элемента h_x, h_y, h_z к нулю (рисунок 2):

$$\sigma_{xx}^{+x} = \frac{P_{xx}^{+x}}{h_y h_z}; \quad \tau_{yx}^{+x} = \frac{P_{yx}^{+x}}{h_y h_z}; \quad \dots, \quad \tau_{yz}^{+x} = \frac{P_{yz}^{+x}}{h_x h_y}, \quad (1)$$

Перемещения, определяющие изменение формы конструкции, характеризуются составляющими u, v, w , являющимися проекциями на оси координат X, Y, Z. Для выбранного момента времени составляющие смещений в проекциях являются функциями координат и времени [10]:

$$u = u(x, y, z, t), \quad v = v(x, y, z, t), \quad w = w(x, y, z, t). \quad (2)$$

Уравнения проекций составляющих напряжений на оси X, Y, Z при устремляющихся к нулю размерах элемента объема приводятся к виду:

$$\frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X_F = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \quad (3)$$

$$\frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + Y_F = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2}, \quad (4)$$

$$\frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} + Z_F = \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}. \quad (5)$$

Здесь X_F, Y_F, Z_F – проекции интенсивности объемной силы, например, силы тяжести или инерционной силы. Эти уравнения для бесконечно малого элемента объема являются уравнениями равновесия в проекциях на оси координат.

Уравнения (3), (4), (5), фактически являются уравнениями равновесия [9,10].

Уравнения Ламе линейной теории упругости будут получены после подстановки в уравнения равновесия напряжений в перемещениях. Их решение в аналитической форме при заданных начальных и граничных условиях есть решение краевой задачи [1, 2] и возможно лишь частных случаях нагрузки конструкций и условий их закрепления.

Для обеспечения возможности автоматического формирования разрешающих уравнений введем понятие области проектирования. Плоскостями параллельными плоскостям ZOX, ZOY, XOY разобьем некоторую область, которая охватывает исследуемую конструкцию. В результате будут выделены элементы объема, которые могут рассматриваться как «пустые» или как «заполненные материалом». Признак наличия материала $\alpha_{i,j,k}$, является переменной ИАВ [5].

Положение элементов объема также характеризуется целочисленными координатами i, j, k соответственно по направлениям осей координат X, Y, Z (рисунок 3).

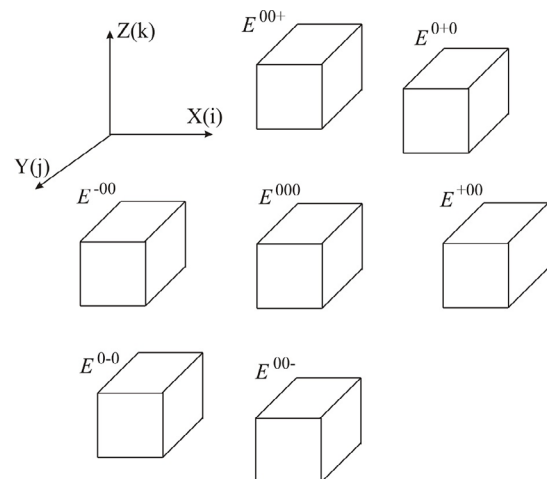


Рисунок 3 – Связь рассматриваемого элемента объема с соседними элементами

Для более компактных выражений текущие значения обозначаются как $0\ 0\ 0$, $i+1, j, k$ – обозначаются $+0\ 0$ т. д.

Выделенный элемент с целочисленными координатами i, j, k обозначен E^{000} .

Запишем уравнения равновесия как граничного, так и внутреннего элемента объема E^{000} .

Вид уравнений зависит от целочисленных координат i, j, k .

Для внутреннего элемента объема в уравнения равновесия входят составляющие внутренних сил P^{+X}, \dots, P^{-Z} .

Для граничных элементов объема внешние силовые воздействия F^{+X}, \dots, F^{-Z} .

На рисунке 3 показана связь рассматриваемого элемента с соседними элементами. Уравнения равновесия с введением переменных импликативной алгебры выбора принимают вид [3]:

$$\begin{aligned} & \nabla_{\alpha^{+00}} P_{xx}^{+X} - \nabla_{\alpha^{-00}} P_{xx}^{-X} + \nabla_{\bar{\alpha}^{+00}} F_{xx}^{+X} - \nabla_{\bar{\alpha}^{-00}} F_{xx}^{-X} + \nabla_{\alpha^{00+}} P_{xz}^{+Z} - \nabla_{\alpha^{00-}} P_{xz}^{-Z} + \nabla_{\bar{\alpha}^{00+}} F_{xz}^{+Z} - \nabla_{\bar{\alpha}^{00-}} F_{xz}^{-Z} + \\ & + \nabla_{\alpha^{0+0}} P_{xy}^{+Y} - \nabla_{\alpha^{0-0}} P_{xy}^{-Y} + \nabla_{\bar{\alpha}^{0+0}} F_{xy}^{+Y} - \nabla_{\bar{\alpha}^{0-0}} F_{xy}^{-Y} + F_x^{000} = m^{000} a_x^{000}. \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} & \nabla_{\alpha^{0+0}} P_{yy}^{+Y} - \nabla_{\alpha^{0-0}} P_{yy}^{-Y} + \nabla_{\bar{\alpha}^{0+0}} F_{yy}^{+Y} - \nabla_{\bar{\alpha}^{0-0}} F_{yy}^{-Y} + \nabla_{\alpha^{00+}} P_{yz}^{+Z} - \nabla_{\alpha^{00-}} P_{yz}^{-Z} + \nabla_{\bar{\alpha}^{00+}} F_{yz}^{+Z} - \nabla_{\bar{\alpha}^{00-}} F_{yz}^{-Z} + \\ & + \nabla_{\alpha^{+00}} P_{yx}^{+X} - \nabla_{\alpha^{-00}} P_{yx}^{-X} + \nabla_{\bar{\alpha}^{+00}} F_{yx}^{+X} - \nabla_{\bar{\alpha}^{-00}} F_{yx}^{-X} + F_y^{000} = m^{000} a_y^{000}. \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} & \nabla_{\alpha^{00+}} P_{zz}^{+Z} - \nabla_{\alpha^{00-}} P_{zz}^{-Z} + \nabla_{\bar{\alpha}^{00+}} F_{zz}^{+Z} - \nabla_{\bar{\alpha}^{00-}} F_{zz}^{-Z} + \nabla_{\alpha^{-00}} P_{zx}^{+X} - \nabla_{\alpha^{+00}} P_{zx}^{-X} + \nabla_{\bar{\alpha}^{-00}} F_{zx}^{+X} - \nabla_{\bar{\alpha}^{+00}} F_{zx}^{-X} + \\ & + \nabla_{\alpha^{0+0}} P_{zy}^{+Y} - \nabla_{\alpha^{0-0}} P_{zy}^{-Y} + \nabla_{\bar{\alpha}^{0+0}} F_{zy}^{+Y} - \nabla_{\bar{\alpha}^{0-0}} F_{zy}^{-Y} + F_z^{000} = m^{000} a_z^{000}. \end{aligned} \quad (8)$$

При значении переменной ИАВ, являющейся признаком наличия материала для рассматриваемого текущего элемента объема, равном единице, и при наличии элементов, прилегающих к граням этого элемента и «заполненных материалом», формируется уравнение равновесия, которое далее входит в систему разрешающих уравнений краевой задачи. Для внешних граней граничных элементов, заполненных материалом, могут быть заданы силовые

воздействия. При этом составляющие внутренних сил и, соответственно, механических напряжений, или уравниваются внешними силовыми воздействиями или имеют нулевые значения.

После деления на объем элемента $h_x^0 h_y^0 h_z^0$ и перехода к составляющим напряжений получим логико-алгебраическое уравнение равновесия [3]:

$$\begin{aligned} & \frac{\nabla_{\alpha^{-00}} \sigma_{xx}^{+X} - \nabla_{\alpha^{+00}} \sigma_{xx}^{-X}}{h_x^0} + \frac{\nabla_{\bar{\alpha}^{+00}} F_{xx}^{+X} - \nabla_{\bar{\alpha}^{-00}} F_{xx}^{-X}}{h_x^0 h_y^0 h_z^0} + \frac{\nabla_{\alpha^{00+}} \sigma_{xz}^{+Z} - \nabla_{\alpha^{00-}} \sigma_{xz}^{-Z}}{h_z^0} + \frac{\nabla_{\bar{\alpha}^{00+}} F_{xz}^{+Z} - \nabla_{\bar{\alpha}^{00-}} F_{xz}^{-Z}}{h_x^0 h_y^0 h_z^0} + \\ & + \frac{\nabla_{\alpha^{0+0}} \sigma_{xy}^{+Y} - \nabla_{\alpha^{0-0}} \sigma_{xy}^{-Y}}{h_y^0} + \frac{\nabla_{\bar{\alpha}^{0+0}} F_{xy}^{+Y} - \nabla_{\bar{\alpha}^{0-0}} F_{xy}^{-Y}}{h_x^0 h_y^0 h_z^0} + \frac{F_x^{000}}{h_x^0 h_y^0 h_z^0} = \frac{m a_x}{h_x^0 h_y^0 h_z^0}. \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\nabla_{\alpha^{0+0}} \sigma_{yy}^{+Y} - \nabla_{\alpha^{0-0}} \sigma_{yy}^{-Y}}{h_y^0} + \frac{\nabla_{\bar{\alpha}^{0+0}} F_{yy}^{+Y} - \nabla_{\bar{\alpha}^{0-0}} F_{yy}^{-Y}}{h_x^0 h_y^0 h_z^0} + \frac{\nabla_{\alpha^{00+}} \sigma_{yz}^{+Z} - \nabla_{\alpha^{00-}} \sigma_{yz}^{-Z}}{h_z^0} + \frac{\nabla_{\bar{\alpha}^{00+}} F_{yz}^{+Z} - \nabla_{\bar{\alpha}^{00-}} F_{yz}^{-Z}}{h_x^0 h_y^0 h_z^0} + \\ & + \frac{\nabla_{\alpha^{+00}} \sigma_{yx}^{+X} - \nabla_{\alpha^{-00}} \sigma_{yx}^{-X}}{h_x^0} + \frac{\nabla_{\bar{\alpha}^{+00}} F_{yx}^{+X} - \nabla_{\bar{\alpha}^{-00}} F_{yx}^{-X}}{h_x^0 h_y^0 h_z^0} + \frac{F_y^{000}}{h_x^0 h_y^0 h_z^0} = \frac{m a_y}{h_x^0 h_y^0 h_z^0}. \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\nabla_{\alpha^{00+}} \sigma_{zz}^{+Z} - \nabla_{\alpha^{00-}} \sigma_{zz}^{-Z}}{h_z^0} + \frac{\nabla_{\bar{\alpha}^{00+}} F_{zz}^{+Z} - \nabla_{\bar{\alpha}^{00-}} F_{zz}^{-Z}}{h_x^0 h_y^0 h_z^0} + \frac{\nabla_{\alpha^{-00}} \sigma_{zx}^{+X} - \nabla_{\alpha^{+00}} \sigma_{zx}^{-X}}{h_x^0} + \frac{\nabla_{\bar{\alpha}^{-00}} F_{zx}^{+X} - \nabla_{\bar{\alpha}^{+00}} F_{zx}^{-X}}{h_x^0 h_y^0 h_z^0} + \\ & + \frac{\nabla_{\alpha^{0+0}} \sigma_{zy}^{+Y} - \nabla_{\alpha^{0-0}} \sigma_{zy}^{-Y}}{h_y^0} + \frac{\nabla_{\bar{\alpha}^{0+0}} F_{zy}^{+Y} - \nabla_{\bar{\alpha}^{0-0}} F_{zy}^{-Y}}{h_x^0 h_y^0 h_z^0} + \frac{F_z^{000}}{h_x^0 h_y^0 h_z^0} = \frac{m a_z}{h_x^0 h_y^0 h_z^0}. \end{aligned} \quad (11)$$

После подстановки деформаций в выражения для напряжений и, далее, выражая деформации через перемещения, получим три уравнения равновесия элемента объема, которые содержат три неизвестных составляющих смещений u, v, w .

Логико-математические уравнения (9), (10), (11)

могут быть выражены в дифференциальной форме при переходе к пределу, когда размеры элемента $h_x^{000}, h_y^{000}, h_z^{000}$ устремляются к нулю.

Для центральной точки каждой грани необходимо записать выражения для составляющих

тензора деформаций. Исходя из геометрических соотношений, для грани +X логико-математические выражения будут иметь вид [3]:

$$\varepsilon_{xx}^{+x} = \alpha^{000} \alpha^{+00} \frac{R_u^{+00,000}}{h_x}; \quad (12)$$

$$\varepsilon_{yy}^{+x} = \alpha^{000} \alpha^{0+0} \alpha^{0-0} \alpha^{+00} \alpha^{+0-} \frac{R_v^{+0+,0-0} + R_v^{+0+,+0-}}{4h_y}; \quad (13)$$

$$\varepsilon_{zz}^{+x} = \alpha^{000} \alpha^{+0+} \alpha^{00+} \alpha^{+0-} \alpha^{00-} \frac{R_w^{+0+,+0-} + R_w^{00+,00-}}{4h_z}; \quad (14)$$

$$\varepsilon_{yx}^{+x} = \alpha^{000} \alpha^{+00} \alpha^{+0+} \alpha^{0+0} \alpha^{+0-} \alpha^{0-0} \left(\frac{R_v^{+00,000}}{h_x} + \frac{R_u^{+0+,0+0} + R_u^{+0-,0-0}}{4h_x} \right); \quad (15)$$

$$\varepsilon_{zx}^{+x} = \alpha^{000} \alpha^{+00} \alpha^{+0+} \alpha^{+0-} \alpha^{00+} \alpha^{00-} \left(\frac{R_w^{+00,000}}{h_x} + \frac{R_u^{+0+,+0-} + R_u^{00+,00-}}{4h_z} \right); \quad (16)$$

Аналогично могут быть записаны выражения для граней -X, +Y, -Y, +Z, -Z. Символом R в выражениях (12)...(16) обозначена разность значений проекций смещений.

Обозначение $R_v^{+0+,+0-}$ есть разность смещений узлов сеточной модели $R_v^{+0+,+0-} = v^{+0+} - v^{+0-}$ или $R_v^{+0+,+0-} = v(i+1, j+1, k) - v(i+1, j-1, k)$.

Подстановка выражений для деформаций вида (13)...(16) в уравнения Коши, связывающие деформации и напряжения и, далее полученные соотношения в уравнения равновесия (9), (10), (11), позволит сократить число аргументов или составляющих перемещений до трех и получить три логико-математических уравнения равновесия в перемещениях.

Конечно-разностные логико-математические уравнения равновесия позволяют на основе их преобразования автоматизировать процесс построения системы разрешающих уравнений, представляющих решение. Это позволяет вычислить напряженно-деформированное состояние материала конструкции. Далее, с целью снижения материалоемкости конструкции, может быть организован вычислительный процесс автоматического целенаправленного преобразования формы конструкции по результатам оценки несущей способности.

Предлагаемый метод представления уравнений в частных производных в логико-математической форме математической позволяет решать широкий класс задач анализа и синтеза конструкций. В работе [12] показана логико-математическая форма конечно-разностной аппроксимации уравнения теплопроводности Фурье. Приведены результаты решения задач анализа и синтеза теплонагруженных конструкций.

Программные комплексы на основе логико-математических моделей позволяют решать задачи структурно-параметрического синтеза при заданном наборе элементов, на основе композиции или объединения которых автоматически могут формироваться различные объекты. На основе таких моделей могут быть созданы интеллектуальные программно-методические комплексы личностно-ориентированного обучения [13,14,15].

Для построения эволюционных дискретных логико-математических моделей также целесообразно использовать метод конечных элементов [16]. Эффективность такого подхода для решения значимых для обоснования проектных решений задач показана в работах [17,18].

Методология построения логико-математических дискретных моделей и создание на их основе программных комплексов моделирования позволяет создавать новые информационные технологии анализа и синтеза конструкций различного назначения [19,20,21].

Оценки соответствия полученных решений реальным физическим процессам выполняются на этапе тестирования математических моделей. В работе [2] тесты разделяются на три группы: внутренние; качественные; и количественные.

К внутренним тестам относятся проверки на выполнение симметрии решения, на скорость распространения малых возмущений, на выполнение интегральных законов сохранения, например импульса и энергии [2].

Качественные тесты состоят в сопоставлении результатов моделирования и экспериментальных данных. Например, сравниваются результаты моделирования и значения прогибов, напряжений и деформаций, полученные экспериментально по результатам визуализации физических процессов деформирования конструкций при соответствующих воздействиях.

Количественные тесты основаны на сравнении числовых результатов моделирования с известными аналитическими решениями и с результатами экспериментальных исследований реальных процессов.

Результаты решения тестовой задачи на растяжение пластины показаны на рисунке 4. Задано кинематическое смещение по сторонам по направлению оси Y.

Показана форма пластины при отсутствии воздействия и при его наличии. Воздействие приводит к уменьшению длины и естественному увеличению ширины на величину заданных смещений. Получено точное симметричное решение. Отношение продольных деформаций к поперечным соответствует заданному значению коэффициента Пуассона.

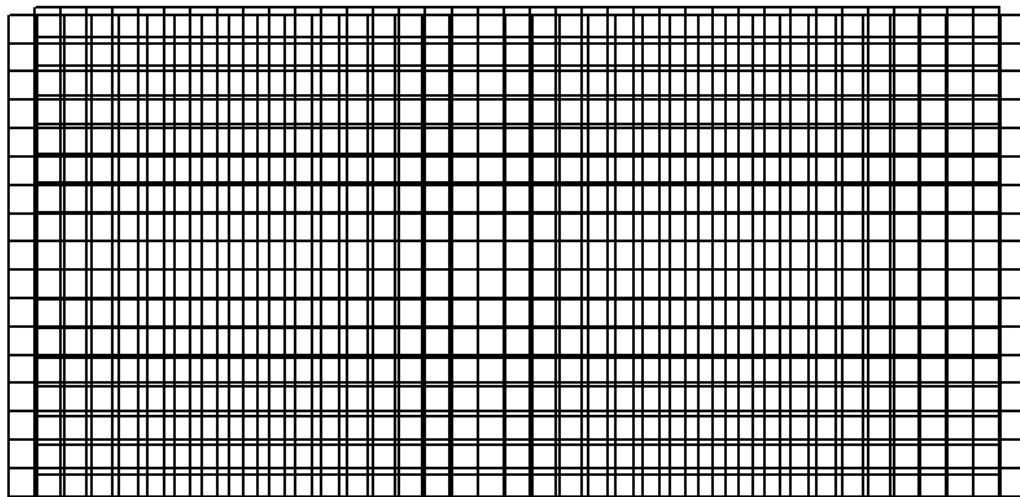


Рисунок 4 – Решение тестовой задачи. Растяжение

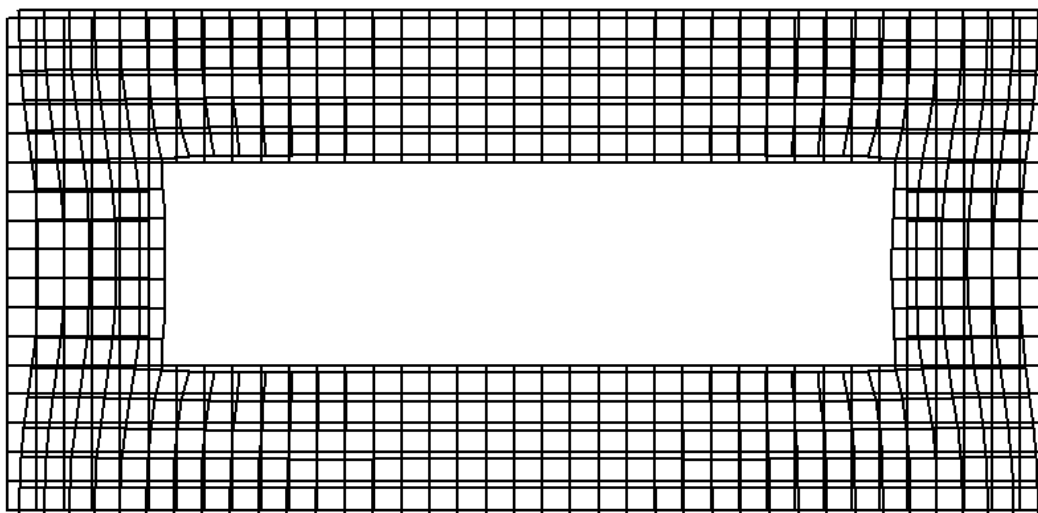


Рисунок 5 – Деформация рамки при растяжении и наличии отверстия

На рисунке 5 показано решение задачи при наличии отверстия в пластине. Вид деформаций существенно отличается от решения, показанного на рисунке 4.

Оценка работоспособности проектируемого изделия при прогнозируемых эксплуатационных воздействиях может быть дана по результатам вычисления напряженно-деформированного состояния материала конструкции.

Заключение. Предложен способ формального формирования шаблонов для получения разностных аналогов производных. Шаблоны формируются как для внутренних, так и для граничных узлов сеточной модели области проектирования, что дает возможность автоматического формирования разрешающих уравнений по описанию конструкции в области проектирования и заданным воздействиям и ограничениям.

Логико-математическое представление уравнений математической физики существенно

сокращает время на получение решений краевых задач на основе уравнения математической физики. Это позволяет вычислять напряженно-деформированное состояние конструкций при заданных воздействиях и ограничениях, реализовать алгоритмы автоматического синтеза формы нагруженных конструкций по заданным воздействиям и ограничениям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – 2-е изд., испр. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 320 с.
2. Численные методы в задачах физики быстропротекающих процессов : учебник для вузов / А.В. Бабкин, В.И. Колпаков, В.Н. Охотин, В.В. Селиванов. – 2-е изд., испр. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 520 с. – (Прикладная механика сплошных сред: В 3 т. / Науч. Ред. В.В. Селиванов;

Т.З).

3. Курносов В.Е. Теория и методы оптимального проектирования устройств радиотехники и связи на основе эволюционных дискретных моделей: дис. докт. техн. наук. Пенза: ПГУ, 1999. – 384 с.

4. Курносов В.Е. Эволюционный метод вычисления оптимальной формы конструкции В.Е. Курносов. – Измерительная техника. 1994. – № 5. – С. 9–11.

5. Волгин Л.И. Импликативная алгебра выбора как основа информационных технологий и систем управления в континуальной области / Л. И. Волгин, А. Б. Климовский, А. И. Зарукин. – «Чебышевский сборник» Т.IV. Вып. 1(5): Труды V Международной конференции «Алгебра и теория чисел: современные проблемы и приложения». Тула: Изд-во Тул. гос. пед. ун-та им. Л.Н. Толстого, 2003. – С.61–65.

6. Волгин Л.И. Алгебраические логики: взаимоотношения, законы и свойства. – М.: Новые технологии, 2003. – 24 с. – Приложение к журналу «Информационные технологии». №6. 2003.

7. Курносов В.Е. Формирование краевых задач в области проектирования на основе эволюционных уравнений. – Актуальные проблемы анализа и обеспечения надежности и качества приборов, устройств и систем: Сб. докладов международной конференции. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 1998. – С. 98–101.

8. Курносов В.Е. Эволюция формы – не имеющий аналогов метод синтеза конструкций. – Технический прогресс в атомной промышленности. Серия: Организация производства и прогрессивная технология в приборостроении. – Вып. 7-8. – М.: 1990. – С. 51.

9. Курносов В.Е. Эволюционный метод вычисления оптимальной формы конструкции. – Измерительная техника. – 1994. – №5. – С. 9–11.

10. Тимошенко С.П. Теория упругости / С.П. Тимошенко, Дж. Гудьер. – пер. с англ. под ред. Г.С. Шапиро. – 2 е изд. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1979. – 560 с.

11. Безухов Н. И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести: Учебник для втузов. Изд. 2-е, испр. и доп. – М: Высш. шк., 1968. – 512 с.

12. Курносов В.Е. Учебно-научный программный комплекс решения задач анализа и синтеза теплонагруженных конструкций / В.Е. Курносов Т.В. Андреева. – Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского, 2011. – № 26. – С. 522–528.

13. Курносов В.Е. Интеллектуальные программно-методические комплексы личностно-ориентированного обучения. – Педагогическое образование и наука. – М.: 2005, №4. – С. 61–63.

14. Моисеев В. Б. К построению моделей предметной области интеллектуальных обучающих систем / В.Б. Моисеев, В.Е. Курносов. – Академия профессионального образования. – Санкт-Петербург : 2006. – №1. – С.27–30.

15. Моисеев В. Б. Интеллектуальные программные комплексы проектирования и профессионального обучения / В.Б. Моисеев, В.Е. Курносов. – Перспективные технологии и оборудование для материаловедения, микро- и нанoeлектроники: Материалы семинара / Под ред. проф. Л.В. Кожитова, проф. В.К. Карпасюка. – М.: МГИУ, 2006. – С.447–452.

16. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. – 544 с.

17. Курносов В.Е. Особенности применения метода конечных элементов для решения задач синтеза формы конструкций. – Цифровые модели в проектировании и производстве РЭС: Межвуз. сб. науч. тр. — Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 1999. – Вып. 9. – С. 28–38.

18. Курносов В.Е. Метод конечных элементов в эволюционном моделировании формы конструкций РЭС. – Актуальные проблемы анализа и обеспечения надежности и качества приборов, устройств и систем: Сб. докладов международной конференции. – Часть 1. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. техн. ун-та, 1996. – С. 125–126.

19. Курносов В.Е. Информационные технологии проектирования изделий на основе эволюционных дискретных моделей. – Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: сборник статей XII Всероссийской научно-технической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2014. – С 63–69.

20. Курносов В.Е. Информационные технологии анализа и синтеза конструкций. Информационные технологии в проектировании и производстве: Науч.-техн. сб. – М.: ВИМИ, 2001. – № 4. – С. 41–45.

21. Курносов В.Е. Информационные технологии модельного конструирования электронной аппаратуры, устойчивой к динамическим воздействиям. – Информационные технологии в проектировании и производстве: Науч.-техн. сб. – М.: ВИМИ, 1999. – № 3. – С. 59–61.

Статья поступила в редакцию 18.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 05.13.00

ВОЗМОЖНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОГО НК-АВТОМАТА КАУФМАНА ПРИ ИМИТАЦИИ ОСОБОГО ПЕРИОДА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ

© 2018

Бабич Михаил Юрьевич, доктор технических наук, главный специалист

Акционерное общество «НПП «Рубин»

(440000, Россия, г. Пенза, ул. Байдукова, 2, e-mail: babichmj@mail.ru)

Бабич Андрей Михайлович, кандидат технических наук, инженер-программист

Акционерное общество «НПП «Рубин»

(440000, Россия, г. Пенза, ул. Байдукова, 2, e-mail: babichmj@mail.ru)

Аннотация. Рассматриваются организационно-технические системы, близкие к системам управления силовых структур. Изменения систем и их сред проходит по траектории, которую трудно спрогнозировать, так как существует период, близкий по своим характеристикам к периоду хаоса. Теоретически изменение системы и среды можно представить ориентированным графом, так как при заданных условиях сложно формализовать происходящие изменения нелинейными уравнениями. Моделирование периода хаоса для структуры ориентированного графа предлагается провести с помощью булевой сети, являющейся модифицированным НК-автоматом Кауфмана, отличающимся от классического расширенным представлением состояния автомата. Приводятся результаты экспериментов для ансамблей модифицированных НК-автоматов Кауфмана. Для уменьшения времени эксперимента задается параметр, равный проценту совпадения элементов состояния автомата, при котором состояния считаются равными. Приводятся данные о характерном резком увеличении длины цикла модифицированного НК-автомата Кауфмана, который имитирует наступление периода хаоса. Результаты экспериментов позволяют сделать вывод о том, что модифицированный НК-автомат Кауфмана может рассматриваться в качестве аппарата моделирования особого, близкого к хаосу периода функционирования систем. Рассматривается ряд проблем, которые можно исследовать с помощью модифицированного НК-автомата Кауфмана.

Ключевые слова: многоагентная система, среда системы, булева сеть, ориентированный граф, НК-автомат Кауфмана, период хаоса, ансамбль автоматов, цикл, мода циклов.

OPPORTUNITIES OF THE MODIFIED KAUFFMAN'S NK AUTOMATON IN IMITATION OF SYSTEM FUNCTIONING SPECIAL PERIOD

© 2018

Babich Mihail Jur'evich, doctor of technical sciences, department main specialist

Joint-stock company "NPP "Rubin"

(440000, Russia, Penza, Baydukov St., 2, e-mail: babichmj@mail.ru)

Babich Andrey Mihailovich, candidate of technical sciences, part-programming engineer

Joint-stock company "NPP "Rubin"

(440000, Russia, Penza, Baydukov St., 2, e-mail: babichmj@mail.ru)

Annotation. The article considers the organizational and technical systems that are close to the control systems of uniformed services. Changes of systems and their environments pass along a trajectory that is difficult to predict, since there is a period close in its characteristics to the period of chaos. Theoretically, the change in the system and the environment can be represented by a directed graph, since under given conditions it is difficult to formalize the changes taking place by nonlinear equations. It is proposed to simulate the period of chaos for the structure of a directed graph using a Boolean network, which is a modified Kaufman's NK automaton that differs from the classical automaton by extended representation of its state. The results of experiments for modified Kaufman's NK automaton ensembles are given. To reduce the time of the experiment, the new parameter is set equal to the percentage of coincidence of the automaton state elements, in which the states are considered equal. The data on the characteristic sharp increase in the cycle length of the modified Kaufman's NK automaton, which simulates the chaos period coming are given. The results of experiments give grounds to conclude that the modified Kaufman's NK automaton can be considered as a simulation tool for a special, near-chaos period of system functioning. The article considers a number of problems that can be investigated with the help of the modified Kaufman's NK automaton.

Keywords: multi-agent system, system environment, Boolean Network, directed graph, Kaufmann's NK automaton, chaos period, automaton ensembles, cycle, cycle mode.

Введение. Рассмотрим организационно-технические системы близкие по своему составу, функциям и задачам к автоматизированным системам управления силовыми структурами (МЧС, ФСБ, МВД и т.д.). В работе таких организационно-технических систем выделяется особый период функционирования, который можно назвать периодом хаоса по следующим признакам. Особый период функционирования характеризуется возникновением значительного числа переменных,

которые влияют на изменение состояния системы и среды ее функционирования самым неожиданным образом. Незначительное изменение таких переменных приводит к существенным изменениям состояния системы и среды. Кроме того, в особый период функционирования невозможно выделить период повторяемости состояния системы для заданного состояния ее среды. Наблюдается отсутствие статистических данных, которые позволяли бы осуществить формализацию смены

состояний системы, среды ее функционирования и спрогнозировать их изменение путем моделирования траектории $(S(t), C(t))$, где $S(t), C(t)$ – состояния системы и среды в момент времени t .

Систему S удобно представить в качестве многоагентной системы [1, 2], в состав которой входит множество A рациональных (интеллектуальных) агентов a нескольких типов: $a \in A \subset S$. Возможно, что в среду S входит другая система S' , являющаяся конкурентной по отношению к системе S .

Как было доказано, мышление человека в сложных условиях нехватки информации отличается от логики работы компьютера [3 – 8]. Хотя малый горизонт прогноза делает системы поддержки принятия решений, разрабатываемые традиционными методами, малоэффективными [9, 10], существуют различные подходы в использовании возможностей средств вычислительной техники в процессе принятия решения при аналогичных условиях. Для хорошо формализованных задач наступление состояния хаоса может быть описано несложными нелинейными уравнениями [11 – 15], однако наблюдается сложность в выборе математического аппарата, который был бы адекватен для приведенных условий при отсутствии статистики. Заметим, что состояние многоагентной системы и среды ее функционирования во многом зависит от состояния агентов, поэтому возможные варианты траекторий $(S(t), C(t))$ теоретически можно представить ориентированным графом, вершины которого соответствуют возможному состоянию агентов, частей системы и среды, на которые оказывают взаимное влияние агенты системы. Дуги соответствуют возможному выбору действия агентов, которые приводят к новому состоянию агентов, частей системы и среды (вершине). Представление ориентированным графом возможно только теоретически потому, что даже небольшое количество агентов и возможных их действий приводит к большому числу вариантов развития текущей ситуации. Тем не менее, попытаемся определить возможности использования в теоретических исследованиях математического аппарата, дающего возможность имитировать хаос в смене состояний, представимой ориентированным графом.

Ориентированным графом является известная булева сеть NK -автомат Кауфмана, состоящая из N элементов (вершин) [16, 17]. Каждая вершина соединена входными и выходными дугами с другими вершинами. Для каждой вершины не может быть более K входных дуг. Вершина может находиться в состоянии активности, обозначим активность через 1, или в состоянии пассивности – 0. Каждой вершине соответствует некоторая булева функция, являющаяся логическим переключателем. Например, если $K=2$ и булева функция вершины v является логическим «*And*», то вершина v будет активной, когда две ее входные вершины активны. В случае логического «*Or*» активность вершины v наступает при любой активной входной вершине. Смена активности происходит для всех вершин одновременно за один такт работы NK -автомата Кауфмана. Таким образом, состояние NK -автомата Кауфмана определяется как

$$P^j = (p_1, p_2, \dots, p_N) \quad (p_i = 0) \vee (p_i = 1), \quad (1)$$

где i – порядковый номер вершины, j – номер такта. Если P^0 – начальное распределение активности вершин, то смену состояний NK -автомата можно представить как P^0, P^1, P^2 и т.д. Количество различных состояний NK -автомата конечно. Это означает, что существует период, цикл или номер L , для которого выполняется:

$$P^{mL+j} = P^j, \quad (2)$$

где m – любое целое число, $j < L$. Если номер L достаточно большой, то считается, что булева сеть вошла в состояние хаоса. Что значит достаточно большой номер? То есть номер L резко возрастает по сравнению со средним значением цикла для ансамбля NK -автоматов. Показано, что при $K = 1$ поведение можно рассматривать как упорядоченное, при $K = 2$, как неустойчивое на границе хаоса (длина циклов незначительна), при $K = 3$ поведение NK -автомата изменяется, а именно, длина циклов резко увеличивается, то есть можно наблюдать наступление состояния хаоса.

Впервые NK -автомат Кауфмана был использован в качестве модели генетической системы в живых организмах. Автоматы с расширенными возможностями использовались в других исследованиях, например, [18]. В нашем случае предлагается рассматривать NK -автомат в качестве основы аппарата моделирования функций сложных систем, чьи изменения состояний представимы в виде ориентированного графа. Поэтому в NK -автомат Кауфмана были введены следующие изменения.

В процессе функционирования системы изменяются ее свойства, которые имитируются свойствами вершин. Следовательно, свойства вершин могут быть подвержены изменениям в период функционирования NK -автомата. Каждое состояние булевой сети $P^j = (p_1, p_2, \dots, p_N)$ было дополнено распределением булевых функций. Состояние P_M^j модифицированного NK -автомата после каждого такта определялось как

$$P_M^j = (p_1, p_2, \dots, p_N, b_1, b_2, \dots, b_N), \quad (3)$$

где b_i – булевы функции, то есть $P_M^j = P^j B^j$, $B^j = (b_1, b_2, \dots, b_N)$. Одному состоянию NK -автомата P^j соответствовало только одно распределение B^j , которое изменялось на следующем шаге работы NK -автомата вместе с P^j .

Для каждой вершины NK -автомата Кауфмана имеется 2^K возможных вариантов распределения активности входных вершин. Так как в случае (3) количество возможных вариантов резко возрастает, в модифицированном NK -автомате Кауфмана рассматривались всего две булевы функции: логические «*And*» и «*Or*», то есть всего 2 варианта, имитирующие устойчивость и неустойчивость вершины к возможным изменениям активности. Это несколько изменяло численные характеристики классического NK -автомата Кауфмана. Кроме того, был введен параметр, определяющий приблизительное

равенство состояний $P_M^j - U$. Состояния считались равными, когда процент совпадения p_i, b_i достигал U . Работа автомата завершалась, когда находилось два равных состояния. В этом случае последовательность состояний (3) достигала своего цикла.

Необходимо убедиться, сохраняются ли свойства НК-автомата Кауфмана для модифицированного случая, возможно ли имитировать состояние

хаоса?

Материалы и результаты исследований. Проводились эксперименты с ансамблями модифицированных НК-автоматов, состоящими из 10, 30, 50, 75 и 100 вершин, при значении K от 2 до 5. Рассматривались ансамбли из 3500 НК-автоматов. Результаты представлены в таблицах 1 – 5.

Таблица 1 – $N=10$

K	U	Средний цикл	Мода циклов	Максимальный цикл
2	100	3,32	4,14	46
3	100	8,25	6,49	89
4	100	13,89	6,96	89
5	100	16,79	8,62	107

Таблица 2 – $N=30$

K	U	Средний цикл	Мода циклов	Максимальный цикл
2	100	3,04	17,08	308
3	100	2503,89	2854,30	53561
4	95	932,10	381,78	4759
5	95	937,61	407,75	5241

Таблица 3 – $N=50$

K	U	Средний цикл	Мода циклов	Максимальный цикл
2	100	2,74	23,06	430
3	85	589,76	235,67	3244
4	85	808,54	342,44	4419
5	85	826,31	376,56	4736

Таблица 4 – $N=75$

K	U	Средний цикл	Мода циклов	Максимальный цикл
2	100	2,27	26,04	489
3	80	1724,76	713,38	9337
4	80	2173,98	830,95	10799
5	80	2227,05	1136,19	15391

Таблица 5 – $N=100$

K	U	Средний цикл	Мода циклов	Максимальный цикл
2	100	2,01	38,03	736
3	75	966,52	401,47	5408
4	75	1148,13	480,10	6157
5	75	1187,23	493,88	6432

Как видно из приведенных таблиц, наблюдалось резкое возрастание длины циклов при смене параметра K с 2 входных дуг на 3 входные дуги. Однако значение U для $K \geq 3$ отличалось от 100%. Можно предположить, что в этом случае длина цикла уменьшалась, то есть при $U = 100\%$ скачок в

длине циклов еще больше вырос. Влияние значения U на длину циклов было проверено. Результаты приведены в таблицах 6 – 8. Предположение подтвердилось: с возрастанием значения U длина циклов увеличивается.

Таблица 6 – $N=20, K=3$

U	Средний цикл	Мода циклов	Максимальный цикл
50	1,36	1.63	4
65	2,28	2,26	8
75	4,25	3.00	25
85	12,31	7,16	96
95	69,33	34,83	556
100	130,76	99,41	1810

Таблица 7 – $N=30, K=3$

U	Средний цикл	Мода циклов	Максимальный цикл
50	1.39	1.64	4
65	3.36	2.58	16
75	6.46	3.83	33
85	76.33	31.90	456
95	504.23	213.89	3351
100	2503.89	2854,30	53561

Таблица 8 – $N=40, K=3$

U	Средний цикл	Мода циклов	Максимальный цикл
50	1,46	1,69	4
65	3,67	2,64	14
75	15,27	7,47	74
85	196,7	47,83	705
95	8907,12	3353,56	52296
100	–	–	–

В таблице 8 приведены результаты для ансамбля из 100 НК-автоматов.

Были рассмотрены возможности достижения состояния хаоса в модифицированном НК-автомате Кауффмана при увеличении числа вершин и дуг. Старт осуществлялся с модифицированного НК-автомата для $N = 30, K = 2$. Использовались ансамбли из 100 модифицированных НК-автоматов. Каждая булева сеть ансамбля имела структуру, распределение активных вершин и булевых функций, которые оставались неизменными до завершения работы с ансамблем. После завершения работы с каждой булевой сетью ансамбля вероятностным образом

создавались дополнительные дуги и вершины. Перед экспериментом определялась предельная длина циклов (среднего и максимально), совпадающая с предыдущими экспериментами с модифицированными НК-автоматами, состоящими из 30, 50, 75, 100 вершин, при $K = 3$ (столбец «Примечание» таблицы 9). При превышении одного из предельных значений циклов эксперимент завершался, и подсчитывалось количество вершин и общее число входных, выходных дуг (столбцы «Число вершин», «Число дуг» таблицы 9). Результаты четырех экспериментов представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Старт при $N = 30, K = 2$

№	Достигнутые		Предельные		Число вершин	Число дуг	Примечание
	средний цикл	макс. цикл	средний цикл	макс. цикл			
1	90,63	388	75	500	39	210	Предельные циклы для $U=85\%, K=3, N=30$
2	634,68	2286	580	3000	48	288	Предельные циклы для $U=85\%, K=3, N=50$
3	1737,8	6107	1720	9330	72	546	Предельные циклы для $U=80\%, K=3, N=75$
4	1030,69	3806	960	5400	53	334	Предельные циклы для $U=75\%, K=3, N=100$

Заключение. Проведенные эксперименты показали, что для модифицированного НК-автомата Кауфмана основное свойство классического НК-автомата Кауфмана повторяется, а именно: начиная с $K=3$, наблюдается резкое увеличение длины цикла состояний автомата, что имитирует возникновение периода хаоса.

Таким образом, можно сделать вывод, что модифицированные НК-автоматы могут рассматриваться в качестве аппарата моделирования особого, близкого к хаосу периода функционирования систем, для которых смена состояний может быть представлена в виде ориентированного графа.

Какие проблемы можно исследовать с помощью модифицированного НК-автомата Кауфмана? Например:

- проблема одновременного достижения незапланированного хаоса в процессе функционирования двух или нескольких конкурирующих систем;
- проблема достижения хаоса в процессе сдерживания конфликтов между коалициями;
- проблема неустойчивого состояния системы при приближении периода хаоса, вследствие принадлежности агентов нескольким системам [19, 20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. М.: Вильямс, 2006. 1048 с.
2. Википедия. Интеллектуальный агент. – Адрес доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/интеллектуальный_агент (Дата обращения 01.08.2018).
3. Lakoff J. Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind. –University of Chicago Press, 1987. 614 p.
4. Роуз С. Устройство памяти: от молекул к сознанию. М.: Мир, 1995. 384 с
5. Поспелов Д.А. Метафора, образ и символ в познании мира // Новости искусственного интеллекта, 1998. № 1. С. 4–14.
6. Ришар Ж.Ф. Ментальная активность. Понимание, рассуждение, нахождение решений. М.: Институт психологии РАН, 1998. 232 с.
7. Пинкер С. Язык как инстинкт. М.: Едиториал УРСС, 2004. 464 с.
8. Баррет Лиза Ф. Как рождаются эмоции. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2018. 472 с.
9. Круглов В.В. Военное прогнозирование: состояние, возможности и реализация результатов // Военная мысль. 2016. № 12. С. 33–38
10. Дорожкин А.Д., Колыванов А.В., Щербаков Е.С. Потенциальные возможности прогнозирования хода и исхода боевых действий с применением различных видов математических моделей // Военная мысль. 2016. №12. С. 67–71.
11. Хакен Г. Синергетика М.: Мир, 1979. 388 с.
12. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. М.:

Едиториал УРСС, 2003. 288 с.

13. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основания синергетики. Синергетическое мировоззрение. М.: Книжный дом ЛИБРОКОМ, 2014. 256 с.
14. Малинецкий Г.Г. Математические основы синергетики: хаос, структуры, вычислительный эксперимент. М.: Книжный дом Либерком, 2015. 310 с.
15. Чернавский Д.С. Синергетика и информация: динамическая теория информации. М.: Книжный дом Либерком, 2015. 276 с.
16. Kauffman S.A. The Origin of Order: Self-Organization and Selection in Evolution. New York-Oxford: Oxford University Press. 1993. 710 p.
17. Кауфман С.А. Антихаос и приспособление // В мире науки. 1991. №10. С. 58–65.
18. Кольчугина Е.А. Исследование свойств цифровых организмов с помощью НК-подобных автоматов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2011. № 11. С. 20–24.
19. Кузнецов В.И., Пеньков Д.А., Ручкин С.В. К вопросу оценки соотношения стратегических сил сторон в многополярном мире // Военная мысль. 2016. № 8. С. 15–19.
20. Клюев В.В., Резчиков А.Ф., Кушников В.А., Богомолов А.С., Иващенко В.А. Математические модели и информационные технологии предотвращения неблагоприятных сочетаний событий в критические периоды развития государств // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2017. №2. С. 40–47.

Статья поступила в редакцию 26.09.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 316.422

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ И СЦЕНАРИЕВ РАЗВИТИЯ «УМНЫХ ГОРОДОВ»

© 2018

Видясова Людмила Александровна, кандидат социологических наук, начальник отдела мониторинговых исследований Центра технологий электронного правительства Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики
(199034, Россия, Санкт-Петербург, Биржевая линия, 14, лит. А,
e-mail: bershadskaya.lyudmila@gmail.com)

Качурина Полина Андреевна, инженер отдела мониторинговых исследований Центра технологий электронного правительства Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики
(199034, Россия, Санкт-Петербург, Биржевая линия, 14, лит. А, e-mail: ylpolina@yandex.ru)

Аннотация. В статье проводится анализ моделей и сценариев развития «умных городов» (smart cities) из мировой практики. Анализ проведен на основе выборочного исследования кейсов мировых практик. В работе использованы материалы исследований крупных международных компаний McKinsey, Persistence Market Research, Frost & Sullivan, Navigant Research, Machina Research, Juniper Research. Рассматриваются основные составляющие данной концепции, используемые термины и подходы. По результатам проведенного анализа, объем глобального рынка «умных» городов достигнет отметки в \$3,482 триллиона к 2026 году. Основным драйвером роста данного рынка считается искусственный интеллект. В работе выделены три ключевых подхода к модели строения умного города: якорь, платформа и бета-город. Описан опыт Сонгдо, Фудзисавы, Чикаго, Мальме, Лондона. При описании кейсов делается упор на стратегическое планирование, объемы инвестиций, определение приоритетных областей, стратегии взаимодействия между государством и бизнесом, создание необходимой инфраструктуры и организацию технической поддержки. По результатам анализа делается вывод о внедрении ключевых направлений умных городов в каждом отдельном кейсе, при отсутствии их объединения в единую комплексную систему. В заключение делается вывод о необходимости интеграции интеллектуальных систем для повышения эффективности строительства «умных городов».

Ключевые слова: умный город, сценарий развития, городское планирование, ИТ инвестиции, модели

ANALYSIS OF MODELS AND SCENARIOS OF SMART CITIES DEVELOPMENT

© 2018

Vidiasova Lyudmila Aleksandrovna, Ph.D. (Social Science), head of the monitoring & research department, e-Governance Center
Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics
(199034, Russia, St. Petersburg, Birzhevaya line, 14, lit. A,
e-mail: bershadskaya.lyudmila@gmail.com)

Kachurina Polina Andreevna, engineer of the monitoring & research department, e-Governance Center
Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics
(199034, Russia, St. Petersburg, Birzhevaya line, 14, lit. A, e-mail: ylpolina@yandex.ru)

Abstract. The paper presents models and scenarios for smart cities development from the world practice. The research materials of major international companies McKinsey, Persistence Market Research, Frost & Sullivan, Navigant Research, Machina Research, Juniper Research were used in this work. The main components of this concept are considered, as well as the terms and approaches used. According to the research results, the volume of the global market of “smart” cities will reach \$ 3,482 trillion by 2026. The main driver of growth in this market is artificial intelligence. The research highlights three key approaches to the smart city structure model: anchor, platform, and beta city. The experience of Songdo, Fujisawa, Chicago, Malmo, and London is described. The smart city cases’ description is focused on strategic planning, investment volumes, priority areas identification, strategies of interaction between the state and business, creation of the necessary infrastructure and organization of technical support. According to the analysis results, it is concluded that the implementation of smart cities key areas in each practical case demonstrated the absence of their combination into a single integrated system. In summary, the conclusion is made about the need to integrate intellectual systems to increase the efficiency of building smart cities.

Keywords: smart city, development scenario, urban planning, IT investments, models

Введение. На современном этапе развития человечество сталкивается с различными вызовами и проблемами. Одной из наиболее актуальных тенденций современности является непрерывная урбанизация, которая неизбежно приносит с собой проблему увеличения нагрузки на городскую среду и усложняет экологическую и экономическую ситуацию в городах, а вместе с тем проблемы грамотного расходования энергоресурсов и построе

ния комфортной инфраструктуры. Решить выше-названные проблемы, модернизировать городское пространство и сделать города более комфортными и безопасными для жизни способна трансформация индустриальных городов в так называемые «умные города» (от англ. smart city) [1, 2]. Концепция «умного» города предполагает широкое применение инфокоммуникационных технологий в различных сферах городской жизни с целью стимулирования

экономического роста [3], улучшения качества жизни [4], а также грамотного использования ресурсов [5].

Цели исследования. В настоящей статье приводится обзор подходов, моделей и сценариев развития «умных городов», составленный на основе кейс-стади из мировой практики.

В последние годы к концепции Smart City обращаются в научных, правительственных и бизнес кругах. Ежегодно в мире увеличивается количество «умных» городов. По данным консалтинговой компании McKinsey, к 2020 году в мире будет около 600 интеллектуальных городов [6].

Говоря о концепции «умного» города, считаем важным отметить, что наряду с традиционным и, пожалуй, наиболее часто используемым термином smart city, также встречаются такие аббревиатуры, как:

- SSC (англ. Smart Sustainable City) – «Умный» устойчивый город. Согласно ITU&UNECE, SSC – это инновационный город, который использует информационные и коммуникационные технологии (ИКТ) и другие средства для улучшения качества жизни, повышения эффективности функционирования города, улучшения качества услуг; в то же время город отвечает всем потребностям как нынешнего, так и будущих поколений в отношении экономических, социальных, экологических, а также культурные аспекты.

- DDC, также используется аббревиатура DDSC (англ. Data-Driven Smart City) – «умный» город, управляемый данными. Эксперты PwC в докладе «Города, управляемый данными» отмечают, что «город, управляемый данными, характеризуется способностью муниципальных органов использовать технологии сбора, обработки и анализа данных для улучшения социальной, экономической, экологической ситуации и повышения уровня жизни жителей» [7]. Аналитики компании в том же докладе отмечают, что такой феномен как DDC «породили цифровая революция и повсеместное распространение интернета».

Методы исследования. В настоящей статье представлены результаты анализа моделей и сценариев развития умных городов, проведенного на основе выборочного исследования кейсов мировых практик.

Материалы и результаты исследования. Согласно прогнозам компании Persistence Market Research, объем глобального рынка «умных» городов достигнет отметки в \$3,482 триллиона к 2026 году. Эксперты также отмечают, что большое количество интересных решений для интеллектуализации городов представляют Азиатские страны с развивающейся экономикой [8].

Эксперты Frost & Sullivan [9] отмечают, что именно искусственный интеллект (AI) станет драйвером роста рынка. Они напоминают, что в последние 2 года именно в этой области наблюдалась высокая инвестиционная активность. Что касается ключевых игроков, то в этой области традиционными лидерами, новаторами аналитики считают компании Google, IBM, и Microsoft. Аналитики

Navigant Research полагают, что крупнейшим региональным рынком станет Азиатско-Тихоокеанский регион [10].

Авторы статьи «Умные города: модели, инструменты, рэнкинги и стандарты», рассуждая о различных моделях реализации интеллектуальных городов, пишут: «Модели реализации умных городов, во-первых, изменяются со временем по ходу накопления опыта их проектирования, во-вторых, они обладают большим разнообразием, поскольку компании-разработчики умных городов специализируются на городах в определенном климатическом регионе, ну и поставщики городских и ИКТ-технологий у компаний-разработчиков тоже разные, что затрудняет их типовую автоматизацию» [11].

В 2016 году эксперты Machina Research по заказу технологического гиганта Nokia провели исследование 22 городов, в рамках которого изучили, какие стратегии интеллектуализации они применяют. В отчете аналитики выделяют 3 разных подхода, которым следуют города для того, чтобы стать «умнее». Согласно «Smart City Playbook», города могут пойти одним из следующих путей [12]:

- «ЯКОРЬ» (англ. anchor). Этот путь предполагает, что город внедряет одно приложение для решения конкретной острой проблемы (например, транспортной – перегруженность дорог), а с течением времени, добавляются и другие приложения.

- «ПЛАТФОРМА» (англ. platform). Этот путь предполагает создание базовой инфраструктуры, необходимой для поддержки широкого спектра интеллектуальных приложений и сервисов.

- «БЕТА-ГОРОДА» (англ. Beta Cities). Этот путь предполагает, что город пробует несколько приложений в рамках пилотного запуска, далее, оценивает эффективность и качество их работы, а уже после принимает окончательное решение о долгосрочном внедрении того или иного приложения.

Строительство «умной инфраструктуры» эксперты Forbes оценивают в \$20-30 млн для гипотетического города с населением до 500 тыс. человек [13]. При этом исследовательский интерес представляет рассмотрение кейсов создания «умных городов», среди которых можно выделить две основные группы: города, созданные с нуля, и города, созданные в уже существующих условиях.

Город Сонгдо в Южной Корее на сегодняшний день один из самых известных в мире «умных» городов, построенных с нуля. Реализация проекта интеллектуального города началась здесь еще в 2001 году. Эксперты оценивают стоимость Сонгдо в \$40 млрд. Что касается финансирования данного проекта, то здесь все построено на государственно-частном партнерстве [14]. В этом городе высокие технологии применяются буквально во всех сферах: транспорт, строительство, экология. Кроме того, у каждого жителя города есть смарт-карта, которая с легкостью позволяет пользоваться городскими услугами.

По первоначальной задумке, завершить проект планировалось в 2015 году, но Сонгдо по сей день остается незавершенным. Теперь дата перенесена на 2022 год. «Налоговые стимулы и другие льготы должны привлечь процветающее сообщество

иностранных предпринимателей и рабочих, но в последние 15 лет, только горстка компаний, некоммерческих организаций и университетов открыли офисы в Сонгдо», - пишет Citylab [15], добавляя, что сегодня население города составляет около 100 тыс. человек.

Фудзисава в Японии является одним из самых удачных примеров реализации смарт-сити. Смарт-сити «открылся» в 2016 году на участке в 19 гектаров, где раньше располагалась одна из фабрик компании Panasonic, которая является главным разработчиком проекта. Общий же объем инвестиций в данный проект превысил \$500 млн [16]. Во всех домах, расположенных в «умном» городе используют исключительно солнечную энергию, а также здесь используются водосберегающие технологии. По задумке, такой подход поможет значительно снизить потребление электроэнергии и воды. Особое внимание при создании «умного города» выделяется реализации социально-экономических сервисов, таких как совместное использование электроинструментов между соседями, каршеринг, коллективные занятия спортом или иностранными языками и т.д. Одним из нововведений является также блог, где жители публикуют инициативу по благоустройству.

Чикаго является одним из продвинутых городов США в области смартизации. В 2015 году исследователями из Университета Чикаго был представлен проект *Aggra of Things* [17], реализация которого превратит город в один из интеллектуальнейших и высокотехнологичных в мире. Названный проект предусматривает размещение в городе специальных датчиков и камер, мониторинг информации с которых поможет властям города оперативно реагировать на возникающие в городской среде проблемы в разных областях: транспорт, экология, безопасность и др. Все риски, связанные со сбором и использованием большого объема информации, были учтены при разработке. В качестве решения предложили создание специальной независимой группы (комитета), которая будет наблюдать за процессом сбора информации, охраняя персональные данные граждан и другие показатели приватности. Активное участие в разработке проекта принимает компания *Product Development Technologies*. Техническую поддержку проекту оказывают такие гиганты как Cisco, Microsoft, Schneider Electric, Intel, Motorola Solutions и Zebra Technologies.

Умная трансформация города Мальме (Швеция) – яркий пример того, как можно снизить негативное влияние на окружающую среду. Мальме начал свои преобразования еще в 2000-ых годах. Это был промышленный город с ужасающей экологической ситуацией. Но стремление властей и жителей преобразили его в настоящий эко-рай. Особую известность в городе получил район Вэстра Хамнен, где количество выбросов углерода снижено до нуля [18]. Планируется также, что к 2030 году этот город будет работать на возобновляемых источниках энергии. Экологическая составляющая рассматривается Мальме в качестве основной силы для «умных» преобразований.

Согласно рейтингу, представленному компанией Juniper Research совместно с Intel, Лондон входит в ТОП-3 самых «умных» городов мира [19]. Пять

лет назад городские власти приступили к преобразованиям города в технологической сфере, представив план «Smart London». Многие исследователи отмечают, что особенно успешно интеллектуализируется транспортная сфера города. Собранные данные позволяют Управлению транспорта Лондона эффективно управлять транспортной системой, а также быстро и эффективно справляться с возникающими проблемами [20]. Кроме того, большое внимание уделяется продвижению стратегии развития «умного города», в том числе и самими властями.

Выводы. В заключении проведенного обзора важно отметить следующее: в настоящее время во многих городах есть ряд внедренных по каждому отдельному направлению «умных» решений, но между собой они не всегда объединены, – а именно эта взаимосвязь всех направлений и есть ключ к эффективному функционированию «умного города» [9]. В реализуемых проектах важна интеграция технологически решений из разных сфер: освещение, транспорт, управление отходами и т.д., с использованием искусственного интеллекта.

Таким образом, мы можем сделать вывод, что в ближайшем будущем «умные» города будут сфокусированы на задаче постепенного объединения внедренных (и внедряемых) технологий в единый «организм» для организации эффективного процесса управления городским пространством на основе полученных данных.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-78-10079 «Исследование моделей адаптации концепции Smart City в условиях современного российского общества»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Gil-Garcia J. R., Pardo T. A., Nam T. What makes a city smart? Identifying core components and proposing an integrative and comprehensive conceptualization // *Information Polity*. – 2015. – №20 (1). – P. 61–68.
2. Dameri R.P. Searching for Smart City Definition: A Comprehensive Proposal // *International Journal of Computers & Technology*. – 2013. – №11(5). – P. 2544–2551.
3. Hollands R.G. Critical Interventions into the Corporate Smart City // *Cambridge Journal of Regions Economy and Society*. – 2015. – №8 (1). – P. 61–77. doi:10.1093/cjres/rsu011
4. Joss S., Cook M., Dayot Y. Smart Cities: Towards a New Citizenship Regime? A Discourse Analysis of the British Smart City Standard // *Journal of Urban Technology*. – 2017. №24 (4). P. 29–49. doi:10.1080/10630732.2017.1336027
5. Chourabi H., Nam T., Walker S., Gil-Garcia J. R., Mellouli S., Nahon K., Pardo T.A., Scholl H.J. Understanding Smart Cities: An Integrative Framework // *Proceedings of the 45th Hawaii International Conference on System Science (HICSS)*. – 2012. – pp. 2289–97. doi:10.1109/HICSS.2012.615
6. Smart City: города будущего, которые уже существуют // *Мир 24*. – 26.09.2017. – Электронный ресурс: <https://mir24.tv/articles/16269345/>

smart-city-goroda-budushchego-kotorye-uzhe-sushchestvuyut

7. Города, управляемые данными // Отчет PricewaterhouseCoopers. – 2016. – Электронный ресурс: https://www.pwc.ru/ru/government-and-public-sector/assets/ddc_rus.pdf.

8. Global Smart Cities Market to Reach US\$ 3.482 Trillion by 2026, APEJ to Outpace North America // Persistence Market Research Pvt. Ltd. – 04.01.2017. – Электронный ресурс: <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-smart-cities-market-to-reach-us-3482-trillion-by-2026-apej-to-outpace-north-america-609626355.html>.

9. Smart cities market to be worth over \$2 trillion by 2025 // Smart Cities World. – 09.04.2018. – Электронный ресурс: <https://www.smartcitiesworld.net/news/news/smart-cities-market-to-be-worth-over-2-trillion-by-2025-2785>.

10. Smart Technologies and Infrastructure for Energy, Water, Transportation, Buildings, and Government: Business Drivers, City and Supplier Profiles, Market Analysis, and Forecasts // Navigant Research Report. – 2014. – Электронный ресурс: <http://boletines.prisadigital.com/smartcities.pdf>.

11. Дрожжинов В.И., Куприяновский В.П., Намиот Д.Е., Синягов С.А., Харитонов А.А. Умные города: модели, инструменты, рэнкинги и стандарты // International Journal of Open Information Technologies. 2017. – №3. – Электронный ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/umnye-goroda-modeli-instrumenty-renkingi-i-standarty>.

12. 'Smart City Playbook' commissioned by Nokia identifies best practices from 22 smart cities around the world // Nokia press release. – 08.11.2016. – Электронный ресурс: https://www.nokia.com/en_int/ws/releases/2016/11/08/smart-city-playbook-commissioned-by-nokia-identifies-best-practices-from-22-smart-cities-around-the-world.

13. Данилин А. Доступная «цифра»: так ли дорого сделать город «умным» // Forbes. – 29.04.2017. – Электронный ресурс: <http://www.forbes.ru/tehnologii/342231-dostupnaya-cifra-tak-li-dorogo-sdelat-gorod-umnym>

14. Складенко М. Там, где все счастливы // Эксперт Online. – 2017. – Электронный ресурс: <http://expert.ru/northwest/2017/27/tam-gde-vse-schastlivyi>.

15. Sleepy in Songdo, Korea's Smartest City // Citylab. – 22.06.2018. – Электронный ресурс: <https://www.citylab.com/life/2018/06/sleepy-in-songdo-koreas-smartest-city/561374>.

16. Белкин Н. Как устроен «экологичный умный город» Фудзисава // Hi-tech Вести. – 02.12.2014. – Электронный ресурс: <https://hitech.vesti.ru/article/623354>.

17. Array of Things // Электронный сайт проекта: <https://arrayofthings.github.io/>.

18. Экология как норма жизни // Портал о городах Швеции. – 22.05.2018. – Электронный ресурс: <https://sweden.ru/ljudi/ekologiya-kak-norma-zhizni/>.

19. Самые умные города мира // Ведомости. – 13.03.2018. – Электронный ресурс: <https://www.vedomosti.ru/technology/galleries/2018/03/13/753384-nazvani-samie-umnie#/galleries/140737493785660/normal/2>.

20. Байназаров Н. 5 самых «умных» городов мира // Rusbase. – 03.08.2016. – Электронный ресурс: <https://rb.ru/list/smartest-cities/>.

Статья поступила в редакцию 26.09.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 004.4

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ КРИПТОГРАФИЧЕСКОГО БЛОКА СЖАТИЯ ХЕШ-ФУНКЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛНОСВЯЗНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

© 2018

Дубравин Алексей Викторович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Информатика и вычислительная техника»

Пензенский государственный университет

(119119, Россия, г. Москва, проспект Ленинский, 42, e-mail: radamsa@yandex.ru)

Петкилев Александр Алексеевич, разработчик

ООО «Ай-Тек-ВЦ»

(119119, Россия, г. Москва, проспект Ленинский, 42, e-mail: petkilev-pnz@yandex.ru)

Балаев Кирилл Артемович, разработчик

ООО «Ай-Тек-ВЦ»

(119119, Россия, г. Москва, проспект Ленинский, 42, e-mail: Kirill.Nemecus@gmail.com)

Межгорин Даниил Сергеевич, магистрант кафедры «Системы автоматизированного проектирования»

Пензенский государственный университет

(440000, Россия, Пенза, улица Красная, 40, e-mail: mezhgorin@yandex.ru)

Аннотация. В данной статье предлагается подход для построения блока сжатия криптографической хеш-функции. Метод основан на использовании свойств нейронных сетей и хаотических отображений. В задачах хранения и обработки парольных фраз как на локальном компьютере, так и на сервере баз данных существует необходимость обеспечивать высокий уровень информационной безопасности. Для решения данной задачи используются криптографические хеш-функции. В данной статье рассматривается возможность применения сжимающей функции на основе нейронной сети и хаотического отображения для дальнейшего использования в построении хеш алгоритма.

Ключевые слова: машинное обучение, нейронные сети, хеш-функция, криптография, хаотическое отображение.

CRYPTOGRAPHIC HASH FUNCTION'S COMPRESSION BLOCK CREATION METHOD BASED ON FULLY CONNECTED NEURAL NETWORK

© 2018

Dubravın Aleksey Victorovich, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department "Information and Computing Systems"

Penza State University

(440000, Russia, Penza, Krasnays St., 40, e-mail: radamsa@yandex.ru)

Petkilev Alexander Alexeyevich, developer

LLC "AI-Teko CC"

(119119, Russia, Moscow, Leninsky Avenue, 42, e-mail: petkilev-pnz@yandex.ru)

Balaev Kirill Artemovich, developer

LLC "AI-Teko CC"

(119119, Russia, Moscow, Leninsky Avenue, 42, e-mail: Kirill.Nemecus@gmail.com)

Mezhgorin Daniil Sergeevich, undergraduate of the Department "Systems of computer-aided design

Penza State University

(440000, Russia, Penza, Krasnays St., 40, e-mail: mezhgorin@yandex.ru)

Abstract. In this paper we present cryptographic hash function's compression block creation method. This method based on properties of neural network and chaotic map. There is a big demand for high level of informational security while processing and storing password both on the local computer and on database server. To answer this demand typically use cryptography hash function. In the following article we observe the probability of using compression function based on the neural network and chaotic map, to create hash-algorithm.

Keywords: machine learning, neural networks, hash function, cryptography, chaotic map.

Возможность применения нейронных сетей в криптографии были исследованы в работах по разработке потоковых шифров [1,2,14,16], блок-шифров [3,4,14,16] и хеш-функции [5-14,16]. Предлагается использовать полностью связную нейронную сеть с хаотическим отображением на выходе. Определим полностью связную нейронную сеть как: $Y = f^T(W_2(W_1(W_0 * X + B_0) + B_1) + B_2)$, (1)

где $i=0,1,2$ – номер каждого слоя, W_i и B_i – веса и биас нейронов слоя, T – количество повторений функции $f(Z)$.

Определим операцию логического сдвига в виде символа \gg , тогда функция хаотического отображения $f(Z)$ будет иметь следующий вид:

$$f(Z) = Z * (\maxVal - Z) \gg 2, \quad (2)$$

где Z – выход с нейронной сети, \maxValue – максимально возможное значение $Z + 1$.

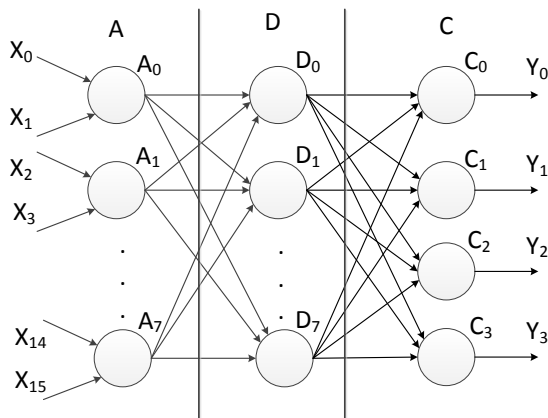


Рисунок 1 – Блок сжатия хеш-функции

Данное хаотическое отображение имеет свойство чувствительности к входным параметрам. Если просчитать функцию хаотического отображения T раз ($T > 10$), то небольшие различия во входных параметрах приведут к значительным отличиям в итерировуемых значениях.

Входной вектор $X = [X_0 X_1 \dots X_{15}]$ состоит из 16 целых чисел без знака размером 64 бит каждое, тем самым образуя размер входного блока 1024 бит.

Слой $A = [A_0 A_1 \dots A_7]$ – слой из 8 нейронов без функции активации, содержащий значения весов и биас W_0, B_0 . Размерность матрицы весов и биаса слоя A составляет $[8, 1]$.

Слой $D = [D_0 D_1 \dots D_7]$ – слой из 8 нейронов без функции активации, содержащий значения весов и биас W_1, B_1 . Слои A и D являются полностью связанными относительно друг друга. Размерность матрицы весов слоя D составляет $[8, 8]$, а биаса – $[8, 1]$.

Слой $C = [C_0 C_1 C_2 C_3]$ – слой из 4 нейронов с функцией хаотического отображения $f(Z)$ на выходе, содержащий значения весов и биас W_1, B_1 . Слои D и C являются полностью связанными относительно друг друга. Размерность матрицы весов слоя C составляет $[8, 4]$, а биаса – $[4, 1]$.

Выходной вектор $Y = [Y_0 Y_1 Y_2 Y_3]$ состоит из 4 значений без знаковых целых чисел размеров 64 бит, тем самым образуя дайджест сообщения

размером 256 бит.

Свойство односторонности

Согласно формуле (1) в предложенной функции сжатия Y является легко вычисляемым значением при известном значении X и слоев A, D, C , но вычисление X и A, D, C , зная только Y , является вычислительно сложным.

Выход Y представляет из себя:

$$Y_i = f^T(C_i) = f^T \left(\sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 W_{2,i} * D_{i*j} + B_{2,i} \right), (3)$$

Используя метод полного перебора для того, чтобы получить X , необходимо вычислить функцию 2^{256} раз, что при существующем уровне развития вычислительной техники потребует продолжительного времени, а именно более 10^{60} лет.

Высокая чувствительность

Хеш-функция должна удовлетворять требованию чувствительности, т.е. для входных данных, отличающимися только 1 битом, должны вычисляться сильно различные дайджесты (рисунок 2).

Также важной характеристикой является частота изменения каждого бита выходной последовательности (рисунок 3). Т.к. все значения лежат около 50%, то можно говорить, что предложенный блок сжатия удовлетворяет требованию чувствительности.

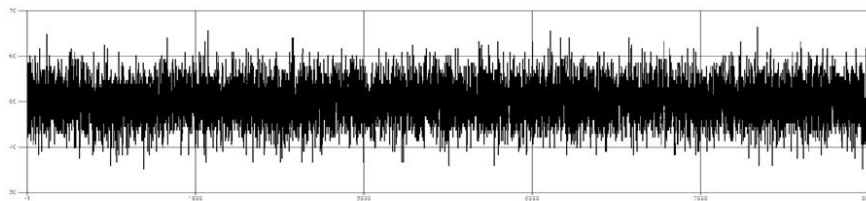


Рисунок 2 – Частотное свойство функции сжатия между схожими входными данными

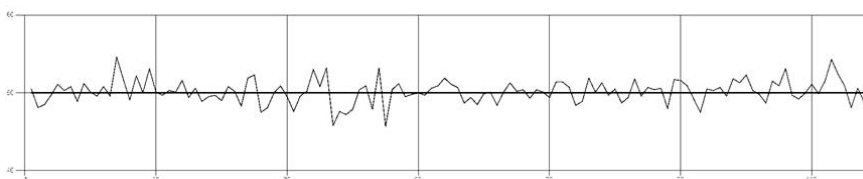


Рисунок 3 – Частотное свойство функции сжатия по значению каждого бита

Атака дней рождения

Предлагаемый хеш имеет выходную длину 256 бит, т.е. для поиска коллизии сложность атаки дней рождения будет составлять 2^{128} , а не 2^{256} . Для повышения сложности проведения атаки предлагаемую функцию сжатия можно увеличить в N количество раз, что повысит криптостойкость алгоритма в 2^N .

Встреча по середине

В связи с тем, что все данные тесно связаны, то невозможно разбить результат на блоки и пытаться их анализировать.

Заключение. Представлен и проанализирован криптографический блок сжатия для хеш-функции, основанный на нейронной сети. Предложенный алгоритм реализует свойство односторонности нейронной сети, свойство диффузии и путаницы и удовлетворяет требованиям безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Chan C.-K., Cheng L.M. The convergence properties of a clipped Hopfield network and its application in the design of keystream generator, IEEE Transactions on Neural Networks, Vol. 12, No. 2, pp. 340–348, March 2001.
2. Karras D.A., Zorkadis V. On neural network techniques in the secure management of communication systems through improving and quality assessing pseudorandom stream generators. Neural Networks, Vol. 16, No. 5-6, June - July, 2003: 899–905.
3. Lian S.G., Chen G.R., Cheung A., Wang Z.Q. A Chaotic-Neural-Network-Based Encryption Algorithm for JPEG2000 Encoded Images. In: Processing of 2004 IEEE Symposium on Neural Networks (ISNN2004), Dalian, China, Springer LNCS, 3174 (2004). 627–632.
4. Liew Pol Yee and L.C. De Silva. Application of multilayer perception networks in symmetric block ciphers. Proceedings of the 2002 International Joint Conference on Neural Networks, Honolulu, HI, USA, Vol. 2, 12-17 May 2002: 1455–1458.
5. Parallel chaotic Hash function construction based on cellular neural network / Yantao Li [et al.] // Neural Comput & Applic. – 2011. – P. 1563–1573.
6. Li, Yantao A novel Hash algorithm construction based on chaotic neural network / Yantao Li, Di Xiao, Shaojiang Deng // Neural Comput&Applic, Springer-Verlag London Limited. – 2010. – P. 133–141.
7. S. Papadimitriou, T. Bountis, S. Mavroudi, A. Bezerianos. A Probabilistic Symmetric Encryption Scheme for very fast Secure Communication based on Chaotic Systems of Difference Equations. International Journal on Bifurcation & Chaos, Vol. 11, No. 12 (2001). 3107–3115.
8. S.G. Lian, J.S. Sun, Z.Q. Wang. Security Analysis of A Chaos-based Image Encryption Algorithm. Physica A: Statistical and Theoretical Physics, Vol. 351, No. 2-4, 15 June 2005, P. 645–661.
9. J.-S. Coron, Y. Dodis, C. Malinaud, P. Puniya. Merkle-Damgård Revisited: How to Construct a Hash Function. In Advances in Cryptology – CRYPTO 2005, volume 3621 of Lecture Notes in Computer Science, P. 430–448. Springer, 2005.
10. R. Brown and L. O. Chua, Clarifying chaos: examples and counterexamples, IJBC 6 (1996), no. 2, 219–249.
11. S. Al-Kuwari, J. H. Davenport, R. J. Bradford. Cryptographic Hash Functions: Recent Design Trends and Security Notions. Short Paper Proceedings of 6th China International Conference on Information Security and Cryptology (Inscrypt ,10). 2010, Science Press of China, P. 133–150.
12. Pticyn, N. Deterministic chaos theory application to cryptography, Moscow, Bauman MSTU, 2002, P. 80.
13. One-Way hash function based on cascade chaos, F. Xiang [et al.], The open cybernetics & systemics journal, 2015, Vol. 9, P. 573–580.
14. Secure Hash Standard. Federal Information Processing Standards Publications (FIPS PUBS) 180-2, 2002. P 15–23.
15. Vanstone S.A., Menezes A.J., Oorschot P.C. Handbook of Applied Cryptography. CRC Press, 1996. P. 321–376.
16. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Функция хеширования. ГОСТ Р 34.11-2012. – Москва, Стандартинформ, 2012, P. 3–8.
17. Brassard G., editor. Advances in Cryptology – CRYPTO ,89, 9th Annual International Cryptology Conference, Santa Barbara, California, USA, August 20–24, 1989, Proceedings, volume 435 of Lecture Notes in Computer Science. Springer, 1990, P 416–446
18. Mao W., Modern Cryptography: Theory and , Moscow, Williams Publishing House, 2005, P. 768.
19. Minsky M., Papert S. Perceptrons. Cambridge, VA: MIT Press, 1969, P 250–275.
20. Gallant S. Perceptron based learning algorithms. IEEE Transactions on Neural Networks, 1990, P 179–191.

Статья поступила в редакцию 01.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 621.382

ПОДХОДЫ К ОПИСАНИЮ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ФОРМАТЕ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ, РЕАЛИЗУЕМЫХ НА ПЛИС

© 2018

Ушенина Инна Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Вычислительные машины и системы»

Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: ivl23@yandex.ru)

Сальников Игорь Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
«Вычислительные машины и системы»

Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: iis@penzgtu.ru)

Слесарев Юрий Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры
«Автоматизация и управления»,

Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: slesarevun@gmail.com)

Михайлов Петр Григорьевич, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник
отдела научных исследований

Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: pit_mix@mail.ru)

Ремонтов Андрей Петрович, кандидат технических наук, заведующий кафедрой
«Прикладная информатика»

Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, e-mail: remontov@mail.ru)

Аннотация. Одно из главных преимуществ ПЛИС перед сигнальными процессорами – возможность реализации параллельных вычислений. Однако реализация на ПЛИС вычислений в формате с плавающей запятой затруднена из-за недостаточной поддержки их проектирования средами разработки. В статье рассмотрены два подхода к реализации на ПЛИС вычислений в формате с плавающей запятой. Первый из подходов заключается в использовании модуля интеллектуальной собственности (IP-модуля) Floating Point Operator. На базе IP-модуля можно сформировать описания нескольких видов вычислительных устройств и настроить их параметры. Второй подход состоит в VHDL-описании вычислительного устройства с использованием функций специализированного пакета float_pkg. В рамках обоих подходов формируются описания сумматоров и умножителей. На основе сформированных описаний в среде проектирования ISE Design Suite создаются проекты для реализации на ПЛИС. Сравнение двух подходов выполняется по итогам размещения и трассировки проектов по критериям ресурсоёмкости и производительности реализованных устройств. Ресурсоёмкость устройств оценивается по их потребности в ресурсах трёх видов: табличных преобразователях, триггерах и блоках цифровой обработки сигналов. Производительность оценивается по максимальной тактовой частоте, на которой могут работать устройства.

Ключевые слова: формат с плавающей запятой, ПЛИС, IP-модуль, конвейеризация, синтез проекта, производительность, ресурсоёмкость.

APPROACHES TO DESCRIPTION OF FLOATING POINT CALCULATIONS INTENDED TO BE IMPLEMENTED ON FPGA

© 2018

Ushenina Inna Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate Professor
of sub-department «Computers and systems»

Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: ivl23@yandex.ru)

Salnikov Igor Ivanovich, doctor of technical sciences, professor, head of sub-department
“Computers and Systems”

Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baidukov passage / Gagarin St., 1a / 11, e-mail: iis@penzgtu.ru)

Slesarev Yuriy Nikolaevich, doctor of technical Sciences, professor
of Automation and Managements department

Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: slesarevun@gmail.com)

Mikhaylov Petr Grigorievich, doctor of technical Sciences, professor,
leading researcher of research department

Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: pit_mix@mail.ru)

Remontov Andrey Petrovich, candidate of technical Sciences, head of sub-department
«Application informatics»

Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: remontov@mail.ru)

Abstract. One of the main advantages of FPGAs in comparison with DSPs is the possibility to implement parallel calculations. However, FPGA implementation of floating-point arithmetic is complicated due to insufficient support of its development by design environments. In this paper we analyze two approaches to FPGA implementation of floating-point arithmetic. One of these approaches lies in using Floating Point Operator IP module. On the base of IP module, one can create the descriptions of some kinds of arithmetic blocks and customize parameters of these blocks. The second approach is to create a VHDL description of arithmetic block by means of functions from float_pkg package. Under both approaches, descriptions of adders and multipliers are created. On the base of created descriptions, FPGA projects are created in ISE Design Suite IDE. After projects implementation, a comparison of two approaches is carried out on logic resource consumption and performance of implemented units. Unit's resource consumption is evaluated on its requirements for three types of sources: LUTs, flip-flops and signal processing blocks. Unit's performance is evaluated on its maximum clock frequency.

Keywords: floating-point format, FPGA, IP-module, pipelining, project synthesis, performance, resource consumption.

Введение. При аппаратной реализации арифметических устройств и устройств цифровой обработки сигналов (ЦОС) числа могут быть представлены в форматах с фиксированной или с плавающей запятой.

Формат с фиксированной запятой требует меньших аппаратных затрат, однако его применение влечёт за собой появление эффектов конечной разрядности [1,2]. В отдельных случаях вычисления в формате с фиксированной запятой могут привести к нестабильности выполняемого алгоритма [3-6]. Преимущество формата с плавающей запятой – значительно большая точность вычислений [7].

Арифметические устройства и устройства ЦОС могут быть реализованы на базе цифровых сигнальных контроллеров, цифровых сигнальных процессоров, или ПЛИС архитектуры FPGA. В первых двух категориях можно без труда найти устройства, работающие в формате с плавающей запятой [8-10]. Применение этих устройств может ограничиваться их недостаточной производительностью.

Преимуществом FPGA перед сигнальными процессорами и контроллерами является возможность параллельных вычислений, а значит, потенциально более высокая производительность. Однако проектирование на FPGA вычислительных устройств, работающих в формате с плавающей запятой, может быть сопряжено с затруднениями на этапах их исходного описания и синтеза.

Исходное описание проектируемого устройства может быть поведенческим или сводиться к явному указанию нужных ресурсов FPGA и их соединению между собой.

Очевидным недостатком описания устройства на уровне ресурсов кристалла и их соединений является трудоёмкость, так как подключение каждого элемента (ресурса FPGA) придётся описывать «вручную». Кроме того, в случае описания вычислений в

формате с плавающей запятой неоднозначен выбор ресурсов FPGA: блоки ЦОС, обрабатывающие числа в формате с плавающей запятой, имеются только у FPGA Stratix 10 фирмы Intel [11]. К сожалению, FPGA Stratix 10 недоступны для широкого применения в связи с их крайне высокой стоимостью. ЦОС-блоки других FPGA могут автономно работать только с числами в формате с фиксированной запятой. При переходе к формату с плавающей запятой требуется дополнять ЦОС-блок программируемыми ресурсами общего назначения. Арифметические устройства также могут быть реализованы полностью на программируемых ресурсах (табличных преобразователях, цепях переноса, регистрах).

С другой стороны, указание нужных ресурсов FPGA и их соединение на этапе описания проектируемого устройства потенциально может обеспечить устройству наилучшие показатели производительности и ресурсоёмкости [12].

Поведенческое описание (на языках VHDL или Verilog) содержит указания не на используемые ресурсы FPGA, а на функции («поведение») проектируемого устройства. Подбор ресурсов FPGA и их компоновка в схему (создание списка соединений) выполняется синтезатором среды проектирования. Поведенческое описание может выполняться достаточно быстро и использоваться в проектах для FPGA различных семейств и производителей.

При поведенческом описании проектируемого устройства эффективность создания списка соединений зависит от возможностей синтезатора и стиля описания. Производители ПЛИС выпускают рекомендации по выбору языковых конструкций (например, [13,14]), следуя которым при поведенческом описании устройств, можно оптимизировать результаты синтеза. Однако для описания вычислений в формате с плавающей запятой таких рекомендаций не приводится. Поэтому, несмотря на возмож-

ность синтеза подобных описаний, ресурсоёмкость и производительность полученных устройств могут оказаться значительно хуже ожидаемых.

Тем не менее, среды проектирования устройств на ПЛИС предоставляют некоторые инструменты описания вычислений в формате с плавающей запятой, не требующие от разработчика самостоятельного выбора ресурсов FPGA и их соединения. Так, фирма Xilinx интегрирует в среды проектирования устройств на ПЛИС модуль интеллектуальной собственности (IP-модуль) Floating Point Operator. При работе с этим модулем требуется выбрать из предлагаемого набора нужную арифметическую функцию и выполнить ряд настроек модуля.

Материалы и результаты исследования. В данной работе сравниваются два подхода к описанию вычислений в формате с плавающей запятой – поведенческое описание на языке VHDL и описание на базе IP-модуля – по критериям производительности (максимально достижимой тактовой частоты) и ресурсоёмкости реализованных устройств. Проектирование в рамках обоих подходов выполняется в среде Xilinx ISE Design Suite.

Каждый из подходов рассмотрим на примерах описаний сумматора и умножителя. В рамках каждого из подходов создадим проекты умножителя и сумматора, выполним синтез и реализацию проектов, после чего сравним полученные устройства по критериям ресурсоёмкости и производительности. При этом в рамках каждого из подходов синтез будет выполнен в двух вариантах настроек – с разрешением и запретом использования блоков ЦОС FPGA. Спроектированные устройства реализуем на FPGA XC7A200T с классом скорости 3.

Характеристики устройств будут оцениваться с помощью отчётов о реализации соответствующих проектов. Для оценки производительности устройств необходимо выполнять реализацию их проектов с временными ограничениями [15]. Это

позволит получить в отчётах о реализации информацию не только о потребности устройства в ресурсах FPGA, но и о соответствии его производительности наложенным временным ограничениям. Итоги проектирования в рамках каждого из подходов представлены в таблицах 1–6.

Подход 1. Использование IP-модуля Floating Point Operator

IP-модуль Floating Point Operator [16] предназначен для реализации на ресурсах FPGA фирмы Xilinx таких устройств, как сумматор (вычитатель), умножитель, делитель, вычислитель квадратного корня, преобразователь форматов представления чисел и др. Среди настраиваемых параметров этого IP-модуля – разрядность обрабатываемых чисел; критерии оптимизации архитектуры устройства (минимальная ресурсоёмкость, максимальная производительность); латентность (уровень конвейеризации промежуточных результатов обработки); степень использования блоков ЦОС; набор дополнительных управляющих сигналов.

В таблицах 1–4 приведены результаты реализации сумматора и умножителя на базе IP-модуля Floating Point Operator при различных настройках латентности. Разрядность обрабатываемых чисел – 32 бита; стратегия оптимизации – максимальная производительность. В таблицах указана потребность реализованных устройств в ресурсах кристалла – триггерах, табличных преобразователях и блоках ЦОС; приведены оценки производительности реализованных устройств (максимальной тактовой частоты) после синтеза и после размещения и трассировки. Из таблиц 1–4 видно, что с увеличением латентности устройств в целом прослеживается тенденция повышения их производительности. Локальные спады производительности, выявленные по итогам синтеза, могут быть связаны с неудачными попытками синтезатора оптимизировать список соединений.

Таблица 1 – Ресурсоёмкость и достижимая производительность сумматора на базе IP-модуля Floating Point Operator. Сумматор реализован без использования блоков ЦОС

Латентность	Табличные преобразователи	Триггеры	Блоки ЦОС	Максимальная тактовая частота, МГц	
				После синтеза	После размещения и трассировки
3	400	136	0	246	167
5	383	238	0	281	172
7	375	356	0	337	270
9	395	443	0	410	271
11	390	512	0	439	407

Таблица 2 – Ресурсоёмкость и достижимая производительность сумматора на базе IP-модуля Floating Point Operator. Сумматор реализован с использованием блоков ЦОС

Латентность	Табличные преобразователи	Триггеры	Блоки ЦОС	Максимальная тактовая частота, МГц	
				После синтеза	После размещения и трассировки
3	237	74	2	230	154
5	212	127	2	298	195
7	223	228	2	269	218
9	211	264	2	355	334
11	209	319	2	429	366

Таблица 3 – Ресурсоёмкость и достижимая производительность умножителя на базе IP-модуля Floating Point Operator. Умножитель реализован без использования блоков ЦОС

Латентность	Табличные преобразователи	Триггеры	Блоки ЦОС	Максимальная тактовая частота, МГц	
				После синтеза	После размещения и трассировки
2	672	141	0	164	111
4	585	428	0	263	207
6	619	587	0	335	231
8	629	672	0	402	206

Таблица 4 – Ресурсоёмкость и достижимая производительность умножителя на базе IP-модуля Floating Point Operator. Умножитель реализован с использованием блоков ЦОС

Латентность	Табличные преобразователи	Триггеры	Блоки ЦОС	Максимальная тактовая частота, МГц	
				После синтеза	После размещения и трассировки
2	99	49	2	337	241
4	98	94	2	319	301
6	109	104	2	399	282
8	124	170	2	462	345

Локальные спады производительности, выявленные по итогам размещения и трассировки, являются следствием неудачного размещения отдельных логических элементов проекта относительно других элементов.

По сравнению с оценкой по итогам синтеза, после размещения и трассировки проектов даётся более низкая оценка максимальной тактовой частоты, так как во втором случае учитываются потери производительности на программируемых соединениях.

По сравнению с вариантом использования исключительно программируемых ресурсов, использование блоков ЦОС позволяет снизить потребность проектов в программируемых ресурсах (триггерах), но не гарантирует более высокой производительности устройств.

Следует заметить, что производительность арифметических устройств, реализованных на основе модуля Floating Point Operator, значительно ниже предельной производительности отдельных ресурсов FPGA. Так, например, максимальная тактовая частота ЦОС-блока FPGA XC7A200T-3 при полной конвейеризации составляет 628 МГц [17]. Максимальная тактовая частота устройств на основе IP-модуля при полной конвейеризации: сумматора – 366 МГц; умножителя – 345 МГц (таблицы 2 и 4). Разница в производительности отдельных ресурсов и реализованного вычислительного устройства может ещё увеличиться, если последнее получено путём соединения нескольких экземпляров IP-модуля [18].

Подход 2. Использование синтезируемых VHDL-функций

В составе среды проектирования ISE Design Suite есть VHDL-библиотека `ieee_proposed`, содержащая пакет `float_pkg`. Этот пакет содержит синтезируемые функции обработки чисел в формате с плавающей запятой, среди которых – функции сложения и умножения. Для преобразования сигналов типа `std_logic` к типу `float` предусмотрена функция `to_float`; для обратного преобразования – функция `to_slv` [19]. Ниже приведено VHDL-описание сумматора 32-разрядных чисел, выполненное с исполь-

зованием функций пакета `float_pkg`. Описание умножителя выполнено аналогично.

Заметим, что в описании выполнена конвейеризация входных сигналов `a` и `b`, а также результата вычислений `ff_c` (операторы процессов `get_a`, `get_b` и `get_c`). Для управления конвейеризацией промежуточных результатов вычислений необходимо вмешательство в описание функций пакета `float_pkg`.

В таблице 5 приведены результаты синтеза и реализации сумматора и умножителя, описанных на VHDL с использованием функций пакета `float_pkg`. Из таблицы 5 ясно, что полученные устройства характеризуются крайне невысокой производительностью; при этом использование ЦОС-блоков не повышает производительность, а напротив, снижает её. Реализация умножителя и сумматора, описанных на VHDL с помощью функций пакета `float_pkg`, требует также и большего количества ресурсов ПЛИС.

```

library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
library ieee_proposed;
use ieee_proposed.float_pkg.all;
entity fpmul is
    Port ( a,b : in STD_LOGIC_VECTOR (31 downto 0);
          clk : in STD_LOGIC;
          c : out STD_LOGIC_VECTOR (31 downto 0));
end fpmul;
architecture Behavioral of fpmul is
    signal ff_a, ff_b, ff_c : std_logic_vector (31 downto 0);
begin
    get_a : process (clk)
        begin
            if rising_edge (clk) then          ff_a <= a; end if;
        end process;
    get_b : process (clk)
        begin
            if rising_edge (clk) then          ff_b <= b; end if;
        end process;
    arith : process (clk)
        begin
            if rising_edge (clk) then
                ff_c <= to_slv(to_float(ff_a,8,23) * to_float(ff_b,8,23));
            end if;
        end process;
    get_c : process (clk)
        begin
            if rising_edge (clk) then          c <= ff_c; end if;
        end process;
end Behavioral;

```

Таблица 5 – Ресурсоёмкость и достижимая производительность устройств, описание которых выполнено с использованием функций пакета `float_pkg`. Настройка синтеза `Register Balancing` отключена

	Триггеры	Табличные преобразователи	Блоки ЦОС	Максимальная тактовая частота, МГц	
				После синтеза	После размещения и трассировки
Сумматор на базе программируемых ресурсов	128	994	0	60	53
Сумматор с использованием ЦОС-блоков	128	759	11	42	35
Умножитель на базе программируемых ресурсов	151	1864	0	50	45
Умножитель с использованием ЦОС-блоков	128	654	15	41	34

Невысокая производительность устройств, описанных с помощью функций пакета `float_pkg`, связана с тем, что эти функции не предусматривают конвейеризации вычислений. Сумматор и умножитель содержат большое количество табличных преобразователей, не синхронизируемых с тактовым сигналом. Триггеры, содержащиеся в устройствах, используются для запоминания входных переменных до их подачи на арифметическое устройство, а также для запоминания результата вычислений перед его подачей на контакты корпуса микросхемы (см. операторы процессов `get_a`, `get_b` и `get_c`).

Среди настроек синтеза, предлагаемых средой ISE Design Suite, есть настройка `Register Balancing`, позволяющая на этапе формирования списка соединений организовать конвейеризацию промежуточных результатов вычислений [20]. Результаты, представленные в таблице 5, получены при отключенной настройке `Register Balancing`.

В таблице 6 представлены результаты реализации умножителя и сумматора, описание которых выполнено на языке VHDL, при настройке `Register Balancing`, установленной в состояние «включено». Можно заметить, что конвейеризация результатов обработки, организованная синтезатором, обеспечивает повышение производительности обоих

устройств, если они реализуются полностью на программируемых ресурсах FPGA.

Тем не менее, даже при включенной конвейеризации, устройства, описание которых выполнено на языке VHDL, значительно уступают в производительности устройствам на основе IP-модуля `Floating Point Operator`.

Заключение. Сформулируем основные выводы на основе представленных в работе результатов.

1. Поведенческие описания вычислений в формате с плавающей запятой синтезируются неэффективно, как с точки зрения производительности, так и с точки зрения ресурсоёмкости.

2. Использование IP-модуля `Floating Point Operator` в описании проектируемых устройств значительно улучшает их показатели производительности и ресурсоёмкости. Однако и в этом случае производительность реализованных устройств оказывается существенно ниже предельной производительности ресурсов FPGA.

3. Если производительность является приоритетной характеристикой, в описании проектируемого вычислительного устройства следует явно указывать нужные ресурсы FPGA и соединения между ними.

Таблица 6 – Ресурсоёмкость и достижимая производительность устройств, описание которых выполнено с использованием функций пакета `float_pkg`. Настройка синтеза `Register Balancing` включена

	Триггеры	Табличные преобразователи	Блоки ЦОС	Максимальная тактовая частота, МГц	
				После синтеза	После размещения и трассировки
Сумматор на базе программируемых ресурсов	445	899	0	84	75
Сумматор с использованием ЦОС-блоков	198	784	11	44	37
Умножитель на базе программируемых ресурсов	342	1503	0	110	100
Умножитель с использованием ЦОС-блоков	202	646	15	44	36

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Liu B. Effect of finite word length on the accuracy of digital filters--a review // IEEE Transactions on Circuit Theory. – 1971. – Т. 18. – №. 6. – С. 670–677.
2. Schilling R.J., Harris S.L. Fundamentals of Digital Signal Processing Using MATLAB®. – New York: Cengage Learning, 2015. – 765 p.
3. Caraiscos C., Liu B. A roundoff error analysis of the LMS adaptive algorithm //IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing. – 1984. – Т. 32. – №. 1. – С. 34–41.
4. Charalambous C., Best M. Optimization of recursive digital filters with finite word lengths //IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing. – 1974. – Т. 22. – №. 6. – С. 424–431.
5. Claasen T., Mecklenbrauker W., Peek J. Effects of quantization and overflow in recursive digital filters // IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing. – 1976. – Т. 24. – №. 6. – С. 517–529.
6. Elliott S. Signal processing for active control. – Elsevier, 2000. – 517 p
7. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание: пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. – 992 с.
8. Ушенина И.В. Цифровые сигнальные контроллеры как платформа для реализации устройств цифровой обработки сигналов // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов. Сборник статей XV Всероссийской научно-технической конференции. – 2017. – С. 75–79.
9. Processors & DSP | Analog Devices. [Электронный ресурс] // Analog Devices Processors and DSPs. URL: <https://www.analog.com/en/products/processors-dsp.html> (дата обращения: 29.09.2018).
10. Texas Instruments Digital Signal Processors. [Электронный ресурс] // Texas Instruments Digital Signal Processors. URL: <http://www.ti.com/processors/digital-signal-processors/overview.html> (дата обращения: 23.09.2018).
11. Intel Stratix 10 FPGA Features. [Электронный ресурс] // Intel Stratix 10 FPGA Features. URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/programmable/fpga/stratix-10/features.html> (дата обращения: 29.09.2018).
12. Pangracious V., Marrakchi Z., Mehrez H. Three-Dimensional Design Methodologies for Tree-based FPGA Architecture. – Springer International Publishing, 2015. – 226 p.
13. Ug901-vivado-synthesis.pdf. [Электронный ресурс] // Vivado Design Suite User Guide. Synthesis. URL: https://www.xilinx.com/support/documentation/sw_manuals/xilinx2017_3/ug901-vivado-synthesis.pdf (дата обращения: 22.09.2018).
14. Xilinx XST User Guide for Virtex-6, Spartan-6, and 7 Series Devices (UG687) – xst_v6s6.pdf [Электронный ресурс] // XST User Guide for Virtex-6, Spartan-6, and 7-Series Devices. URL: https://www.xilinx.com/support/documentation/sw_manuals/xilinx14_7/xst_v6s6.pdf (дата обращения: 25.09.2018).
15. Ушенина И.В. Использование временных ограничений PERIOD и OFFSET при проектировании цифровых устройств на ПЛИС фирмы Xilinx // Компоненты и технологии. – 2013. – №5. – С. 97–106.
16. Xilinx DS335 Floating-Point Operator v5.0, data sheet - floating_point_ds335.pdf [Электронный ресурс] // LogiCORE IP Floating Point Operator v5.0. Product Specification. URL: https://www.xilinx.com/support/documentation/ip_documentation/floating_point_ds335.pdf (дата обращения: 25.09.2018).
17. Artix-7 FPGAs Data Sheet: DC and AC Switching Characteristics (DS181) – ds181_Artix_7_Data_Sheet.pdf [Электронный ресурс] // Artix 7 FPGAs Data Sheet: DC and AC switching characteristics. URL: https://www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds181_Artix_7_Data_Sheet.pdf (дата обращения: 27.09.2018).
18. Ушенина И.В. Реализация на ПЛИС устройства умножения с накоплением при представлении чисел в формате с плавающей запятой // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов. Сборник статей XV Всероссийской научно-технической конференции. – 2016. – С. 94–97.
19. Fixed point package user's guide - Floating-point-package-users-guide.pdf [Электронный ресурс] // Bishop D. Floating point package user guide. URL: https://www.researchgate.net/profile/David_Bishop9/publication/260402146_Floating_point_package_user's_guide/links/56cefba408ae4d8d649e4231/Floating-point-package-users-guide.pdf (дата обращения: 20.09.2018).
20. Design assistant for XST – help with register balancing. [Электронный ресурс] // Design assistant for XST – help with register balancing. URL: https://www.researchgate.net/profile/David_Bishop9/publication/260402146_Floating_point_package_user's_guide/links/56cefba408ae4d8d649e4231/Floating-point-package-users-guide.pdf (дата обращения: 21.09.2018).

*Статья поступила в редакцию 03.10.2018
Статья принята к публикации 26.11.2018*

УДК 004.67

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗВЕСТНЫХ СРЕДСТВ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ, ПОЛУЧАЕМЫХ ИЗ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

© 2018

Папко Антонина Алексеевна, доктор технических наук, профессор, главный конструктор направления
Акционерное общество «Научно-исследовательский институт физических измерений»
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Володарского, 8/10, e-mail: inercial@niifi.ru)

Бутаев Михаил Матвеевич, доктор технических наук, профессор,
ученый секретарь научно-технического совета
ОАО «Научно-производство приятие «Рубин»
(440000, Россия, г. Пенза, ул. Байдукова, 2, e-mail: butaevmm@gmail.com)

Сальников Игорь Иванович, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: iis@penzgtu.ru)

Курнос Владимир Ефимович, доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru)

Мартышкин Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: alexey314@yandex.ru)

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению вопроса исследования существующих средств сбора и анализа данных из социальных сетей. Актуальность представляемой темы исследования заключается в том, что в последнее время наблюдается повсеместное проникновение информационных технологий, в частности социальных сетей, в жизнь современного общества. Происходящее можно оценить, как с положительной, так и с отрицательной стороны, ведь помимо появления новых потенциальных угроз могут быть освоены новые возможности в различных областях жизни общества. Объектом исследования являются программные средства на основе современных технологий для анализа публикаций пользователей в социальных сетях. Предметом исследования являются математические модели представления социальных сетей и методы их анализа. Цель работы – исследование известных средств сбора и анализа данных, получаемых из открытых источников, для решения задачи составления рейтинга публикаций пользователей. Кроме того, в статье приводится обзор информационных систем, решающих схожие проблемы, уделено внимание потенциальным сферам использования такой системы. Продемонстрированы основные этапы изучения социальных сетей, а также представлены задачи, которые решаются во время исследований. Перечислены крупнейшие социальные сети, а также дана их краткая характеристика. Найдены программные средства сбора и анализа данных из социальных сетей. Определены возможности их работы. В конце работы сделаны выводы.

Ключевые слова: анализ поведения связей, анализ социальных сетей, большие данные, веб-сайт, взаимодействие участников, визуализация данных, извлечение данных из соцсетей, информационные технологии, количественная оценка, открытые источники, пользователь, программные компоненты, программное средство, сообщество, социальная сеть, узел, MySQL.

STUDY OF KNOWN MEANS OF COLLECTION AND ANALYSIS OF DATA FROM SOCIAL NETWORKS

© 2018

Papko Antonina Alekseevna, doctor of technical sciences, professor, chief designer of the direction
Joint-stock company “Research Institute of Physical Measurements”
(440026, Russia, Penza, Volodarsky St., 8/10, e-mail: inercial@niifi.ru)

Butaev Mikhail Matveyevich, doctor of technical sciences, professor, scientific secretary
of the scientific and technical council
JSC “Scientific production acceptance” Rubin “
(440000, Russia, Penza, Baidukova St., 2, e-mail: butaevmm@gmail.com)

Salnikov Igor Ivanovich, doctor of technical sciences, professor,
head of sub-department “Computers and Systems”
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baidukov passage / Gagarin St., 1a / 11, e-mail: iis@penzgtu.ru)

Kurnosov Vladimir Efimovich, doctor of technical sciences, professor,
professor of sub-department "Computers and Systems"

Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baidukov Passage / Gagarin St., 1a / 11, e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru)

Martyshkin Alexey Ivanovich, candidate of technical sciences, docent, associate professor of sub-department
«Computers and systems»

Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: alexey314@yandex.ru)

Abstract. The article is devoted to the study of existing means of collecting and analyzing data from social networks. The relevance of the research topic is that in recent years there has been widespread penetration of information technologies, in particular social networks, in the life of modern society. What is happening can be assessed, both positive and negative, because in addition to the emergence of new potential threats can be mastered new opportunities in various areas of society. The object of the research is software based on modern technologies for the analysis of users' publications in social networks. The subject of the research is mathematical models of social networks representation and methods of their analysis. The aim of the work is to study the known means of collecting and analyzing data obtained from open sources to solve the problem of rating user publications. In addition, the article provides an overview of information systems that solve similar problems, paid attention to the potential areas of use of such a system. The main stages of the study of social networks are demonstrated, as well as the tasks that are solved during the research. The largest social networks are listed and their brief characteristics are given. Software tools for collecting and analyzing data from social networks were found. The possibilities of their work are defined. At the end of the work given some conclusions.

Keywords: communication behavior analysis, big data, participants interaction, visualization, information technologies, open sources, user, software, community, social network, unit.

Введение. Еще в XIX веке появление социальных сетей и Интернета в своих книгах предсказывал русский писатель, философ и общественник Владимир Одоевский (1803-1869) [1]. Понятие «социальная сеть» появилось спустя почти сто лет, в 1954 г. Ввел его в обиход социолог Джеймс Барнс [2-3]. В то время явление это ничего общего не имело с Интернетом и в любых словарях давалась такая трактовка термина: «Социальная сеть – социальная структура, состоящая из группы узлов, являющихся социальными объектами, и связей между ними». С вхождением сети Интернет в народные массы, социальные сети проникли и в него. Социальная сеть во всемирной паутине – это платформа и веб-сайт, необходимые для создания, отражения и организации социальных взаимоотношений в Интернете.

Актуальность темы исследования заключается в том, что в последнее время наблюдается повсеместное проникновение информационных технологий в жизнь современного общества и в частности социальных сетей. Происходящее можно оценить, как с положительной, так и с отрицательной стороны, ведь помимо появления новых потенциальных угроз могут быть освоены новые возможности в различных областях жизни общества.

Материалы и результаты исследования. Рассмотрим результаты исследования о пользователях социальных сетей произведенного центром изучения общественного мнения (ВЦИОМ)[4]. Исследование базируется на основе опроса ВЦИОМ проведенного в конце апреля 2017 года в 130 населенных пунктах в 46 областях, краях и республиках 8 Федеральных округов России. В исследовании участвовали следующие социальные сети: ВКон-

такте, Одноклассники, Facebook, Instagram, Twitter, LiveJournal и Мой Мир.

Среди прочих социальных сетей Вконтакте и Одноклассники, оказались самыми часто посещаемыми. Вконтакте практически каждый день пользуются 42% российских пользователей (в молодежных группах – 78% среди 18-24-летних, 54% среди 25-34-летних). Одноклассниками пользуются около 27% (среди 60-летних и старше – 40%). Общее же количество людей, заходящих на соответствующие ресурсы составляет 61% и 54% опрошенных. Instagram периодически просматривают 25%, страницы Facebook и «Мой мир» листают 20%. Самыми непопулярными являются Twitter и Livejournal: ими пользуются всего 11% и 7% опрошенных, соответственно.

Самыми часто просматриваемыми в социальных сетях сообществами и группами являются юмористические (ими интересуются примерно 43% респондентов), связанные со здоровьем (41%), новости о событиях в стране и мире (41%). Также пользователям интересны сообщества о пище и ее приготовлении (36%), о доме и семье (33%), путешествиях (32%), спорте (31%), науке, технике и технологиях (28%). Самыми невостребованными, к которым реже всего обращаются, являются страницы территориальных, профессиональных и учебных сообществ (15%, 14% и 14% соответственно). В различных социально-демографических группах предпочтения различаются между собой: если мужская половина пользователей в основном читают о спорте (45%), автомобилях (45%), науке, технике и технологиях (43%), то женская половина в основном о здоровье (54%), пище и ее приготовлении

(52%), семье и детях (46%). У молодежи от 18 до 24 лет в ТОП-3 наиболее интересных тем вошли юмор (49%), спорт (44%), наука, техника и технологии (36%), а у людей пожилого возраста – новости (62%), здоровье (49%), питание (46%). Жители обеих столиц скорее заинтересуются материалами о путешествиях (54%), а обыватели из малых городов – о событиях в стране и мире (40%).

Отечественная компания «Медиалогия», которая является разработчиком автоматизированной системы мониторинга и анализа СМИ в реальном времени, подготовила свой рейтинг самых упоминаемых в российских СМИ социальных сетей. Результаты данного исследования представлены на рисунке 1.

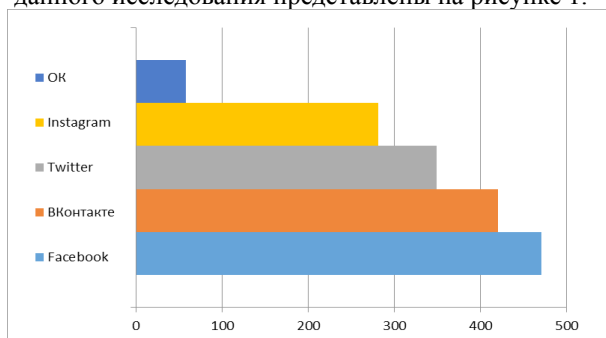


Рисунок 1 – Число упоминаний в СМИ за январь – май 2017 года (тыс. сообщений)

Исходя из всего вышесказанного, сделаем вывод, что анализ открытой информации, размещенной на просторах сети Интернет, в частности в социальных сетях, имеет актуальность и способен найти свое применение в решении различного рода прикладных задач. Решение которых нельзя рассматривать без применения особых методов и алгоритмов сбора и анализа данных. Подводя итог всего вышесказанного в качестве объекта исследования будем рассматривать содержимое публикаций пользователей в социальных сетях.

Целью работы будем считать исследование известных средств сбора и анализа данных, получаемых из открытых источников, для решения задачи составления рейтинга публикаций пользователей. Также, будет произведен обзор информационных систем, решающих схожие проблемы, будет уделено внимание потенциальным сферам использования такой системы.

Со второй половины XX века понятие «социальная сеть» стало общеупотребительным и прочно вошло в терминологию исследователей.

Американский философ и математик российского происхождения Рапопорт А.Б. является основоположником анализа социальных сетей. Его первоначальная работа показала, что можно измерить большие сети, профилируя следы потоков через них [2]. Венгерские математики А. Реньи и П. Эрдос в период 1959-1968 гг. в опубликованных в открытой печати восьми научных работах вывели основные принципы формирования социальных сетей.

Понятие коэффициент кластеризации (clustering coefficient), описывающий степень близости между неоднородными группами, было введено Строгачем С. и Уоттсом Д. Этими учеными также была разработана непосредственно теория социальных сетей [5].

Математическая логика, теория алгоритмов, и, конечно, теория графов вносят неоценимый вклад в глубокое изучение социальных сетей. Это позволяет представить социальную сеть графом, в котором ребра – взаимоотношения, а вершины – люди данной социальной сети. Впоследствии вершинами сетей стали рассматривать не только людей как представителей социума, но и любых других акторов [6], способных иметь социальные связи, к примеру, страны, города и т.п. Основные выводы о характере взаимодействий акторов можно сделать с помощью визуального представления соответствующего графа социальной сети, не прибегая к использованию других методов анализа графа. Структурное взаимодействие акторов можно исследовать, применяя матрицы, которые описывают ориентированные графы [7].

При исследовании социальных сетей принято применять количественные и качественные характеристики: степень связности, степень централизации, степень кластеризации и др [8-11]. В 1970-е американский математик Л. Фриман и социолог М. Грановеттер в проведенном исследовании показали, что во многих общественных задачах, таких как поиск работы, «слабые» связи оказываются эффективнее, чем «сильные» [12]. Данный эффект был назван М. Грановеттером «силой слабых связей».

Кроме полученных иностранными учеными результатов, в отечественной научной мысли тоже появляются различные концепции социальных сетей, и исследуется их расположение в современном для нас обществе. «...комплекс относительно стабильных и долговременных взаимодействий неформального характера, не имеющих выраженной организационной структуры и выполняющих по отношению к их участникам функцию наращивания объема личного и социального капитала» [13, 14] – таким образом отечественные ученые Колпина Л.В., Бояринова И.В. и другие в работе «Эффективность социальных сетей в региональном сообществе» дают определение социальной сети.

Сегодня при работе над анализом и исследованием социальных сетей просматривается четыре направления: структурное, ресурсное, нормативное и динамическое [15, 16]. Приведем более подробный анализ перечисленных выше направлений по анализу социальных сетей в определениях решаемых задач [17]. Можно выделить следующие виды анализа содержимого (контента) социальной сети: текстовый анализ; мультимедиа анализ; анализ информации общего типа с данными произвольного типа; потоковый и сенсорный анализ.

В вершинах социальной сети находится разнообразная текстовая информация, представляющаяся

в множествах форм, например, статьи с новостями, ссылки на сообщения и другие. Зачастую пользователи в сообщении отмечают друг друга, что также является ссылочной текстовой информацией. Использование содержимого сети может сильно улучшить качество выводов при анализе и исследовании социальных сетей, например, в задачах кластеризации и классификации.

Проведение структурного анализа и анализа поведения связей в социальных сетях необходимо для определения наиболее важных вершин, связей, сообществ и развивающихся регионов сети. Такой тип анализа позволяет осуществлять обзор эволюции сети. Здесь используются методы статистического анализа, а также методы определения сообществ и алгоритмы классификации.

Вопрос определения сообществ в социальных сетях, пожалуй, является самым важным в их анализе, хотя и довольно близок к задаче классификации. Его основная цель – попытаться найти регионы сети, внутри которых происходит активное взаимодействие участников.

Основная доля взаимодействия пользователей друг с другом происходит в форме расстановки отметок (тегов), где пользователи прикрепляют описания различных объектов социальной сети, например, текст, видео, фотографии, либо другая мультимедийная информация. В данном подходе проводится исследование семантики отметок, свойств потоков отметок, моделей установки отметок, визуализации отметок, рекомендации по использованию отметок, приложений для расстановки отметок, интеграции различных систем установки отметок и проблем, связанных с использованием отметок.

Сегодня в сети Интернет размещено множество веб-сервисов для обмена мультимедиа информацией, например, YouTube и Viuly, которые обеспечивают совместное использование такой информации.

Многие социальные сети имеют приложения для современных сотовых телефонов. Данные приложения могут использовать различные датчики, например, ГЛОНАСС/GPS, это может понадобиться при фотосъемке для определения текущего местонахождения.

Классификация – один из самых известных методов в Интернет-поиске. Главный его принцип – применение для поиска и классификации сущностей и непосредственных участников социальной сети. Отмеченный алгоритм применяет метод «случайного блуждания» [18] чтобы оценить долю вероятности посещения определенной вершины. Аналогичные методы могут быть полезны для объединения участников в группы относительно самых влиятельных участников.

В эпоху информационных технологий и научно-технического прогресса человечество все большую часть времени проводит за компьютерами, ноутбуками и другой компьютерной техникой. Живое общение между людьми все чаще заменяется

интерактивным, посредством в том числе и социальных сетей. С течением времени в сетях появляются новые зарегистрированные участники, однако некоторые участники прекращают свое общение и взаимодействие с другими пользователями, возникают новые связи, однако некоторые связи устаревают, ввиду того, что участники перестают взаимодействовать между собой. Это в свою очередь порождает некоторые важные вопросы: каким законам подчиняются долгосрочные изменения между крупными сообществами в социальных сетях; как развиваются сообщества с течением времени; какие изменения могут происходить и как можно отследить и наглядно представить их?

Современные социальные сети бурно и стихийно разрастаются, становясь крупнее и обладая все более сложной структурой. Визуализация дает возможность естественным образом собрать воедино информацию о сетях и сделать ее более доступной для понимания, кроме того визуализация в сочетании с взаимодействием помогают аналитикам в описании социальных сетей.

Глобальная сеть Интернет к настоящему времени предлагает следующие сложившиеся основные социальные сети: ВКонтакте, Одноклассники, Twitter, Facebook, Telegram, Instagram, YouTube и Telegram.

Facebook (<http://www.facebook.com>) – социальная сеть, основанная в 2004 г. американцем еврейского происхождения Марком Цукербергом. Представленная им социальная сеть входит в пятерку самых востребованных Интернет-ресурсов мира. На апрель 2017 года аудитория сети составляет более 1,968 миллиарда пользователей в месяц [4]. Ежедневно с зарегистрированных аккаунтов оставляется около 6 миллиардов меток «нравится».

YouTube (<http://www.youtube.com>) – социальная сеть, активно продвигающая услуги крупного видеохостинга, основанная в 2005 г. На апрель 2017 года средняя месячная аудитория пользователей достигает около миллиарда человек [4]. Во многом за счет удобства и простоты в использовании сервис YouTube сегодня является востребованным видеохостингом.

Instagram (<http://instagram.com/>) – приложение с элементами социальной сети, предназначенное прежде всего для обмена медиа файлами (фотографиями и видео). Интерфейс представлен на рисунке 2. Сеть основана в 2010 году Кевином Систром. Общее число пользователей на апрель 2017 года составила около 600 миллионов аккаунтов [4]. Сеть позволяет применять различные фильтры из размещенных на серверах библиотек к снятым и загруженным пользователями фотографиям и видео. Практически сразу после создания Instagram позволяет создавать фотографии квадратной формы – как в свое время камеры моментальной съемки фирмы Polaroid. Позднее, с августа 2015 года, в сети появилась возможность добавления фото и видео с портретной ориентацией.

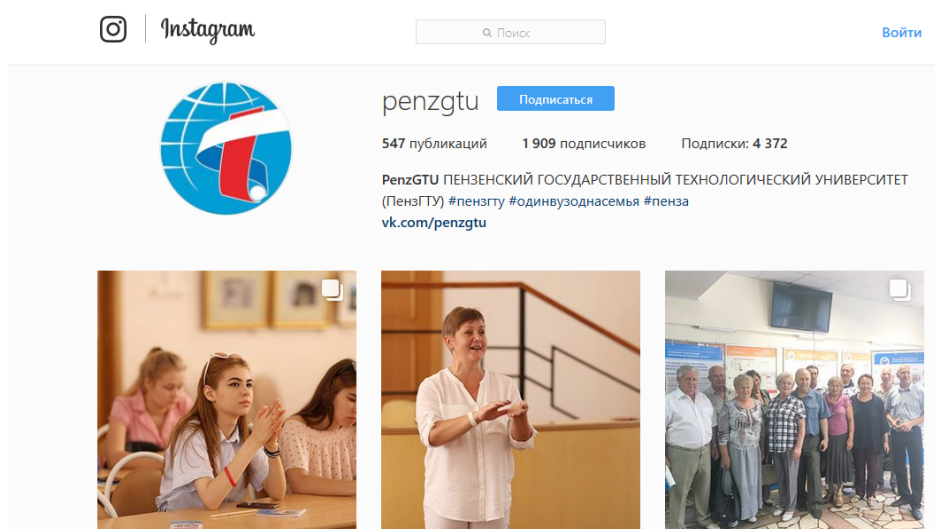


Рисунок 2 – Интерфейс социальной сети Instagram

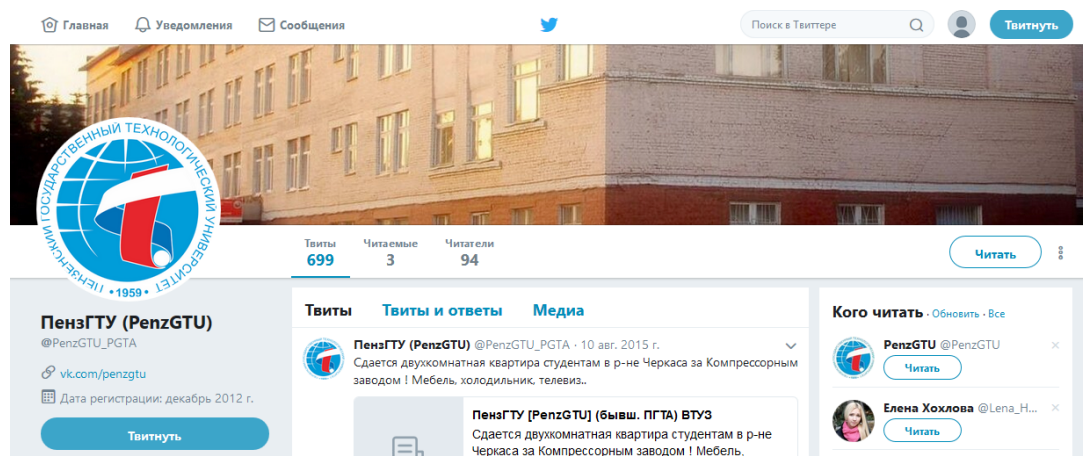


Рисунок 3 – Интерфейс социальной сети Twitter

Twitter (<https://twitter.com>). Интерфейс представлен на рисунке 3. Социальная сеть создана в 2006 г. Джексом Дорси и обеспечивает возможность зарегистрированным пользователям обмениваться короткими текстовыми сообщениями общей длиной до 140 символов, применяя веб-интерфейс и средства мгновенного обмена сообщениями.

На апрель 2018 года месячная аудитория сети составляет 319 миллиона пользователей [9]. Пожалуй, главной особенностью, отличающей Twitter от других сетей, является открытая доступность размещенных сообщений, что в свою очередь дает право обозначать Twitter как микроблог.

Telegram (<http://telegram.org>) – кроссплатформенный мессенджер, основан в 2013 году Павлом и Николаев Дуровыми. Месячная аудитория составляет 100 миллионов пользователей на апрель 2017 [4]. Помимо обычного обмена сообщениями в группах и диалогах, в мессенджере можно вести каналы (микроблоги), хранить неограниченное количество файлов, а также создавать и использовать ботов. С 16 апреля 2018 года на использование мессенджера на территории России наложены ограничения

ВКонтакте (<http://vk.com>). Интерфейс сети представлен на рисунке 4. Начало существования сети положено в 2006 г. Павлом Дуровым. По данным за апрель 2017 года, месячная аудитория пользователей ВКонтакте достигла около 100 млн пользователей [4], большая часть из которых приходится на Россию. Авторизированные пользователи сети имеют возможность обмениваться сообщениями либо в приватном режиме, либо в публичном, отслеживать через новостную ленту любые действия друзей и сообществ. В сети ВКонтакте есть возможность обмена документами различного объема: от маленьких, достигающих несколько килобайт, до больших, которые могут иметь размер в несколько гигабайт. Перечисленной выше возможности способствует широкое использование технологии распределенного хранения и распространения файлов BitTorrent (по аналогии с p2p – peer-to-peer) [19], что дает возможность ВКонтакте занимать лидирующие позиции среди медиаархивов Рунета. Интерфейс сети ВКонтакте обеспечен более чем на 50 языках. На настоящее время владельцем социальной сети является компания «Mail.Ru Group».

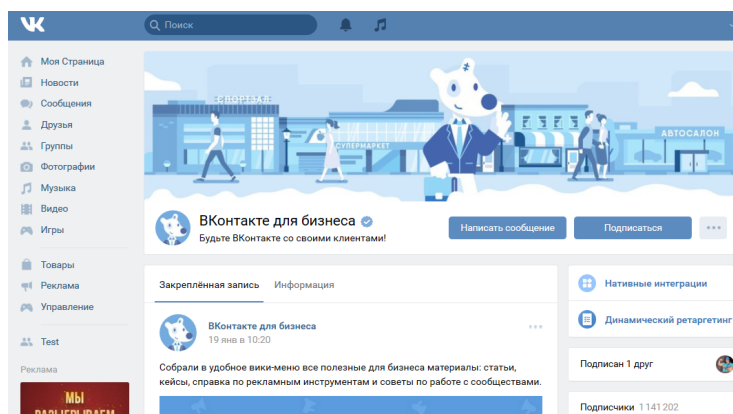


Рисунок 4 – Интерфейс социальной сети ВКонтакте

Одноклассники (<http://ok.ru>). 18 апреля в ходе РИФ 2018 директор по развитию стратегических продуктов «Одноклассников» Семен Боярский поделился свежей статистикой по социальной сети. Месячная аудитория «Одноклассников» – 71 млн человек. В 2017 году в ОК ежемесячно заходило около 43 млн россиян. В 2018 году уже 45 млн жителей РФ заходят в сеть каждый месяц. 57% пользователей «Одноклассников» – женщины. Наиболее многочисленная аудитория – юзеры возрастом от 26 до 35 лет. 74% пользователей заходит в соцсеть с мобильных устройств. В 2018 году дневная мобильная аудитория «Одноклассников» составляет 27 млн человек (51 млн – ежемесячная). 48% пользователей предпочитают посещать ОК только с мобильных устройств. 82% пользователей являются владельцами устройств на Android, 19% – iOS и 2% выбирают WindowsPhone [20].

Далее рассмотрим известные средства сбора и анализа данных из социальных сетей.

FindFace — отечественный веб-сервис, который помогает найти вполне конкретных людей в социальной сети ВКонтакте по фотографии их лица. Интерфейс веб-сервиса представлен на рисунке 5. Сервис работает на основе технологии FaceN, созданной компанией NTechLab. Компания NTechLab, специализируется на решениях в области нейронных сетей.

В 2017-м году алгоритмы распознавания лиц компании NTechLab были подключены к московской городской системе видеонаблюдения, эксплуатируемой Департаментом Информационных Технологий города Москвы. Аналогичная система используется в Екатеринбурге. Программное обеспечение применяет базу лиц МВД и уже в ней находит соответствующие лица на видео. Система может применяться для поиска преступников, борьбы с терроризмом и сбора информации об участниках митингов и иных массовых мероприятий

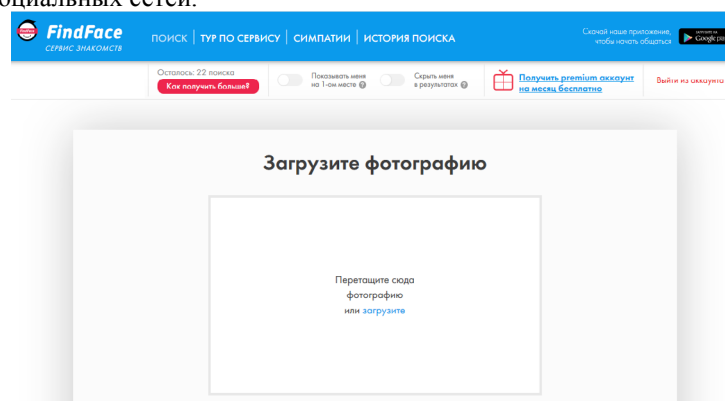


Рисунок 5 – Интерфейс веб-сервиса FindFace

Publer — веб-сервис, предназначенный для мониторинга рекламных объявлений и аналитики сообществ ВКонтакте, Одноклассниках и Instagram (рисунок 6).

Возможности сервиса:

- поиск рекламных публикаций, включая поиск по ссылкам, тексту и другим критериям;
- поиск сообществ, по множеству критериев, включая половозрастную структуру и географию

пользователей (включая группы в которых эта статистика закрыта);

- поиск тизеров из ВК, по тексту и ссылкам;
- анализ сообществ - отображение подробнейшей информации о сообществе (вывод популярных постов, распределение активности по часам\дням\месяцам, вывод динамики числа подписчиков).

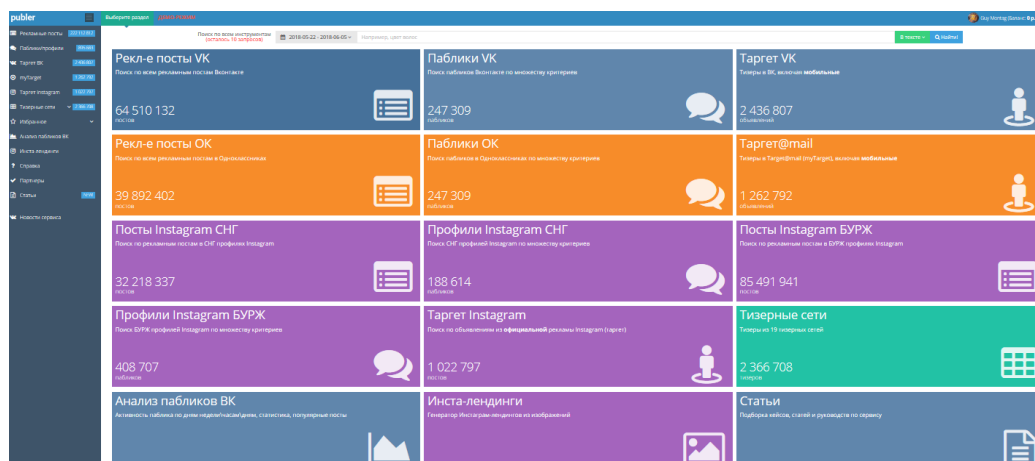


Рисунок 6 – Интерфейс веб-сервиса Publer

Perreg.ninja — это сервис таргетирования (нацеливания) аудитории в социальных сетях. В настоящее время система поддерживает парсинг сообществ в Facebook, а также сбор целевых пользователей в сообществах «ВКонтакте». Кроме того, с помощью Perreg.ninja можно собирать аудиторию среди подписчиков других пользователей, пользователей, обсуждающих посты и публикующих тематические записи на стенах. Наконец, сервис позволяет получить данные о посетителях сайтов, которые оставляют комментарии с помощью формы ВКонтакте.

Данные о целевой аудитории вносятся в текстовый файл и архивируются. Пользователь Perreg имеет возможность загрузить их на жесткий диск и выгрузить в рекламный кабинет Вконтакте или Facebook.

Церебро Таргет – это сервис, посредством которого открывается доступ для привлечения клиентов с помощью ретаргетинга(перенацеливания) их из соцсети – Вконтакте. Благодаря его применению

предоставляются возможности для подбора подходящей аудитории. С помощью этого инструмента можно разыскать потенциальных покупателей, установить ботов в группе, облегчить процесс нахождения «живых сообществ».

Возможности сервиса:

- поиск друзей и подписчиков, популярных профилей в социальной сети;
- подбор и аналитика аудитории активных сообществ по конкретной тематике;
- подбор аудитории по дате рождения;
- отслеживание пользователей, друзья которых уже состоят в интересующих сообществах;
- подбор активной аудитории, находящейся в нескольких группах;
- отслеживание профилей, осуществляющих покупки в заданном направлении.

Popsters – сервис аналитики публикаций в сообществах социальных сетей (рисунок 7). Сервис позволяет работать со следующими социальными сетями: ВКонтакте, Facebook и Одноклассники.

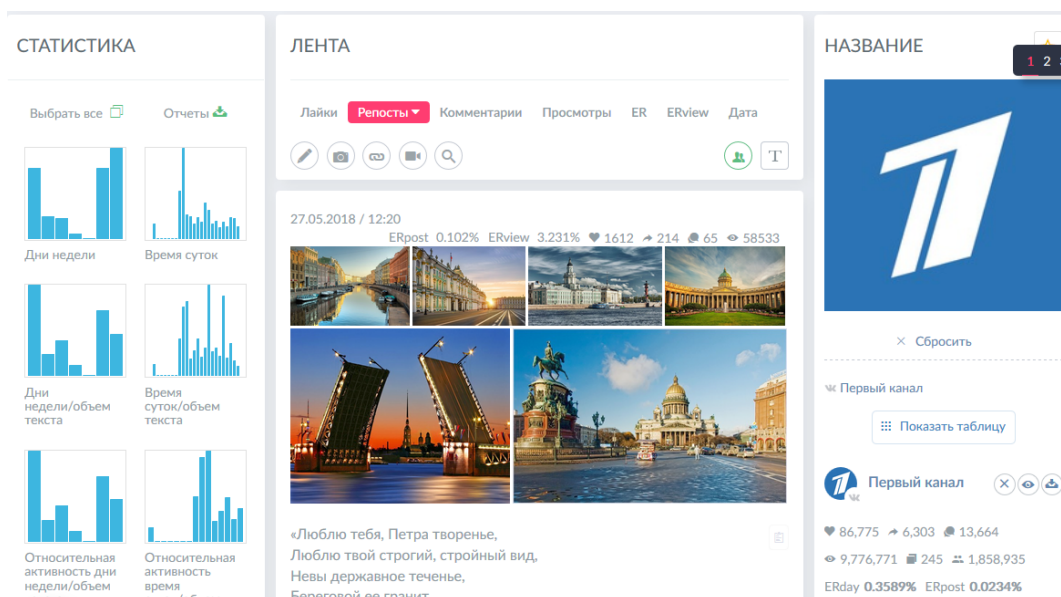


Рисунок 7 – Интерфейс веб-сервиса Popsters

Сервис позволяет сортировать загруженные публикации по различным параметрам, оценивать качество и популярность публикаций и выгружать полученные данные в формате excel-файла.

В заключении сделаем ряд выводов по проделанной работе. Продемонстрированы основные этапы изучения социальных сетей, а также представлены задачи, которые решаются во время исследований. Перечислены крупнейшие социальные сети, а также дана их краткая характеристика. Найдены программные средства сбора и анализа данных из социальных сетей. Определены возможности их работы. В рамках данной работы выбран ресурсный подход в изучении социальной сети, а также используется анализ общей информации и анализ текста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Одолевский В. Ф. 4338-й год М.: Огонек, 1926. – 64 с.
2. White H.S. Identity and control: How social formations emerge. 2nd ed. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2008. – 456 p.
3. John Arundel Barnes. Class and Committees in a Norwegian Island Parish. Human Relations, 1954, № 7 (1). – pp. 39–58.
4. Какие социальные сети самые популярные в 2017 году [Электронный ресурс] // Какие социальные сети самые популярные в 2017 году | Российский бизнес-журнал. URL: <http://www.gosbj.ru/2017/05/13/1250-самые-популярные-социальные-сети-2017> (дата обращения: 21.09.2018).
5. История зарождения понятия «социальная сеть» [Электронный ресурс] // 1.1 История зарождения понятия «социальная сеть». Субкультура социальных сетей – дипломная работа. URL: <http://cult.bobrodobro.ru/17288> (дата обращения: 25.09.2018).
6. Словарь историка / под ред. Н. Оффенштадта при участии Г. Дюфо и Э. Мазюреля; пер. с фр. Л. А. Пименовой. – М.: Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2011. – 222 с.
7. Коршунов А., Белобородов И., Бузун Н., Аванесов В., Пастухов Р., Чихрадзе К., Козлов И., Гомзин А., Андрианов И., Сысоев А., Ипатов С., Филоненко И., Чуприна К., Турдаков Д., Кузнецов С. Анализ социальных сетей: методы и приложения // Труды Института системного программирования РАН. 2014. Т. 26. № 1. С. 439-456.
8. Чураков А. Н. Анализ социальных сетей // СоцИс. 2001. № 1. С. 109–121.
9. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2010. – 228 с.
10. Давыденко В.А., Ромашкина Г.Ф., Чуканов С.Н. Моделирование социальных сетей // Вестник Тюменского государственного университета. №1, 2005. С. 68–79.
11. Базенков Н. И. Обзор информационных систем анализа социальных сетей / Н.И. Базенков, Д.А. Губанов // Управление большими системами. – 2013. – 41. – С. 357–394.
12. Грановеттер М. Сила слабых связей // Экономическая социология. 2009. № 4. С. 32–47.
13. Реутов Е.В., Реутова М.Н., Колпина Л.В., Бояринова И.В. Эффективность социальных сетей в региональном сообществе // Социологические исследования. 2011. № 1. С. 79–88.
14. Реутов Е.В. Социальные сети в региональном сообществе: монография / Реутов Е.В., Колпина Л.В., Реутова М.Н., Бояринова И.В.; отв. ред. Е.В. Реутов. Белгород: Константа, 2011. С. 80–88.
15. Батура Т.В. Методы анализа компьютерных социальных сетей // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. Том 10, Выпуск 4. 2012.
16. Davern M. Social networks and economic sociology: A proposed research agenda for a more complete social science // American Journal of Economics & Sociology, 1997. Vol. 56. Issue 3. P. 287–302.
17. Charu C. Aggarwal. Social Network Data Analytics. 2011. 520 с.
18. Скопенков, М.; Смыкалов, В.; Устинов, А. Случайные блуждания и электрические цепи (рус.) // Матем. просв., сер. 3. – 2012. – Т. 16. – С. 25–47.
19. Как это работает? | BitTorrent [Электронный ресурс] // Как это работает? | BitTorrent | hi-news.ru URL: <https://hi-news.ru/eto-interesno/kak-eto-rabotaet-bittorrent.html> (дата обращения: 26.09.2018).
20. РИФ 2018: свежие данные по аудитории «Одноклассников» [Электронный ресурс] // РИФ 2018: свежие данные по аудитории «Одноклассников» | Новости рынка Digital и SMM URL: <https://www.likeni.ru/events/rif-2018-svezhie-dannye-po-auditorii-odnoklassnikov/> (дата обращения: 28.09.2018).

Статья поступила в редакцию 10.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 004.832.32

**ОРГАНИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
С ПЕРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРОЙ В ВИДЕ ОБЛАЧНОГО СЕРВИСА, ФОРМИРУЕМОГО ПО
ЗАПРОСУ КЛИЕНТА (КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ГРАФЫ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ АЛГОРИТМОВ)**

© 2018

Мустафа Садек Джафар, аспирант кафедры «Вычислительная техника»

Пензенский государственный университет

(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: mustafajaafar221087@gmail.com)

Сергей Александрович Зинкин, доктор технических наук, профессор кафедры «Вычислительная техника»

Пензенский государственный университет

(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: zsa49@yandex.ru)

Карамышева Надежда Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Вычислительная техника» Пензенский государственный университет

(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: karamyshevans@yandex.ru)

Аннотация. Объектом исследования являются глобальные алгоритмы, выполняемые в распределенных вычислительных системах, реализуемых в форме NCaaSOD – Network Computing as a Service on Demand – сетевых вычислений как сервисов, реализуемых по запросу клиента. В рамках развития распределенных систем и вычислений актуально решение проблем, связанных с организацией взаимодействий пользователей с облачными системами. Многим пользователям может потребоваться организация виртуальных топологий для распределенных параллельных вычислений. Актуально использования мобильных беспроводных сетей и сети Интернет в качестве инфраструктуры с переменным составом для распределенных вычислений. В этой связи актуальным является развитие технологий создания распределенных сетевых приложений для вычислительных систем с гибридной облачно-сетевой архитектурой. Целью работы является интеграция сценарных моделей и схем распределенных алгоритмов для описания и программной реализации глобальных распределенных приложений в распределенных вычислительных системах с переменной структурой, предоставляемой пользователю по его требованию в виде гибридного облачно- сетевого сервиса. Исследование и организация вычислительных процессов в гибридных облачно-сетевых системах типа NCaaSOD основано на использовании концептуального и алгебраического подходов к формированию распределенных алгоритмов, выполняемых в облачно-сетевой среде. Взаимодействие компонент, реализующих операторы распределенных алгоритмов, основано на передаче управляющих сообщений. Предложено представление распределенных алгоритмов концептуальными графами, в которых задаются управляющие связи, реализуемые в реальной сетевой распределенной вычислительной системе путем передачи сообщений, что позволяет упростить создание распределенных сетевых приложений. В том числе предложены концептуальные и операторные формы представления операций «распределенная конкатенация», «распределенная α -дизъюнкция», «распределенная α -итерация», группы операций для распределенных сложных циклических процессов, а также концептуальные модели распараллеливания и ветвления распределенных процессов. Предложены концептуально-поведенческие модели распределенных алгоритмов в форме концептуальных графов, что позволяет дополнить определение и спецификацию функциональной архитектуры распределенных вычислительных систем с переменной структурой, предоставляемой пользователю по его требованию в качестве гибридного облачно- сетевого сервиса. Данные модели отличаются возможностью оперативной реконфигурации и непосредственной исполнимостью, что облегчает создание сетевого про-граммного обеспечения прикладного и промежуточного уровней. Для реализации выбрана архитектура типа NCaaSOD – Network Computing as a Service on Demand (компьютерная сетевая архитектура как облачный сервис, формируемый по запросу пользователя) как обеспечивающая необходимые гибкость и масштабируемость. В результате разработан метод реализации глобальных алгоритмов в вычислительных системах с переменной архитектурой в виде облачного сервиса, формируемого по запросу клиента.

Ключевые слова: распределенные вычислительные системы, сетевые вычисления, облачные сервисы, концептуальные модели, функциональная архитектура, распределенные операции.

**ORGANIZING THE FUNCTIONALITY OF THE DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEMS USING A
VARIABLE ARCHITECTURE AS A CLOUD SERVICE, FORMED UPON THE CUSTOMER'S
REQUEST (THE CONCEPTUAL GRAPHS OF DISTRIBUTED ALGORITHMS)**

© 2018

Mustafa Sadeq Jaafar, post-graduate student of the Department of Computing Technics

Penza State University

440026, Russia, Penza Region, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: mustafajaafar221087@gmail.com)

Sergey Alexandrovich Zinkin, Doctor of Technical Sciences,

Professor of the Department of Computing Technics
Penza State University

(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: zsa49@yandex.ru)

Nadezhda Sergeevna Karamysheva, Candidate of Technical Sciences, Associated Professor
of the Department of Computing Technics
Penza State University

440026, Russia, Penza Region, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: karamyshevans@yandex.ru)

Abstract. The main objectives of this research are global algorithms that are executed in distributed computing systems implemented in the form of NCaaSOD – Network Computing as a Service on Demand – network computing as services implemented by clients. As a part of the distributed computing systems development, the solution of the problems related to the organization of user interactions with cloud systems is relevant. Many users may need to organize virtual topologies for distributed parallel computing. The use of mobile wireless networks and the Internet as a variable-composition infrastructure for distributed computing is something of a great interest and use. In this regard, the development of technologies in the field of creating distributed network applications for computing systems with a hybrid cloud-network architecture is relevant. The goal of this work is to integrate scenario models and distributed algorithms for describing and implementing softwares for global distributed applications in distributed computing systems with a variable structure, presented to the user as a hybrid cloud-based network service. The research and organization of computational processes in hybrid cloud-based network systems such as NCaaSOD is based on the use of conceptual and algebraic approaches to the formation of distributed algorithms that are performed in a cloud-based network environment. The interaction of components is implementing the operators of distributed algorithms, based on the transfer of control messages. The presentation of distributed algorithms is done by the use of conceptual graphs in which control links are set up to be implemented in a real network distributed computing system by sending messages, this allows to simplify the creation of distributed network applications. Including conceptual and operational forms of representing the operations “distributed concatenation”, “distributed α -disjunction”, “distributed α -iteration”, groups of operations for distributed complex cyclic processes, as well as conceptual paralleling models and branching distributed processes. Conceptual-behavioral models of distributed algorithms in the form of conceptual graphs are proposed, which makes it possible to complement the definition and specification of the distributed computing systems functional architecture with a variable structure provided to the user as a hybrid cloud-based network service. These models are distinguished by the possibility of online reconfiguration and immediate feasibility, which facilitates the creation of network softwares for the application and intermediate levels. For the implementation, a NCaaSOD type of architecture was chosen – Network Computing as a Service on Demand (a computer network architecture as a cloud service that is configured upon a user request) providing the necessary flexibility and scalability. As a result, a method has been developed for implementing the global algorithms in computing systems with a variable architecture in the form of a cloud service generated upon the request of a client.

Keywords: distributed computing systems, network computing, cloud services, conceptual models, functional architecture, distributed operations.

Введение. В настоящее время все большее внимание уделяется интеграции технологий облачных, кластерных, метакомпьютерных, глобальных и грид-вычислений. Новые архитектуры распределенных вычислительных систем нередко строятся на основе интеграции перечисленных технологий, что позволяет сочетать в одной системе лучшие характерные свойства каждой из них.

Одним из примеров успешной реализации глобальных сетевых распределенных вычислительных систем является система BOINC (Berkeley Open Infrastructure for Network Computing) – открытая инфраструктура для сетевых вычислений, разработанная в лаборатории Space Sciences Laboratory Калифорнийского университета в Беркли (США) [1]. Широко известен также проект Worldwide LCG (LHC Computing Grid) – грид-система, спроектированная в CERN (Европейская организация по ядерным исследованиям) и предназначенная для обработки больших объемов данных, поступающих с Большого адронного коллайдера (LHC – Large

Hadron Collider), содержащая в настоящее время 170 вычислительных центров из 36 стран [2].

В рамках развития распределенных систем и вычислений актуально решение проблем, связанных с организацией взаимодействий с облачными системами, а также с внешним или внутренним аудитом. На одном из первых мест находится проблема обеспечения безопасности вычислений и хранения данных. Многим пользователям может потребоваться организация виртуальных топологий для распределенных параллельных вычислений, а не только простой иерархической или клиент-серверной архитектуры. Актуально использования мобильных беспроводных сетей и сети Интернет в качестве инфраструктуры для распределенных вычислений. В этой связи актуальным является развитие технологий создания распределенных сетевых приложений для вычислительных систем с гибридной облачно-сетевой архитектурой.

Целью настоящей работы является интеграция сценарных моделей и схем распределенных

алгоритмов для описания и программной реализации глобальных распределенных приложений в распределенных вычислительных системах с переменной структурой, предоставляемой пользователю по его требованию в качестве гибридного облачно-сетевых сервиса.

1. Концептуальные графы распределенных алгоритмов

При проектировании функциональной архитектуры распределенных вычислительных систем с переменной структурой, в том числе с облачной архитектурой типа NCaaS (Network Computing as a Service on Demand – компьютерная сетевая архитектура как облачный сервис с системно-функциональной архитектурой, формируемой по запросу пользователя), для снижения трудозатрат может быть использована графическая поддержка на основе представления распределенных алгоритмов концептуальными графами и семантическими сетями. В работе [3] ранее были рассмотрены вопросы формирования по запросу пользователя системной архитектуры облачно-сетевых распределенных вычислительных систем. За рамками рассмотрения остались проблемы сетевой реализации распределенных алгоритмов, поэтому в настоящей работе основное внимание уделяется вопросу формирования функциональной архитектуры данных систем на основе концептуальных представлений распределенных алгоритмов.

Основные алгоритмы для параллельных и распределенных вычислительных систем рассмотрены в [4 – 10] и других работах. Специально моделям глобальных и локальных вычислений в сетях, как проводных, так и в беспроводных, посвящены работы [11 – 15]. Анализ результатов данных работ показал, что реализация данных алгоритмов и моделей в многокомпонентных программных приложениях для облачных и грид-систем связаны с большими трудозатратами.

Концептуальные графы распределенных алгоритмов (КГ РА), предлагаемые в настоящей работе, отличаются от известных схем распределенных программ выбором в качестве основы построения алгебры алгоритмов Глушкова В. М. [16, 17]. Предложенные КГ РА обобщают и систематизируют результаты работ [18 – 27] и адаптированы для представления распределенных многокомпонентных приложений в архитектуре NCaaS. В отличие от перечисленных работ в настоящей работе далее дана новая интерпретация ветвлений и сложных циклов концептуальными графами, а также учтено размещение компонент на логических узлах распределенной вычислительной системы. Вложение операторов КГ РА в архитектуру распределенной облачно-сетевой вычислительной системы NCaaS может осуществляться аналогично размещению виртуальной системной архитектуры на физических узлах вычислительной сети так, как это предложено, например, в работе

[3].

Из алгебры алгоритмов, а также из реальных приложений этой алгебры к схематологии программ в настоящей работе выбраны следующие понятия:

- принцип структурирования алгоритмов, фактически предвосхитивший появление структурированного программирования Э. Дейкстры на основе “дейкстровских” конструкций “последовательности”, “разветвления” и “цикла”;
- операции α -дизъюнкции и α -итерации, а также другие операции, ограниченные для случая всюду определенных логических условий;
- операция Pa “левого умножения” оператора P на условие a , смысл которой состоит в проверке условия a после применения оператора P ;
- тождественный, или пустой, оператор E и нигде не определенный, или невозможный, оператор N ;
- возможность порождения новых структурно сложных операторов посредством суперпозиции операций, составляющих сигнатуру алгебры алгоритмов.

Кроме того, используется операция конкатенации, или последовательной композиции, операторов (если P и Q – операторы, то запись PQ определяет их выполнение в порядке записи, причем в качестве связывающего символа могут использоваться звездочка “*” или знак препинания “;”), а также логические операции для всюду определенных условий.

2. Концептуальное представление операции «распределенная конкатенация»

Предлагается следующее концептуальное представление операций в распределенных вычислительных системах. На рисунке 1 представлена семантическая сеть, визуализирующая отношение следования $Send$ между двумя концептуальными графами.

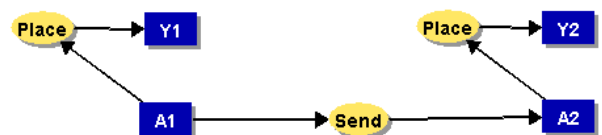


Рисунок 1 – Визуализация операторов A_1 и A_2 , связанных отношением $Send$ передачи сообщения (граф G_1)

Первый концептуальный граф состоит из двух концептов – оператора A_1 и логического узла Y_1 (как обычно в дискретно-событийном поведенческом моделировании, здесь и далее будут, если это не вызывает противоречий, отождествляться имена объектов в модели с именами реальных объектов), связанных отношением $Place$ размещения оператора A_1 на узле Y_1 . Аналогичным образом построен и второй концептуальный граф, содержащий два концепта – оператор A_2 и узел Y_2 , связанные отношением $Place$. Отношение следования $Send$ связывает два оператора таким образом, что после выполнения

оператора A_1 на узле Y_1 выполняется оператор A_2 на узле Y_2 . Данное отношение в распределенной вычислительной системе реализуется путем передачи сообщения от оператора A_1 , размещенного на узле Y_1 , оператору A_2 , размещенному на узле Y_2 .

Концептуальные графы и семантические сети представляют графически формулы первогопорядкового исчисления предикатов. Формула для графа G_1 имеет следующий вид:

$$Place(A_1, Y_1) \& Place(A_2, Y_2) \& Send(A_1, A_2), \quad (1)$$

где имена бинарных отношений $Place$ и $Send$ рассматриваются как бинарные предикатные символы, а символы A_1, A_2, Y_1, Y_2 – как предметные константы, значения соответствующих предметных переменных a и y . Выражение (1), как и все выражения в логике предикатов, имеет ясную формальную семантику и операционную поддержку в виде механизмов логического вывода. Однако при проектировании функциональной архитектуры распределенных вычислительных систем имеет не меньшее значение операционная семантика формализма, поэтому формульная операторная запись выполняемых в соответствии с графом G_1 действий представлена в следующем виде:

$$A_{12} = (A_1/Y_1) \rightarrow (A_2/Y_2) = (A_1/Y_1)(A_2/Y_2), \quad (2)$$

где “ \rightarrow ” – символ операции распределенной конкатенации, или распределенной последовательной композиции, операторов. Данный символ для простоты можно опускать. При помощи операции распределенной конкатенации получен новый составной оператор A_{12} , смысл которого поясняет фраза на естественном языке: “Оператор A_1 , находящийся на узле Y_1 , отправляет сообщение оператору A_2 , находящемуся на узле Y_2 , инициируя тем самым его работу с принятыми данными”.

При создании распределенных сетевых приложений вместо выражений (1) и (2) целесообразно использовать логико-алгебраическое операционное выражение (ЛАОВ) следующего вида:

$$[Place(A_1, Y_1) \& Place(A_2, Y_2)](Send(A_1, A_2) \leftarrow true \vee E), \quad (3)$$

которое построено на основе операции α -дизъюнкции из алгебры алгоритмов. Здесь и далее выражение, заключенное в квадратные скобки, представляет собой α -условие; вслед за ним в круглых скобках стоят альтернативные операторы, разделенные символом “ \vee ” дизъюнкции, как принято в алгебре алгоритмов Глушкова. Содержательное описание происходящего процесса следующее: “После того, как операторы A_1 и A_2 размещены соответственно на узлах Y_1 и Y_2 , конкретизируется отношение $Send$, соответствующее отправке сообщения от оператора A_1 к оператору A_2 ; в противном случае никакие действия не выполняются”. Выражения вида (3) относятся уже к логико-алгебраическим исполнимым поведенческим моделям и их удобно использовать в качестве формализованных спецификаций при программировании.

3. Концептуальное представление операций «распределенная α -дизъюнкция» и «распределенная α -итерация»

Операция распределенной α -дизъюнкции может быть описана следующей фразой естественного языка: “На основании выполнения оператора A_1 , размещенного на узле Y_1 , определяется значение логического условия C ; при истинности условия C конкретизируется отношение Y_Send между операторами A_1 и A_2 , а при его ложности конкретизируется отношение N_Send между операторами A_1 и A_3 ”. Концептуальный граф G_2 для операции распределенной α -дизъюнкции представлен на рисунке 2.

Графу G_2 соответствуют два логических выражения:

$$Place(A_1, Y_1) \& Place(A_2, Y_2) \& Place(A_3, Y_3) \& Y_Send(A_1, A_2), \quad (4)$$

при $C = true$ и выражение

$$Place(A_1, Y_1) \& Place(A_2, Y_2) \& Place(A_3, Y_3) \& N_Send(A_1, A_3), \quad (5)$$

при $C = false$.

При учете операции левого умножения $A_1|C$ оператора A_1 на условие C , обозначенной вертикальной чертой “|” и означающей получение значения условия C после выполнения оператора A_1 , при формульном описании графа G_2 можно ограничиться одним выражением:

$$Place(A_1, Y_1) \& Place(A_2, Y_2) \& Place(A_3, Y_3) \& ((A_1|C) \& Y_Send(A_1, A_2) \vee \neg(A_1|C) \& N_Send(A_1, A_3)), \quad (6)$$

то есть при $(A_1|C) = true$ в графе G_2 конкретизировано отношение Y_Send и не существует отношения N_Send , а при $(A_1|C) = false$ наоборот, конкретизировано отношение N_Send и не существует отношения Y_Send . Оба отношения соответствуют передаче сообщений от оператора A_1 операторам A_2 или A_3 соответственно при $(A_1|C) = true$ или при $(A_1|C) = false$.

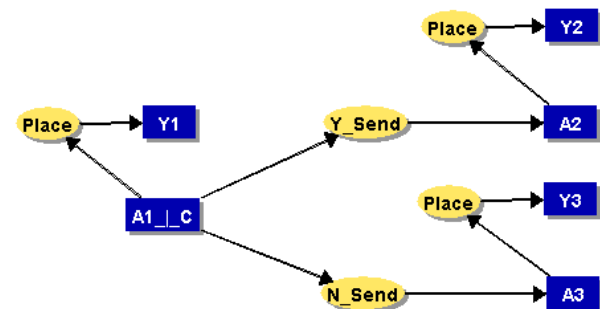


Рисунок 2 – Визуализация концептуальных графов, связанных отношениями передачи сообщений при проверке логического условия C (концептуальное представление, или семантическая сеть G_2 для операции распределенной α -дизъюнкции)

Выражения (4), (5) и (6), составленные на основе логики предикатов первого порядка, соответствуют графическим представлениям концептуальных графов и предназначены для использования при разработке сетевых приложений.

Операторная форма записи выполняемых в

соответствии с графом G_2 действий представима в виде следующей α -дизъюнкции:

$$A_\alpha = [(A_1/Y_1)|C](A_2/Y_2 \vee A_3/Y_3), \quad (7)$$

то есть при истинности условия C после выполнения оператора A_1 на узле Y_1 управляющее сообщение передается оператору A_2 , размещенному на узле Y_2 , а при ложности условия C после выполнения оператора A_1 на узле Y_1 управляющее сообщение передается оператору A_3 , размещенному на узле Y_3 . Формула $(A_1/Y_1)|C$ в выражении (7) построена на основе операции “|” левого умножения оператора A_1/Y_1 на условие C , смысл которой состоит в проверке условия C после применения оператора A_1 на узле Y_1 .

Логико-алгебраическое операционное выражение, соответствующее графу G_2 , представимо в следующем виде:

$$[Place(A_1, Y_1) \& Place(A_2, Y_2) \& Place(A_3, Y_3)]([A_1|C] (Y_Send(A_1, A_2) \leftarrow true \vee N_Send(A_1, A_3) \leftarrow true)) \vee E). \quad (8)$$

Данное выражение (8) представляет собой композицию двух α -дизъюнкций. Здесь конкретизациям отношений $Y_Send(A_1, A_2)$ либо

$N_Send(A_1, A_3)$ в реальном сетевом приложении соответствует отправка сообщения от оператора-передатчика A_1 , расположенного на узле Y_1 , либо оператору A_2 , либо оператору A_3 ; данные операторы-приемники расположены на узлах Y_2 и Y_3 соответственно. Аналогично строится концептуальное представление, или семантическая сеть, для операции распределенной итерации (рисунок 3).

Для графа G_3 операторная форма записи распределенной α -итерации имеет следующий вид:

$$A_{Iter} = [(A_1/Y_1)|C]\{A_2/Y_2\}(A_3/Y_3), \quad (9)$$

то есть циклическое повторение выполнения оператора A_2 на узле Y_2 выполняется до тех пор, пока условие C ложно. Значение этого условия проверяется всякий раз оператором A_1 . Как только после очередного выполнения оператора A_1 на узле Y_1 условие C становится истинным, управляющее сообщение передается оператору A_3 , размещенному на узле Y_3 . В выражении (9) в квадратные скобки заключено выражение, представляющее условие α , а в фигурные скобки – один или группа операторов, выполняющихся в цикле.

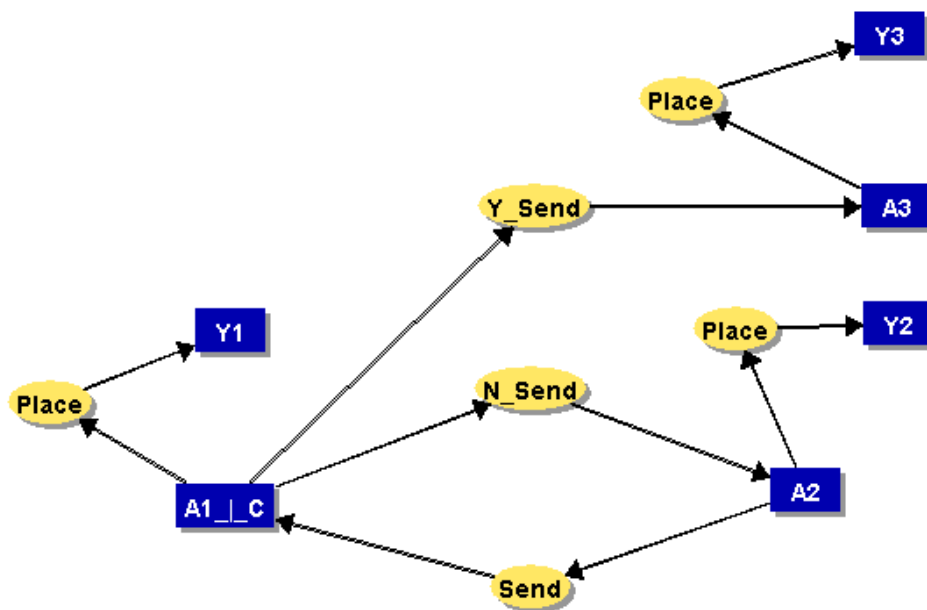


Рисунок 3 – Концептуальное представление, или семантическая сеть G_3 для операции распределенной α -итерации

4. Концептуальное представление распределенных циклических процессов

Дополнительно при помощи концептуальных графов определяются три циклических процесса в сетях.

$$1. R_{One}\{(A_1/Y_1)|C_1, (A_2/Y_2)|C_2, \dots, (A_n/Y_n)|C_n\}, \quad (10)$$

Как показано на рисунке 4, соответствующем выражению (10), при выполнении циклического участка распределенного алгоритма в сети сообщение проходит по узлам сети и инициирует циклическое выполнение операторов; выход

из цикла происходит, как только встретится любое очередное истинное условие C_i . Как было определено ранее, выражение $(A_i/Y_i)|C_i$ для левого умножения оператора на условие означает, что значение условия C_i определяется после выполнения оператора A_i на узле Y_i .

$$2. R_{All-1}\{(A_1/Y_1)|C_1, (A_2/Y_2)|C_2, \dots, (A_n/Y_n)|C_n\}, \quad (11)$$

Как показано на рисунке 5, опрашивающее сообщение проходит по узлам сети и выходит из цикла лишь в том случае, когда при последовательной проверке все условия будут истинны.

$$3. R_{All-2} \{(A_1/Y_1)|C_1, (A_2/Y_2)|C_2, \dots, (A_n/Y_n)|C_n\}, \quad (12)$$

Как следует из рисунка 6, опрашивающее сообщение проходит по узлам сети и выходит из цикла лишь в том случае, когда все проверяемые условия истинны, поочередно дожидаясь получения истинного значения условия после выполнения каждого оператора на каждом узле.

На рисунках 5 и 6 концепт E представляет собой пустой оператор или оператор задержки; для простоты на рисунках 4, 5 и 6 не показаны места размещения операторов; размещение операторов задано в выражениях (10), (11) и (12).

5. Концептуальные модели распараллеливания и ветвления распределенных процессов

Методы распределенного программирования в сетях позволяют обращаться к удаленным и распределенным ресурсам сети. Характерной особенностью распределенного программирования является модульность программ. Среди наиболее распространенных моделей распределенного программирования известны простые модели типа “клиент-сервер”, а также модели пиринговых распределенных систем с равноправными узлами (peer-to-peer, или P2P). Последние модели нередко выполняются на основе технологий агентов, представляющих собой рациональные объекты, постоянно находящиеся в процессе выполнения. Агенты могут взаимодействовать в режиме “запрос-ответ” с другими компонентами сетевого программного обеспечения.

Для распределения операторов распределенных

алгоритмов в гибридных облачно-сетевых средах возможно использовать известные эвристические методики [29, 29]. Минимальные требования к проектированию параллельных и распределенных программ описаны, например, в работе [30]: декомпозиция, то есть разбиение задачи на части, связь полученных частей между собой и координация их выполнения, причем базовые уровни программного параллелизма представлены обычно параллелизмами на уровне инструкций, подпрограмм, объектов и приложений. Поскольку распределенное и сетевое программирование неотделимы друг от друга, особый интерес представляет стандарт MPI (Message Passing Interface) – стандартная спецификация на передачу сообщений в сетях и кластерах компьютеров [10, 30, 31].

Концептуальное представление распределенных программ способно упростить процесс создания распределенных приложений. Известны различные графические представления распределенных программ. В настоящей работе в качестве основы выбраны элементы широко известной в международной практике методологии “Integrated Definition 3” (IDEF3), примеры применения которой при создании распределенных приложений и моделировании бизнес-процессов рассмотрены, например, в работах [32, 33, 34].

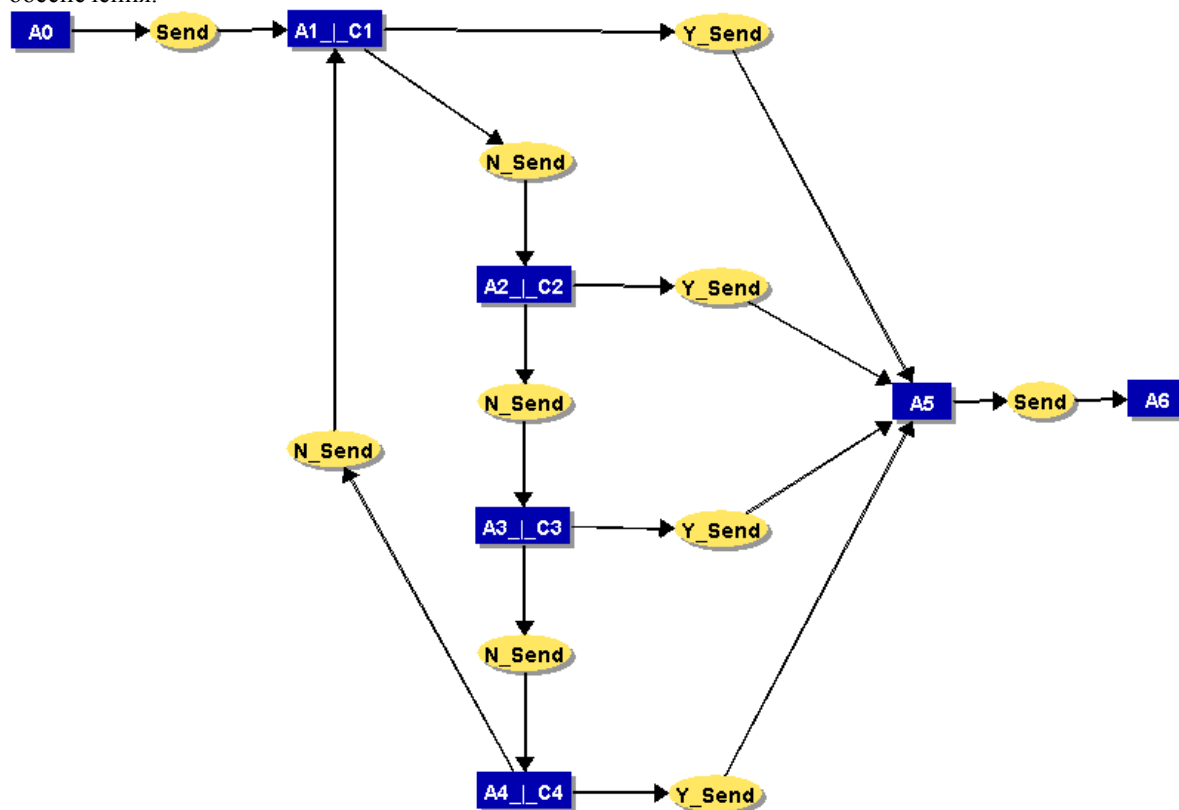


Рисунок 4 – Концептуальное представление распределенного цикла R_{One}

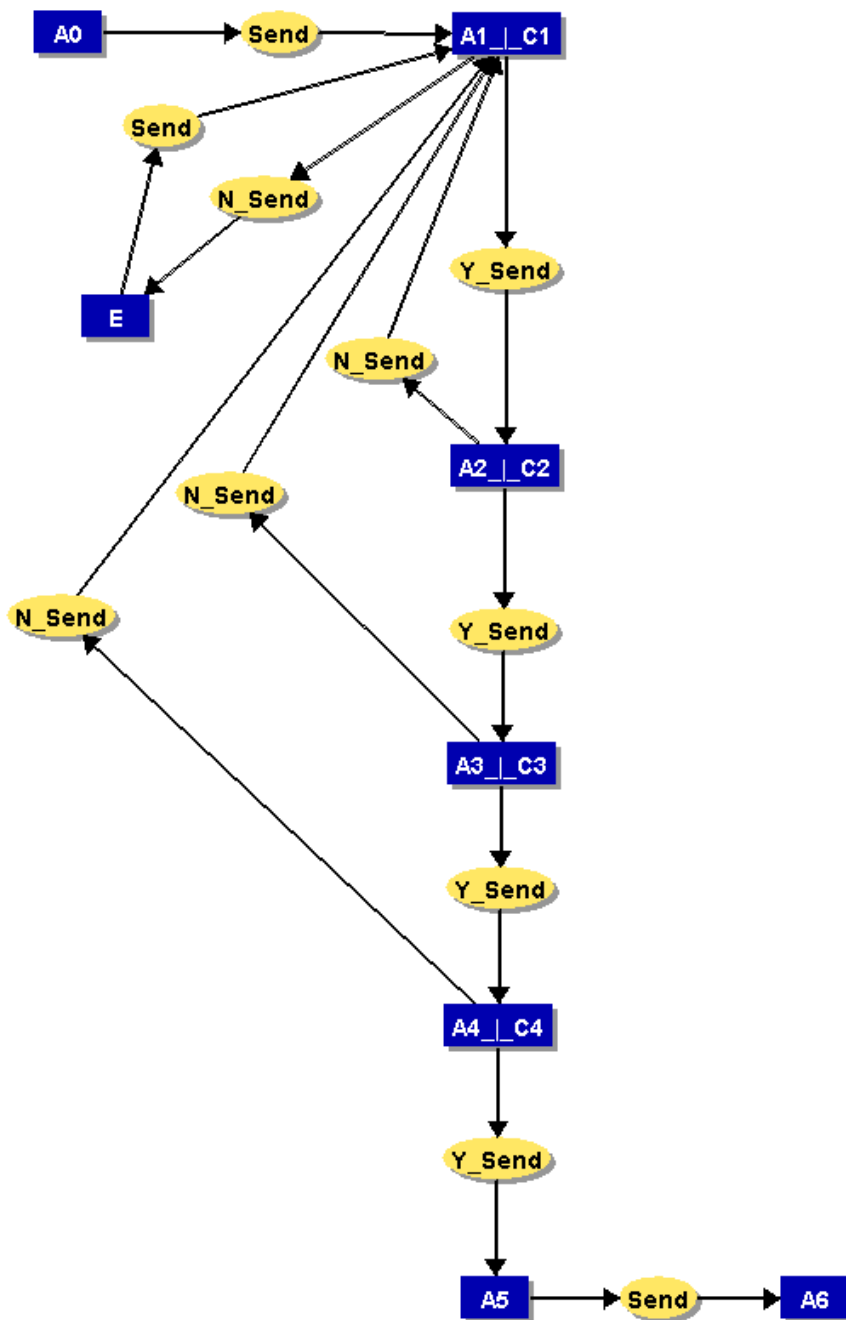


Рисунок 5 – Концептуальное представление распределенного цикла R_{All-1}

Основные используемые в настоящей работе черты методологии – декомпозиция работ (задач), а также наличие “перекрестков” – средств представления распараллеливания и ветвлений процессов. Многие из этих черт издавна хорошо известны в распределенном и параллельном программировании. Некоторые концептуальные представления подобных моделей были предложены также в работах [21, 23, 24, 25] и используются в настоящей работе. Отличительной особенностью предлагаемых в настоящей работе моделей является расширение состава операций и их ориентация на непосредственную передачу сообщений в сетях (например, возможна нумерация сообщений при

отправке), что соответствует выбранной концепции NCaaSoD для реализации распределенных вычислительных систем. Кроме того, в данных моделях учитывается размещение компонент в вычислительной сети на логическом и физическом уровнях, а сами модели допускают логико-алгебраическую операционную интерпретацию, необходимую для программной реализации распределенных приложений. Некоторые правила формирования пригодных для программной реализации логико-алгебраических операционных выражений (так называемых формализованных спецификаций), даны в работах [18, 19, 21 – 25].

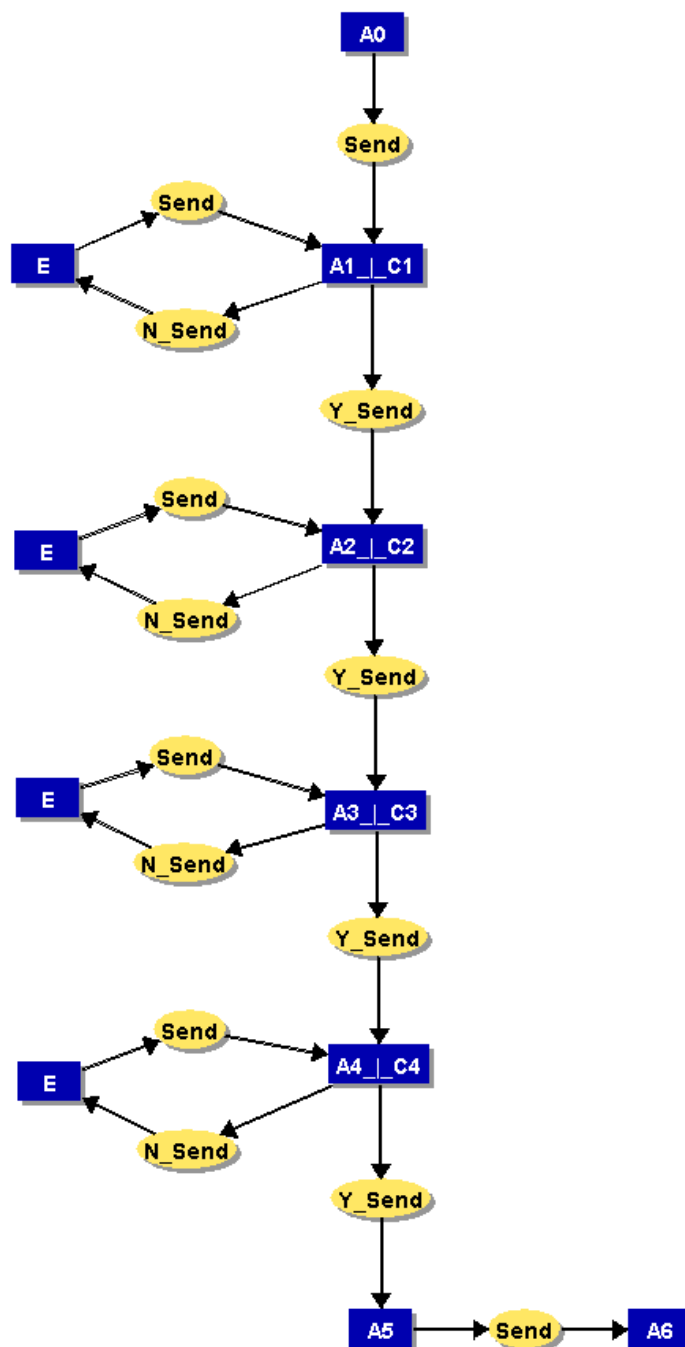


Рисунок 6 – Концептуальное представление распределенного цикла R_{All-2}

Обобщенная концептуальная модель распараллеливания и ветвления процессов в виде семантической сети представлена на рисунке 7.

Семантическая сеть содержит концепты – операторы и логические узлы, на которых выполняются данные операторы. Отношение *Place* реализуется путем развертывания операторов в вычислительной сети. Отношение *Send* реализуется путем непосредственной передачи сообщений между операторами при выполнении распределенного алгоритма. Концептами, имена которых содержат составной символ “_”, представлены перекрестки согласно методологии

IDEF3. Состав перекрестков нами расширен по сравнению с тем составом, который определен для методологии IDEF3. Кроме того, концепция перекрестков дополнена возможной нумерацией выполняемых операторов и упорядочением выполнения операторов между перекрестками “расхождения” и “схождения” стрелок. Основные формы представления перекрестков представлены в нижней части рисунка 7. Здесь вместо символа вопроса “?” необходимо вставлять конкретные пары имен перекрестков расхождения и схождения, указанные в нижней части данного рисунка.

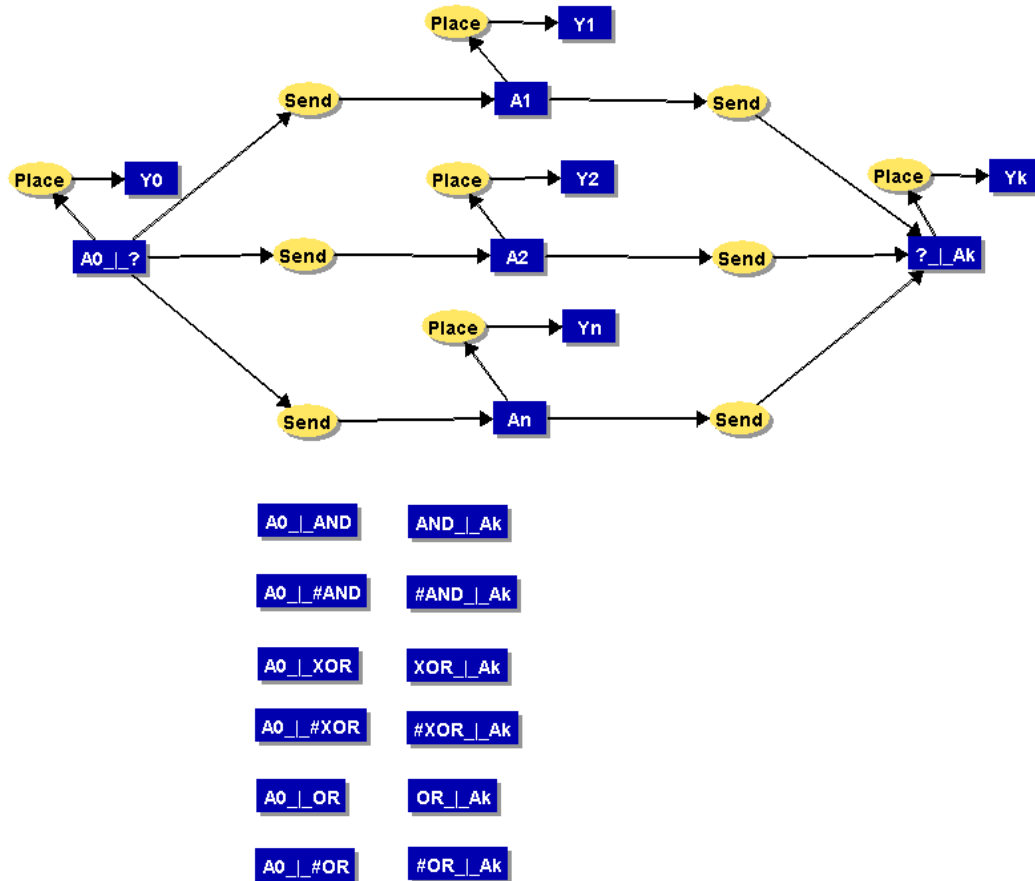


Рисунок 7 – Общая концептуальная модель распараллеливания и ветвления процессов в виде семантической сети

Работа семантической операторной сети представлена следующими операторными выражениями:

- 1) $AND_SEQ(A_1/Y_1, A_2/Y_2, \dots, A_n/Y_n)$;
- 2) $AND_PAR(A_1/Y_1, A_2/Y_2, \dots, A_n/Y_n)$;
- 3) $AND_SIM(A_1/Y_1, A_2/Y_2, \dots, A_n/Y_n)$;
- 4) $\#AND_SEQ(A_1/Y_1, A_2/Y_2, \dots, A_n/Y_n)$;
- 5) $\#AND_PAR(A_1/Y_1, A_2/Y_2, \dots, A_n/Y_n)$;
- 6) $\#AND_SIM(A_1/Y_1, A_2/Y_2, \dots, A_n/Y_n)$;
- 7) $OR_SEQ([(A_0/Y_0)|C_1](A_1/Y_1 \vee E), [(A_0/Y_0)|C_2](A_2/Y_2 \vee E), \dots, [(A_0/Y_0)|C_n](A_n/Y_n \vee E))$;
- 8) $OR_PAR([(A_0/Y_0)|C_1](A_1/Y_1 \vee E), [(A_0/Y_0)|C_2](A_2/Y_2 \vee E), \dots, [(A_0/Y_0)|C_n](A_n/Y_n \vee E))$;
- 9) $OR_SIM([(A_0/Y_0)|C_1](A_1/Y_1 \vee E), [(A_0/Y_0)|C_2](A_2/Y_2 \vee E), \dots, [(A_0/Y_0)|C_n](A_n/Y_n \vee E))$;
- 10) $\#OR_SEQ([(A_0/Y_0)|C_1](A_1/Y_1 \vee E), [(A_0/Y_0)|C_2](A_2/Y_2 \vee E), \dots, [(A_0/Y_0)|C_n](A_n/Y_n \vee E))$;
- 11) $\#OR_PAR([(A_0/Y_0)|C_1](A_1/Y_1 \vee E), [(A_0/Y_0)|C_2](A_2/Y_2 \vee E), \dots, [(A_0/Y_0)|C_n](A_n/Y_n \vee E))$;
- 12) $\#OR_SIM([(A_0/Y_0)|C_1](A_1/Y_1 \vee E), [(A_0/Y_0)|C_2](A_2/Y_2 \vee E), \dots, [(A_0/Y_0)|C_n](A_n/Y_n \vee E))$;
- 13) $XOR([(A_0/Y_0)|C_1](A_1/Y_1 \vee E), [(A_0/Y_0)|C_2](A_2/Y_2 \vee E), \dots, [(A_0/Y_0)|C_n](A_n/Y_n \vee E))$;
- 14) $\#XOR([(A_0/Y_0)|C_1](A_1/Y_1 \vee E), [(A_0/Y_0)|C_2](A_2/Y_2 \vee E), \dots, [(A_0/Y_0)|C_n](A_n/Y_n \vee E))$;

Имена сложных составных операторов-перекрестков, реализующих распараллеливание и ветвление действий, состоят из нескольких частей. Часть *AND* имени перекрестка расхождения означает, что все операторы после данного перекрестка должны быть выполнены (здесь и далее вторые части имен обозначают: *SEQ* – последовательно, *PAR* – синхронно параллельно, *SIM* – последовательно, в произвольном порядке или, возможно, одновременно с произвольным пересечением интервалов реализации).

Часть *AND* имени перекрестка схождения означает, что все операторы до данного перекрестка должны быть выполнены. Символ “#” здесь и далее означает, что сообщения, реализующие отношение

Send, нумеруются при отправке, и эта нумерация учитывается при сборке сообщений.

Часть *OR* имени перекрестка расхождения означает, что некоторые (возможно, ни один) операторы после данного перекрестка должны быть выполнены. Часть *OR* имени перекрестка схождения означает, что некоторые (возможно, ни один) операторы до данного перекрестка должны быть выполнены. Как видно из выражений 7, 8, ..., 12, некоторые (или все) операторы из последовательности могут не выполняться. В этой связи проанализируем выражение $[(A_0/Y_0)|C_i](A_i/Y_i \vee E)$: после выполнения оператора A_0 на узле Y_0 определяется значение булевой переменной C_i и, если это значение истинно, то передается сообщение, инициализирующее выполнение оператора A_i на узле Y_i . Если значение булевой переменной C_i ложно, то выполняется пустой оператор E , но, тем не менее, сообщение об этом факте передается на перекресток схождения A_k , находящийся на узле Y_k .

Часть *XOR* имени перекрестка расхождения означает, что только один оператор A_i после данного перекрестка должны быть выполнены, которому соответствует истинное значение условия C_i ; если же все условия ложны, то не выполняется ни один оператор, но на перекресток схождения посылается

уведомляющее сообщение аналогично перекрестку *OR*. Перекресток *XOR* может, таким образом, использоваться для распределенной реализации управляющих операторов типа *CASE* и *SWITCH* языков программирования типа *C++*, *C#*, *Java* и др.

При графическом представлении концептуальных графов использован редактор *CharGer* [35, 36].

Заключение.

1. Предложены концептуально-поведенческие модели распределенных алгоритмов в форме концептуальных графов, что позволяет дополнить определение и спецификацию системной и функциональной архитектуры распределенных вычислительных систем с переменной структурой, предоставляемой пользователю по его требованию в качестве гибридного облачно-сетевых сервиса. Данные модели отличаются возможностью оперативной реконфигурации и непосредственной исполнимостью, что облегчает создание сетевого программного обеспечения прикладного и промежуточного уровней.

2. Предложены концептуальные модели (сценарии) для распределенных процессов композиции, ветвления, циклического повторения и распараллеливания, отличающиеся указанием локализации операторов и передачей управления путем передачи сообщений, что упрощает отображение распределенных алгоритмов на архитектуру облачно-сетевых сервисов, создаваемого по запросам пользователя. Данные модели отличаются возможностью оперативной реконфигурации и непосредственной исполнимостью, что облегчает создание сетевого программного обеспечения прикладного и промежуточного уровней.

3. Для реализации глобальных концептуальных схем алгоритмов предложено использовать архитектуру типа *NCaaSOD* – *Network Computing as a Service on Demand* (компьютерная сетевая архитектура как облачный сервис, формируемый по запросу пользователя) как обеспечивающую необходимые гибкость и масштабируемость. В результате разработан метод реализации глобальных алгоритмов в вычислительных системах с переменной архитектурой в виде облачного сервиса, формируемого по запросу клиента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Compute for Science. [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://boinc.berkeley.edu>. Дата доступа 10.09.2018.

2. The Worldwide LHC Computing Grid. [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://home.cern/about/computing/worldwide-lhc-computing-grid>. Дата доступа 10.09.2018.

3. Никишин К.И., Коннов Н.Н., Пашенко Д.В. Моделирование систем на базе технологии *TIMETRIGGERED ETHERNET* // В сборнике: Ин-

формационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2016) Материалы XV Международной конференции имени А.Ф. Терпугова. 2016. С. 117–122.

4. An Efficient Algorithm for Resource Allocation in Parallel and Distributed Computing Systems / S. F. El-Zoghdy, M. Nofal, M. A. Shohla, A. El-sawy // *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*. Vol. 4, No. 2, 2013, pp. 251–259.

5. Kshemkalyani A. D., Singhal M. *Distributed Computing: Principles, Algorithms, and Systems*. Cambridge University Press, March 2011. – 756 p.

6. Md. Firoj Ali, Rafiqul Zaman Khan. *Distributed Computing: An Overview* // *Int. 11Journ. Advanced Networking and Applications*. Vol. 07, Issue 01, 2015, pp. 2630–2635.

7. Fokkink Wan. *Distributed Algorithms. An Intuitive Approach*. The MIT Press Cambridge, Massachusetts; London, England, 2013. – 231 p.

8. Suomela J. *Distributed Algorithms*. Aalto University, Finland, 23 September 2016. – 181 p.

9. Aspnes J. Notes on Theory of Distributed Systems. CPSC 465/565: Fall 2017. 2018-02-16. – 434 p. URL: <http://www.cs.yale.edu/homes/aspnes/classes/465/notes.pdf>. Дата доступа 10.09.2018.

10. Tanenbaum A. S., Maarten Van Steen. *Distributed Systems: principles and paradigms*. 2nd Edition. – Pearson Education, Inc., 2007. – 669 p.

11. Nicola R., Gorla D., Pugliese R. Global computing in a dynamic network of tuple spaces // *Science of Computer Programming* 64, 2007, pp. 187–204.

12. Schelfhout K., Holvoet T. Coordination Middleware for Decentralized Applications in Dynamic Networks // 2-nd International Doctoral Symposium on Middleware'05, November 28 – December 2, 2005, Grenoble, France, Article 8.

13. Imran Ihsan, Muhammad Abdul Qadir, Nadeem Iftikhar. Mobile Ad-Hoc Service Grid – MASGRID // *International Journal of Electrical, Robotics, Electronics and Communications Engineering*. Vol. 1, No. 5, 2007, pp. 778–781.

14. Joshi K. C. Cloud Computing: In Respect to Grid and Cloud Approaches // *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*. Vol. 2, Issue. 3, May-June 2012, pp. 902–905.

15. An Approach to Ad hoc Cloud Computing / Kirby G., Dearle A., Macdonald A., Fernandes A. // *Distributed, Parallel, and Cluster Computing*, 2010, pp. 1–6.

16. Алгеброалгоритмические модели и методы параллельного программирования / Андон Ф. И., Дорошенко А. Е., Цейтлин Г. Е., Яценко Е. А. *Академпериодика*, 2007. – 634 с.

17. Глушков В. М., Цейтлин Г. Е., Ющенко Е. Л. *Алгебра. Языки. Программирование*. Изд. 3, перераб. и доп. *Наукова думка*, 1989. – 376 с.

18. Зинкин С. А. Организация управления сетями хранения и обработки данных на основе

- непосредственной интерпретации логико-алгебраических спецификаций // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки, № 4, 2012. – С. 3–16.
19. Механов В. Б., Зинкин С. А., Карамышева Н. С. Абстрактное и структурное проектирование сетей хранения данных: от сценариев к логико-алгебраическим спецификациям // Информатизация образования и науки. – 2013, № 2. – С. 68–84.
20. Васькевич Н. П., Зинкин С. А., Карамышева Н. С. Облачная платформа для реализации агентно-ориентированных метакомпьютерных систем // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы». – № 3. – 2013. – С. 17–24.
21. Механов В. Б., Зинкин С. А., Карамышева Н. С. Эволюционирующие агентно-ориентированные сети функциональных операторов // Информатизация образования и науки. – № 4. – 2013. – С. 95–112.
22. Волчихин В. И., Дубравин А. В., Зинкин С. А. Абстрактный и структурный синтез распределенных систем обработки данных на основе мультипарадигмального подхода // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – №1. – 2015. – С. 60–80.
23. Дубравин А. В., Зинкин С. А. Элементы концептуального распределенного программирования в сетях // Университетское образование (МКУО-2015) : сб. ст. XIX Междунар. науч.-метод. конф., посвящ. 70-летию Победы в Великой Отечественной войне (г. Пенза, 9–10 апреля 2015 г.): – Пенза: Изд-во ПГУ, 2015. – Т. 1. – С. 222–225.
24. Dubravin A. V., Zinkin S. A., Paschenko D. V. Formal and conceptual definitions of the hybrid model of distributed computings in networks // IEEE Proceedings of the International Siberian Conference on Control and Communications, “SIBCON 2015”. Omsk State Technical University, Russian Federation, 21-23 May. – 2015. – P. 376–381.
25. Шеланков О. Е., Зинкин С. А. Формирование событийных фреймов и сетей для представления декларативно-процедурных знаний о функционировании сложных систем с мобильными и стационарными объектами // Вопросы радиоэлектроники. Серия «Системы отображения информации и управления спецтехникой (СОИУ)». Вып. 2. – 2015. – С. 22–31.
26. Document Implementation of the interface for sending messages in agent-oriented cloud/grid systems based on formalized specifications / Pashchenko D., Zinkin S., Dubravin A., Karamysheva N. // IEEE Proceedings of the International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON 2016). Moscow, Russia, 12-14 May, 2016. – P. 173-178.
27. Васькевич Н. П., Зинкина Н. С. Активные инфологические модели обработки данных на основе сетей иерархических фреймов // Вопросы радиоэлектроники. Серия «Электронная вычислительная техника». – Вып. 4, 2009. – С. 54–63.
28. Dataflow Processing and Optimization on Grid and Cloud Infrastructures /M. Tsangaris, G. Kakalettris, H. Kllapi, G. Papanikos, F. Pentaris, P. Polydoros, E. Sitaridi, V. Stoumpos, Y. Ioannidis // Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data Engineering, 2009, pp. 1–8.
29. Курносков М. Г., Пазников А. А. Эвристические алгоритмы отображения параллельных MPI-программ на мультикластерные вычислительные и Grid-системы // Вычислительные методы и программирование, 2013. Т. 14. – С. 1–10.
30. Hughes C., Hughes T. Parallel and Distributed Programming Using C++. Addison-Wesley Professional, 2004, 720 p.
31. MPI: A Message-Passing Interface Standard. Version 3.1. Message Passing Interface Forum, June 4, 2015. – 836 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://www.mpi-forum.org/docs/mpi-3.1/mpi31-report.pdf>. Дата доступа 10.09.2018.
32. Harzallah M. Incorporating IDEF3 into the Unified Enterprise Modelling Language // Proceedings of the 2007 Eleventh International IEEE EDOC Conference Workshop, 2007, pp. 133–140.
33. Kim C.-H., Yim D.-S., Weston R. H. An Integrated use of IDEF0, IDEF3 and Petri net methods in support of business process modelling // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part E: Journal of Process Mechanical Engineering. Vol. 215, 2001, pp. 317–330.
34. Jeong K. Y., Cho H. B., Phillips D. T. Integration of queuing network and IDEF3 for business process analysis // Business Process Management Journal. Vol 14, Issue 4, 2008, pp. 471–482.
35. CharGer Manual v3.5b1 2005-11-30, pp. 1–58. [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://charger.sourceforge.net/>. Дата доступа 10.09.2018.
36. Delugach H. CharGer – A Conceptual Graph Editor written by Harry Delugach [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://www.cs.uah.edu/~delugach/CharGer/>. Дата доступа 10.09.2018.

Статья поступила в редакцию 30.09.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 004.65: 004.652

ТЕХНОЛОГИИ IN-MEMORY ДЛЯ ХРАНЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ СТРУКТУРИРОВАННЫХ И СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДАННЫХ

© 2018

Артюшина Елена Анатольевна, старший преподаватель кафедры
«Вычислительные машины и системы»

*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: eart@penzgtu.ru)*

Сальников Игорь Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
«Вычислительные машины и системы»

*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: iis@penzgtu.ru)*

Аннотация. В статье рассматриваются особенности хранения и обработки больших объемов структурированных и слабоструктурированных данных с помощью современных технологий вычислений в оперативной памяти на базе массово-параллельной архитектуры без разделения ресурсов. Интернет вещей и финтех невозможны без обработки и анализа больших данных в режиме, близком к реальному времени, обеспечить который сегодня можно, в том числе - благодаря решениям in-memory. Целью статьи является исследование альтернативных возможностей, предоставляемых параллельными аналитическими СУБД либо высокопроизводительными системами in-memory data grid, которые поддерживают сверхбыстрый доступ к данным, хранящимся в оперативной памяти. В статье также излагаются преимущества использования грид-систем перед традиционными системами управления БД с поддержкой кэширования и бизнес-приложениями, построенными на основе нереляционных баз NoSQL. В заключении сделаны выводы по проведенному в данной статье исследованию. Отмечены широкие перспективы для дальнейшего развития технологий in-memory, которые открываются при разработке универсальных платформ поддержки аналитики реального времени, подобных открытым проектам Apache Ignite или Arenadata Unified Data Platform.

Ключевые слова: грид-система, вычисления в памяти, параллельные и распределенные СУБД, аналитика реального времени, большие данные.

IN-MEMORY TECHNOLOGIES FOR STORING, PROCESSING AND ANALYSING OF LARGE VOLUMES OF STRUCTURED AND WEAKLY STRUCTURED DATA

© 2018

Artyushina Elena Anatolievna, senior teacher of the chair «Computers and systems»
Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: eart@penzgtu.ru)

Salnikov Igor Ivanovich, Doctor of technical Sciences, Professor,
Professor of the chair «Computers and systems»

*Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: iis@penzgtu.ru)*

Abstract. The article deals with the peculiarities of storing and processing of large volumes of structured and weakly structured data with the help of modern computing technologies in main memory on the basis of massive parallel shared nothing architecture. Neither Internet of Things nor FinTech is possible without the capability to process data in near real time, which can be enabled today by way of storing and processing data in memory. The goal of the article is to research alternative possibilities given by parallel analytical DBMS or highly effective in-memory data grid systems supporting an extremely quick access to the data stored in main memory. The article describes the advantages of using grid systems on traditional DBMS with caching and business decisions built on the basis of non-relational databases NoSQL. The conclusions were drawn after the research in the end of the article. It was stated that future developing of in-memory technologies is very perspective. These perspectives can be realized in developing universal platforms for supporting real time analytics similar to open-sources Apache Ignite or Arenadata UDP.

Keywords: grid, in-memory computing, parallel and distributed DBMS, real-time analytics, big data.

Введение. В настоящий момент непрерывно и неограниченно растут в объемах данные, пригодные для оперативной аналитической обработки и получаемые из множества гетерогенных источников, таких как интернет вещей, социальные медиа, финтех, электронная коммерция, биоинформатика и другие сферы человеческой деятельности. Анализ больших данных (англ. big data) также помогает оптимизировать производство и логистику, доставлять адресную рекламу, автоматически корректировать цены и прогнозировать покупательский спрос в ретейле, опознавать

мошеннические транзакции в платежных системах, регулировать кредитный скоринг и т.п.

Базовым принципом обработки big data без потери производительности остается горизонтальная масштабируемость, для которой характерно распределение больших массивов данных на множество вычислительных узлов. В первую очередь, такая возможность предоставляется технологиями NoSQL, MapReduce и Hadoop, средствами Business Intelligence, а также традиционными реляционными СУБД. Обзор современных моделей и программных средств NoSQL произведен ранее в статье [8] на основании сведений из источников [5,7,18]. Некоторые аспекты практического применения OLAP-технологий, относящихся к области бизнес-аналитики, изучались по материалам источников [9,14] и рассмотрены в публикациях [11-13].

В текущей статье разбираются основные преимущества технологий in-memory computing

(вычислений в памяти), которые способствуют снижению задержек при работе с большими данными за счет использования оперативной памяти, как для их хранения, так и для обработки.

Теоретическая часть. Особую значимость анализ big data приобретает, когда его результаты применяются моментально, поэтому все чаще организации используют массово-параллельные архитектуры, способные эффективно работать с большими объемами данных в режиме реального времени [2]. По этой причине широкое распространение получили параллельные аналитические СУБД от таких известных разработчиков, как Teradata, Netezza, Greenplum, Arenadata DB или Vertica.

Массово-параллельная архитектура без разделения ресурсов (англ. Massive Parallel Processing Shared Nothing) на примере высокопроизводительной аналитической СУБД Arenadata DB представлена ниже на рисунке 1:

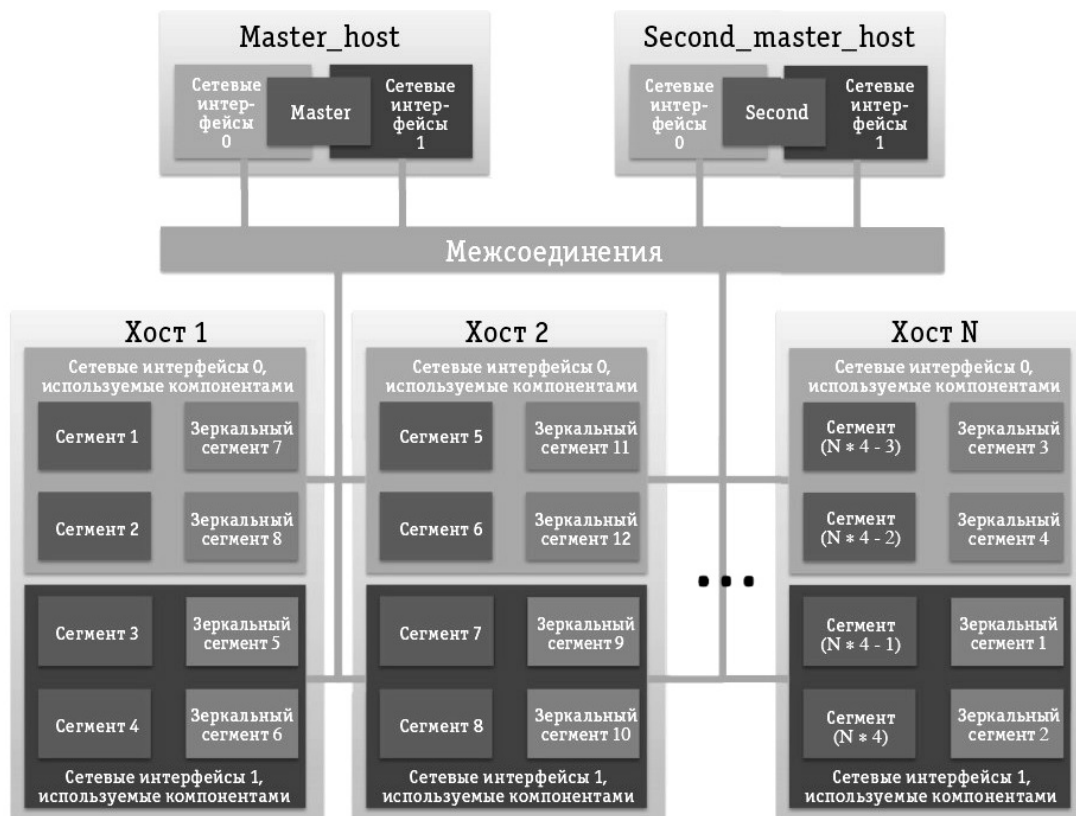


Рисунок 1 – Архитектура открытого проекта Arenadata DB

Кластер Arenadata DB основан на СУБД PostgreSQL, в его состав входят такие классические элементы как:

- *мастер* – инстанс или экземпляр PostgreSQL, является координатором и единственной точкой входа для пользователей кластера;
- *сервер-мастер* (англ. master host) – сервер, на котором функционирует мастер;
- *резервный мастер* (англ. secondary master) – инстанс, который подключается в случае сбоя в

работе основного мастера;

- *сегмент* – инстанс для непосредственного хранения и обработки данных, отсылки результатов мастеру;
- *зеркальный сегмент, зеркало* – инстанс СУБД, который реплицирует данные primary-сегмента с помощью технологии опережающей записи (англ. Write Ahead Log, WAL); зеркало автоматически замещает основной сегмент в случае его аварийного отключения;

– *сервер-сегмент* (англ. *segment host*) – сервер, на котором функционирует один или несколько сегментов и/или зеркал.

В общем случае кластер Arenadata DB состоит из множества серверов-сегментов, одного сервера-мастера и одного резервного мастера, связанных между собой быстрыми, обособленными сетями (10 Гб, infiniband, interconnect) [1,19].

Количество серверов-сегментов в кластере определяется соотношением «число процессоров/объем данных (Тб)». Поэтому чем больше процессорных ядер приходится на единицу данных, тем быстрее будут выполняться ресурсоемкие аналитические запросы. При выборе числа сегментов также необходимо учитывать, что все мощности сервера распределяются между его сегментами.

В массово-параллельных СУБД типа Arenadata DB применяется классический способ *шардирования* (горизонтального разделения) данных. В соответствии с ним любая таблица в базе разделяется на N секций и равномерно распределяется на N сегментах кластера. Таким образом, на каждом сегменте хранится $1/N$ строк таблицы. Секционирование строк и выбор соответствующего сегмента осуществляется строго по специальному полю – *ключу дистрибуции*.

Характерной особенностью для многих параллельных СУБД, в том числе – Teradata, Greenplum и др., является *полиморфная модель*, которая сочетает построчный и колоночный режим хранения данных одной и той же таблицы. Так как в большинстве аналитических запросов применяются всего лишь несколько столбцов из таблицы, то формат хранения данных в колоночном виде в таком случае является оптимальным, поскольку число операций чтения резко снижается.

Достойной альтернативой для массово-параллельных реляционных СУБД являются технологии вычислений в оперативной памяти, суть которых довольно подробно изложена в источниках [2-4].

IMC, in-memory computing – высокопроизводительные распределенные системы, предназначенные для хранения и обработки

данных в оперативной памяти в реальном времени. Обеспечивают производительность на порядки выше, чем основанные на дисках реляционные СУБД, существенно ускоряют обработку big data, поэтому неуклонно растет востребованность подобных продуктов среди предприятий-потребителей.

Как отмечено в источнике [4], сегодня грань между решениями in-memory и традиционными СУБД становится все более размытой. Резкое падение стоимости модулей памяти сначала привело к созданию СУБД с кэшированием, в которых часто используемые записи хранятся непосредственно в быстрой кэш-памяти. Это дало возможность ускорить поиск нужных данных в базах, но не их обработку. Кроме того, управление кэш-памятью достаточно ресурсоемкий процесс, требующий значительных вычислительных мощностей процессора, что негативно отражается на производительности подобных СУБД.

Позднее появляются СУБД, в которых оперативная память становится основным устройством хранения, а накопители на дисках применяются лишь для повышения отказоустойчивости систем и исключения потерь данных. Решения *in-memory database*, например, SAP HANA или MemSQL, устраняют необходимость выполнения операций чтения и записи на диск, которые и являются самым узким местом в производительности СУБД.

Однако некоторые современные бизнес-приложения полностью отказываются от реляционных СУБД и SQL-транзакций, чтобы добиться максимально быстрого кэшируемого доступа к данным, необходимым для оперативного управления предприятием. Тогда в качестве кэширующего уровня хранения могут эффективно применяться NoSQL системы (например, СУБД Redis), которые содержат в памяти пары «ключ-значение» (англ. *key-value*), реализуют предельно простой интерфейс доступа к ним и дают возможность для чтения/записи по ключу сериализованного представления объекта. Но в таком случае на разработчика ложится дополнительная ответственность за синхронизацию и актуализацию данных в кэше.

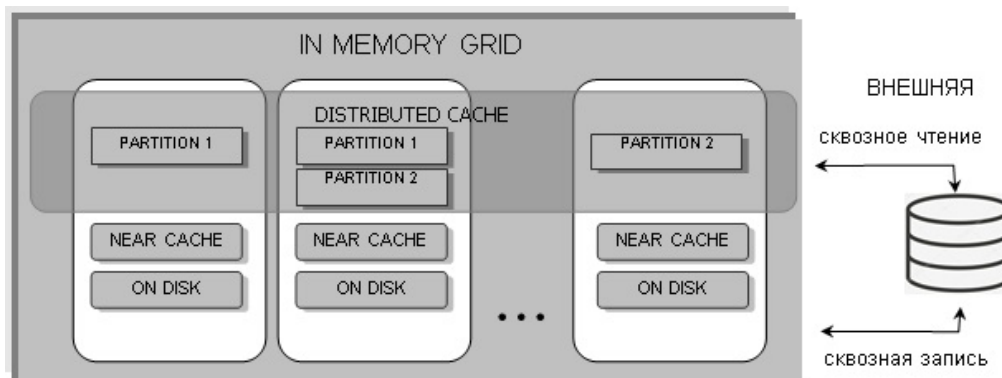


Рисунок 2 – Архитектура IMDG

Сложности возникают при реализации кэша для программных комплексов, включающих несколько приложений, особенно если при этом необходимо провести для них горизонтальное масштабирование.

Подобного рода проблемы снимаются при использовании технологии IMDG для высоконагруженных проектов, имеющих большие объемы данных и повышенные требования к масштабируемости, скорости и надежности.

IMDG, in-memory data grid – «умная» кластерная система, которая обеспечивает сверхвысокую скорость доступа к данным посредством хранения их в оперативной памяти в распределённом состоянии, как это показано ниже на рисунке 2.

Основными элементами IMDG-кластера также являются кэши (другое их название – регионы).

Распределенный кэш (англ. distributed cache) – единый ассоциативный массив, обеспечивающий быстрый конкурентный доступ к данным с любого узла IMDG-кластера. Данные в кэше могут обрабатываться с помощью SQL-транзакций.

Ближний кэш (англ. near cache) – локальный кэш объектов для быстрого доступа, все объекты в нем хранятся готовыми к использованию, в сериализованном виде. Если для узлов кластера (англ. node) сконфигурирован ближний кэш, то объекты в него попадают автоматически при первом же get-запросе. Для того чтобы исключить переполнение, обычно накладываются ограничения на время жизни и количество объектов в ближнем кэше.

Секционирование данных – секции данных для хранения равномерно распределены по всем узлам IMDG-кластера. Каждая секция (англ. partition) реплицируется на n -ое количество узлов, в зависимости от конфигурации кластера и требований к надежности хранения данных. Попадание объекта в конкретную секцию однозначно определяется значением некоторой хэш-функции.

Сквозное чтение/запись (англ. read/write through) – по мере необходимости IMDG по запросам от клиентских приложений затребует данные из внешней БД в ближний кэш и наоборот. Поддержка сквозных операций обеспечивает согласованное состояние данных в памяти и на дисках внешней базы.

Собственное дисковое хранилище (англ. native persistence) – входит в состав некоторых IMDG, например, Arenadata DG, позволяет вытеснить из кэша «на диск» (англ. on-disk) редко используемые данные. Этот новый архитектурный вариант дает возможность, во-первых, избежать потери данных при перезагрузке кластера; во-вторых, выполнять запросы сразу после старта системы, не дожидаясь, пока весь массив данных будет считан из внешней СУБД в память узлов.

В целом, известные грид-системы, например, IMDG Hazelcast, Gemfire, ArenadataDG, GridGain

можно охарактеризовать следующим образом:

- использованием массово-параллельной архитектуры без разделения ресурсов;
- поддержкой объектной модели данных или хранением в памяти пар «ключ-значение»;
- обеспечением равнозначности всех серверов кластера;
- обеспечением аварийного переключения серверов без нарушения инфраструктуры грид-системы;
- отказоустойчивой конструкцией, автоматическим обнаружением серверов, вышедших из строя;
- предоставлением широких возможностей для аренды ресурсов.

К основным функциональным особенностям IMDG-кластера относят масштабируемое секционирование данных – это означает, что каждый ключ из набора $\{k_1, k_2, k_3\}$ принадлежит отдельному серверу в кластере, как показано ниже на рисунке 3. Принципиальной для IMDG является локальная обработка данных, т.е. данные обрабатываются только на том сервере, где они размещены, что позволяет задействовать вычислительные мощности узлов хранения и снизить общую нагрузку на сеть. Перемещение данных между узлами практически отсутствует, за исключением случая изменения топологии кластера. Внешняя база на дисковых накопителях для IMDG не является обязательной, но если она используется, то содержимое распределенного кэша всегда будет актуально и синхронизировано с ней.

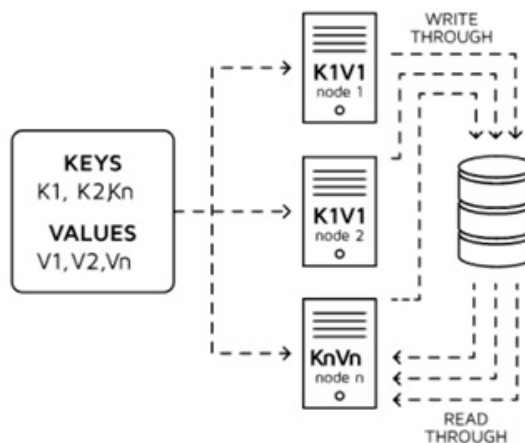


Рисунок 3 – Классическая архитектура IMDG от GridGain [17]

Основным преимуществом IMDG-систем перед базами NoSQL является поддержка целостности данных, а также SQL-транзакций, удовлетворяющих стандартным требованиям ACID (atomicity, consistency, isolation, durability – «атомарность», «согласованность», «изолированность», «долговечность»).

Одно из принципиальных отличий решений

на основе технологии IMDG от баз данных in-memory – это возможность работать с объектами из бизнес-модели напрямую, без вынужденной процедуры объектно-реляционного отображения (Object-To-Relational Mapping), которая часто приводит к значительному снижению общей производительности системы.

Системы IMDG не уступают в надежности реляционным СУБД, но отличаются от них иными весомыми преимуществами, в первую очередь – высокой скоростью доступа к данным в оперативной памяти по сравнению с дисковыми накопителями; гибкостью используемой схемы хранения «ключ-значение»; отсутствием необходимости в строгой типизации данных и др.

Конечно, у систем IMDG есть и определенные недостатки. В частности, решение реальных бизнес-задач требует полноценной поддержки SQL и ACID-транзакций, не ограниченных стандартом ANSI-99. Необходимо также быстрое восстановление данных в памяти при перезапуске узлов кластера, что для технологии IMDG не представляется возможным [4].

Выводы. Массивы данных, хранимые в оперативной памяти высокопроизводительной системы in-memory data grid, также должны обрабатываться параллельно и с высокой скоростью. Поэтому чрезвычайно важно решить задачу интеграции между кластером, реализующим вычисления в памяти, и IMDG (рисунок 4).

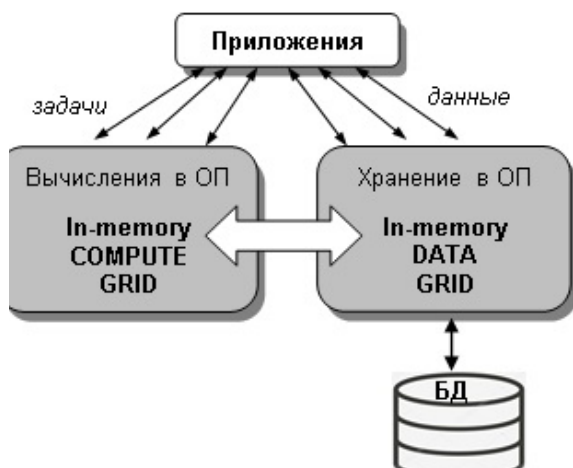


Рисунок 4 – Интеграция грид-систем для хранения и обработки данных in-memory

В связи с этим широкие перспективы для дальнейшего развития технологий in-memory открываются при разработке и совершенствовании связующего программного обеспечения – универсальных платформ поддержки аналитики реального времени, подобных открытым проектам Apache Ignite или Arenadata UDP [16].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Павлов Д. Открытая аналитическая СУБД // Открытые системы. СУБД. – 2018. – №01. – С.32–

33. URL: <https://www.osp.ru/os/2018/01/13053940/> (дата обращения: 19.10.2018).

2. Иванов Н. Универсальная платформа для работы в оперативной памяти // Открытые системы. СУБД. – 2018. – №02. – С.12–13. URL: <https://www.osp.ru/os/2018/2/13054147/> (дата обращения: 19.10.2018).

3. Дубова Н. Все дело в памяти // Открытые системы. СУБД. – 2017. – №01. – С.40–42. <https://www.osp.ru/os/2017/01/13051365/> (дата обращения: 08.10.2018).

4. Рындин А. Памятные вычисления // Открытые системы. СУБД. – 2018. – №02. – С.10–11. <https://www.osp.ru/os/2018/2/13054148/> (дата обращения: 19.10.2018).

5. Гудивада В., Рао Д., Рагхаван В. Ренессанс СУБД: Проблема выбора // Открытые системы. СУБД. – 2016. – №03. – С.12–17. URL: <https://www.osp.ru/os/2016/03/13050249/> (дата обращения: 19.10.2018).

6. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных. 6-е изд. – К., М., СПб.: Вильямс, 2015. – 848 с.

7. Пател Дж. Операционные системы NoSQL: сегодня и завтра // Открытые системы. СУБД. – 2016. – №03. – С.8–11. URL: <https://www.osp.ru/os/2016/03/13050248/> (дата обращения: 19.10.2018).

8. Артюшина Е.А. Современные технологии NoSQL для реализации баз данных / Е.А. Артюшина, Е.И. Маркин, К.М.Рябова // Международный студенческий научный вестник. 2017. – № 4-9. – С. 1408–1410.

9. Паклин Н. Б., Орешков В. И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям: Учебное пособие. 2-ое изд., испр. – СПб.: Питер, 2013. – 704 с.

10. Артюшина Е.А. Проблемы использования облачных технологий при изучении MS SQL Server / Артюшина Е.А., Жулев С.А., Ведюшкина А.Е. // Современные наукоемкие технологии: Научно-теоретический журнал. – М.: Академия естествознания, 2015. – № 3 (Ч.2). – С. 271.

11. Артюшина Е.А. Реализация OLAP-технологии на базе аналитической платформы Deductor Academic / Артюшина Е.А., Зинченко М.Н. // Современные наукоемкие технологии: Научно-теоретический журнал. – М.: Академия естествознания, 2014. – №5 (Ч.2). – С.88–90.

12. Артюшина Е.А. Проектирование хранилища данных для информационно-аналитической системы обеспечения качества подготовки бакалавров // Карельский научный журнал – Петрозаводск: НП “Институт направленного образования”, 2014. – №4(9) – С.36–38.

13. Артюшина Е.А. Проектирование информационно-аналитической системы на базе OLAP-средств Analysis Services / Е.А. Артюшина, Ю.М. Борисова // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: сборник статей XII Всероссийской научно-технической конференции. – Пенза: Приволжский

Дом знаний, 2014. – С. 206–210.

14. BaseGroup Labs. Технологии анализа данных: [Электронный ресурс]: URL: <http://www.basegroup.ru/> (дата обращения: 13.10.2018).

15. Обухов А. In-Memory. База данных в оперативной памяти // ECM-Journal. Системы электронного документооборота (СЭД): [Электронный ресурс] <https://ecm-journal.ru/post/In-Memory-Baza-dannykh-v-operativnojj-pamjati.aspx/> (дата обращения: 13.10.2018).

16. Apache Ignite. Data Grid: [Электронный ресурс]. URL: <https://apacheignite-net.readme.io/docs/data-grid/> (дата обращения: 13.10.2018).

17. GridGain Systems. GridGain In-Memory Data Grid. 1,000x Better Performance Than Disk-Based Databases with GridGain: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gridgain.com/technology/in-memory-computing-platform/data-grid/> (дата обращения: 17.10.2018).

18. Ганеш Чандра Дека. СУБД NoSQL // Открытые системы.СУБД. – 2014. – № 4. – С. 44–47. URL: <https://www.osp.ru/os/2014/04/13041253/> (дата обращения: 19.10.2018).

19. Arenadata DB. Открытая аналитическая СУБД. [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.arenadata.io/adb/#> (дата обращения: 19.10.2018).

Статья поступила в редакцию 02.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 004.932.4

ВЫЯВЛЕНИЕ УЗКИХ МЕСТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ НАГРУЗКИ

© 2018

Саватеев Максим Валерьевич, разработчик

ООО «Ай-Текс ВЦ»

(119119, Россия, г. Москва, проспект Ленинский, 42, e-mail: never-ok2014@yandex.ru)

Калашников Виталий Александрович, разработчик

ООО «Ай-Текс ВЦ»

(119119, Россия, г. Москва, проспект Ленинский, 42, e-mail: mymailfordev@gmail.com)

Борискин Вячеслав Владимирович, разработчик

ООО «Ай-Текс ВЦ»

(119119, Россия, г. Москва, проспект Ленинский, 42, e-mail: s.boriskin287@gmai.com)

Исхаков Никита Валерьевич, разработчик

ООО «Ай-Текс ВЦ»

(119119, Россия, г. Москва, проспект Ленинский, 42, e-mail: nikita130498@rambler.ru)

Коннов Николай Николаевич, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Вычислительная техника»

Пензенский государственный университет

(440026, Россия, Пенза, улица Красная 40, e-mail: knn@pnzgu.ru)

Аннотация. В данной статье рассмотрены проблемы выбора серверного оборудования приемлемой мощности при минимальных финансовых затратах. Важно понимать, что неудачный выбор серверного оборудования может привести как к неоправданным материальным затратам, так и к недостатку производительности сервера, когда пользователи не смогут получить доступ к нужной информации. В ходе анализа серверных машин были выбраны 2 самые распространенные в своем ценовом сегменте. Был приведен способ нахождения узких мест вычислительных систем методом нагрузочного тестирования с помощью программы «Apache JMeter», которая позволяет эмулировать работу нескольких пользователей одновременно и независимо друг от друга, а так же имеет функции построения графиков после выполнения процесса тестирования. Проанализировав полученные графики и метрики загруженности ресурсов сервера, можно сделать вывод о производительности вычислительной системы в целом. Было определено, при каком минимальном вложении средств может быть достигнута максимальная производительность аппаратного обеспечения сервера.

Ключевые слова: нагрузочное тестирование, аппаратное обеспечение, симуляция, графики производительности.

IDENTIFY BOTTLENECKS IN COMPUTING SYSTEMS USING A LOAD MODELING METOD

© 2018

Savateev Maxim Valerievich, developer

LLC "AI-Teko CC"

(119119, Russia, Moscow, Leninsky Avenue, 42, e-mail: never-ok2014@yandex.ru)

Kalashnikov Vitaly Alexandrovich, developer

LLC "AI-Teko CC"

(119119, Russia, Moscow, Leninsky Avenue, 42, e-mail: mymailfordev@gmail.com)

Boriskin Vyacheslav Vladimirovich, developer

LLC "AI-Teko CC"

(119119, Russia, Moscow, Leninsky Avenue, 42, e-mail: s.boriskin287@gmai.com)

Iskhakov Nikita Valerievich, developer

LLC "AI-Teko CC"

(119119, Russia, Moscow, Leninsky Avenue, 42, e-mail: nikita130498@rambler.ru)

Konnov Nikolay Nikolaevich, Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor of the Department "Computing Technology"

Penza State University

(440026, Russia, Penza, Krasnaya Street, 40, e-mail: nikita130498@rambler.ru)

Annotation. This article discusses the problem of choosing server hardware with acceptable power at minimum financial cost. It is important to understand that an unsuccessful choice of server hardware can lead to unnecessary material costs, as well as a lack of server performance when users cannot access the necessary information. During the analysis of server machines, 2 of the most common ones in their price segment were selected. A method was presented for finding the bottlenecks of computing systems using load testing using the Apache JMeter program, which allows you to emulate the work of several users simultaneously and independently of each

other, as well as having graphing functions after the testing process is completed. After analyzing the graphs and metrics of server resource utilization, we can conclude about the performance of the computing system as a whole. It was determined at what minimum investment of funds the maximum hardware performance of the server can be achieved.

Keywords: load testing, hardware, simulation, performance graphs.

Введение. С каждым днём количество интернет пользователей неумолимо растёт. Возрастает количество новых интернет ресурсов и порталов. Для взаимодействия с ними используется технология «клиент-сервер-клиент». Это значит, что клиент на своем рабочем компьютере взаимодействует с сервером. По сути, на рабочей станции пользователя формируется запрос, который следом отправляется на сервер. Сервер обрабатывает данный запрос, и в соответствии с исходными данными выдаёт результат, то есть отправляет на рабочий компьютер клиента ответ на запрос. Перед организациями и частными лицами, намеревающимися приобрести какой-либо сервер, стоит большая и важная проблема. Проблема выбора серверного оборудования приемлемой мощности при минимальном вложении финансовых средств. Данная статья поможет читателю максимально разобраться в этом вопросе.

Описание метода тестирования. Для тестирования были использованы машины разной ценовой категории. На каждой машине было запущено одно и то же web-приложение. Так же каждая машина подвергалась одной и той же нагрузке одинаковое время. По итогам тестирования были собраны графики скорости ответа сервера на запрос, график ошибок и графики потребляемых ресурсов сервера, а именно: нагрузка на центральный процессор, нагрузка на сеть, количество употребляемой памяти.

В качестве инструмента нагрузочного тестирования использовался JMeter, при помощи которого отправлялись запросы пользователями на сервер по протоколу HTTP. Данный инструмент имеет преимущества, так как может обеспечить нагрузку параллельно в несколько потоков, а так же имеет функции построения графиков после тестирования.

Проанализировав показатели метрик популярных ресурсов, в JMeter был составлен сценарий для нагрузочного тестирования. Данный скрипт разбит на две группы потоков. Первая группа потоков, состоящая из 320 пользователей, в пределах 6 секунд делает 3 запроса на сервер и добавляет запись. Вторая группа потоков, состоящая из 160 пользователей, подает 3 запроса на сервер и удаляет запись. Вероятность свершения запроса в первой и второй группе потоков распределено равномерно, плотность распределения задана на следующей формуле, где a и b являются интервалом во времени.

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{1}{a-b}, & a < x < b \\ 0, & x \geq b \end{cases}$$

В час сервер обрабатывает 864 000 запросов от 480 пользователей.

Описание тестовых стендов и WEB-приложения. Большинство сайтов работают в связке с SQL сервером, не редко на одной машине может быть сразу расположен и сервер web-приложения, и сервер базы данных.

По этой причине в качестве опытного web-приложения выступает «Адресная книга». Адресная книга состоит из Apache сервера с REST-контроллером и базы данных на MySQL.

Когда клиент по REST API делает запрос на получение данных или добавление новых записей в базу данных, сервер начинает проверять входные данные, преобразует их в формат, понятный для базы данных, и совершает требуемые действия.

В ходе анализа серверных машин были выбраны две самые распространенные в своем ценовом сегменте.

Первая машина представляет собой сервер на двух процессорах AMD Opteron 2007 года с 6 Гб ОЗУ. Данная машина была выбрана по причине того, что использование персональных компьютеров средней мощности в качестве платформы для web-приложений является довольно распространенной практикой, пренебречь данным фактом не представляется возможным. Цена 6 000 рублей.

Вторая машина представляет собой сервер на процессоре Intel Xeon E5-2690 с 8 Гб ОЗУ. Машина была собрана из купленных по отдельности комплектующих. Данную машину можно отнести к разряду бюджетных серверных машин. Цена 16 000 рублей.

Результаты тестирования. Генерируемая нагрузка представляла профиль постоянно работающих 480 виртуальных пользователей.

Запросы отправлялись с одной рабочей станции на сервер.

При тестировании производились только измерения времени отклика на запросы, а также измерения характеристик производительности на стороне сервера.

Длительность тестирования – 120 секунд.

После точки насыщения на 13 секунде меняется поведение сервера, заканчиваются ресурсы системы, поэтому долго такую нагрузку сервер не может обеспечить. Это заметно на 1:17, когда начинают появляться ошибочные транзакции и их количество растет (рисунок 1).

На графике (рисунок 2) видно появление ошибочных транзакций при переходе на главную страницу, при удалении контакта в адресной книге и добавлении информации в адресную книгу.



Рисунок 1 – График времени отклика главной страницы сервера



Рисунок 2 – Появление ошибочных транзакций

На рисунке 3 видно, что после 1 минуты оперативная память загружена на 100%, чем и вызвано появление ошибок.

Так как начали появляться ошибочные транзакции, тестирование было остановлено.

Результаты тестирования, после увеличения оперативной памяти в два раза. Генерируемая нагрузка представляла профиль постоянно работающих 480 виртуальных пользователей.

Запросы отправлялись с одной рабочей станции на сервер.

При тестировании производились только измерения времени отклика на запросы, а также измерения характеристик производительности на стороне сервера.

Длительность тестирования – 1 час.

По графику на рисунке 4 видно, что сервер справляется с нагрузкой, так как время отклика держится примерно на одном уровне, не возрастает, как это было в предыдущем тестировании.

Ошибочных транзакций на протяжении всего тестирования не наблюдалось.

На графике (рисунок 5) представлены одновременно работающие пользователи в течение всего тестирования. Верхняя полоса показывает одновременно работающих пользователей (320 человек) которые добавляют контакты в адресную книгу, Нижняя полоса – это количество виртуальных пользователей (160 человек), которые удаляют контакты из адресной книги на сервере. В сумме 480 пользователей.

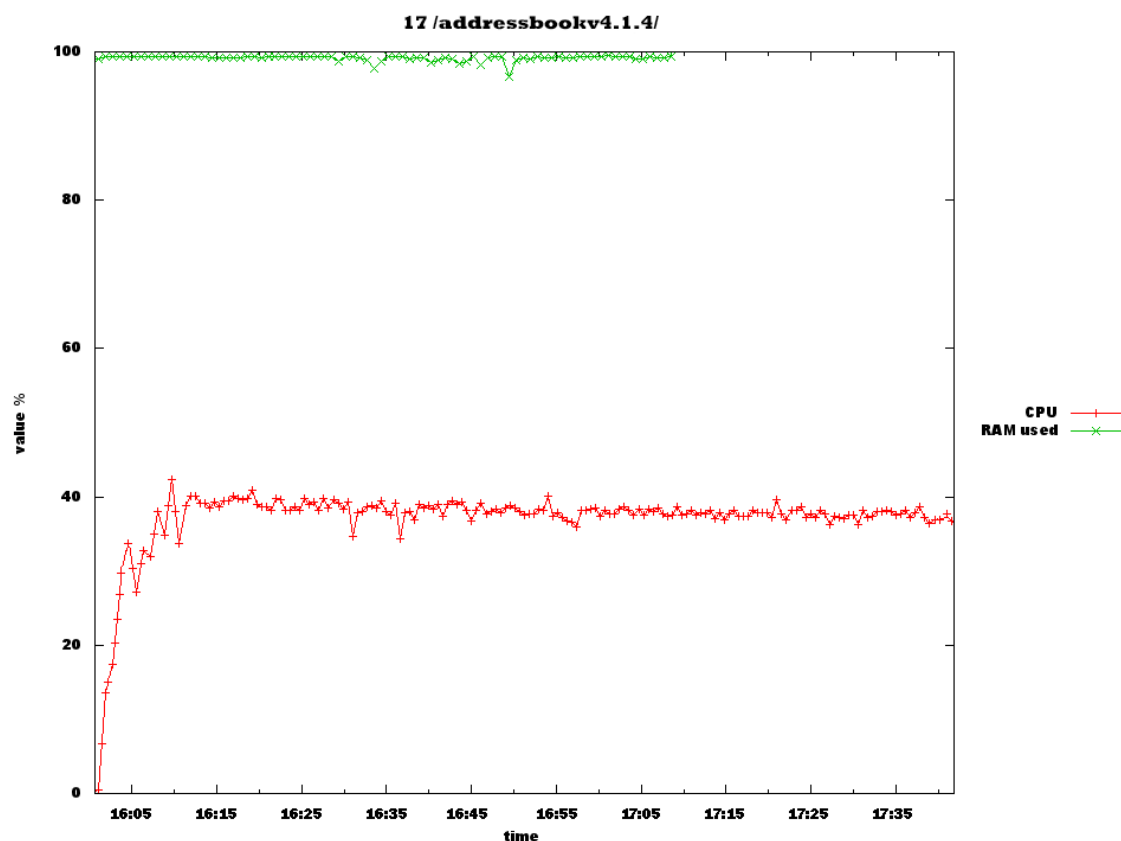


Рисунок 3 – График нагрузки процессора и оперативной памяти

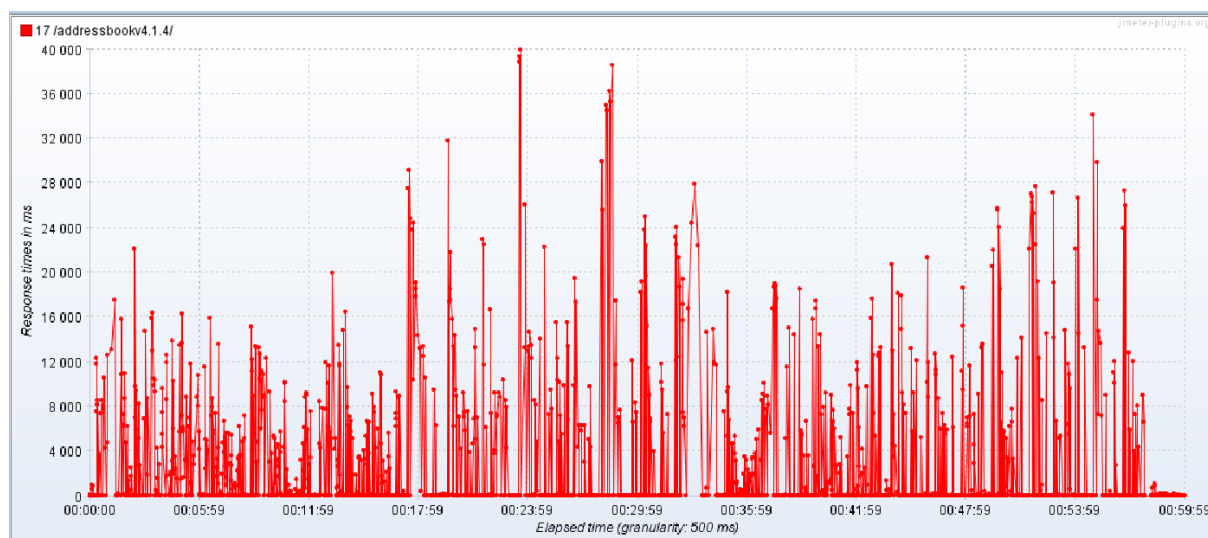


Рисунок 4 – График времени отклика главной страницы сервера

Данную нагрузку сервер может обеспечить длительное время (рисунок б).

Вывод. В ходе работы были протестированы различные тестовые стенды при одной и той же нагрузке. По результатам проведенных тестов было выяснено, что из-за особенности проектирования современных web-приложений, в частности использование динамического контента на страницах при помощи AJAX, сервер на процессорах AMD Opteron не справляется с поставленными задачами.

Сервер на процессоре Intel Xeon E5-2690 способен выдержать умеренный поток клиентов. Сервер такой мощности вполне способен обеспечить корректную работу какого-либо сервиса с возможностью выгрузки различных типов данных, например интернет-магазин различной тематики. Серверы такого типа отлично подойдут для предпринимателей малого и среднего бизнеса, где не требуется огромных финансовых затрат.

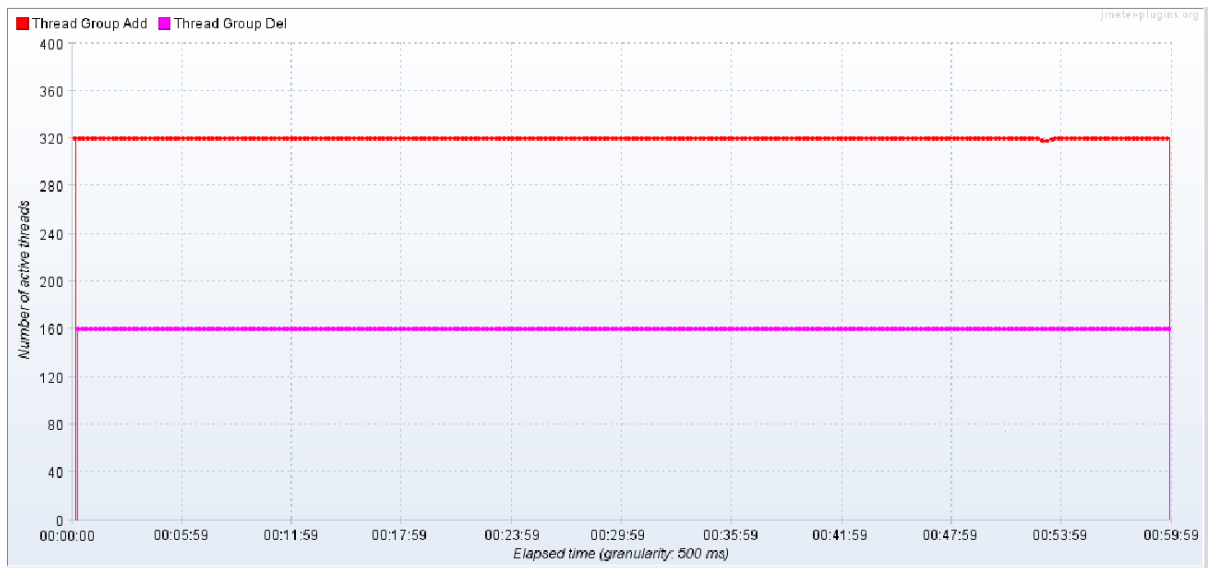


Рисунок 5 – График виртуальных пользователей

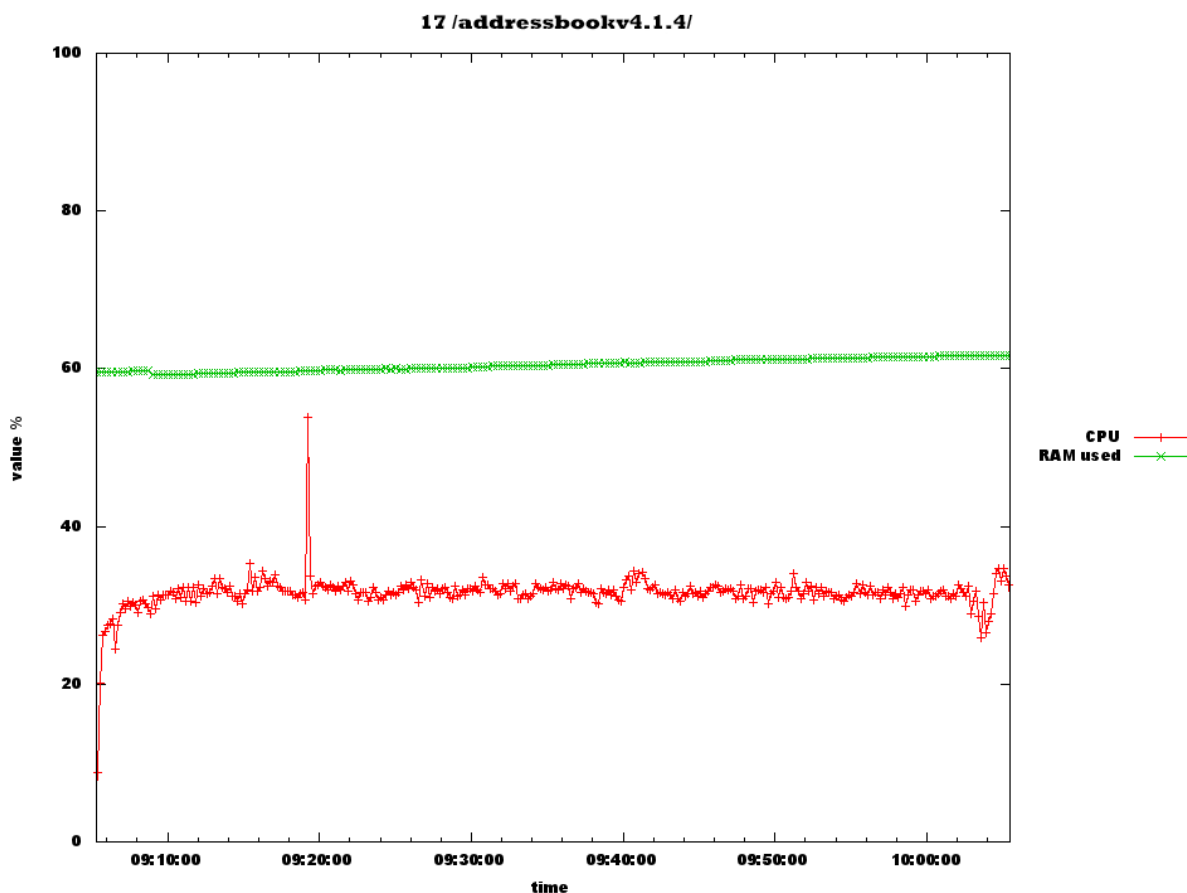


Рисунок 6 – График нагрузки процессора

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы. Построение и анализ, Вильямс Издательский дом. – 2013. – №3. – С. 140–173.
2. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2007. – С. 424.
3. Ивахненко А.Г. Долгосрочное прогнози-

- вание и управление сложными системами. Киев: Техника, 1975. – С. 312.
4. Воеводин В. В. Воеводин Вл.В. // Параллельные вычисления. СПб: БХВ-Петербург. – 2002. – Т. 608. – С. 1.
5. Темичев А.А., Файзрахманов Р.А. Подбор параметров нагрузочного тестирования систем мониторинга с использованием нечеткой логики // ИВД.

2015. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podbor-parametrov-nagruzochnogo-testirovaniya-sistem-monitoringa-s-ispolzovaniem-nechetkoy-logiki> (дата обращения: 20.10.2018).
6. Никишин К.И., Коннов Н.Н., Пашенко Д.В. Моделирование систем на базе технологии TIMETTRIGGERED ETHERNET // В сборнике: Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2016) Материалы XV Международной конференции имени А.Ф. Терпугова. 2016. С. 117–122.
7. Pashchenko D. et al. Formal transformation inhibitory safe Petri nets into equivalent not inhibitory // *Procedia Computer Science*. – 2015. – Т. 49. – С. 99–103.
8. Синева М. П. Проблемы динамического отображения информации в системах объективного контроля радиотехнического комплекса / Д. В. Пашенко, Д. А. Трокоз, М. П. Синева // Проведение научных исследований в области обработки, хранения, передачи и защиты информации: сб. науч. тр. – Ульяновск: УлГТУ, 2009. – № 4. – С. 150–154.
9. Синева М. П. Последовательный алгоритм обработки данных при анализе действий операторов // Новые информационные технологии и системы: сб. тр. 10-й Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза, 2011. – С. 220–223.
10. Пашенко Д. В., Синева М. П. Методика построения систем объективного контроля авиационных радиолокационных комплексов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2009. – №4.
11. Синева М.П. Автоматная модель межпоточного обращения к разделяемому ресурсу в алгоритмах объективного контроля / М. П.Синева, М. Н. Синева // Молодежь. Наука. Инновации: сб. тр. 7-й Междунар. науч.-практ. конф. [Электронный ресурс]. – Пенза: РГУИТП, 2013.
URL: http://rgu-penza.ru/mni/content/files/2013_Sinev,%20Sineva.pdf (дата обращения: 22.10.2018).
12. Вашкевич Н. П., Бикташев Р. А., Синева М. П. Формализация алгоритмов управления многопоточным доступом к разделяемым ресурсам на основе использования событийных недетерминированных автоматов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2014. – №. 1. – С. 128–133.
13. Pashchenko D. et al. The methodology of multicriterial assessment of Petri nets' apparatus // *MATEC Web of Conferences*. – EDP Sciences, 2016. – V. 44. – P. 01009.
14. Вашкевич Н.П. Недетерминированные автоматы в проектировании систем параллельной обработки // Н.П.Вашкевич: учебное пособие. – Пенза: Издательство Пензенского государственного университета, 2004. – 280 с.
15. Pashchenko D.V. et al. Directly executable formal models of middleware for MANET and Cloud Networking and Computing // *Journal of Physics: Conference Series*. – IOP Publishing, 2016. – V. 710. – №. 1. – P. 012024.
16. Вашкевич Н.П., Бикташев Р.А. Достоинство формального языка, основанного на концепции недетерминизма, при структурной реализации параллельных систем логического управления процессами и ресурсами / Вашкевич Н. П., Бикташев Р. А. // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2011. – №. 1(17). – С. 3–11.
17. Синева, М. П. Реализация стратегий объективного контроля в радиолокационных комплексах / Д. В. Пашенко, М. П. Синева // Проведение научных исследований в области обработки, хранения, передачи и защиты информации: сб. науч. тр. – Ульяновск: УлГТУ, 2009. – № 4. – С. 155–158.
18. Синева М. П. Поиск решения в экспертных системах объективного контроля // Новые информационные технологии и системы: сб. тр. 10-й Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза, 2011. – С. 185–187.
19. Синева М. П. Система настройки диагностики радиолокационных комплексов / Д. В. Пашенко, Д. А. Трокоз, М. П. Синева // Новые информационные технологии и системы: сб. тр. 8-й Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза, 2008. – С. 290–295.
20. Бородин А. А., Финогеев А. Г. Основные этапы развития нагрузочного тестирования информационных систем // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. – 2014. – №. 4–1. – С. 89–97.

Статья поступила в редакцию 11.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 004.932

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОИСК ДВИЖЕНИЯ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

© 2018

Кочкин Василий Алексеевич, кандидат технических наук, начальник научно-исследовательского отдела

НИИ Радиоэлектронной техники МГТУ им. Н.Э. Баумана
(107005, Россия, Москва, 2-ая Бауманская, 5, e-mail: Vak-1960@mail.ru)

Лоскутов Владимир Юрьевич, младший научный сотрудник

НИИ Радиоэлектронной техники МГТУ им. Н.Э. Баумана
(107005, Россия, Москва, 2-ая Бауманская, 5, e-mail: Vak-1960@mail.ru)

Аннотация. Предложен автоматический метод поиска движения в последовательностях динамических неоднородных изображений для компенсации смещения фона при решении задачи обнаружения динамических объектов. Для оценки смещения фона предложено использовать выделение особых точек изображения – с максимальными значениями лапласианов анализируемых изображений, группируемых в областях максимумов пространственной неоднородности фона, и их ранжирование с последующим межкадровым корреляционным сравнением.

Ключевые слова: выделение изображения динамического объекта, смещение фона, оценка смещения, метод опорных точек, корреляционное сравнение, лапласиан, градиент, неоднородный фон, пространственная неоднородность.

THE AUTOMATIC METHOD FOR SEARCHING OF MOTION IN DYNAMIC HETEROGENEOUS IMAGES SEQUENCE

© 2018

Kochkin Vasilij Alekseevich, candidate of technical sciences, head of scientific research Department

Radio-electronic equipment research institute of the Bauman MSTU
(107005, Russia, Moscow, 2nd Baumanskaya St., 5, e-mail: Vak-1960@mail.ru)

Loskutov Vladimir Yur'evich, Junior researcher

Radio-electronic equipment research institute of the Bauman MSTU
(107005, Russia, Moscow, 2nd Baumanskaya St., 5, e-mail: Vak-1960@mail.ru)

Abstract. An automatic method for searching of motion in sequences of dynamic inhomogeneous images is proposed to compensate for the background displacement when solving the problem of detecting dynamic objects. To estimate the background displacement, it was proposed to use the selection of singular points of the image - with the maximum values of the Laplacians of the analyzed images grouped in the areas of maxima of the spatial background heterogeneity, and their ranking with subsequent interframe correlation comparison.

Keywords: allocation of the dynamic image object, the background offset, estimation bias, the method of sample points, the correlation comparison, Laplacian, gradient, non-uniform background, spatial heterogeneity.

При создании автоматических оптико-электронных систем (АОЭС) обнаружения динамических объектов (ДО), функционирующих в реальном времени (РВ), особое значение приобретает разработка алгоритмов автоматического обнаружения ДО, адаптируемых к параметрам формируемой последовательности динамических изображений (ДИ), работоспособных в условиях априорной неопределенности фоно-сигнальной обстановки (ФСО) и наличия сложного неоднородного фона. Перспективными методами построения таких алгоритмов являются методы обработки динамического потока изображений (ДПИ) ФСО [1-6] и методы с использованием суммарно-разностной обработки ДПИ [1, 3, 5, 7, 8, 10]. Для обработки ДПИ могут быть использованы методы пространственного, временного и пространственно-временного анализа, при этом наилучшими параметрами обладают алгоритмы, использующие пространственно-временной и временной анализ последовательности видеоизображений [1, 6, 11, 14-19].

Реализация суммарно-разностной обработки требует определения в РВ относительного движения (изображений) ФСО, где K – количество кадров ДПИ, с целью поиска пространственного соответствия для обеспечения стабилизации фоновой компоненты изображений ФСО в анализируемой ДПИ в приборной системе координат, связанной с АОЭС.

Данное требование затрудняет применение временных и пространственно-временных алгоритмов обнаружения ДО и усложняет используемые в АОЭС алгоритмы. Мерой определения движения кадров ДПИ и их пространственного соответствия является смещение фоновой компоненты ФСО для последовательно регистрируемых изображений, задаваемое вектором межкадрового смещения (движения) изображения ФСО. В АОЭС стабилизация изображения фона должна выполняться в РВ, автоматически и в условиях априорной неопределенности информации о наблюдаемой ФСО.

В настоящее время предложены много-

численные методы оценки движения фоновой компоненты изображения в ДПИ [1-8, 12, 13], основанные на условии малоразмерности ДО по сравнению с фоновой компонентой. Применение корреляционных методов и методов пространственно-временной фильтрации позволяет получить оценки величины смещения фоновой компоненты ФСО ДПИ в условиях сложного неоднородного фона. Методы обладают высокой вычислительной сложностью, что ограничивает их применение в АОЭС, функционирующих в РВ. В [8, 20] рассмотрены различные методы оценки межкадрового смещения фона в РВ, учитывающие нестационарность геометро-энергетической структуры фоновой компоненты.

Применительно к работе большинства АОЭС можно ограничиться только одним классом межкадрового геометрического преобразования фона - смещением. Это основано на том, что на временном интервале межкадровой регистрации последовательных изображений ФСО фон стационарен и местоположение его фрагментов изменяется незначительно. Подавляющее большинство регистрируемых ДПИ ФСО удовлетворяют этому ограничению, за исключением участков резкой смены ФСО, т. е. характер движения фрагментов ФСО в ДПИ можно считать практически непрерывным. Данные ограничения практически всегда выполняются для АОЭС [3, 7].

В [3, 5, 8] показано, что в условиях сложного пространственно-неоднородного фона перспективным классом алгоритмов обнаружения ДО являются суммарно-разностные алгоритмы, обеспечивающие обнаружение объектов при малых значениях отношения сигнал/фон. Для данного класса алгоритмов необходимыми условиями функционирования являются:

1) определение межкадрового движения фоновой компоненты ФСО как

$$\Delta \vec{r}_{k-l,k}^{\Phi} = \arg \operatorname{extr}_{\vec{r}} F_{k-l,k}(\vec{r}),$$

где $F_{k-l,k}(\vec{r})$ - разностный или корреляционный функционал, определенный на $(k-l)$ - и k -ом ДИ ФСО для функционалов $Q\{B(\vec{r}, t_k)\}$, $Q\{B(\vec{r}, t_{k-l})\}$ определяющих пространственное преобразование ДИ ФСО после регистрации; S_k - апертурная область кадра ДО;

2) компенсация межкадрового движения, т. е. стабилизация фоновой компоненты в поле зрения АОЭС для всей ДПИ.

В [7, 8] предложен метод определения смещения изображений ФСО на основе метода опорных точек, в котором в качестве последних выбраны точки в областях максимального изменения яркости изображения ФСО, характерные для границ фрагментов ФСО. При этом для k -ого ДИ ФСО последовательно формируется лапласиан

изображения $LB_k = L\{B(\vec{r}, t_k)\} = \Delta B(\vec{r}, t_k)$, определяется интегральный закон распределения его амплитуды $P_L(LB_k)$ и формируется вектор максимальных лапласианов

$\vec{L}_k = (|L\{B(\vec{r}_n, t_k)\}|, \vec{r}_n)^T = (LB_{k,n})^T$, компоненты которого ранжированы по величине лапласиана $\forall(n, m) \in (0 \dots N) : n < m \quad |LB(\vec{r}_n, t_k)| \geq |LB(\vec{r}_m, t_k)|$,

где $\dim(\vec{L}_k) = N_{fr}$, $N_{fr}; \arg\{P_L(LB_k) = 0,93 \dots 0,95\}$ и запоминаются координаты \vec{r}_n компонентов

вектора \vec{L}_k .

Степень неоднородности фоновой компоненты оценивается по поведению функции $P_L(LB_k)$ в области больших значений амплитуд лапласиана ФСО (малых значений n). Количество опорных точек (используемых лапласианов) варьируется в пределах от 100 до 1000 и более (для изображений ФСО с количеством элементов разложения порядка $10^5 \dots 10^6$). Для оценки $\Delta \vec{r}_{k-l,k}^{\Phi}$ используется разностный алгоритм сравнения последовательных изображений применительно к лапласианам, формируемым на $(k-l)$ - и k -ом кадрах ДПИ [7, 8], который можно сформулировать как

$$\Delta \vec{r}_{k-l,k}^{\Phi} = \arg \operatorname{extr}_{\vec{r}} \sum_{j=1}^{N_{fr}} LB_{k-l}(\vec{r}, t_{k-l}) \delta(\vec{r}_j - \vec{r}) LB_k(\vec{r} + \vec{r}_m, t_k) \delta(\vec{r} + \vec{r}_m - \vec{r}_j), \quad (1)$$

где $\vec{r}_m \in S_V$, S_V - область допустимых межкадровых смещений, определяемых максимальной скоростью движения фона.

Проведенные по результатам обработки полученных в натуральных условиях ДПИ оценки показали перспективность использования лапласианов ДИ для определения движения фоновой компоненты. При этом в условиях сложного фона для оценки вектора $\Delta \vec{r}_{k-l,k}^{\Phi}$ используется существенное количество точек ДИ, соответствующих нестационарной части поля фоновой компоненты внутри локально однородных областей фона, не несущих полезной информации о величине смещения фона (на последовательных кадрах ДПИ такие точки не прослеживаются). Это приводит к увеличению размерности используемого вектора лапласианов и, следовательно, к повышению вычислительной сложности метода. Предложен алгоритм, использующий развитие [9] сформулированного метода [7, 8].

В условиях неоднородного фона ФСО наиболее информативными являются фрагменты с максимальными перепадами яркости, соответствующие преимущественно границам локально однородных областей фона и разрывам яркостного поля. Для автоматического выделения таких областей предложено формировать в

выбранном k -ом ДИ поле градиента яркости $\nabla B(\vec{r}, t_k)$. Определим его амплитудную компоненту как $GB_k = GB(\vec{r}, t_k) = |\nabla B(\vec{r}, t_k)|$.

Аналогично операциям над полем $\Delta B(\vec{r}, t_k)$ определим закон распределения амплитуды градиента поля яркости $p_G(GB_k)$ и его статистические характеристики: мат. ожидание M_{Gk} и дисперсию σ_{Gk}^2 . На рисунке 1 приведена типовая гистограмма поля градиентов для сложного неоднородного фона, характеризующегося наличием локально-однородных областей с различными характерными размерами.

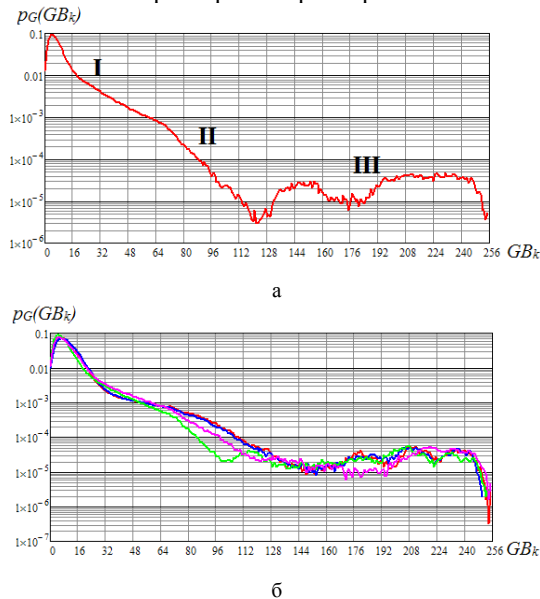


Рисунок 1 – Типовая гистограмма поля градиентов ДИ для одиночного изображения (а) и усредненная по ДПИ (б)

Из анализа гистограммы можно выделить характерные участки: область I, соответствующая малым значениям градиентов и высокой вероятности их наличия, описывающая плавные перепады яркости в локально однородных областях фона ДИ, приближенно описываемая обобщенным экспоненциальным законом распределения, область II, обладающая большим диапазоном изменения амплитуд, описываемая экспоненциальным законом распределения, и область III - «хвостовая» часть распределения, соответствующая перепадам яркости фона на границах областей (рисунок 2, а, 2, в, 2, г). Для максимальных значений градиентов характерно отсутствие ярко выраженного тренда и флуктуационная структура.

Усреднение гистограмм поля градиентов по реализации ДПИ показало устойчивость такого разделения гистограмм, что иллюстрируется рисунком 1, б, где каждая из приведенных гистограмм усреднена по 10 ДИ, интервал между гистограммами – 2 с (50 кадров ДПИ).

Сформируем для k -ого ДИ из поля градиентов (рисунок 2, в) поле максимальных градиентов как

$$G_M B(\vec{r}, t_k) = \begin{cases} 1, & |\nabla B(\vec{r}, t_k)| \geq GB_{\text{ПОР}} \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}$$

$$GB_{\text{ПОР}} = M_{Gk} + K\sigma_{Gk}, \quad K = 1 \dots 1,5$$

где

Результат данной операции иллюстрируется рисунке 2, г.

Данная операция обеспечивает формирование пространственной области ДИ, соответствующей преимущественно границам локально-однородных областей фона. Отфильтруем поле лапласианов $\{LB_k(\vec{r}_n, t_k), \vec{r}_n\}, n=1 \dots N_{fr}$, (иллюстрируется рисунком 2, б), формирующее вектор \vec{L}_k , полем максимальных градиентов

$$L_{fr} B(\vec{r}_n, t_k) = \begin{cases} 0, & \forall \vec{r} \in \delta S(\vec{r} - \vec{r}_n) G_M B(\vec{r}, t_k) \equiv 0 \\ LB(\vec{r}_n, t_k) & \text{иначе} \end{cases}$$

где $\delta S(\vec{r} - \vec{r}_n)$ – δ -окрестность точки \vec{r}_n с характерным размером, определяемым размером функции рассеяния линии (ФРЛ) формируемого ДИ. Результат фильтрации представлен на рисунке 2, д.

Смещение фоновой компоненты определяется по алгоритму (1) с использованием отфильтрованного вектора лапласианов, построенному по полю $L_{fr} B(\vec{r}_n, t_k)$.

На рисунке 2 приведен пример ДИ сложного неоднородного фона, результат формирования поля лапласианов по алгоритму, предложенному в [7, 8], поле градиентов, сформированное из ДИ (в), поле максимальных градиентов (г) и отфильтрованное поле лапласианов (д). Из сравнения рисунков 2, б и 2, д видно, что поле лапласианов содержит существенную долю особых точек, находящихся внутри локально однородных областей фона и подверженных воздействию шумов и геометрических искажений, а отфильтрованное поле лапласианов сконцентрировано преимущественно на границах областей фона, характеризующихся на малых временных интервалах стационарностью. Поле максимальных градиентов также сконцентрировано на границах локально однородных областей, что вызвано большими по сравнению с внутренними областями фона перепадами яркостей, ширина которых ограничена снизу ФРЛ АОЭС.

Использование предложенного метода было протестировано на ДПИ длительностью 100 кадров. На рисунке 3 приведены зависимости степени подавления фоновой компоненты при использовании рассмотренного в [7, 8] метода (синие кривые) и предложенного метода (зеленые кривые) в сравнении с корреляционным методом оценки движения фона (красные кривые) для 100 и 500 опорных точек. В области, где различные алгоритмы дают одинаковый результат, на графиках используется зеленый цвет.

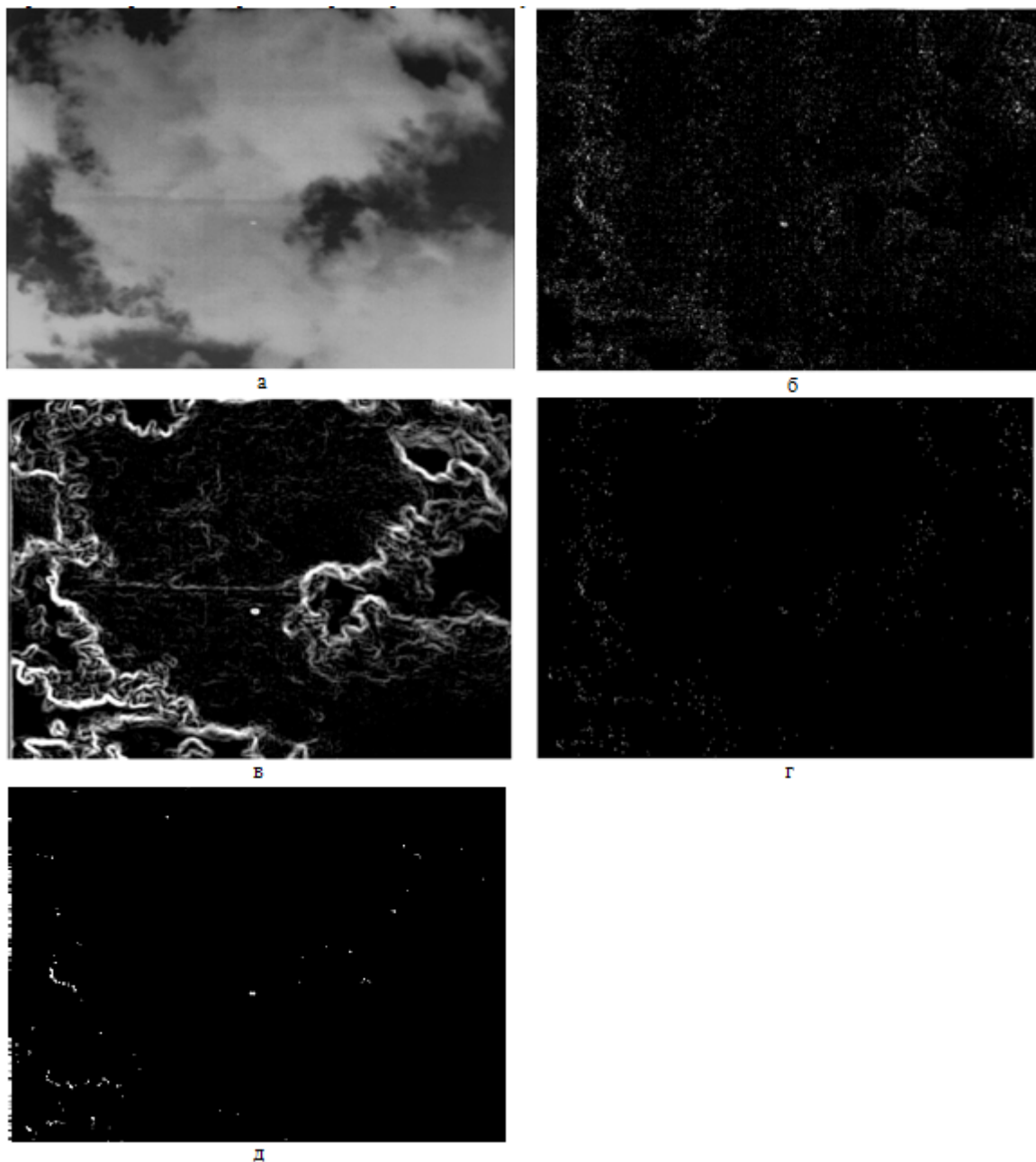


Рисунок 2 – Исходный кадр ФСО (а), поле лапласианов (б), поле градиентов (в), поле максимальных градиентов (г), отфильтрованное поле лапласианов (д)

Для оценки качества подавления фоновой компоненты использован введенный в [7, 8] критерий степени подавления энергии фона. На рисунке 4 приведены относительные величины степени подавления фона $\alpha = J_{E}^{k,alg} / J_{E}^{k,opt}$, где значения $\alpha = J_{E}^{k,alg} / J_{E}^{k,opt}$ вычислены для оптимального (корреляционного) и предложенного метода соответственно. Верхняя кривая соответствует рассмотренному в [7] методу, а нижняя – предложенному выше.

Из приведенных данных следует, что предложенный алгоритм практически для всей

ДПИ совпадает с оптимальным по степени подавления фона. Данный эффект максимален при малом количестве используемых опорных точек N_{fr} , что особенно важно для работы алгоритма в РВ. При среднем значении количества опорных точек оба алгоритма дают практически совпадающие результаты, а при больших значениях N_{fr} предложенный алгоритм нивелирует наличие в ФСО интенсивных объектов.

Предложенный алгоритм определения движения динамических неоднородных изображений позволяет снизить требования к зависимости количества опорных от вида ФСО за счет оптимального выбора особых точек. Это позволяет

снизить ошибку определения величины смещения фоновой компоненты ДИ в ДПИ до величин ниже 1 элемента разложения, тем самым увеличив степень подавления фоновой компоненты в 1,5 ... 2,15 раз

по сравнению с методом, предложенным в [7, 8] при малом количестве опорных точек и достижения близких к корреляционному алгоритму значений.

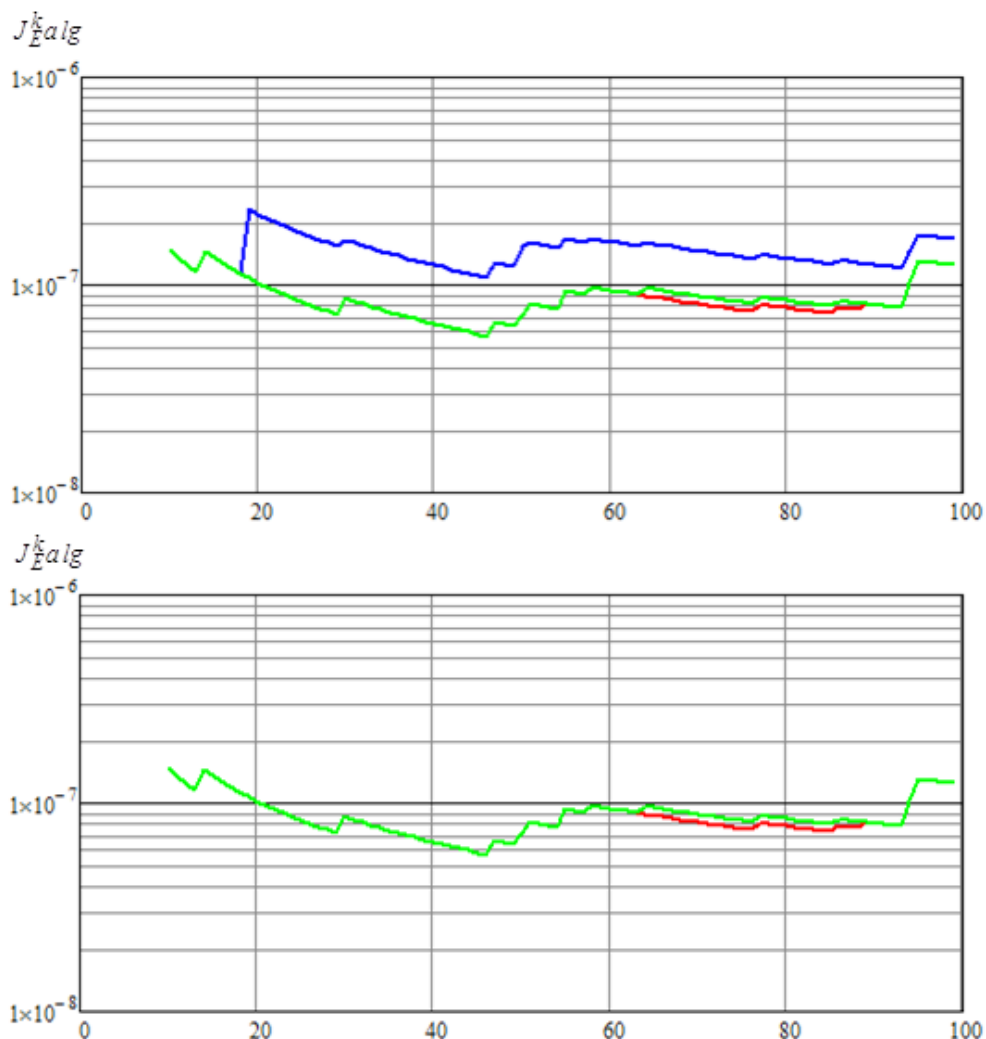


Рисунок 3 – Степень подавления фоновой компоненты ДИ для различных алгоритмов определения движения в ДПИ: для 100 (а) и 500 (б) опорных точек

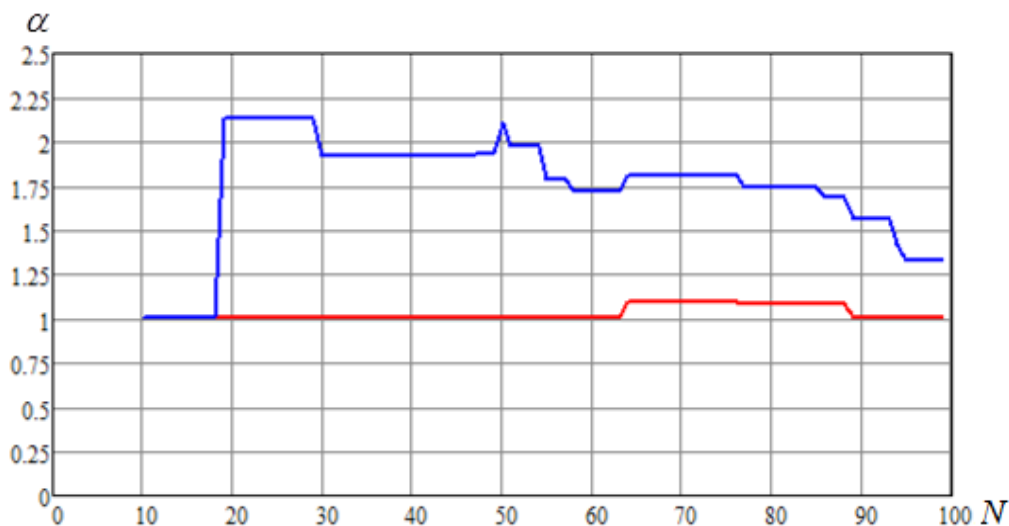


Рисунок 4 – Отношение степени подавления фоновой компоненты для ДПИ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алпатов Б.А., Бабаян П.В. Выделение движущихся объектов в условиях геометрических искажений изображения // Цифровая обработка сигналов. – 2004. – №4. – С. 9–14.
2. Фаворская М.Н. Методы поиска движения в видеопоследовательностях / М.Н. Фаворская, А.И. Пахирка, А.С. Шилов, М.В. Дамов // Вестн. Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та: сб. науч. тр. Вып. 1 (22), Ч. 2, Красноярск, 2009. С. 69–74.
3. Кочкин В.А. Автоматическое обнаружение динамических объектов в обзорно-поисковых оптико-электронных системах // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2011. Спец. вып. Современные проблемы оптотехники. С. 104–113.
4. Алпатов Б.А., Бабаян П.В., Стротов В.В. Анализ точностных характеристик методов слежения за фоновым изображением для бортовой видеоинформационной системы // Вестник РГРТА. Вып. 20. – Рязань, 2007. – С. 3–10.
5. Кочкин В. А. Автоматическое выделение динамических объектов на фоне подстилающей поверхности. Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014. – № 12. – С. 889–901.
6. Стротов В.В. Оценивание параметров смещения изображения в задачах выделения движущихся объектов // Вестник РГРТУ. Вып 23. – Рязань, 2008. – С.30–37.
7. Кочкин В.А., Лоскутов В.Ю. Суммарно-разностный алгоритм обнаружения динамических объектов на сложном неоднородном фоне. Информационные технологии. 2017. № 4 (38). – С. 58–66.
8. Кочкин В.А., Лоскутов В.Ю. Выделение динамических объектов при компенсации смещения фона в последовательности неоднородных динамических изображений // Информационные технологии. 2016. – № 6 (34). – С. 61–72.
9. Кочкин В.А., Лоскутов В.Ю., Матвеев Н.И. Автоматический метод стабилизации последовательности динамических неоднородных изображений // В сборнике: Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов Под ред. И.И. Сальникова: Сб. статей XVI Всероссийской научно-технической конференции. – Пенза, 2018, – С. 9–15.
10. Алпатов Б.А., Бабаян П.В., Балашов О.Е., Степашкин А.И. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление. М.: Радиотехника, 2008. – 176 с.
11. Буряченко В. В. Стабилизация видео для статичной сцены на базе модифицированного метода соответствия блоков // Вестн. Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та: сб. науч.тр. Вып. 3 (43). Красноярск, 2012. – С. 10–15.
12. Сальников И.И. Размерная селекция бинарных изображений локальных объектов при анализе аэрофотоснимков. Журнал «Телекоммуникации». М.: Изд-во Наука и Технологии. №2. – 2015. – С.17–23.
13. Сальников И.И. Поэлементный анализ растровых изображений. Монография. Пенза: Приволжский дом знаний, 2015. – 176 с.
14. А.В.Павлов Оптико-электронные приборы М.: Энергия, 1974. – 360 с.
15. Лазерная локация / И.Н.Матвеев, В.В.Протопопов, И.Н.Троицкий, Н.Д.Устинов; Под ред. Н.Д.Устинова.-М.:Машиностроение, 1984. – 272 с.
16. Основы импульсной лазерной локации В.И.Козинцев, М.Л.Белов, В.М.Орлов и др.; под ред. В.Н.Рождествина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 571 с.
17. Кочкин В.А., Кутаев Ю.Ф. Определение параметров вращения динамического объекта. Радиооптические технологии в приборостроении Материалы НТК п. Небуг, 2012. – С. 295–298.
18. В.Л.Левшин. Обработка информации в оптических системах пеленгации. М.: Машиностроение, 1978. –168 с.
19. В.Л.Левшин. Пространственная фильтрация в оптических системах пеленгации. – М.: Сов. Радио, 1987. – 200 с.
20. Кочкин В.А. Автоматическое обнаружение динамических объектов в обзорно-поисковых оптико-электронных системах // Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Сер. Приборостроение. 2011, Специальный выпуск «Современные проблемы оптотехники», С. 101–113.

Статья поступила в редакцию 26.09.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 621.382

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИНТЕЗАТОРА FloPoCo ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НА ПЛИС АККУМУЛЯТОРОВ, РАБОТАЮЩИХ В ФОРМАТЕ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ

© 2018

Ушенина Инна Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Вычислительные машины и системы»

*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: ivl23@yandex.ru)*

Аннотация. Аккумуляторы являются одними из наиболее востребованных вычислительных устройств при проектировании устройств цифровой обработки сигналов. На их основе строятся цифровые фильтры, вычислители скалярных произведений и произведений матриц, и др. Если необходимо реализовать высокопроизводительные параллельные вычисления, эффективным решением может стать использование ПЛИС архитектуры FPGA. При этом большую точность вычислений обеспечивает представление чисел в формате с плавающей запятой. С другой стороны, и ресурсы ПЛИС, и среды проектирования в целом не ориентированы на работу с этим форматом. В статье оценивается эффективность использования синтезатора FloPoCo при проектировании на ПЛИС аккумуляторов, работающих в формате с плавающей запятой. Для выполнения оценки формируются два вида исходных описаний аккумулятора, одно из которых - на основе IP-модуля Floating Point Operator, а другое - с использованием синтезатора FloPoCo. На основе каждого из описаний создаются и реализуются на ПЛИС проекты аккумуляторов. Результаты реализации сравниваются по критериям производительности и ресурсоёмкости созданных устройств. Ресурсоёмкость устройств оценивается по их потребности в ресурсах трёх видов: табличных преобразователях, триггерах и блоках цифровой обработки сигналов. Производительность оценивается по максимальной тактовой частоте, на которой могут работать устройства.

Ключевые слова: аккумулятор, формат с плавающей запятой, ПЛИС, IP-модуль, синтезатор FloPoCo, конвейеризация, производительность, ресурсоёмкость.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF USING FloPoCo SYNTHESIZER IN FPGA-IMPLEMENTATION OF FLOATING-POINT ACCUMULATORS

© 2018

Ushenina Inna Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate Professor of sub-department
«Computers and systems»

*Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin Street, 1a/11, e-mail: ivl23@yandex.ru)*

Abstract. Accumulators are one of the most demanded arithmetic blocks in development of digital signal processing systems. There are many signal processing devices such as digital filters, scalar product and matrix-matrix product calculators etc. that are based on accumulators. If it is necessary to implement parallel, high-performance calculations, then the FPGAs can be effectively used. In this, floating-point format can provide best accuracy of calculations. On the other hand, FPGA logic resources as well as design environments are not tailored specifically to work with this format. In this paper, the effectiveness of using FloPoCo synthesizer in FPGA implementation of floating-point accumulators is evaluated. To carry out this estimation, two kinds of description of accumulator are generated, one on the base of Floating Point Operator IP-module and the other by using FloPoCo synthesizer. On the base of each of descriptions the projects of accumulators are created and implemented on FPGA. The results of implementation are compared on the performance and logic resource consumption of created units. Unit's resource consumption is evaluated on its requirements for three types of sources: LUTs, flip-flops and signal processing blocks. Unit's performance is evaluated on its maximum clock frequency.

Keywords: accumulator, floating-point format, FPGA, IP-module, FloPoCo synthesizer, pipelining, performance, resource consumption.

Введение. Аппаратная реализация вычислений в формате с плавающей запятой сопряжена со значительными расходами ресурсов, но имеет перед вычислениями в формате с фиксированной запятой ряд хорошо известных преимуществ, таких, как большая точность, более широкий диапазон обрабатываемых чисел, меньшее влияние эффектов конечной разрядности на результаты вычислений [1, 2].

Реализация вычислений в формате с плавающей

запятой на ПЛИС архитектуры FPGA потенциально может обеспечить высокую производительность за счёт параллельного выполнения операций. Однако логические ресурсы FPGA ориентированы в первую очередь на вычисления в формате с фиксированной запятой. Даже среди ПЛИС последнего поколения [3], выпускаемых различными производителями, единственным семейством FPGA, поддерживающим вычисления в формате с плавающей запятой на аппаратном уровне, является Stratix 10 от Intel [4].

Среды проектирования устройств на ПЛИС мало приспособлены к разработке высокопроизводительных вычислительных устройств, работающих в формате с плавающей запятой. Так, анализируя возможности сред проектирования от Xilinx [5,6], можно убедиться, что фактически единственным инструментом описания вычислительных устройств, работающих в формате с плавающей запятой, является IP-модуль Floating Point Operator [7,8]. К недостаткам модуля Floating Point Operator (FPO) можно отнести ограниченный перечень реализуемых устройств; возможный перерасход ресурсов при реализации вычислительных устройств на нескольких экземплярах IP-модуля [9]; а также то, что производительность полученных устройств оказывается существенно ниже достижимой на имеющихся ресурсах ПЛИС даже при полной конвейеризации вычислений. Кроме того, от разработчика скрыто исходное описание IP-модуля, и в каждом конкретном случае сложно проанализировать, вследствие чего происходит снижение производительности.

Альтернативами использованию FPO являются самостоятельная разработка вычислительных устройств «с нуля» или привлечение сторонних средств проектирования, позволяющих автоматизировать описание устройств. Одним из таких средств является синтезатор высокого уровня FloPoCo [10].

FloPoCo – это C++ - фреймворк с открытым исходным кодом, предназначенный для автоматизированного формирования VHDL-описаний арифметических устройств [10-13]. С помощью FloPoCo можно сформировать описания сумматоров, умножителей, аккумуляторов, блоков возведения в степень и извлечения квадратного корня и др. [12]. Описание устройств формируется с учётом требований к их производительности (рабочей тактовой частоте) и возможностей выбранной ПЛИС. FloPoCo позволяет получить описания вычислительных устройств, работающих в форматах с фиксированной или с плавающей запятой [13]. Таким образом, FloPoCo представляет собой узкоспециализированное средство синтеза высокого уровня [14], в котором в качестве исходного кода выступает оператор арифметической функции и его параметры, а в качестве директив синтеза – указания требуемой производительности, целевой ПЛИС и другие настройки [13].

Материалы и результаты исследования. В настоящей работе оценивается эффективность использования синтезатора FloPoCo при проектировании и реализации на ПЛИС аккумуляторов, работающих в формате с плавающей запятой. Выбор аккумулятора из перечня доступных операторов FloPoCo обусловлен несколькими причинами. С одной стороны, аккумуляторы широко используются в арифметических устройствах

(например, вычислителях скалярных произведений векторов и произведений матриц, устройствах умножения с накоплением, и др.). С другой стороны, аккумулятор является сложным устройством, и представляет интерес его структура и состав, а также способы предотвращения переполнений и обеспечения нужной точности вычислений.

В ходе оценки с помощью синтезатора FloPoCo выполняется формирование VHDL-описаний аккумулятора при различных требованиях к производительности. На основе полученных описаний формируются варианты проектов аккумулятора, реализуемые в среде Vivado Design Suite 2017 от Xilinx [5]. Характеристики (производительность и ресурсоёмкость) каждого из полученных вариантов сравниваются с характеристиками аккумуляторов, реализованных на основе встроенного в Vivado IP-модуля Floating Point Operator 7.1 [8]. Все проекты реализуются на ПЛИС XC7A15 с классом скорости 2 [15,16]. Для вычисления максимальной тактовой частоты на проекты накладываются временные ограничения [17].

Следует заметить, что и IP-модуль, и синтезатор FloPoCo формируют описание аккумулятора, производящего операцию суммирования в формате с фиксированной запятой. Приём операндов и выдача результата вычислений в формате с плавающей запятой происходит благодаря «надстройке» аккумулятора, выполняющей нужные преобразования. Требуемая точность вычислений обеспечивается за счёт программируемой разрядности шины аккумулятора, которая в обоих случаях задаётся номерами старшего (MSB_A) и младшего (LSB_A) разрядов шины. Также в обоих случаях нужно указать номер старшего разряда шины входных операндов (MSB_X), который может совпадать с MSB_A или отличаться от MSB_A в меньшую сторону [8,18]. В настоящей работе зададим разрядность шины аккумуляторов 64 бита; при этом $MSB_A = MSB_X = 32$, $LSB_A = -31$. Операнды, поступающие на входы аккумуляторов и формируемые ими результаты имеют разрядность 32 бита.

В настройках IP-модуля и синтеза VHDL-описания аккумулятора есть и различия. Так, модуль FPO позволяет явно задавать латентность аккумулятора, а при использовании FloPoCo для аккумулятора задаётся требуемая тактовая частота; отличаются возможности создания дополнительных управляющих входов и выходов. Кроме того, несколько отличаются форматы представления чисел с плавающей запятой, хотя в обоих случаях представление чисел основано на стандарте IEEE 754 [19].

При формировании VHDL-описаний вычислительных устройств FloPoCo учитывает, для какой FPGA предназначается описание. В частности, FloPoCo может адаптировать формируемые

описания под семейства FPGA Spartan 3, Virtex 5 и Virtex 6 фирмы Xilinx. Поскольку ни одно из перечисленных семейств не поддерживается средой проектирования Vivado, в настройках работы описания аккумулятора, полученные для семейства Virtex5, будут реализовываться на ПЛИС семейства Artix 7.

Дополнительной возможностью, предоставляемой синтезатором FloPoCo при разработке аккумулятора, является возможность разделения аккумулятора на два блока: собственно аккумулятор и блок нормализации накопленной суммы. Аккумулятор принимает слагаемое, представленное в формате с плавающей запятой; с помощью встроенного регистра сдвига преобразует его в формат с фиксированной запятой и добавляет слагаемое к текущей накопленной сумме. Блок нормализации накопленной суммы выполняет преобразование результата вычислений, выполненных аккумулятором, обратно в формат с

плавающей запятой [18].

В таблицах 1 и 2 приведены результаты реализации аккумуляторов, исходные описания которых основаны на IP-модуле Floating Point Operator 7.1. Для каждого из вариантов реализации указаны производительность (максимальная тактовая частота), потребность в триггерах и табличных преобразователях. В таблице 1 приведены результаты, полученные при реализации аккумулятора исключительно на программируемых ресурсах ПЛИС. В таблице 2 приведены результаты, полученные при разрешении использовать для реализации аккумулятора блоки цифровой обработки сигналов ПЛИС [20]. Остальные настройки IP-модуля следующие: критерии выбора архитектуры аккумулятора и оптимизации результатов размещения и трассировки - максимальная производительность; латентность от 4 до 22 (26) тактов.

Таблица 1 – Результаты реализации аккумулятора на базе IP-модуля Floating Point Operator 7.1. Блоки цифровой обработки сигналов не используются

Латентность	Триггеры	Табл. преобразователи	Макс. тактовая частота, МГц
4	225	881	49
6	342	768	110
8	455	803	126
10	597	798	137
12	738	802	186
14	717	872	182
16	796	865	213
18	892	854	306
20	924	893	300
22	1007	868	292

Таблица 2 – Результаты реализации аккумулятора на базе IP-модуля Floating Point Operator 7.1. Используется 5 блоков цифровой обработки сигналов

Латентность	Триггеры	Табл. преобразователи	Макс. тактовая частота, МГц
4	159	746	50
6	324	748	120
8	435	746	161
10	532	682	220
12	513	716	267
14	629	708	314
16	678	694	316
18	698	698	319
20	730	709	309
22	895	710	326
24	861	718	349
26	944	712	358

Из таблиц 1 и 2 видно, что использование блоков цифровой обработки сигналов FPGA даёт незначительный выигрыш в производительности аккумулятора и несколько снижает количество ресурсов общего назначения, требуемых для его реализации. Важно, что даже при максимальной латентности аккумулятора его максимальная тактовая частота значительно меньше, чем максимальная тактовая частота отдельных ресурсов выбранной FPGA. Так, например, максимальная тактовая частота блока цифровой

обработки сигналов выбранной FPGA при полной конвейеризации составляет 550 МГц [16], тогда как предельная рабочая частота аккумулятора при полной конвейеризации – 358 МГц.

При формировании VHDL-описаний вычислительных устройств с помощью синтезатора FloPoCo требуемая тактовая частота задаётся напрямую. В зависимости от заданной тактовой частоты выбирается латентность блоков аккумулятора. Например, команда формирования описания аккумулятора с 64-разрядной шиной и

требуемой тактовой частотой 300 МГц выглядит следующим образом: $f_{оросо} FPLargeAcc wEX=8$
 $wFX=24$ $MaxMSBX=32$ $MSBA=32$ $LSBA=-31$
 $frequency=300$.

По итогам выполнения этой команды в командной строке появляется информация о латентности аккумулятора и регистра сдвига, входящего в его состав. Для приведённой в пример команды латентность регистра сдвига составляет 1 такт; латентность аккумулятора в целом - 2 такта.

Проанализируем, как меняется латентность аккумуляторов и блоков нормализации накопленной суммы, описания которых формируются синтезатором FloPoCo, при изменении требуемой от них тактовой частоты в диапазоне от 50 до 750 МГц. Так, в таблице 3 приведены латентности

аккумуляторов и входящих в их состав регистров сдвига. В таблице 4 приведены латентности блоков нормализации накопленной суммы и входящих в их состав счётчиков ведущего нуля, на долю которых приходится большая часть ступеней конвейеризации.

В таблице 5 приведены итоги реализации проектов вычислительных устройств, состоящих из двух блоков – аккумулятора и блока нормализации накопленной суммы – при некоторых комбинациях латентности обоих блоков.

В таблице 6 приведены результаты реализации аккумулятора без блока нормализации. Можно заметить, что производительность аккумулятора в таком варианте значительно выше.

Таблица 3 – Латентность аккумулятора и входящего в его состав регистра сдвига при различных требованиях к тактовой частоте

f, МГц	Регистр сдвига	Аккумулятор
50-200	-	1
250-500	1	2
550-700	2	3
750	3	4

Таблица 4 – Латентность блока нормализации накопленной суммы и входящего в его состав счётчика ведущего нуля при различных требованиях к тактовой частоте

f, МГц	Счётчик ведущего нуля	Блок нормализации накопленной суммы
50	-	-
100-150	1	1
200-250	2	2
300-350	3	3
400	3	4
450-500	4	5
550	4	6
600	4	6
650	5	7
700	5	8
750	5	10

Таблица 5 – Результаты реализации VHDL-описаний аккумуляторов с блоком нормализации накопленной суммы при различных значениях латентности

Латентность аккумулятора	Латентность блока нормализации	Кол-во триггеров	Кол-во табл. преобразователей	Макс. тактовая частота, МГц
1	1	170	394	105
	2	238	414	168
	3	278	394	147
2	1	411	234	105
	2	430	302	161
	3	412	342	143
3	1	271	423	90
	2	342	432	166
	3	380	423	142
4	1	307	426	88
	2	375	439	161
	3	416	427	152
1	7	476	393	263
2		476	393	264
3		582	400	254
4		616	412	249

Таблица 6 – Результаты реализации VHDL-описаний аккумуляторов без блока нормализации накопленной суммы при различных значениях латентности

Латентность аккумулятора	Кол-во триггеров	Кол-во табл. преобразователей	Макс. тактовая частота, МГц
1	137	219	311
2	200	221	314
3	242	225	287
4	276	236	355

Заключение. Сформулируем некоторые выводы на основе данных, приведённых в таблицах 1–6.

1. Производительность аккумуляторов, описания которых сформированы синтезатором FloPoCo, не всегда соответствует требуемым значениям тактовой частоты. Тем не менее, производительность этих устройств сопоставима с производительностью аккумуляторов, реализованных на базе IP-модуля Floating Point Operator. Более того, при равных значениях латентности выше оказывается производительность аккумуляторов, описания которых синтезировано с помощью FloPoCo.

2. При исключении из состава аккумуляторов блоков нормализации накопленной суммы производительность аккумуляторов существенно возрастает, а латентность – снижается.

3. Управление латентностью вычислительных устройств, описание которых формируется с помощью синтезатора FloPoCo, ограничено. Для повышения производительности устройств остаётся возможность «ручного» редактирования синтезированных VHDL-описаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание: пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. – 992 с.

2. Кестер У. Проектирование систем цифровой и смешанной обработки сигналов. – пер. с англ. – М.: «Техносфера», 2010. – 328 с.

3. Stratix10-floating-point-background.pdf [Электронный ресурс] // Intel Stratix10 FPGA DSP Backgrounder URL: www.intel.ru/content/dam/www/programmable/us/en/pdfs/literature/backgrounder/stratix10-floating-point-background.pdf (дата обращения: 28.09.2018).

4. Intel Stratix 10 FPGA Features. [Электронный ресурс] // Intel Stratix 10 FPGA Features. URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/programmable/fpga/stratix-10/features.html> (дата обращения: 29.09.2018).

5. Vivado Design Suite [Электронный ресурс] // Vivado Design Suite – HLx Editions. URL: <https://www.xilinx.com/products/design-tools/vivado.html#buy> (дата обращения: 29.09.2018).

6. ISE Design Suite [Электронный ресурс] // ISE Design Suite Editions URL: <https://www.xilinx.com/products/design-tools/ise-design-suite.html> (дата обращения: 26.09.2018).

7. Floating-Point Design [Электронный ресурс] // Floating-Point Design with Vivado HLS. URL: https://www.xilinx.com/support/documentation/application_notes/xapp599-floating-point-vivado-hls.pdf (дата обращения: 29.09.2018).

8. Floating-Point Operator v7.1 LogiCORE IP Product Guide (PG060) - pg060-floating-point.pdf [Электронный ресурс] // Floating-Point Operator v.7.1. LogiCORE IP Product Guide. URL: https://www.xilinx.com/support/documentation/ip_documentation/floating_point/v7_1/pg060-floating-point.pdf (дата обращения: 29.09.2018).

9. Ушенина И.В. Реализация на ПЛИС устройства умножения с накоплением при представлении чисел

в формате с плавающей запятой // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов. Сборник статей XV Всероссийской научно-технической конференции. – 2016. – С. 94–97.

10. De Dinechin F., Pasca B. Designing custom arithmetic data paths with FloPoCo //IEEE Design & Test of Computers. – 2011. – Т. 28. – №. 4. – С. 18–27.

11. Pangracious V., Marrakchi Z., Mehrez H. Three-Dimensional Design Methodologies for Tree-based FPGA Architecture. – Springer International Publishing, 2015. – 226 p.

12. FloPoCo user manual [Электронный ресурс] // Operator list for FloPoCo. URL: http://flopoco.gforge.inria.fr/operators_4.1.html (дата обращения: 27.09.2018).

13. FloPoCo user manual [Электронный ресурс] // FloPoCo User Manual. URL: http://flopoco.gforge.inria.fr/flopoco_user_manual.html (дата обращения: 27.09.2018).

14. Ушенина И.В. Использование синтеза высокого уровня при проектировании устройств на ПЛИС // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов. Сборник статей XVI Всероссийской научно-технической конференции. – 2018. – С.73–76.

15. Artix7-product-brief.pdf [Электронный ресурс] // Artix 7 FPGAs Product Brief. URL: <https://www.xilinx.com/support/documentation/product-briefs/artix7-product-brief.pdf> (дата обращения: 27.09.2018).

16. Artix-7 FPGAs Data Sheet: DC and AC Switching Characteristics (DS181) - ds181_Artix_7_Data_Sheet.pdf [Электронный ресурс] // Artix 7 FPGAs Data Sheet: DC and AC switching characteristics. URL: https://www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds181_Artix_7_Data_Sheet.pdf (дата обращения: 27.09.2018).

17. Ушенина И.В. Использование временных ограничений PERIOD и OFFSET при проектировании цифровых устройств на ПЛИС фирмы Xilinx // Компоненты и технологии. – 2013. – №5. – С. 97–106.

18. De Dinechin F. et al. An FPGA-specific approach to floating-point accumulation and sum-of-products // ICECE Technology, 2008. FPT 2008. International Conference on. – IEEE, 2008. – С.33–40.

19. 754-2008 IEEE Standard for Floating-Point arithmetic. [Электронный ресурс] // 754-2008 IEEE Standard for Floating-Point arithmetic. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4610935> (дата обращения: 23.09.2018).

20. 7 series DSP48E1 Slice User Guide. [Электронный ресурс] // 7 series DSP48E1 Slice User Guide. URL: https://www.xilinx.com/support/documentation/user_guides/ug479_7Series_DSP48E1.pdf (дата обращения: 23.09.2018).

Статья поступила в редакцию 09.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 621.396.96

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАРУШИТЕЛЯ В РЛТСО ДЛЯ ЧАСТОТНОГО МЕТОДА ОБНАРУЖЕНИЯ И ДЛЯ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

© 2018

Данилов Евгений Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Вычислительные машины и системы»

*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: evgenyplus@mail.ru)*

Аннотация. В статье рассмотрен частотный метод обнаружения на основе сигналов с линейной-частотной модуляцией оценена его разрешающая способность. Приведена графики зависимости частоты биений от девиации частоты. Проанализировано влияние амплитуды принимаемого сигнала на ошибку измерения дальности в частотных радиолучевых технических средствах охраны при использовании синхронного детектора. Выполнены оценки потенциальных возможностей радиолучевого технического средства охраны с линейно-частотным модулированным сигналом на основе определения информационного объема охраняемой зоны, модель которой представляет собой плоскость. Рассмотрено применение вейвлет-преобразования для обработки информации в частотных радиолучевых технических средствах охраны. Показано что разрешающая способность в классическом понимании отсутствует при использовании частотного метода, информационная емкость очень мала по сравнению с потенциальной. Выявлена сильная подверженность частотного метода влиянию изменения амплитуды принимаемого сигнала которое приводит к ошибке измерения дальности. Указано существенное улучшение таких информационных параметров, как разрешающая способность по дальности и отношение сигнал-шум при использовании вейвлет-преобразования. Приведена возможная схема радиолучевого технического средства охраны с вейвлет-преобразованием. Рассмотрены различные средства реализации вейвлет-преобразованием. Отмечена возможность определения количества нарушителей.

Ключевые слова: синхронный детектор, частотный метод измерения дальности, вейвлет-преобразование, информационная модель, радиолучевая техническое средство охраны, информационная емкость, разрешающая способность, вейвлет-функция, линейно-частотный модулированный сигнал, база сигнала, техническое средство охраны, свертка, быстрое преобразование Фурье, БПФ, ОБПФ.

THE ANALYSIS OF POSSIBILITIES EXTRACTING THE INFORMATIVE PARAMETERS OF THE INTRUDER IN RLTSO FOR THE FREQUENCY DETECTION METHOD AND FOR THE WAVELET TRANSFORM

© 2018

Danilov Evgeny Aleksandrovich, candidate of technical Sciences, associate Professor of sub-department
«Computers and systems»

*Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: evgenyplus@mail.ru)*

Abstract. The article describes the frequency detection method based on signals with linear-frequency modulation and its resolution was estimated. Graphs of the beat frequency versus frequency deviation are shown. The influence of the amplitude of the received signal on the measurement error of the range in the frequency radioray technical means of guard when using a synchronous detector is analyzed. Estimates of the potential capabilities of the radioray means of guard with a linear-frequency modulated signal are made on the basis of determining the information volume of the guarded area, the model of which is a plane. The application of wavelet transform for information processing in frequency radioray means of guard is considered. It is shown that resolution in the classical sense is absent when using the frequency method, the information capacity is very small compared to the potential one. Revealed a strong susceptibility of the frequency method to the influence of changes in the amplitude of the received signal, which leads to error in measuring the distance. A significant improvement of such information parameters as the distance resolution and the signal-to-noise ratio when using the wavelet transform is indicated. A possible scheme of a radioray technical means of protection with wavelet transform is given. Various means of wavelet transform implementation are considered. The possibility of determining the number of offenders is noted.

Keywords: synchronous detector, frequency range measurement method, wavelet transform, information model, radioray technical guard means, information capacity, resolution, wavelet function, linear-frequency modulated signal, signal base, convolution, fast Fourier transform, FFT, IFFT.

Все больше возрастает важность охраны как государственных, так и частных объектов. Это связано с увеличением количества различных угроз как

внутренних, так и внешних, например, террористический акт. В связи с этим растет необходимость в средствах обеспечения охраны, а именно техниче-

ских средств охраны и улучшении их технических характеристик. Охрана объекта строится из множества компонентов, первым из которых на пути нарушителя является охрана периметра. Классическим периметровым средством охраны является радиолучевое техническое средство охраны (РЛТСО) они мало подвержены влиянию внешней среды и просты в настройке и установке. Частным случаем РЛТСО являются однопозиционные РЛТСО с линейно-частотно модулированным (ЛЧМ) сигналом.

В однопозиционных РЛТСО, реализующих частотный метод обнаружения, периодический сигнал с ЛЧМ излучается в пространство (рисунок 1).

Принятый сигнал, отражен от нарушителя, находящегося на расстоянии D_H , имеет временную задержку

$$t_3 = 2D_H / c, \quad (1)$$

где c – скорость света в вакууме.

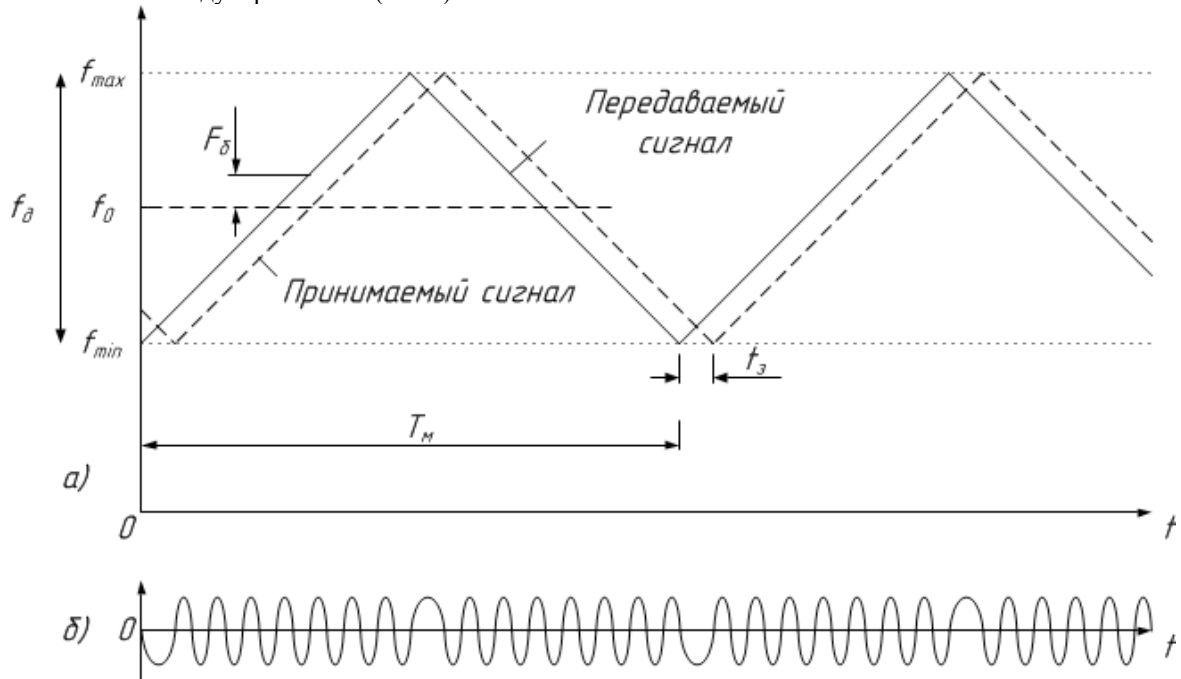


Рисунок 1 – Сигнал, используемый в однопозиционных РЛТСО (а) и сформированное биение (б)

Оба сигнала поступают на детектор, где смешиваются и в результате появляется биение, частота которого зависит от задержки по времени или дальности нарушителя:

$$F_\delta = t_3 \frac{df}{dt} = \frac{2df/dt}{c} D_H \quad (2)$$

Учитывая линейное изменение частоты ЛЧМ-сигнала, частота биений соответствует:

$$F_\delta = \frac{2D_H(f_{max} - f_{min})}{T_M \cdot c} = \frac{2D_H f_d}{T_M \cdot c}, \quad (3)$$

где T_M , f_d – период модуляции и девиация частоты.

На рисунке 2 представлены графики, построенные по (3) при значении $1/T_M = 12$ кГц и различной девиацией частоты.

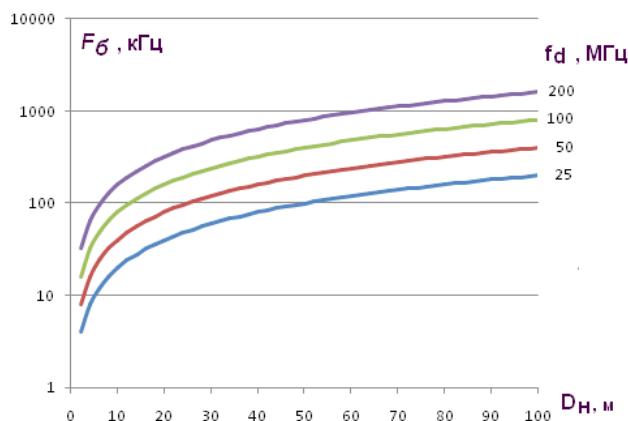


Рисунок 2 – Частоты биений при различной девиации частоты

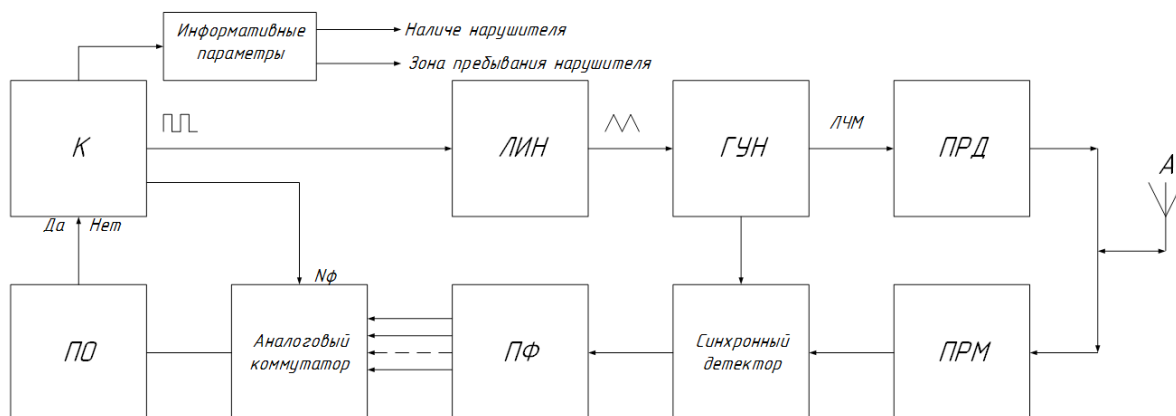


Рисунок 3 – Структурная схема частотной РЛТСО

Схема однопозиционной РЛТСО изображена на рисунке 3, в ней используется частотный метод измерения дальности и обнаружения нарушителя. Контроллер (К) с заданным периодом T_M генерирует импульсную периодическую последовательность которая необходима для формирования линейно-изменяющегося напряжения (ЛИН).

Управляемый напряжением генератор (ГУН), создает колебания высокой частоты с ЛЧМ. Радиопередающее устройство (ПРД), формирует необходимую амплитуду сигнала, передаваемую на вход антенны (А), представляет собой широкополосный усилитель мощности. Радиоприемное устройство (ПРМ) является высокочастотным корректирующим усилителем. Синхронным детектором формируются биения. Обнаружение нарушителя и определение дальности производится с помощью набора полосовых фильтров (ПФ), покрывающих диапазон частот от $F_{\sigma, \min}$ до $F_{\sigma, \max}$. Если полоса пропускания одного полосового фильтра будет $\Delta F_{ПФ}$, то число фильтров будет равным:

$$n_{ПФ} = (F_{\sigma, \max} - F_{\sigma, \min}) / \Delta F_{ПФ}, \quad (4)$$

Состояние каждого полосового фильтра опрашивается при помощи коммутатора. Выход коммутатора соединен с пороговым обнаружителем (ПО), который нужен для определения появления нарушителя, и вынесения решения в бинарном формате. По номеру полосового фильтра $n_{ПФ}$ определяется диапазон дальностей (частота биений) в пределах которого находится нарушитель.

Различить двух и более нарушителей можно только, в случае, когда их частоты биений отличаются на значение большее, чем полоса пропускания $\Delta F_{ПФ}$. Реальная разрешающая способность ΔD_H определяется шириной спектра f_d и шириной полосы пропускания $\Delta F_{ПФ}$, из-за инерционности фильтров [9, 10] полоса пропускания ограничена:

$$\Delta D_H = c \cdot \Delta F_{ПФ} \cdot T_M / 4 f_d, \quad (5)$$

Потенциальная разрешающая способность:

$$\Delta D_{П} = \frac{c}{2 f_d}, \quad (6)$$

Разрешающая способность для сигнала с параметрами $1/T_M = 5,5$ кГц и $f_d = 150$ МГц равна $\Delta D_{П} \approx 1$ м, а реальная при максимальной дальности 120 м равна $\Delta D_H \approx 45$ м с полосой пропускания $\Delta F_{ПФ} = 500$ кГц 4-х перекрывающихся фильтров.

Ранее было сказано, для получения биений и последующей обработки для получения информации о дальности до нарушителя используется синхронный детектор (рисунок 3), на первый вход которого подается опорный ЛЧМ-сигнал с ГУН, а на второй вход ЛЧМ-сигнал с ПРМ. В случае идеального синхронного детектора на выходе формируется сигнал разностной частоты излученного и отраженного ЛЧМ-сигналов. Из (3) получаем информативный параметр – расстояние до нарушителя:

$$D_H = \frac{F_{\sigma} \cdot c \cdot T_M}{4 f_d}, \quad (7)$$

На точность измерения информативного параметра дальности нарушителя влияют параметры, входящих в (2), выразим полный дифференциал от (7):

$$\frac{\delta D_H}{D_H} = \frac{\delta F_{\sigma}}{F_{\sigma}} + \frac{\delta c}{c} + \frac{\delta T_M}{T_M} - \frac{\delta f_d}{f_d}, \quad (8)$$

Учитывая, что F_{σ} много меньше f_d , тогда $\frac{\delta F_{\sigma}}{F_{\sigma}}$ много больше $\frac{\delta f_d}{f_d}$. В таком случае во многом ошибка измерения частоты биений, будет определять относительную ошибку измерения дальности, так как с высокой стабильностью могут быть созданы параметры передаваемого сигнала T_M, f_d :

$$\varepsilon_D = \frac{\delta D_H}{D_H} \approx \frac{\delta F_{\sigma}}{F_{\sigma}}, \quad (9)$$

Запишем результирующий сигнал для излученного и отраженного ЛЧМ-сигнала учитывая мгно-

венную частоту $\omega_i = 2\pi f_i$, посмотрим как на ошибку определения дальности, действует изменение амплитуды отраженного сигнала:

$$S_i(t) = A_{m,ПРД} \cos(\omega_i t) + k_A A_{m,ПРМ} \cos(\omega_i t - \varphi_0), \quad (10)$$

где φ_0 – относительный сдвиг фазы отраженного сигнала, $k_A = A_{m,ПРМ} / A_{m,ПРД} \leq 1$ – коэффициент амплитуды. На рисунке 4 показан сдвиг фазы результирующего сигнала $S(t)$ под влиянием амплитуды и фазы $S_{ПРМ}(t)$. Сдвиг фазы результирующего сигнала составил $\varphi_s = \pi/8$ для параметров $\varphi_0 = \pi/2$, $k_A = 1/2$.

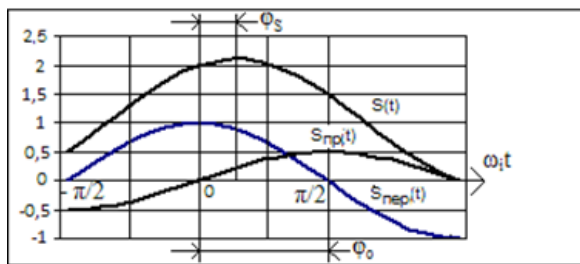


Рисунок 4 – Результирующий сигнал

Для определения сдвига фазы φ_s приравняем к 0 производную от (10):

$$\frac{dS_i(t)}{dt} = 0 = -A_{m,ПРД} \sin(\omega_i t) - k_A A_{m,ПРМ} \sin(\omega_i t - \varphi_0), \quad (11)$$

$$\cos \varphi_0 - \frac{\sin \varphi_0}{\operatorname{tg} \omega_i t_s} = -\frac{1}{k_A}, \quad (12)$$

Получим следующее выражение для φ_s :

$$\omega_i t_s = \varphi_s = \operatorname{arccctg} \left(\operatorname{ctg} \varphi_0 + \frac{1}{k_A} \right), \quad (13)$$

из которого следует, что смещение суммарного колебания по фазе зависит от коэффициента амплитуды принятого колебания k_A и сдвига фазы относительного φ_0 .

Частоты биений смещаются из-за сдвига фазы φ_s результирующего сигнала:

$$\Delta \omega_s = \varphi_s = \frac{d\varphi_s(k_A, \varphi_0, t)}{dt}, \quad (14)$$

измерение частоты биений F_s происходит не верно, это влечет за собой ошибку измерения расстояния до нарушителя. Для момента времени t_3 из (13) можно выразить формулу, определяющую сдвиг по фазе, из которой вытекает, зависимость задержки от частоты. Дальности до нарушителя в таком случае измеряется с абсолютной ошибкой:

$$\delta D(t) = \frac{c}{2} t_3 = \frac{c}{4\pi f(t)} \cdot \operatorname{arccctg} \left(\operatorname{ctg} \varphi_0 + \frac{1}{k_A} \right), \quad (15)$$

На ошибку измерения дальности влияет амплитуда отраженного ЛЧМ-сигнала, что было показано в (13). Автоматическая регулировка усиления, применяемая в ПРМ на практике, обладает недостатком в виде инерционности это связано с использованием обратной связи и детектора амплитуды влияющих на коэффициент усиления.

Для оценки потенциальных возможностей однопозиционных РЛТСО определим информационный объем охраняемой зоны (ОЗ). Объем ОЗ характеризуется числом степеней свободы. Разрешающие способность по углу места, по азимуту и по дальности связаны с информационными возможностями РЛТСО. Информационный объем вырождается в информационную плоскость, потому что не нужно учитывать угол места в РЛТСО, так как нарушитель располагается на земле.

В объеме ОЗ находящееся количество информации, можно описать формулой Хартли, впервые введенной Э. Хартли в 1928 г.:

$$I_{V,D} = \log_2(N_T \cdot N_V \cdot N_D), \quad (16)$$

где N_T – число степеней свободы времени [17],

N_V – число степеней свободы пространства [14,

16], N_D – число состояний отсчета, $V \in \{0; 1; 2; 3\}$

– количество измерений пространства ОЗ.

Пространственный объем ОЗ РЛТСО аппроксимируется трапецией размерами оснований Y_{\min} ,

Y_{\max} с учетом наличия земной поверхности в гори-

зонтальной плоскости (рисунок 5).

На рисунке 5 применены следующие обозначения – минимальное D_{\min} и максимальное D_{\max}

расстояния до нарушителя; H_{OZ} – средний попе-

речный размер ОЗ; R_H – радиус нарушителя; $\Theta_{0,5}$,

рад – ширина диаграммы направленности антенны по уровню 0,5 в горизонтальной плоскости.

Минимальный элемент разрешения по направлениям 0_x и 0_y будет определяться поперечными

размерами нарушителя. РЛТСО ориентированы на обнаружения нарушителя [8], как правило, человека, пространственная модель которого может быть представлена цилиндром с радиусом основания R_c .

Этот элемент разрешения будет определять потенциальную требуемую разрешающую способность по дальности ΔD и по азимуту $\Delta \alpha$.

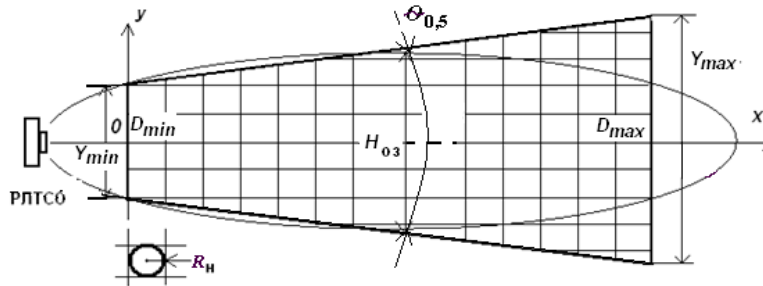


Рисунок 5 – Информационный объем ОЗ однопозиционной РЛТСО

Чтобы определить информационную емкость РЛТСО, необходимо рассчитать число отсчетов по дальности N_D и по азимуту N_α . Перейдем к ортогональной системе координат xOy , с учетом обозначений, приведенных на рисунке 5.

Число отсчетов по оси Ox равно:

$$N_x = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{2R_H}, \quad (17)$$

Из-за диаграммы направленности α антенны РЛТСО с увеличением дальности происходит расширение ОЗ, которое зависит от ширины диаграммы направленности по уровню 0,5. Число отсчетов по оси Oy зависит от координаты x , причем, мож-

но выделить число отсчетов для прямоугольной зоны шириной Y_{\min} : $N_{1,y} = Y_{\max} / 2R_H$ и число отсчетов для 2-х треугольных зон, в зависимости от x :

$$N_{2,y} = \frac{2x}{2R_H} \cdot \operatorname{tg} \frac{\Theta_{0,5}}{2}, \quad (18)$$

При непрерывном изменении аргумента x

должно формироваться целое число отсчетов $N_{2,y}$.

С учетом правила округления дробных чисел половина отсчетов будет равна $N_{2,y} \leq N_{2,y}(x)$, а другая

половина отсчетов будет равна $N_{2,y} \geq N_{2,y}(x)$. В

общей сумме число отсчетов в 2-х треугольных зонах для D_{\max} будет равно:

$$N_{2,y} = \frac{2D_{\max}}{2R_H} \cdot \operatorname{tg} \frac{\Theta_{0,5}}{2}, \quad (19)$$

Ширина ОЗ для РЛТСО определяется в середине ОЗ $D_{\max} / 2$:

$$N_{1,y} = (H_{O3} + D_{\max} \cdot \operatorname{tg} \frac{\Theta_{0,5}}{2}) / 2R_H, \quad (20)$$

Потенциальная информационная емкость РЛТСО с учетом (16):

$$I_{\text{РЛТСО}}^{(p)} = \log_2 \left[\frac{D_{\max} - D_{\min}}{4R_H^2} \cdot \left(H_{O3} + D_{\max} \cdot \operatorname{tg} \frac{\Theta_{0,5}}{2} \right) \right], \text{бит}, \quad (21)$$

Оценим потенциальную информационную емкость для следующих параметров РЛТСО: $D_{\max} =$

100 м; $D_{\min} = 1$ м; $H_{O3} = 2$ м; $\Theta_{0,5} = 1^\circ$ это соответствует 284 степеням свободы, в плоскости ОЗ, из (21) получаем $I_{\text{РЛТСО}}^{(p)} = 8,16$ бит.

Для реальной системы, приведенной выше с 4 перекрывающимися фильтрами, мы получаем 4 отсчета по дальности:

$$I_{\text{РЛТСО}}^{(r)} = \log_2 4 = 2, \text{бит}, \quad (22)$$

Потенциальная информационная емкость намного больше реальной информационной емкости, потому что задействована лишь разрешающей способностью по дальности.

Применение вейвлет-преобразования (ВП) позволяет улучшить информативные параметры [4, 6, 7] обнаружения в однопозиционных РЛТСО. ВП – интегральное преобразование, по сравнению с дифференциальными преобразованиями оно мало восприимчиво к случайным изменениям параметров исходного сигнала [15].

ВП в общем виде [11, 20]:

$$\Psi(\tau, a) = \frac{1}{a} \int_{-\infty}^{+\infty} S_{\text{ex}}(t) \cdot \psi\left(\frac{\tau-t}{a}\right) dt \quad \text{В}^2\text{с}, \quad (23)$$

что является сверткой сигнала $S(t)$ и базисной

функции $\psi(t)$, получившей название «вейвлет-функция». В ВП имеется параметр – масштаб a , это позволяет сжимать и растягивать базисную функцию и согласовывать её с входным сигналом. Изменение параметра сдвига τ позволяет обнаружить момент совпадения исходного сигнала $S_{\text{ex}}(t-t_3)$ и сдвигаемой вейвлет-функцией

$\psi(\tau-t)$, причем, $\psi(t) = S_{\text{ex}}(t)$. В момент их совпа-

дения, когда $\tau = t_3$, результат ВП равен энергии

сигнала в случае единичного масштаба:

$$\Psi(0, t_3) = E_s(t_3) = \int_{-\infty}^{+\infty} S_{\text{ex}}(t-t_3) \cdot S_{\text{ex}}(\tau-t) dt = \int_{-\infty}^{+\infty} S_{\text{ex}}^2(t-t_3) dt, \text{В}^2\text{с}, \quad (24)$$

В качестве вейвлет-функции в РЛТСО с ЛЧМ-сигналом используется сам ЛЧМ-сигнал, что упрощает реализацию. Кроме того нет необходимо-

сти масштабировать вейвлет-функцию и параметр масштаба равен $a = 1$. Вычисление ВП с помощью

свертки по (23), с не известным временем t_3 , связа-

но с большими затратами вычислительной мощно-

сти из-за необходимости перебора t_3 . Воспользо-

вавшись свойством преобразования Фурье [18] та-

кая необходимость отпадает, переходим от свертки

во временной области к умножению в частотной:

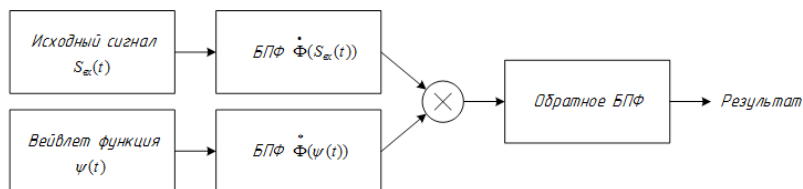


Рисунок 6 – Схема операций для ВП

Так как обрабатываемый сигнал является слож-

ным [12, 13] ВП дает значительный эффект в виде сжатия длительности ЛЧМ-сигнала и увеличения его амплитуды.

Схема однопозиционной РЛТСО с обработкой сигнала в виде ВП представлена на рисунке 7. В блоке обработки сигнала (БОС), используются 2 блока БПФ для формирования образов переданного и принятого сигналов в частотной области, блок умножения и блок обратного БПФ (ОБПФ) для перехода во временную область в соответствии с выражением (25). БОС можно реализовать или на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС), или на сигнальных процессорах.

Формирование биений не нужно, поэтому отпадает необходимость в синхронном детекторе. Для смещение частотного спектра принимаемого сигнала в область низких частот применяется гетеродинирование. Данный процесс осуществляется с помощью генератор опорной частоты (ГОЧ) f_r и смеситель (См). Девиация частоты после гетеродинирования никак не меняется, а минимальная и максимальная частота становятся равными $f_{min} = 0$,

$f_{max} = 2f_d$. Контроллер (К) кроме генерации последовательности импульсов формирует информативные параметры (наличие нарушителей, дальность и количество) [2,5].

Остальные блоки работают аналогично частотной схеме обнаружения (рисунок 3).

При использовании общей антенны требуется направленный ответвитель (НО) который подавляет сигнал, проникающий с выхода ПРД на вход ПРМ и обеспечивающий развязку. Генерируемый сигнал передается не только на антенну, но еще и на вход ПРМ, что видно на рисунке 7

Контроллер формирует информативные параметры [1, 3]:

- наличие нарушителя в ОЗ;
- количество нарушителей в ОЗ;
- расстояние до нарушителей.

$$\Psi(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} S_{э}(t - t_3) \cdot \psi(\tau - t) dt = \dot{\Phi}_o \left\{ \dot{\Phi}_s(j\omega) \cdot \dot{\Phi}_\psi(j\omega) \right\}, \quad (25)$$

где $\dot{\Phi} \{ \dots \}$ – преобразование Фурье; $\dot{\Phi}_o \{ \dots \}$ – обратное преобразование Фурье.

Дискретное преобразование Фурье требует большого количества арифметических операций, для их сокращения необходимо использовать быстрое преобразование Фурье (БПФ) [19]. В таком случае вычисление свертки по (25) заменяется действиями, показанными на рисунке 6.

БОС и контроллер могут быть выполнены в виде одного устройства:

- электронной вычислительной машины (в том числе персональной и мобильной);
- системы на кристалле;
- сигнального процессора (имеют аппаратный модуль для вычисления БПФ и умножений);
- ПЛИС (имеют аппаратные умножители и готовые реализации БПФ).

Программная реализация БОС и контроллера для РЛТСО имеет преимущество, поскольку можно без больших затрат менять алгоритмы обработки. Тем не менее, за гибкость приходится платить – не высоким быстродействием, по сравнению с аппаратной реализацией. Самое быстродействующее средство аппаратной реализации ВП – ПЛИС. Вычислительные мощности, последних постоянно увеличиваются. ПЛИС позволяет производить вычислительные операции параллельно, в совокупности с независимостью операций в БПФ это существенно позволяет повысить быстродействие РЛТСО.

В результате видим, что частотный метод обнаружения имеет ряд недостатков – это низкая точность определения расстояния до нарушителя, отсутствие разрешающей способности по дальности, подверженность влиянию изменению амплитуды сигнала из-за несовершенства аппаратной части в связи, с чем неверно определяется дальность до нарушителя, низкая информационная емкость. Для устранения этих недостатков был предложено использовать ВП. Применение ВП позволит избавиться от ошибки определения дальности до нарушителя, за счет сжатия сигнала после ВП увеличивается амплитуда отклика и сокращается его длительность. Увеличение амплитуды приводит к тому, что возрастает помехоустойчивость, следовательно, вероятность обнаружения. Из-за сокращения длительности увеличивается разрешающая способность вместе с ней увеличивается информационная емкость приближаясь к потенциальной определенной в выражении (21). Все это позволит определять количество нарушителей и расстояние до нарушителя.

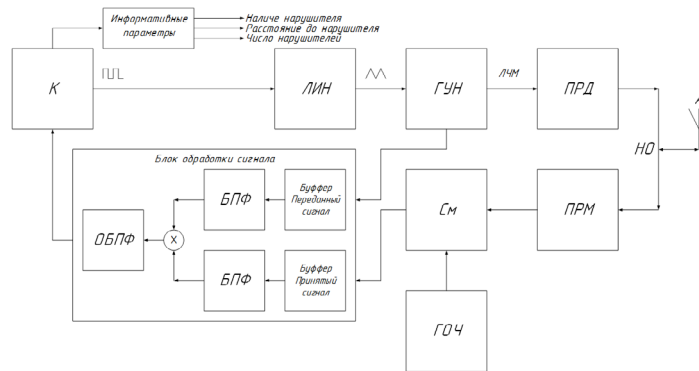


Рисунок 7 – Схема РЛТСО ЛЧМ-сигналом и ВПИ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Данилов Е.А. Улучшение отношения сигнал-шум с использованием вейвлет-преобразования в частотных радиолучевых технических системах охраны. Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: Сборник статей X Всероссийской научно-технической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2012. – С. 22–26.
2. Данилов Е.А., Кирдянов А.В. Многофункциональный контроллер. Современные охранные технологии и средства обеспечения комплексной безопасности объектов: Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции. – Заречный Пензенской обл., 2012. – С. 39–45.
3. Данилов Е.А., Сальников И.И. Использование вейвлет-преобразования в частотных радиолучевых технических системах охраны. Современные охранные технологии и средства обеспечения комплексной безопасности объектов: Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции. – Заречный Пензенской обл., 2012. – С. 251–255.
4. Данилов Е.А. Анализ информативных параметров ЛЧМ-сигнала для радиолучевых ТСО. Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: Сборник статей XI Всероссийской научно-технической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2013. – С. 13–17.
5. Данилов Е.А. Новые варианты многофункциональных контроллеров. Современные охранные технологии и средства обеспечения комплексной безопасности объектов: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции. – Заречный Пензенской обл., 2014. – С. 107–109.
6. Данилов Е.А. Оценка информативных параметров ЛЧМ-сигнала после вейвлет-преобразования. Современные охранные технологии и средства обеспечения комплексной безопасности объектов: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции. – Заречный Пензенской обл., 2014. – С. 345–349.
7. Данилов Е.А., Сальников И.И. Оптимизация информационных параметров ЛЧМ-сигнала в частотных РЛТСО. Современные проблемы науки и образования (электронный журнал). – 2014. – № 5. Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство – ЭЛ № ФС77-34132. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/119-14535>.

8. Данилов Е.А. Импульсный фазовый метод обнаружения нарушителя в ОПРЛТСО. Современные охранные технологии и средства обеспечения комплексной безопасности объектов: Материалы Однадцатой Всероссийской научно-технической конференции. – Пенза: Изд-во «Март», 2016. – С. 126–130.
9. Данилов Е.А. Методы анализа отраженного сигнала в частотных радиолучевых технических системах охраны. Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов. Сборник статей XVI Всероссийской научно-технической конференции. – Пенза: Приволжский дом знаний, 2018. – С. 51–56.
10. Данилов Е.А. Измерение частоты принятого сигнала в частотных радиолучевых технических системах охраны. Современные охранные технологии и средства обеспечения комплексной безопасности объектов: Материалы Двенадцатой Всероссийской научно-технической конференции. – Пенза: Изд-во ООО «Типография «АБРИС», 2018. – С. 204–209.
11. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. – СПб.: Изд-во ВУС, 1999, 204 с.
12. Варакин Л.Е. Теория сложных сигналов. – М.: Сов.радио, 1970, 376 с.
13. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Сов.радио, 1971, 672 с.
14. Сороко Л.М. Основы голографии и когерентной оптики. – М.: Наука, 1971, 616 с.
15. Сальников И.И. Анализ пространственно-временных параметров удаленных объектов в информационных технических системах. – М.: Физматлит, 2011. – 252 с.
16. Сальников И.И. Растровые пространственно-временные сигналы в системах анализа изображений. – М.: Физматлит, 2009, 248 с.
17. Котельников В.А. Теория потенциальной помехоустойчивости. – М.: Госэнергоиздат, 1956 – 152 с.
18. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1974. – 830 с.
19. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов. – М.: Бином, 2007, 656 с.
20. Чуи Т.К. Введение в вейвлеты. – М.: Мир, 2001, 421 с.

Статья поступила в редакцию 26.09.2018
Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 004.942

**К ВОПРОСУ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА
МАГНИТОСТРИКЦИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И ВЛИЯНИИ
НА НЕЕ ТОЛЩИНЫ ПОСТОЯННОГО МАГНИТА**

© 2018

Папко Антонина Алексеевна, доктор технических наук, профессор, главный конструктор направления
Акционерное общество «Научно-исследовательский институт физических измерений»
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Володарского, 8/10, e-mail: inercial@niifi.ru)

Воронцов Александр Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Вычислительные машины и системы»

Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com)

Слесарев Юрий Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры
«Автоматизация и управления»,

Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: slesarevun@gmail.com)

Курнос Владимир Ефимович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры
«Вычислительные машины и системы»

Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru)

Михайлов Петр Григорьевич доктор технических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник отдела научных исследований
Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: pit_mix@mail.ru)

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию выходного сигнала в магнитоstrictionных приборах на примере магнитоstrictionного преобразователя линейных перемещений. Объектом разработки и исследования данной статьи являются магнитоstrictionные приборы, в частности магнитоstrictionные преобразователи линейных перемещений. Исследована зависимость выходного сигнала от толщины постоянного магнита. Показано, что при изменении толщины магнита изменяется не только амплитуда сигнала, но и его форма. Так, при увеличении толщины постоянного магнита до определенного значения, имеется возможность изменения амплитуды выходного сигнала в несколько раз. Дальнейшее увеличение толщины постоянного магнита способствует лишь изменению формы сигнала и уменьшению его амплитуды. Форма графика вблизи минимума остается при этом неизменной. Полученные результаты могут быть использованы при конструировании различных магнитных систем и в частности магнитных систем магнитоstrictionных преобразователей перемещения. Результаты проведенных экспериментов также позволяют подобрать оптимальные параметры элементов конструкции магнитоstrictionных преобразователей линейных перемещений. Необходимо отметить, что при использовании постоянных магнитов в форме прямоугольного параллелепипеда или сплошного постоянного магнита расчет будет отличаться лишь выражением по определению напряженности магнитного поля. Так как постоянные магниты используются во многих устройствах и датчиках, то информация, полученная в статье может быть использована и в других отраслях.

Ключевые слова: магнитоstrictionция, магнитоstrictionционный преобразователь, выходной сигнал, форма выходного сигнала, постоянный магнит, толщина постоянного магнита, исследование, математическая модель, математическое моделирование, напряженность, напряженность магнитного поля, магнитное поле.

**TO THE QUESTION OF MATHEMATICAL MODELLING OF THE OUTPUT SIGNAL OF THE
MAGNETOSTRICTION CONVERTER OF MOVEMENTS AND INFLUENCE OF THICKNESS OF
THE PERMANENT MAGNET ON IT**

© 2018

Papko Antonina Alekseevna, doctor of technical Sciences, professor, Chief Designer
Joint-Stock Company Scientific Research Institute of Physical Measurements
(440026, Russia, Penza, Volodarsky St., 8/10, e-mail: inercial@niifi.ru)

Vorontsov Aleksandr Anatolievich, candidate of technical Sciences, associate Professor of sub-department
«Computers and systems»

Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com)

Slesarev Yuriy Nikolaevich, doctor of technical Sciences,
professor of Automation and Managements department

Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: slesarevun@gmail.com)

Kurnosov Vladimir Efimovich, doctor of technical Sciences,
professor of sub-department «Computers and systems»

Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru)

Mikhaylov Petr Grigorievich doctor of technical Sciences, professor, leading researcher of research department
Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: pit_mix@mail.ru)

Abstract. The article is devoted to a research of an output signal in magnetostriction devices on the example of the magnetostriction converter of linear movements. Subject to development and a research of this article are magnetostriction devices, in particular magnetostriction converters of linear movements. The dependence of an output signal from thickness of a permanent magnet is investigated. It is shown that at change of thickness of a magnet not only amplitude of a signal, but also its form changes. So, at increase in thickness of a permanent magnet up to a certain value, there is a possibility of change of amplitude of an output signal several times. Further increase in thickness of a permanent magnet promotes only change of a form of a signal and reduction of its amplitude. The schedule form near a minimum remains at the same time invariable. The received results can be used when designing various magnetic systems and in particular the magnetic systems of magnetostriction converters of movement. Results of the made experiments also allow to pick up optimum parameters of elements of a design of magnetostriction converters of linear movements. It should be noted that when using permanent magnets in the form of a rectangular parallelepiped or a continuous permanent magnet calculation will differ only in expression by definition of tension of magnetic field. As permanent magnets are used in many devices and sensors, information obtained in article can be used also in other branches.

Keywords: magnetostriction, magnetostriction converter, output signal, form of an output signal, permanent magnet, thickness of a permanent magnet, research, mathematical model, mathematical modeling, tension, tension of magnetic field, magnetic field

Введение. Исследованиями, связанными с разработкой, принципами работы и процессами, протекающими в магнитострикционных приборах, занимаются со второй половины 19 века. С этим физическим явлением мы регулярно сталкиваемся в повседневной жизни, например, при шуме или “жужжании” трансформаторов в электрических подстанциях.

Изучением явления магнитострикции и ее использованием в приборах и устройствах занималось и занимается как выдающиеся ученые, в частности К.П. Белов, Е.Ф. Бережной, В.П. Еремеев, А.И. Машенко, А.И. Надеев, О.Н. Петрищев, В.Н. Прошкин, В.С. Шикалов, В.С. Шпинь, В.Х. Ясовеев и др., так и группы ученых из отечественных и зарубежных компаний ЗАО ПТФ «НОВИПТЕХ» (г. Королев, Московская область), НПП «СЕНСОР» (г. Заречный, Пензенская область), ЗАО «Росприбор» (г. Москва), MTS Systems Corporation Sensors Division (США), MTS Sensors Technology Corporation Ushikubo Bldg (Япония), MTS Sensor Technologie GmbH & Co KG (Германия) и др. Сравнительно большой интервал времени исследования позволил им провести всесторонние исследования магнитострикционных приборов, однако постоянные качественные изменения как элементов конструкций, так и их свойств и параметров требует новых исследований.

Теоретическая часть. Принцип работы магнитострикционных приборов заключается в формировании токового импульса, поступающего в среду волновода и взаимодействии его магнитного поля с магнитным полем постоянного магнита, в результате чего формируются волны кручения, несущие

в себе информации о необходимом перемещении [1–5]. После считывания волн кручения с помощью индуктивного элемента или пьезопреобразователя, осуществляется усиление информационного сигнала и в случае необходимости – аналого-цифровое преобразование и расчет числового значения и знака перемещения [6–9].

С точки зрения авторов, на текущий момент вопросы, связанные с формированием токовых импульсов и их трансляцией, а также с расчетом магнитных полей являются наиболее проработанными, гораздо меньше внимания уделено сформированному сигналу воспроизведения и его зависимости от элементов конструкции. Вопросу, связанному с формированием сигнала воспроизведения и его зависимости от толщины постоянного магнита посвящена статья.

Для дальнейших исследований выходного сигнала воспользуемся рисунком 1.

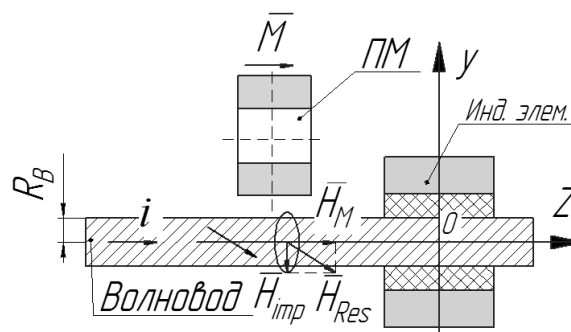


Рисунок 1 – Процессы, возникающие при трансляции токовых импульсов в среде волновода

Известно, что полный поток $\Phi_z(z_0)$, пересекающий обмотку индуктивного элемента, вызванный проекцией намагниченности материала волновода на ось $OZ M_z$ получается с помощью интегрирования потоков, возникающих из последовательности намагниченностей вдоль волновода [10-15], и равен

$$\Phi_z(z_0) = k \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{\frac{d}{2}} \mu_0 \cdot M_z(z - z_0, r) \cdot H_c(z, r) \cdot 2\pi r \cdot dr \cdot dz, \quad (1)$$

где d — диаметр волновода, $z_0 = vt$ — координата, v — скорость распространения ультразвуковой вол-

ны, t — время,

k — коэффициент, включающий магнитострикционные коэффициенты.

Сигнал воспроизведения $u(z_0)$ можно определить по известной формуле [1-2]:

$$u(z_0) = \frac{d\dot{\Phi}_z(z_0)}{d}, \quad (2)$$

Выражения (1) и (2) позволяют выполнить моделирование сигнала воспроизведения, форма которого для одного периода колебания приведена на рисунке 2.

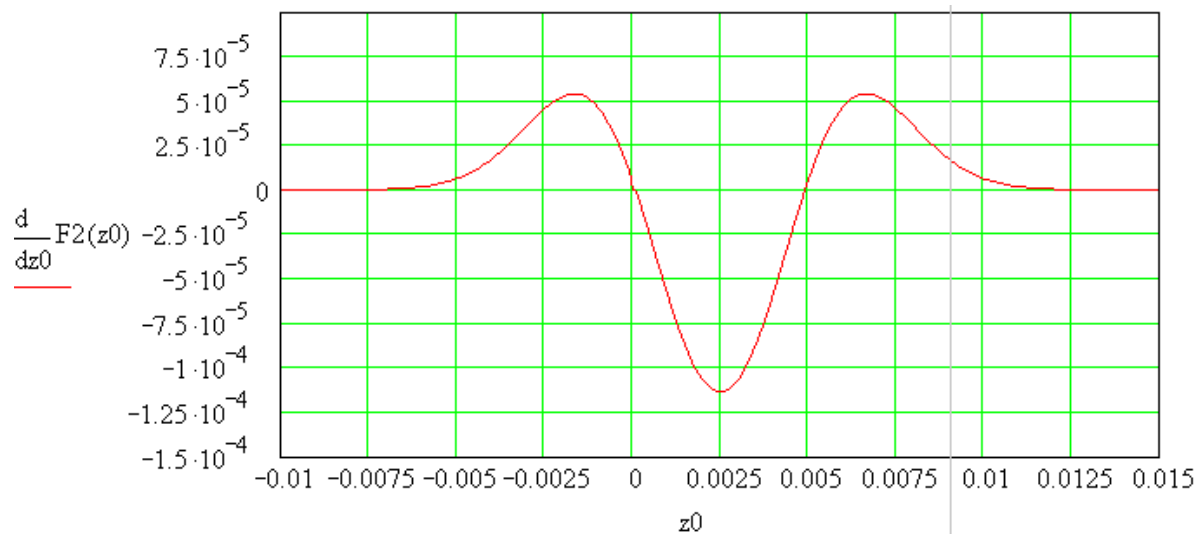


Рисунок 2 – График зависимости сигнала воспроизведения от координаты, z для индуктивного элемента длиной $L=5$ мм и постоянного магнита толщиной $r=2$ мм

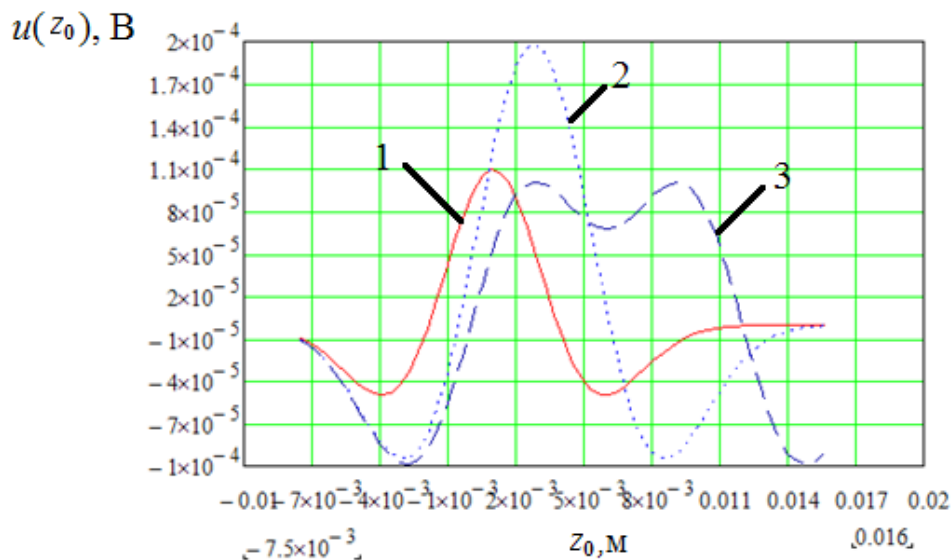


Рисунок 3 – Зависимость формы сигнала воспроизведения от толщины магнита при фиксированной ширине катушки воспроизведения

Проекцию намагниченности на ось $OZ M_z$ можно определить, используя петлю гистерезиса для магнитного материала волновода и проекцию напряженности на ось OZ магнитного поля постоянного

магнита [16-21].

Значение напряженности магнитного поля индуктивного элемента $H_{\vec{n}}(z, r)$ можно рассчитать используя известные выражения [2-4]:

$$H_c(z, r) = \frac{j}{2\pi} \int_d^{R_0 + c} \sum_{v=1}^2 (-1)^v \frac{(z - z'_v)}{\sqrt{(z - z'_v)^2 + (r - r')^2}} \left[K(k_v) + \frac{r - r'}{r + r'} \Pi(h, k_v) \right] dr' \quad (3)$$

где

$$\Pi(h, k_v) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\beta}{(1 - h \sin^2(\beta)) \sqrt{1 - (k_v^2) \sin^2 \beta}} \quad \text{-полный эллиптический интеграл третьего рода;}$$

$$K(k_v) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\beta}{\sqrt{1 - (k_v^2) \sin^2 \beta}} \quad \text{- полный эллиптический}$$

интеграл первого рода;

$$h = 4 \cdot r \cdot r' / (r + r')^2,$$

$$k_v = \sqrt{4 \cdot r \cdot r' / ((z - z'_v)^2 + (r + r')^2)}$$

- коэффициенты;

R_c, R_m - толщина и внутренний радиус индуктивного элемента;

$z_2' = b$ - расстояние от начала координат до торца индуктивного элемента;

$$z_1' = b + L; \quad L \text{ - длина индуктивного элемента.}$$

Используя выражения (1) – (2), а также выражения, позволяющие определить распределение магнитного поля от индуктивного элемента, получаем сигнал воспроизведения для одного периода колебаний (рисунок 2) и результаты анализа влияния толщины магнита на сигнал воспроизведения. Результаты вычислительного эксперимента по исследованию сигнала воспроизведения при изменении толщины магнита L представлены на рисунке 3.

Как видно из рисунка, при изменении толщины постоянного магнита изменяется амплитуда и форма выходного сигнала. Так, при увеличении толщины магнита с $L=2$ мм (рисунок 3, кривая 1) до $L=5,6$ мм (кривая 2) происходит увеличение амплитуды выходного сигнала с $u(z_0) = 1 \cdot 10^{-4}$ до $u(z_0) = 2 \cdot 10^{-4}$ Вольта, то есть в два раза. Дальнейшее увеличение толщины магнита способствует лишь изменению формы сигнала и уменьшению его амплитуды, как это показано для толщины магнита $L=12$ мм (кривая 3). Форма графика вблизи минимума остается при этом неизменной.

Выводы. Таким образом, в результате проведенных экспериментов было проведено математическое моделирование сигнала воспроизведения магнитострикционного преобразователя перемещений и исследована его зависимость от толщины постоянного магнита. Анализ результатов моделирования позволил сделать вывод об изменении не только амплитуды, но и формы выходного сигнала при изменении толщины постоянного магнита. Результаты проведенных экспериментов позволяют подобрать оптимальные параметры элементов конструкции магнитострикционных преобразователей линейных перемещений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Воронцов А.А. Математическое моделирование магнитных полей двухкоординатных магнитострикционных наклономеров, содержащих кольцевой или сплошной постоянный магнит / Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, Э.В. Карпухин // Известия Пензенского государственного педагогического университета. Физико-математические и технические науки. – 2012. – № 30. С. 467–472.
2. Расчет электрических цепей и электромагнитных полей на ЭВМ / М.Г. Александрова, А.Н. Белянин, В. Брюкнер и др.: Под ред. Л.В. Данилова и Е.С. Филиппова. – М.: Радио и связь, 1983. – 344 с.
3. Brown W.F. Magnetostatic principles in ferromagnetism. – N.Y.: North Holland Publishing Company, 1962. – 202 p.
4. Huth B.G. Calculations of stable domain radii produced by thermomagnetic writing// IBM J. Res. Develop. – 1974. – Vol.18, №2. – P. 100–109.
5. Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем./ Под ред. Е.М. Лейкина. – М.: Мир, 1983. – 520 с.
6. Воронцов А.А. Исследование и моделирование блока обработки сигнала магнитострикционных преобразователей линейных перемещений на ультразвуковых волнах кручения / Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, С.В. Родионов // Современные информационные технологии. Пенза: ПензГТУ, 2015. № 21. С. 195–198.
7. Vorontsov A.A. The mathematical modeling and calculation of magnetic fields two-co-ordinate magnetostrictive tiltmeters taking into account skin-effect [Текст] / Yu.N. Slesarev, A.A. Vorontsov, S.V. Rodionov // Наука и технологии. SCIEURO, London, 2015. № 1. С. 8–18.
8. Воронцов А.А. Моделирование магнитной системы конструкций двухкоординатных магнитострикционных наклономеров с расположением магниточувствительных элементов под углом 90 градусов / Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, С.В. Родионов, А.М. Зелик // В сб.: Новое слово в науке: перспективы развития Сборник материалов международной научно-практической конференции. Чебоксары, 2014. С. 238–240.
9. Прецизионные сплавы. Справочник / Под ред. Молотилова Б.В. -М.: Металлургия, 1983. – 439 с.
10. Голямина И.П. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1979. – 400 с.
11. Джордж Д. Самосогласованный расчет перехода намагниченности в диске с тонким рабочим слоем / Д. Джордж, С. Кинг, А. Карр // Проблемы магнитной записи: Пер. с англ. /Под ред. В.Г. Королькова. – М.: Энергия, 1975. – С. 42–51.
12. Ивасаки С. Динамическая модель процесса магнитной записи / С. Ивасаки, Т. Судзуки // Проблемы магнитной записи: Пер. с англ. / Под ред. В.Г. Королькова. – М.: Энергия, 1975. – С. 25–34.

13. Купалян С.Д. Теоретические основы электротехники. Ч.3. Электромагнитное поле. Издание 3-е, исправленное и дополненное. – М.: Энергия, 1970. – 248 с.

14. Немцов М.В. Справочник по расчету параметров катушек индуктивности / М.В. Немцов, Ю.М. Шамаев. – М.: Энергоиздат, 1981. – 136 с.

15. Слесарев Ю.Н. Реверсивные методы записи для оптических дисковых накопителей: Дис....д-ра техн. наук. – Пенза, 2004. – 342 с.

16. Воронцов А.А. Математическое моделирование магнитных полей в двухкоординатных магнито-стрикционных наклонерах: Дис....канд. техн. наук. – Пенза, 2013. – 160 с.

17. Turing A. M. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. A Correction // Proceedings of the London Mathematical Society – London Mathematical Society, 1938. vol. s2-43, iss. 6. P. 544–546. – doi:10.1112/PLMS/S2-43.6.544.

18. Turing A. M. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem // Proceedings of the London Mathematical Society – London Mathematical Society, 1937. vol. 42. pp. 230–265. – doi:10.1112/PLMS/S2-42.1.230.

19. Church Alonzo (1936). «An Unsolvable Problem of Elementary Number Theory». American Journal of Mathematics no. 58 (58). pp. 345–363. DOI:10.2307/2371045.

20. Формула Стирлинга [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Магнитострикция> (дата обращения: 31.08.2018).

Статья поступила в редакцию 04.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 681.5.01:658.512.2.011.56

ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФОРМА УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ФУРЬЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ТЕПЛОАГРУЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

© 2018

Курнос Владимир Ефимович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры
«Вычислительные машины и системы»

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru)

Наумова Ирина Юрьевна, специалист

Пензенский государственный университет

(440026, Россия, Пенза, улица Красная, 40, e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru)

Аннотация. Рассматривается применение численных методов для решения задач анализа и синтеза теплонагруженных конструкций. Показан способ построения моделей для исследования температурного поля конструкций. Используется метод конечных разностей для решения уравнений теплопроводности. Предложен способ формального построения шаблонов для получения разностных аналогов производных. Разработан метод построения систем уравнений на основе метода конечных разностей для решения уравнений теплопроводности Фурье. Дано описание области проектирования. Получены логико-математические уравнения баланса элемента объема. Используются операции имплицативной алгебры выбора. Показана связь элементов объема сеточной области проектирования. Предложен способ получения уравнений баланса для элементов объема сеточной области. Получены уравнения баланса для элемента объема сеточной области. Уравнения включают переменные имплицативной алгебры выбора. Выражения для уравнений баланса элемента объема содержат признаки наличия материала и предметные переменные. Предлагается способ решения задач автоматического синтеза конструкций, несущих тепловую нагрузку. Разработан программный комплекс анализа и синтеза теплонагруженных конструкций. Решена задача вычисления температурного поля кожуха прибора. Показано построение модели теплоотвода и модели каркаса в области проектирования. Предлагаемый метод построения моделей позволяет создавать новые информационные технологии анализа и синтеза теплонагруженных элементов конструкций.

Ключевые слова: синтез конструкций, автоматическое проектирование, моделирование, численные методы.

LOGICAL AND MATHEMATICAL FORM OF THE THERMAL CONDUCTIVITY EQUATION OF FOURIER TO SOLVE THE PROBLEMS OF ANALYSIS AND SYNTHESIS OF HEAT-LOADED CONSTRUCTIONS

© 2018

Kurnosov Vladimir Efimovich, doctor of technical sciences, professor, professor of sub-department
“Computers and Systems”

Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baidukov Passage / Gagarin St., 1a / 11, e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru)

Naumova Irina Yurevna, specialist

Penza State University

(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: vladimirkurnosov@rambler.ru)

Abstract. The application of numerical methods for solving problems of analysis and synthesis of heat-loaded structures is considered. A method for constructing models for studying the temperature field of structures is shown. The finite difference method is used to solve the heat conduction equations. A method for formal construction of templates for obtaining differential analogs of derivatives is proposed. A method for constructing systems of equations based on the finite difference method for solving the Fourier thermal conductivity equations is developed. The description of the design area is given. Logic-mathematical equations of the balance of the volume element are obtained. The operations of implicative algebra of choice are used. The connection of the volume elements of the grid design area is shown. A method for obtaining the balance equations for the volume elements of the grid region is proposed. The balance equations for the volume element of the grid area are obtained. The equations include variables of the implicative choice algebra. The expressions for the balance equations of the volume element contain evidence of material availability and subject variables. A method for solving the problems of automatic synthesis of structures carrying a thermal load is proposed. A software package for analysis and synthesis of heat-loaded structures was developed. The problem of calculating the temperature field of the device casing is solved. The construction of a heat sink model and a frame model in the field of design is shown. The proposed method of constructing models allows to create new information technologies for analysis and synthesis of heat-loaded structural elements.

Keywords: constructions synthesis, automated layout, modeling, calculus of approximations

Введение. Применение информационных технологий является необходимым условием создания конкурентоспособных сложных технических устройств. В настоящее время программное обеспечение позволяет существенно снизить затраты на проектирование и производство наукоемких изделий.

Тенденции совершенствования технических устройств, в первую очередь направлены на расширение выполняемых функций, повышение эффективности применения, снижение материалоемкости. Обоснование проектных решений в процессе проектирования во многом основано на исследовании в конструкциях физических процессов теплопередачи, напряженно-деформированного состояния, диффузии и других. Проблема обоснования проектных решений состоит в необходимости сопоставления большого числа вариантов конструктивного исполнения [1].

Физические процессы в конструкциях описываются уравнениями в частных производных. Для их решения необходим выбор численного метода, постановка краевой задачи. Необходимо задать область решения, начальные и граничные условия. Решение позволяет вычислить значения функции координат и времени, характеризующие физический процесс. Начальные и граничные условия преимущественно определяются условиями функционирования, эксплуатационными воздействиями [2].

Снижение материалоемкости изделий с целью повышения эффективности использования материала может быть основано на создании программных комплексов, позволяющих реализовать процесс целенаправленного преобразования формы конструкций по результатам исследования физических процессов, обусловленных условиями функционирования и внешними воздействиями [3].

Разработан метод синтеза формы конструкций на основе моделирования процесса ее совершенствования в соответствии с критерием оптимизации. Многошаговый процесс совершенствования состоит в автоматическом формировании разрешающих уравнений краевой задачи, их решении, исследовании результатов решения, модификации области решения, соответствующей форме конструкции. Формирование системы разрешающих уравнений основано на построении эволюционных дискретных моделей, включающих предметные переменные и переменные описания структуры сеточной модели [3,4,5].

Эволюционные дискретные модели разработаны как на основе конечно-элементной, так и на основе конечно-разностной аппроксимации краевой задачи. Автоматическая модификация выполняется в области проектирования, являющейся сеточной областью, часть ячеек которой относится к области решения задачи.

Ячейки области проектирования или элементы

объема и могут «пустыми» или «заполненными материалом». Изменение формы конструкции может осуществляться, как изменением геометрических характеристик сеточной модели, так и преобразованием части «пустых» ячеек в ячейки «заполненные материалом», преобразованием «заполненных материалом» в «пустые».

Построение модели для вычисления или синтеза формы теплонагруженных конструкций основано на решении уравнения теплопроводности Фурье. С физической точки зрения уравнение Фурье есть уравнение теплового баланса бесконечно малого объема материала [6]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right), \quad (1)$$

Здесь: a коэффициент температуропроводности материала; $\theta = \theta(x, y, z, \tau)$ температура, искомая

функция координат и времени.

Для нахождения функции $\theta = \theta(x, y, z, \tau)$ или температурного поля конкретной конструкции необходима постановка краевой задачи. Задаются область решения, устанавливаются начальные и граничные условия. Решение дифференциального уравнения в частных производных может быть основано на замене разностными аналогами производных исходного дифференциального уравнения [1,2].

Материалы и результаты исследования. Построение задачи в области проектирования позволяет формализовать формирование систем разрешающих уравнений [7,8,9]. Предлагается логико-математическая форма представления уравнений теплопроводности.

Разобьем область, в которой будет построена модель исследуемой конструкции, параллельными плоскостями ZOX , ZOY , XOY на ячейки или элементы прямоугольной формы, плоскостям (рисунок 1).

Интегро-интерполяционный метод построения уравнений баланса рассматривается в работе [2]. Далее построение логико-математических уравнений баланса рассматривается на основе интегро-интерполяционного метода.

Каждый элемент объема в области проектирования имеет целочисленные координаты i, j, k по осям координат X, Y, Z . Целочисленные координаты задают положение геометрического центра элемента объема. Обозначения целочисленных координат, включающие символы $0 + -$, используются для сокращения записи. Значения координат $0 0 0$ соответствуют текущим координатам i, j, k , значения $+ - 0$ соответствуют индексам $i+1, j-1, k$ и т.д. Каждый элемент объема области проектирования может быть граничным или внутренним. На рисунке 2 показан выделенный элемент. Шаги по координатам задают размеры элемента $h_x^{000}, h_y^{000}, h_z^{000}$.

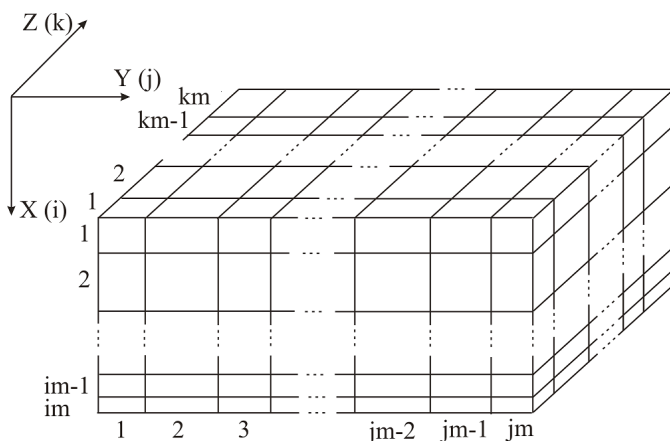


Рисунок 1 – Сеточная модель области проектирования. Целочисленные координаты элементов объема

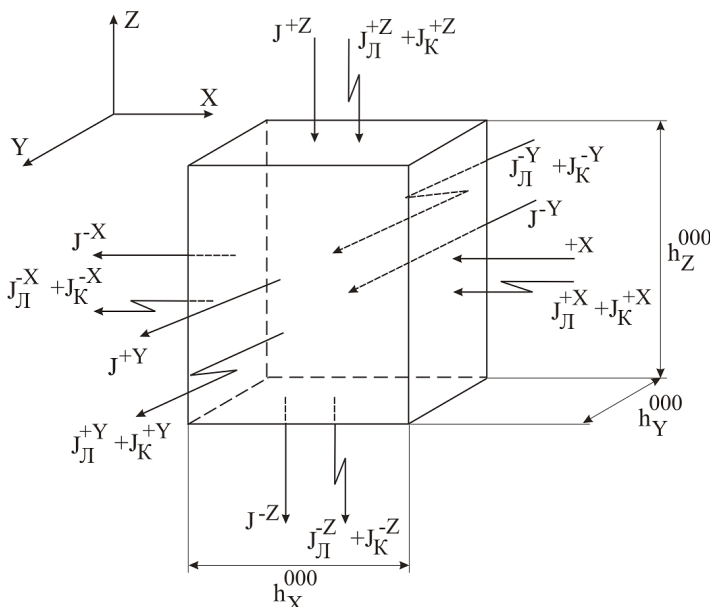


Рисунок 2 – К построению уравнения теплового баланса элемента объема

Здесь: $+X, \dots, -Z$ обозначения граней элемента объема; J^{+X}, J^{-Z}, \dots – тепловые потоки, обусловленные теплопроводностью материала. Учитываются в уравнении баланса, если соответствующие, прилегающие к граням элементы «заполнены материалом»; $J_{\tilde{e}}^{+X}, J_{\tilde{e}}^{-Z}$ и $J_{\tilde{e}}^{+X}, J_{\tilde{e}}^{-Z}$ – потоки, характеризующие теплопередачу за счет конвекции и излучения. Могут учитываться в уравнении баланса, если элемент является граничным.

Логико-алгебраическое уравнение баланса правомерно для любого «заполненного материалом» элемента. Признаком «наличия материала» для элемента является значение переменной импликативной алгебры выбора (ИАВ) Л.И. Волгина [10, 11, 12]. Таким образом, значения переменных ИАВ задают «распределение материала по элементам» в области проектирования.

Бинарные операции ИАВ включают дизъюнкцию (\vee) и конъюнкцию (\wedge). При соответствующих значениях операции ИАВ позволяют решать задачу отождествления или выбора переменных:

$$z_1 = \wedge_1(y_1, y_2) = y_1 I(\alpha_2 - \alpha_1) + y_2 I(\alpha_1 - \alpha_2), \quad (2)$$

$$z_2 = \vee_1(y_1, y_2) = y_1 I(\alpha_1 - \alpha_2) + y_2 I(\alpha_2 - \alpha_1), \quad (3)$$

Здесь: $I(x)$, оператор Хевисайда, принимает значение ноль, если $x < 0$, при $x > 0$, принимает значение равное единице; α_1 и α_2 – переменные описания процесса или предметные переменные, α_1 и α_2 – действительные числа, переменные ИАВ. Операции ИАВ допускают запись в логической и алгебраической форме. Элементом аппаратной реализации операций ИАВ является релятор. При $\alpha_i \in \{0, 1\}$ выражения для дизъюнкции (\vee) и

конъюнкции (\wedge) ИАВ имеют вид:

$$z_1 = \vee_{(\alpha_1, \alpha_2)}(y_1, y_2) = \alpha_1 y_1 + \alpha_2 y_2 = 0,5[(y_1 + y_2)(\alpha_1 + \alpha_2) + (y_1 - y_2)(\alpha_1 - \alpha_2)]. \quad (4)$$

$$z_1 = \vee_{(\alpha_1, \alpha_2)}(y_1, y_2) = \alpha_1 y_1 + \alpha_2 y_2 = 0,5[(y_1 + y_2)(\alpha_1 + \alpha_2) + (y_1 - y_2)(\alpha_1 - \alpha_2)]. \quad (5)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \vee_{(\alpha^{-00}, \bar{\alpha}^{-00})} [J^{+X}, (J_K^{+X} + J_N^{+X})] - \\ \vee_{(\alpha^{-00}, \bar{\alpha}^{-00})} [J^{-X}, (J_K^{-X} + J_N^{-X})] \end{array} \right\} h_y^{000} h_z^{000} \tau + \left\{ \begin{array}{l} \vee_{(\alpha^{0+0}, \bar{\alpha}^{0+0})} [J^{+Y}, (J_K^{+Y} + J_N^{+Y})] - \\ \vee_{(\alpha^{0+0}, \bar{\alpha}^{0+0})} [J^{-Y}, (J_K^{-Y} + J_N^{-Y})] \end{array} \right\} h_x^{000} h_z^{000} \tau + \left\{ \begin{array}{l} \vee_{(\alpha^{00+}, \bar{\alpha}^{00+})} [J^{+Z}, (J_K^{+Z} + J_N^{+Z})] - \\ \vee_{(\alpha^{00+}, \bar{\alpha}^{00+})} [J^{-Z}, (J_K^{-Z} + J_N^{-Z})] \end{array} \right\} h_x^{000} h_y^{000} \tau + \vee_{\alpha_d^{000}} Q_3^{000} = \vee_{\alpha_d^{000}} C_3^{000} \Delta \theta_3^{000}. \quad (6)$$

В уравнении (6) переменные описания процесса или предметные переменные: C_y^{000} - теплоемкость; Q_y^{000} - тепловыделение в объеме $h_x^{000} \times h_y^{000} \times h_z^{000}$ материала; $\Delta \theta_y^{000}$ изменение температуры за время τ ; $+X, \dots, -Z$ - грани элемента по направлениям осей системы координат.

Уравнение (6) включает переменные ИАВ:

$$\alpha^{+00}, \alpha^{-00}, \dots, \alpha^{00-}$$

- признаки наличия материала. По признакам наличия материала осуществляется выбор потоков по граням элемента;

$$\bar{\alpha}^{+00}, \bar{\alpha}^{-00}, \dots, \bar{\alpha}^{00-}$$

Для условно выделенного рассматриваемого элемента объема, который «заполнен материалом», уравнение баланса в логико-математическом представлении имеет вид [13, 14, 15]:

- отрицания значений признаков наличия материала; α_T^{000} - значение определяет выбор собственного тепловыделения элемента; α_d^{000} - значение определяет выбор стационарной или нестационарной задачи.

Уравнение баланса (6) может быть

$$\alpha = \{ \alpha^{+00}, \alpha^{-00}, \alpha^{0+0}, \alpha^{0-0}, \alpha^{00+}, \alpha^{00-}, \alpha_T^{000}, \alpha_d^{000} \}.$$

модифицировано. Вид уравнения задается при выборе соответствующих значений переменных ИАВ вектора

Для получения уравнения баланса в конечно-разностной логико-математической форме консервативное уравнение (6) целесообразно привести к виду:

$$\alpha^{000} \left(\frac{\alpha^{+00} J^{+X} - \alpha^{-00} J^{-X}}{h_x^{000}} + \frac{\alpha^{0+0} J^{+Y} - \alpha^{0-0} J^{-Y}}{h_y^{000}} + \frac{\alpha^{00+} J^{+Z} - \alpha^{00-} J^{-Z}}{h_z^{000}} + \frac{\alpha_T^{000} Q_3^{000}}{h_x^{000} h_y^{000} h_z^{000} \tau} + \frac{\bar{\alpha}^{+00} J^{+X} - \bar{\alpha}^{-00} J^{-X}}{h_x^{000}} + \frac{\bar{\alpha}^{0+0} J^{+Y} - \bar{\alpha}^{0-0} J^{-Y}}{h_y^{000}} + \frac{\bar{\alpha}^{00+} J^{+Z} - \bar{\alpha}^{00-} J^{-Z}}{h_z^{000}} \right) = \frac{\alpha^{000} \alpha_d^{000} C_3^{000} (\theta_{t+\tau}^{000} - \theta_t^{000})}{h_x^{000} h_y^{000} h_z^{000} \tau}. \quad (7)$$

Тепловые потоки, обусловленные теплопроводностью, необходимо выразить через значения температуры элементов объема. По полученным уравнениям баланса для всех элементов объема «заполненных материалом» формируется система разрешающих уравнений краевой задачи.

Вид конечно-разностного уравнения будет различным в зависимости от выбора сетки в области проектирования, условий на границе, наличия соседних элементов объема или конфигурации области решения в области проектирования.

Для регулярной сеточной модели с шагом h конечно-разностное уравнение в явном виде приводится к виду:

$$\theta^{000} = \frac{\sum_{i,j,k} \alpha^{ijk} \theta^{ijk}}{\sum_{i,j,k} \alpha^{ijk}} + \frac{\alpha_T^{000} Q_3^{000}}{k h \tau \sum_{i,j,k} \alpha^{ijk}} - \frac{\alpha_d^{000} C_3^{000} (\theta_{t+\tau}^{000} - \theta_t^{000})}{k h \tau \sum_{i,j,k} \alpha^{ijk}}, \quad (8)$$

В уравнении (8) сумма произведений предметных переменных и переменных ИАВ

$$\sum_{ijk} \alpha^{ijk} \theta^{ijk} = \alpha^{+00} \theta^{+00} + \alpha^{-00} \theta^{-00} + \alpha^{0+0} \theta^{0+0} + \alpha^{0-0} \theta^{0-0} + \alpha^{00+} \theta^{00+} + \alpha^{00-} \theta^{00-}$$

И сумма переменных ИАВ

$$\sum_{ijk} \alpha^{ijk} = \alpha^{+00} + \alpha^{-00} + \alpha^{0+0} + \alpha^{0-0} + \alpha^{00+} + \alpha^{00-}$$

Выражение (8) правомерно для элемента объема «заполненного материалом» объемом $h \times h \times h$. Описание модели конструкции в области проектирования задается значениями признаков наличия материала или значениями переменных ИАВ. Система уравнений, представляющих решение краевой задачи, может быть сформирована по выражению (8). Уравнения баланса необходимо составить для всех элементов объема «заполненных материалом». Вид каждого уравнения для

рассматриваемого текущего элемента определяется значениями переменных выбора

$$\alpha^{+00}, \alpha^{-00}, \alpha^{0-0}, \alpha^{0+0}, \alpha^{00+}, \alpha^{00-}, \alpha^{000}, \alpha^{000-} \quad (9)$$

При построении системы разрешающих уравнений просматриваются все элементы объема проектирования но уравнения баланса формируются только для «заполненных материалом» ячеек сеточной модели или элементов объема.

Разработаны алгоритмы анализа температурных полей, тепловой нагрузки теплонагруженных конструкций [13,14,15]. Также разработаны

алгоритмы синтеза формы конструкции на основе введения материала, удаления материала, перераспределения материала по шагам преобразования формы конструкции.

На основе предложенной логико-математической модели создан учебно-научный программный комплекс [16,17, 18]. Комплекс позволяет решать задачи анализа и синтеза теплонагруженных конструкций.

Решение на основе программной реализации алгоритмов показано на рисунке 3. Вычислена температура кожуха прибора. Заданы источники тепловыделения и теплостоки.

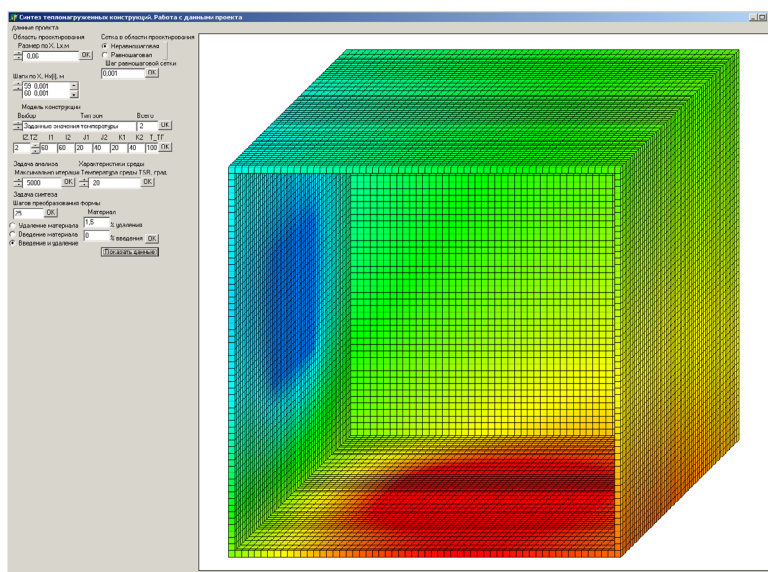


Рисунок 3 – Модель конструкции кожуха в области проектирования и результат вычисления температурного поля

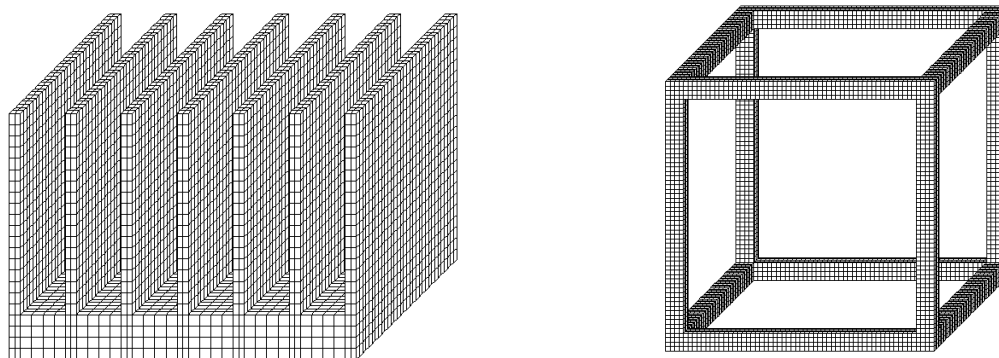


Рисунок 4 – Теплоотвод и стержневой каркас в области проектирования

Имеется возможность построения в области проектирования различных конструкций (рисунок 4). Визуализация области проектирования позволяет исключать ошибки при построении области решения, соответствующей форме конструкции [19,20].

Заключение. Решение задачи синтеза формы конструкции обеспечивает выравнивание градиента температуры. Соответственно, выравнивается распределение тепловой нагрузки по объему

материала конструкции. Программный комплекс позволяет решать задачи обоснованного снижения материалоемкости теплонагруженных конструкций различного назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Численные методы в задачах физики быстропотекающих процессов [Текст]: учебник для вузов / А.В Бабкин, В.И. Колпаков, В.Н. Охотин, В.В. Селиванов. – 2-е изд., испр. – М.

- : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 520 с. – (Прикладная механика сплошных сред: В 3 т. / Науч. Ред. В.В. Селиванов; Т.3).
2. Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры [Текст] / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 320 с.
3. Курносков В.Е. Теория и методы оптимального проектирования устройств радиотехники и связи на основе эволюционных дискретных моделей. – Дис. докт. техн. наук. Пенза: ПГУ, 1999. – 384 с.
4. Курносков В.Е. Эволюционный метод вычисления оптимальной формы конструкции. – Измерительная техника. 1994. – № 5. – С. 9–11.
5. Курносков В.Е. Логико-математические модели в задачах проектирования электронной аппаратуры и приборов: Монография / В.Е. Курносков, В.И. Волчихин, В.Г. Покровский. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2016. – 148 с.
6. Юдаев Б.Н. Теплопередача: учеб. для втузов. – М.: Высш. шк., 1973. – 360 с.
7. Курносков В.Е. Учебно-научный программный комплекс решения задач анализа и синтеза теплонагруженных конструкций / В.Е. Курносков, Т.В. Андреева. – Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского, 2011. – № 26. – С. 522–528.
8. Курносков В.Е. Интеллектуальные программные комплексы обучения на основе имплицитивной алгебры выбора / В.Е. Курносков, Т.В. Андреева. – Российское образование в XXI веке: проблемы и перспективы: Сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции (г. Пенза, ноябрь 2007 г.). – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2007. – С. 159–164.
9. Курносков В.Е. Информационные технологии проектирования изделий на основе эволюционных дискретных моделей: – Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: сборник статей XII Всероссийской научно-технической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2014. – 224 с. С 63–69.
10. Волгин Л.И. Имплицитивная алгебра выбора как основа информационных технологий и систем управления в континуальной области: / Л. И. Волгин, А. Б. Климовский, А. И. Зарукин. – «Чебышевский сборник» Т.IV. Вып. 1(5): Труды V Международной конференции «Алгебра и теория чисел: современные проблемы и приложения». Тула: Изд-во Тул. гос. пед. ун-та им. Л.Н. Толстого, 2003. – С. 61–65.
11. Волгин, Л.И. Развитие элементного базиса реляторной схемотехники / Л.И. Волгин, А.И. Зарукин. – Датчики и системы. 2002. № 3. – С. 2–8.
12. Волгин Л.И. Алгебраические логики: взаимоотношения, законы и свойства; Гл. ред. И. П. Норенков. – М.: Новые технологии, 2003. – 24 с. – Приложение к журналу «Информационные технологии». №6/2003.
13. Курносков В.Е. Формирование краевых задач в области проектирования на основе эволюционных уравнений. – Актуальные проблемы анализа и обеспечения надежности и качества приборов, устройств и систем: Сб. докладов международной конференции. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 1998. – С. 98–101.
14. Курносков В.Е. Эволюция формы – не имеющий аналогов метод синтеза конструкций. – Технический прогресс в атомной промышленности. Серия: Организация производства и прогрессивная технология в приборостроении. – Вып. 7–8. – М.: 1990. – С. 51.
15. Курносков В.Е. Эволюционный метод вычисления оптимальной формы конструкции. – Измерительная техника. – 1994. – №6. – С. 9.
16. Курносков В.Е. Интеллектуальные программно-методические комплексы личностно-ориентированного обучения. – Педагогическое образование и наука – М.: 2005, №4. – С. 61–63.
17. Моисеев В.Б. К построению моделей предметной области интеллектуальных обучающих систем / В.Б. Моисеев, В.Е. Курносков. – Академия профессионального образования. – Санкт-Петербург: 2006. – №1. – С.27–30.
18. Моисеев, В.Б. Интеллектуальные программные комплексы проектирования и профессионального обучения / В.Б. Моисеев, В.Е. Курносков. – Перспективные технологии и оборудование для материаловедения, микро- и нанoeлектроники: Материалы семинара / Под ред. проф. Л.В. Кожитова, проф. В.К. Карпасюка. – М.: МГИУ, 2006. – С.447–452.
19. Информационные технологии анализа и синтеза конструкций. Информационные технологии в проектировании и производстве: Науч.-техн. сб. – М.: ВИМИ, 2000. – № 4.
20. Курносков В.Е. Информационные технологии модельного конструирования электронной аппаратуры, устойчивой к динамическим воздействиям. – Информационные технологии в проектировании и производстве: Науч.-техн. сб. – М.: ВИМИ, 1999. – № 3.

Статья поступила в редакцию 11.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 338.27

АКТУАЛИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

© 2018

Гольшевский Олег Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, проректор,
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: goa@penzgtu.ru)

Усачев Юрий Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Прикладная информатика»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: uje1@pgta.ru)

Ремонтов Андрей Петрович, кандидат технических наук,
заведующий кафедры «Прикладная информатика»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: remontov@mail.ru)

Аннотация. Система актуализации образовательных программ позволяет в автоматическом режиме осуществлять анализа ФГОС специалистов путем смыслового сопоставления тестовых документов, содержащих вакансии, и ФГОС, так как перечень вакансий является достоверным источником требований работодателей. Предлагается метод проверки, которая осуществляет сопоставления смыслового содержания образовательной программ с вакансиями работодателей. Он позволит помочь определить наличие (или отсутствия) в перечне вакансий работодателей заявок на специалистов данной специальности. Метод позволяет определить востребованные типы квалификационных требований. Общая методика проведения экспертизы, основана на применении комплексного смыслового анализатора текстов TextAnalyst. Смысловой анализатор текстов TextAnalyst предназначен для проведения смыслового анализа текстов ФГОС, перечня вакансий и построения семантических сетей, используемых в дальнейшем при работе с модулем анализа и модулем сопоставления семантического содержания текстов. Разработанная автоматизированная система актуализации образовательных программ, позволяет автоматизировать процесс анализа действующих образовательных стандартов. Это позволит сократить трудоёмкость актуализации и повысить его качество.

Ключевые слова: образовательные программы, актуализация, семантический анализ, TextAnalyst, автоматизированная система.

ACTUALIZATION OF EDUCATIONAL PROGRAMS

© 2018

Golyshevsky Oleg Anatolievich, candidate of technical Sciences, docent, vice rector,
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin Street, 1a/11, e-mail goa@penzgtu.ru)

Usachev Yury Evgenievich, candidate of technical sciences,
associate professor of the department "Applied Informatics"
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, BaydukovProyezd / Gagarin Street, 1a/11, e-mail: uje1@pgta.ru)

Remontov Andrey Petrovich, candidate of technical Sciences,
head of sub-department «Application informatics»
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: remontov@mail.ru)

Abstract The system of updating educational programs allows for automatic analysis of GEF specialists by semantic comparison of test documents containing vacancies and GEF, since the list of vacancies is a reliable source of employers' requirements. A verification method is proposed that compares the semantic content of educational programs with employers' vacancies. It will help to determine the presence (or absence) in the list of employers of applications for specialists in this specialty. The method allows to determine the required types of qualification requirements. The general methodology for the examination is based on the use of a comprehensive semantic text analyzer TextAnalyst. The text analyzer TextAnalyst is intended for carrying out a semantic analysis of GEF texts, a list of vacancies and construction of semantic networks used later in the work with the analysis module and the semantic text content matching module. An automated system for updating educational programs has been developed, designed to automate the process of analyzing current educational standards. This will reduce the complexity of updating and improve its quality.

Keywords: educational programs, actualization, semantic analysis, TextAnalyst, automated system.

Введение. Быстрое развитие науки и техники, обуславливает необходимость осуществлять актуализацию образовательных программ, т.е. определять насколько их содержание отвечает современным требованиям. Эта задача является трудоемкой и требует привлечения специалистов высокой квалификации.

Существуют следующие способы актуализации образовательных программ:

- опрос специалистов [1];
- по трудоустройству выпускников [2];
- по количеству патентов, соответствующих образовательной программе [2];
- по профессиональным стандартам [3-7];
- по вакансиям работодателей [8-12].

Первые три способа достаточно трудоемки и выполняются вручную специалистами высокой квалификации. Последние два способа позволяют осуществлять автоматизированный анализ актуализации образовательных программ. Для такого существуют следующие два метода:

- семантический анализ [13,14];
- кластерный анализ [10].

Актуальной является задача разработки автоматизированной системы актуализации образовательных программ.

Постановка задачи. В образовательной программе, изложены следующие виды квалификационных требований к специалисту:

- необходимые умения, навыки;
- необходимые знания.

Достоверным источником требований работодателей, является перечень вакансий. Задача их анализа, с целью определения востребованности выпускников определенной специальности является трудоемкой и может выполняться специалистами высокой квалификации.

Необходимо разработать автоматизированную систему проведения актуализации образовательной программы.

Подход к решению. В настоящее время, существуют методы и реализующие их программные средства, позволяющие автоматически извлекать знания из документов, представленных в текстовом виде [15-17], что обуславливает возможность осуществлять их смысловой анализ. Предлагаемые методы семантического анализа основаны на сравнения “извлеченных” знаний, содержащихся в документе, смысловое содержание которое нам известно, с “извлеченными” знаниями, содержащимися в исследуемом документе, смысловое содержание которого надо установить.

Предлагается метод проверки, который осуществляет сопоставления смыслового содержания образовательной программ с вакансиями работодателей [8-12]. Он позволит помочь определить наличие (или отсутствия) в перечне вакансий работодателей заявок на специалистов данной специальности. Метод позволяет опреде-

лить востребованные типы квалификационных требований.

Описание системы. Автоматизированная система актуализации образовательных программ предназначена для автоматизации процесса анализа действующих образовательных стандартов. Автоматизированная система выполняет следующие функции:

- смысловой анализ текста ФГОС и перечня вакансий и построение семантических сетей понятий;
- формирование словаря понятий;
- автоматическое построение списка понятий, указанных в профессиональном стандарте;
- определение степени близости смыслового содержания текстов ФГОС и перечня вакансий;
- формирование результатов экспертизы.

Автоматизированная система актуализации образовательных программ содержит следующие модули:

- смысловой анализатор текстов TextAnalyst;
- модуль формирования словарей TANew;
- модуль проверки семантического содержания текстов;
- модуль анализа документа по образцу.

Смысловой анализатор текстов TextAnalyst предназначен для проведения смыслового анализа текстов ФГОС, перечня вакансий и построения семантических сетей, используемых в дальнейшем при работе с модулем анализа и модулем сопоставления семантического содержания текстов.

Смысловой анализатор текстов TextAnalyst выполняет следующие функции:

- смысловой анализ текста ФГОС и перечня вакансий и построение семантических сетей понятий;
- импорт семантической сети в MS Excel.

Модуль TANew предназначен для формирования словаря, содержащего понятия, приведённые в профессиональном стандарте.

Модуль TANew выполняет следующие функции:

- формирование словаря с учётом статуса понятий;
- удаление повторений из словаря;
- сортировка понятий по имени и статусу;
- сохранение словаря в файле формата .txt.

Модуль анализа документа по образцу предназначен для анализа семантической сети.

Модуль анализа документа по образцу выполняет следующие функции:

- автоматическое построение списка понятий, указанных в профессиональном стандарте;
- определение наличия понятий, указанных в вакансиях и в тексте ФГОС;
- формирование результатов анализа;
- регистрация факта проведения анализа и сохранение основных результатов в журнале анализа.

Модуль проверки семантического содержания

текстов предназначен для определения степени близости смыслового содержания текстов путем сравнения их семантических сетей.

Модуль проверки семантического содержания текстов выполняет следующие функции:

- определение семантического анализа

перечня вакансий;

- формирование результатов сопоставления.
- Анализируемые документы

Структурно-функциональная схема системы приведена на рисунке 1.

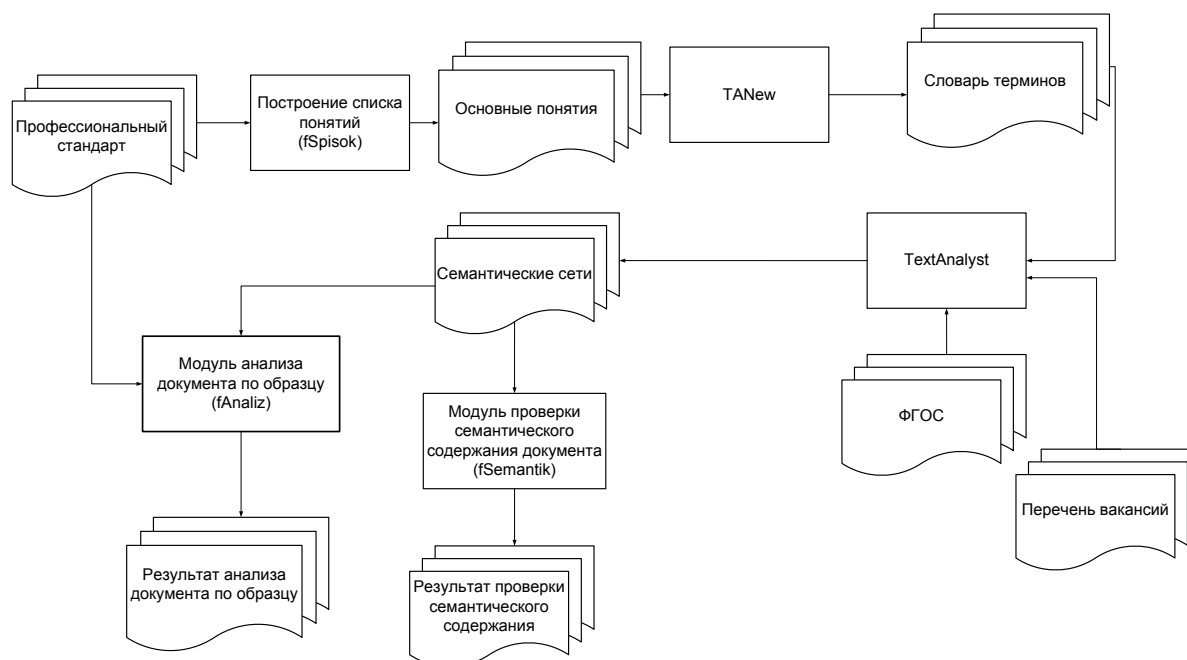


Рисунок 1 – Структурно-функциональная схема системы

Методика проведения экспертизы. Общая методика проведения экспертизы основана на применении комплексного смыслового анализатора текстов TextAnalyst [15,16] и включает следующие этапы.

На первом этапе анализа определяется множество А понятий, входящих в рассматриваемые конкретные значения вакансий и квалификационных требований к специалисту. Для построения адекватной семантической сети, соответствующей предметной области, первоначально необходимо сформировать словарь терминов, содержащих понятий множества А.

На втором этапе сформированный словарь терминов добавляется к словарю системы TextAnalyst. Добавленные термины будут рассматриваться системой TextAnalyst, как предпочтительные.

На третьем этапе осуществляется анализ содержания ФГОС с помощью TextAnalyst, в результате чего будет автоматически построена семантическая сеть понятий. Осуществляется экспорт семантических сетей понятий в txt-файл для последующей работы модуля анализа.

На четвертом этапе осуществляется определение наличия совпадения понятий в сгенерированных семантических сетях.

Заключение. Система актуализации

образовательных программ позволяет в автоматическом режиме осуществлять анализа ФГОС специалистов путем смыслового сопоставления тестовых документов, содержащих вакансии и ФГОС. Это позволит сократить трудоёмкость актуализации и повысить его качество. Кроме того решение будет более объективным, так как осуществляется автоматизированный анализ актуализации образовательных программ. Система актуализации образовательных программ позволит сделать решения этой задачи доступной для широкого круга пользователей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Емельянов А.А., Власова Е.А. Актуализация образовательных программ и планирование подготовки преподавателей // Высшее образование в России, № 1, 2009 – С.100–111.
2. Никульчев Е.В., Ильин Д.Ю., Бубнов Г.Г. Актуализация образовательных программ на основе патентного анализа как индикатора развития инновационных технологий // Образовательная среда – 2017. Т.4 № 4. – С. 513–522.
3. Профессиональный стандарт в области информационных технологий М.: АП КИТ, 2007 – 616 с.
4. Законодательство РФ Кодексы РФ в действующей редакции – «Методические

рекомендации по актуализации действующих федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования с учетом принимаемых профессиональных стандартов» (утв. Минобрнауки России 22.01.2015 N ДЛ-2/05вн) Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/metodicheskie-rekomendatsii-po-aktualizatsii-deistvuiushchikh-federalnykh-gosudarstvennykh/>

5. Пикулин В.В., Усачёв Ю.Е., Яшина Е.Н. Разработка методики формализованного анализа требований к специалистам и содержания образовательных программ // Воронеж: Вестник Воронежского технического университета. – 2011. – № 8, С. 137–141.

6. Усачёв Ю.Е., Яшина Е.Н. Автоматизированная система поддержки проведения экспертизы ФГОС // Труды Международная научно-технической конференция (Computer-based conference) – Пенза: ПГТА, 2013, вып. 18 – С. 146–148.

7. Усачёв Ю.Е., Яшина Е.Н. Автоматизированная система поддержки проведения экспертизы ФГОС // Труды Международная научно-технической конференция (Computer-based conference) – Пенза: ПГТА, 2013, вып. 18 – С. 146–148.

8. Усачев Ю.Е., Яшина Е.Н. Автоматизированная система анализа перечня вакансий // Информационные ресурсы и системы в экономике, науке и образовании: сборник статей II Международной научно-практической конференции. – Пенза.: Приволжский Дом знаний, – 2012, С. 52–54.

9. Пикулин В.В., Усачёв Ю.Е., Ядренцева В.Г., Короткова Н.Н. Вопросы создания автоматизированной системы информационной поддержки процессов актуализации программ профессионального образования // Университетское образование (МКОУ-2013): сб. ст. XVII Международной научно-методической конференции: – Вып. 17. – г. Пенза, ПГУ: Изд-во ПГУ, 2013. – С. 476–477.

10. Усачёв Ю.Е., Ядренцева В.Г. Применение кластерного анализа для определения потребности в специалистах // Труды Международная научно-технической конференция (Computer-based conference) – Пенза: ПГТА, 2013, Вып. 17 – С. 216–218.

11. Усачёв Ю.Е., Яшина Е.Н. Метод автоматического анализа перечня вакансий // Труды Международная научно-технической конференция (Computer-based conference) – Пенза: ПГТА, 2012, вып. 15 – С. 70–72.

12. Усачёв Ю.Е., Яшина Е.Н. Автоматизированная система анализа востребованности специалиста // Труды Международная научно-технической конференция (Computer-based conference) – Пенза: ПТИ, 2011, вып. 14 – С. 164–167.

13. Свидетельство о государственной

регистрации программ для ЭВМ № 2013613704 “Программа определения семантической близости документов” Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 15 апреля 2013 г. Авторы: Усачев Ю.Е., Юранов В.С., Яшина Е.Н.

14. Усачёв Ю.Е. Методика определения семантической близости документов // Труды Международная научно-технической конференция (Computer-based conference) – Пенза: ПГТА, 2014, вып.

15. Харламов А.А. Автоматический структурный анализ текстов // Открытые системы, 2002, № 10. – С. 16–22.

16. Харламов А.А., Ермаков А.Е., Кузнецов Д.М. TextAnalyst – комплексный нейросетевой анализатор текстовой информации. – М.: Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 1998. – № 1, С. 32–36.

17. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 304 с.

Статья поступила в редакцию 27.08.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 631.361.72

ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕРОВ ОТВЕРСТИЙ СИТОВОГО БАРАБАНА ПРОТИРОЧНОЙ МАШИНЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ ИЗ КАБАЧКОВ

© 2018

Богданов Андрей Владимирович, доктор технических наук, заведующий кафедрой
«Переработка сельскохозяйственной продукции и безопасность жизнедеятельности»

*Южно-Уральский государственный аграрный университет
(454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, 75, e-mail: bav-64@mail.ru)*

Ганенко Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Переработка сельскохозяйственной продукции и безопасность жизнедеятельности»

*Южно-Уральский государственный аграрный университет
(454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, 75, e-mail: pererabotkashp@mail.ru)*

Попова Светлана Юрьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Переработка сельскохозяйственной продукции и безопасность жизнедеятельности»

*Южно-Уральский государственный аграрный университет
(454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, 75, e-mail: pshpibg@mail.ru)*

Штриккер Любовь Андреевна, аспирант кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции и
безопасность жизнедеятельности»

*Южно-Уральский государственный аграрный университет
(454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, 75, e-mail: pererabotkashp@mail.ru)*

Аннотация. В настоящее время большое внимание уделяется безотходной переработке сельскохозяйственной продукции. Извлечение для дальнейшей реализации побочных продуктов, которые обычно рассматривались как отходы, также является актуальным. Это в полной мере касается такой сельскохозяйственной культуры, как кабачок. Несмотря на то, что из кабачков можно производить различные продовольственные продукты, его семечки обычно не находят дальнейшего применения. Хотя семечки кабачка обладают широким спектром положительных свойств и могут использоваться в лечебных целях. Отделить семечки от основной массы при протирании кабачка можно с помощью использования ситового барабана протирочной машины. Это требует обоснования размеров отверстий ситового барабана. Для обоснования этих размеров были проведены геометрические измерения семян кабачка. Учитывая, что ширина семечек является определяющим размером для выбора величины отверстий ситового барабана, было получено уравнение регрессии, характеризующее распределение количества семечек по их ширине. На основе анализа уравнения регрессии и результатов измерений предложена совокупность условий выбора диаметра отверстий ситового барабана. Полученная совокупность условий позволит сделать обоснованный выбор диаметра отверстий ситового барабана протирочной машины с учетом выхода семечек кабачка и основного продукта (пюре, сок, и др.).

Ключевые слова: сельскохозяйственная продукция, семечки кабачков, ситовой барабан, протирочная машина

SUBSTANTIATION OF THE SIZES OF THE HOLES OF THE SIEVE DRUM MASHING MACHINE IN THE PRODUCTION PROCESS OF VEGETABLE MARROW

© 2018

Bogdanov Andrey Vladimirovich, doctor of technical sciences,
head of «Processing of agricultural products and life safety»

*South Ural State Agrarian University
(454080, Russia, Chelyabinsk, Lenina Avenue, 75, e-mail: bav-64@mail.ru)*

Ganenko Sergey Vladimirovich, candidate of technical sciences,
associate professor of «Processing of agricultural products and life safety»

*South Ural State Agrarian University
(454080, Russia, Chelyabinsk, Lenina Avenue, 75, e-mail: pererabotkashp@mail.ru)*

Popova Svetlana Yuryevna, candidate of technical sciences,
associate Professor of «Processing of agricultural products and life safety»

*South Ural State Agrarian University
(454080, Russia, Chelyabinsk, Lenina Avenue, 75, e-mail: pshpibg@mail.ru)*

Stricker Liubov Andreevna, postgraduate of «Processing of agricultural products and safety»
South Ural State Agrarian University

(454080, Russia, Chelyabinsk, Lenina Avenue, 75, e-mail: pererabotkashp@mail.ru)

Abstract. Currently, much attention is paid to waste-free processing of agricultural products. Extraction for the further sale of by-products, which are usually considered as waste, is also relevant. This fully applies to such crops as vegetable marrow. Despite the fact that it is possible to produce various food products from vegetable

marrow, its seeds usually do not find further application. Although vegetable marrow seeds have a wide range of positive properties and can be used for medicinal purposes. To separate the seeds from the bulk when mashing the vegetable marrow, you can use a sieve drum cleaning machine. This requires a substantiation of the sizes of the holes of the sieve drum. To justify those measurements were carried out geometrical measurements of seeds of the vegetable marrow. Given that the width of the seeds is the determining size for the selection of the size of the sieve drum holes, a regression equation was obtained that characterizes the distribution of the number of seeds by their width. Based on the analysis of the regression equation and the measurement results, a set of conditions for selecting the diameter of the sieve drum holes is proposed. The resulting set of conditions will make it possible to make a reasonable choice of the diameter of the holes of the sieve drum of the mashing machine, taking into account the yield of the seeds of the zucchini and the main product (puree, juice, etc.).

Keywords: agricultural products, vegetable marrow seeds, sieve drum, mashing machine

Введение. Из кабачков производятся различные продовольственные продукты (сок, пюре, икра и др.), которые могут использоваться непосредственно потребителями или поступать на дальнейшую переработку [1-4].

Для производства конечного продукта в основном используется мякоть кабачка, но кроме самих продуктов питания можно получить и побочный продукт – семечки кабачка [5-8].

По своим органолептическим свойствам и химическому составу кабачковые и тыквенные семечки весьма похожи [9]. Семечки кабачка способствуют расщеплению вредного холестерина, выведению из организма всевозможных токсинов и радионуклидов. Кроме того, семечки богаты витамином Е – антиоксидантом и натуральными растительными жирами. Также их используют при заболеваниях эндокринной, нервной и сердечнососудистой систем. Свежие зерна кабачков содержат сантонин, что наделяет их противогельминтным действием. Помимо этого, семечки обладают успокаивающими свойствами и прекрасно снимают напряжение [10-12]. Кроме того, семечки кабачка необходимы для использования в качестве посевного материала.

Целью данной работы является обоснование размеров отверстий ситового барабана протирочной машины при извлечении семечек в процессе переработки кабачков.

Изложение основного материала исследования. При переработке кабачков важное значение имеет сохранение целостности семечек для дальнейшего их использования как в качестве посевного материала, так и в фармакологии для производства препаратов на натуральной основе. Поэтому процесс протирания кабачков должен исключить травмирование семечек и их попадание в протертую мякоть (отверстия ситового барабана должны отделять семечки от основного продукта).

Для обоснования размеров отверстий ситового барабана были проведены экспериментальные исследования по измерению геометрических параметров семечек кабачка [13]. По результатам этих исследований на основе усредненных значений были получены зависимости распределения количества попаданий семечек кабачка в интервалы по их геометрическим размерам: ширине, толщине,

длине (рисунок 1) [13]. Измерения проводились по ширине, толщине и длине у 1000 семечек.

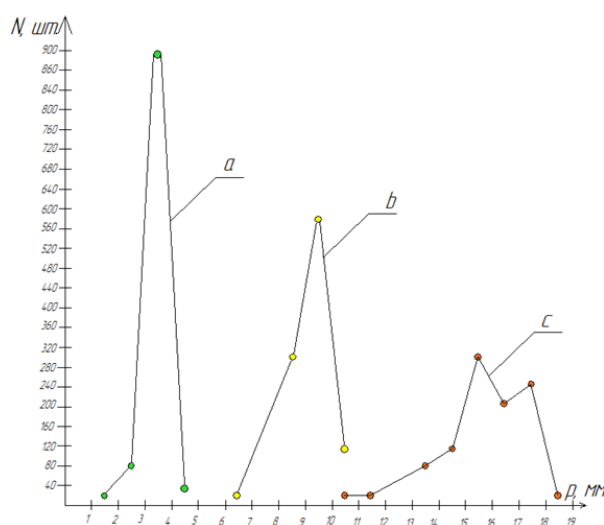


Рисунок 1 – Зависимости распределения количества попаданий N семечек в интервалы p по геометрическим размерам: a – распределение количества попаданий в интервалы по толщине семечек; b – распределение количества попаданий в интервалы по ширине семечек; c – распределение количества попаданий в интервалы по длине семечек

Учитывая, что ширина семечек является определяющим размером для выбора величины диаметра отверстий ситового барабана [6, 13, 14], из кривых, представленных на рисунке 1, в первую очередь интересует кривая b , характеризующая распределение количества попаданий в интервалы по ширине семечек. После обработки результатов эксперимента, соответствующих кривой b (рисунок 1), в программе Microsoft Office Excel получена зависимость распределения количества семечек от их ширины (рисунок 2) [13, 15, 16].

При этом уравнение регрессии, соответствующее кривой (рисунок 2), имеет следующий вид [13, 17-19]:

$$y = -87,5x^2 + 1445x - 5526, \quad (1)$$

где x – размер семечек кабачка по ширине, мм;
 y – количество семечек, шт.

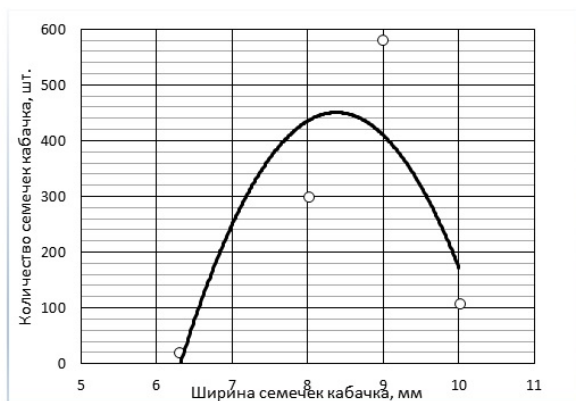


Рисунок 2 – Зависимость распределения количества семечек кабачка от их ширины: — кривая, полученная по результатам регрессионного анализа; о – усредненные значения по результатам эксперимента

Для определения размера отверстий ситового барабана проведем математический анализ уравнения (1) [4]. Для этого приравняем производную уравнения (1) к нулю [13, 17, 19, 20]:

$$(-87,5x^2 + 1445x - 5526)' = 0, \quad (2)$$

Тогда численное значение величины x будет 8,25 мм.

Полученная величина $x = 8,25$ мм соответствует экстремуму функции. То есть большинство семечек имеют размер по ширине около 8,25 мм. Поэтому полученное значение может быть использовано при выборе диаметра отверстий ситового барабана протирочной машины. Но если отверстия барабана выполнить диаметром 8,25 мм, то семечки меньшего размера, прошедшие через отверстия барабана, попадут в протертую мякоть, поступающую на дальнейшую переработку. Это может отрицательно отразиться на качестве готового продукта. Кроме того, произойдет потеря семечек кабачка.

Выводы. Как показали экспериментальные исследования наименьшая ширина семечек составляет 6,30 мм, что также видно из графика (рисунок 2). В соответствии с этим рекомендуется изготавливать ситовой барабан с диаметром отверстий в диапазоне 6,30...8,25 мм. При диаметре отверстий близкому к значению 6,30 мм потеря семечек будет стремиться к минимуму (увеличится выход семечек для последующего использования в различных целях). Но в этом случае возможно снижение производительности протирочной машины с точки зрения выхода основного продукта. При диаметре отверстий ситового барабана, приближенному к значению 8,25 мм, повысится производительность протирочной машины (повысится выход основного продукта). При этом уменьшится выход семечек.

Исходя из этого можно записать совокупность условий выбора диаметра отверстий ситового барабана протирочной машины:

$$\left[\begin{array}{l} 6,30 \leq d \leq 8,25, \\ \text{если } d \rightarrow 6,30, \text{ то } \begin{cases} V_c \rightarrow \max, \\ V_o \rightarrow \min, \end{cases} \\ \text{если } d \rightarrow 8,25, \text{ то } \begin{cases} V_c \rightarrow \min, \\ V_o \rightarrow \max, \end{cases} \end{array} \right. \quad (3)$$

где d – диаметр отверстий ситового барабана протирочной машины, мм; V_o – выход основного продукта, кг; V_c – выход семечек кабачка, кг.

Полученная совокупность условий (3) позволит сделать обоснованный выбор диаметра отверстий ситового барабана протирочной машины с учетом выхода семечек кабачка и основного продукта (пюре, сок, и др.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Joseph Mercola, Benefits of juicing: key to radiant health // Take Control of Your Health. 2012 г. Режим доступа: <http://articles.mercola.com/sites/articles/archive/2012/09/05/426378.asp>.
2. Green juice: recipes and benefits. Режим доступа: <http://www.vitality4life.com.au/blog/health-recipes/green-juice-recipes-benefits>.
3. Черкасова В.М. О состоянии проблемах и тенденции развития плодоовощной промышленности РФ // Пищевая промышленность. 2007. №8. – 325 с.
4. Широков Е.П., Полегаев В.И. Хранение и переработка плодов и овощей. – Агропромиздат, 1989. С. 48–50.
5. Использование отходов производства консервов. Режим доступа: <http://msd.com.ua/tehnologiya-pishhevyyh-proizvodstv/ispolzovanie-otxodov-proizvodstva-konservov>.
6. Назарова А. И., Фанг-Юнг А. Ф. Технология плодоовощных консервов. 1981. С. 80–92.
7. Портал Live-internet [Электронный ресурс]. – Кабачки. Режим доступа: <http://www.liveinternet.ru/users/4634698/post351312423/>. – (Дата обращения 30.12.2015).
8. Технология переработки фруктов. [Электронный ресурс]. Технология и оборудование для овощеперерабатывающей промышленности. Режим доступа: http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/lik_tex/classes_stud/ru/pharm/prov_pharm/ptn. – (Дата обращения 24.07.2016).
9. Кабачковые и тыквенные семечки. Режим доступа: <http://fruitarian.ru/kabachkovye-i-tykvennye-semechki>.
10. Чем полезны кабачковые семечки. Режим доступа: <https://www.rasteniya-lecarstvennie.ru/2672->

chem-polezny-kabachkovye-semechki.html.

11. Польза кабачковых семечек. Режим доступа: <http://oprostatite.info/netradicionnaja-medicina/kabachkovye-semechki-polza-dlya-muzhchin/>.

12. Emi Grant, Gardaning know how «Saving seeds zucchini» 2015 г. Режим доступа: <https://www.gardeningknowhow.com/edible/vegetables/squash/squash-seed-harvesting.htm>.

13. Ганенко С.В., Штриккер Л.А. Исследование и обоснование геометрических параметров ситового барабана протирочной машины при производстве сока из кабачков // АПК России. – 2017. – Т. 24, №1. – С. 57–62.

14. Процессы и аппараты пищевых производств [Текст] в 2 т. Т. 1. Машины и аппараты – составные части тех-нологических комплексов / Антипов С.Т.: учебное пособие для вузов. – 1-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 2001. – С 540–561 с.

15. Шипачев В.С. Высшая математика [Текст]: Высшая школа, 2008. – 479 с.

16. Использование MS Excel для анализа статистических данных: учеб. пособие / В. Р. Бараз, В. Ф. Пегашкин; 2-е изд., перераб. и доп. – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2015. – 182 с.

17. Локальный экстремум функции нескольких переменных: метод. указания / сост. О.Л. Базайкина; Сиб.гос индустр. Ун-т. Новокузнецк: Изд. Центр СибГИУ, 2014. С.11–12.

18. Walkenbach, John “Excel 2013. The Bible of the user” Williams, 2015, Т. 933.

19. Амосов В.В. Экономическая теория / В.В. Амосов, Г.М. Гукасян, Г.А. Махавикова. – С-Пб., 2002. – 230 с.

20. Лекции по дифференциальным уравнениям: учебное пособие / О.Н. Имас [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 193 с.

Статья поступила в редакцию 29.08.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 631

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАМЕДЛЕНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

© 2018

Романчиков Сергей Александрович, кандидат технических наук, докторант

*Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева
(199034, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8, e-mail: romanchkovspb@mail.ru)*

Аннотация. В целях увеличения срока хранения продуктов питания на основе жидких сред без использования холодильного и морозильного оборудования предложено устройство для замедления микробиологических процессов в продуктах питания. Принцип его работы основывается на использовании метода электроимпульсного замедления микробиологических процессов брожения в продуктах питания. Модернизация устройства за счет включения в его конструкцию трансформатора понижающего переменный ток, соединенного через шину с диодным выпрямительным мостом, датчика температуры, теплового реле, резистора, амперметра и электродов из сплава Sn 60 % Pb 40 % (олово-свинец) обеспечила стерилизацию дрожжевых, молочнокислых бактерий и плесневых грибов. Это стало возможно не только за счёт электрического поля, но по средством повышенной температуры овощей, созданной во всём объёме одновременно. При этом, процесс капсулирования у бактерий успеваеет пройти до достижения губительной температуры. При температуре хранения продукта питания от 10...20 °С брожение возобновляется через 12-18 суток. При достигнуто сохранение витамина С до 95 %. Проведенные экспериментальные исследования подтверждают эффективность воздействия электрического тока на остановку бактериологических процессов. Получена достоверная информация о полной безвредности использования тока промышленной частоты для этих целей.

Ключевые слова: продукты питания, устройство, электроимпульсное замедление микробиологических процессов брожения.

DEVICE FOR LASTING MICROBIOLOGICAL PROCESSES IN FOOD PRODUCTS

© 2018

Romanchikov Sergey Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences, doctoral candidate

*Military Academy of Material and Technical Support named after Army General A.V. Hruleva
(199034, Russia, St. Petersburg, Makarova Embankment, 8, e-mail: romanchkovspb@mail.ru)*

Abstract. In order to increase the shelf life of food products based on liquid media without the use of refrigeration and freezing equipment, a device has been proposed for slowing down microbiological processes in food products. The principle of its work is based on the use of the method of electropulse slowing down of microbiological fermentation processes in food products. The principle of its work is based on the use of the method of electropulse slowing down of microbiological fermentation processes in food products. Modernizing the device by incorporating a transformer in an alternating current transformer connected via a bus to a diode rectifier bridge, a temperature sensor, a thermal relay, a resistor, an ammeter and electrodes from Sn 60% Pb 40% (tin-lead) to sterilize yeast, lactic acid bacteria and fungi. This became possible not only due to the electric field, but by means of increased temperature of vegetables, created in the whole volume at the same time. At the same time, the process of encapsulation in bacteria has time to pass before reaching the destructive temperature. When the storage temperature of food products from 10...20° C fermentation resumes after 12-18 days. When preservation of vitamin C is achieved up to 95 %. Experimental studies carried out confirm the effectiveness of the effect of an electric current on stopping bacteriological processes. Received reliable information about the complete safety of the use of industrial frequency current for these purposes.

Keywords: food, device, electropulse deceleration of microbiological fermentation processes.

Введение. При несоблюдении условий хранения продуктов питания они подвергаются микробиологической порче (брожению, плесневению, гниению). При оптимальных условиях для развития, микроорганизмы (бактерии, плесени и дрожжи) в течение нескольких часов полностью делают продукт питания не пригодным для употребления [1].

Существует несколько основных физических факторов, воздействующих на снижение активности развития микроорганизмов (бактерий, микроскопических грибов и др.) в жидких средах, среди

которых стерилизация и пастеризация. Однако для реализации процесса стерилизации или пастеризации, в полевых условиях, до настоящего времени, кроме теплового метода, других альтернатив не существует.

Науке известно многообразие способов «холодной» стерилизации: мелкопористые бактериальные фильтры; методы лучевой стерилизации ионизирующим излучением, ультразвуком, химическими веществами, ультрафиолетовым излучением – все они не обладают избирательностью воздействия на

микроорганизмы, сложны в эксплуатации и имеют ограниченную сферу применения. При этом, выше упомянутые способы деформируют (разрушают) структуру полезных веществ (белки, жиры, витамины и др.) [2].

Цель исследований. В целях недопущения микробиологической порчи, снижения показателей качества и увеличения сроков хранения продуктов в жидких средах предложено «Устройство для замедления микробиологических процессов в продуктах питания».

Условия, материалы и методы. Принцип работы устройства основывается на использовании метода электроимпульсного замедления микробиологических процессов брожения в продуктах

питания [3].

Техническое решение, базируется на использовании стерилизации продуктов питания в жидких средах. Устройство предусматривает включение в него трансформатора понижающего переменный ток, соединенного через шину с диодным выпрямительным мостом. Работа устройства регулируется датчиком температуры через тепловое реле. Сила постоянного тока формируется резистором и подается через амперметр, на электроды из сплава Sn 60 % Pb 40 % (олово-свинец). Один из них выполнен в виде обруча. Электрическая схема устройства представлена на рисунке 1. Внешний вид устройства представлен на рисунке 2.

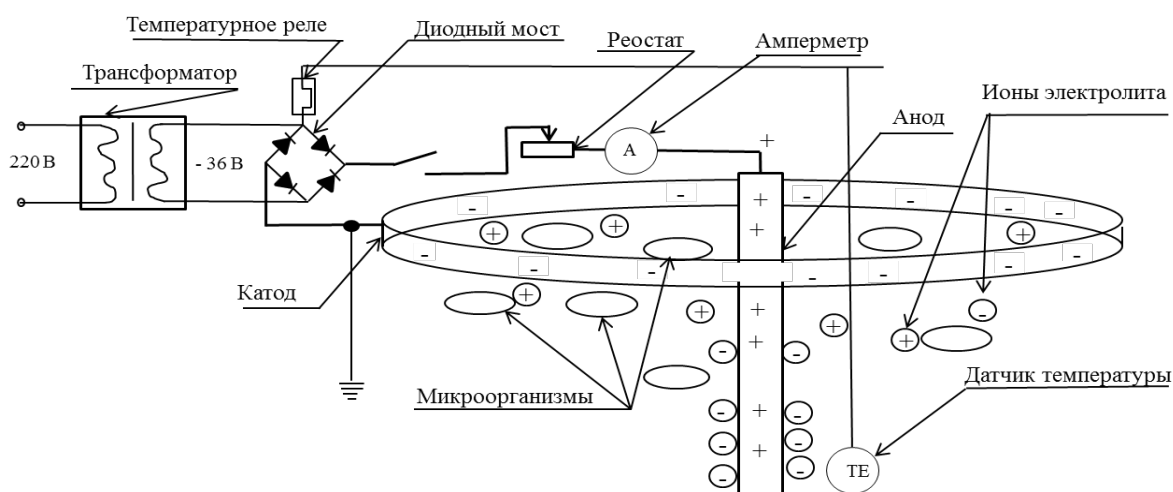


Рисунок 1 – Электрическая схема устройства для замедления микробиологических процессов в продуктах питания

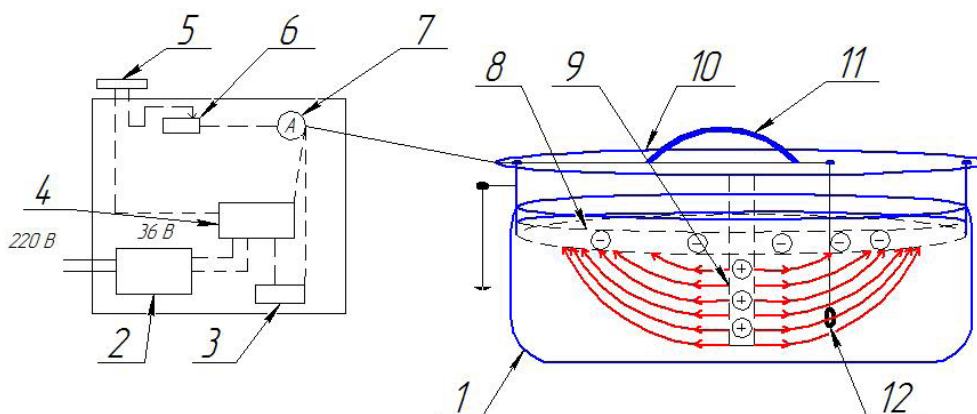


Рисунок 2 – Внешний вид устройства для замедления микробиологических процессов в продуктах питания:

1 – емкость для размещения продуктов питания в жидкой среде; 2 – трансформатор; 3 – температурное реле; 4 – диодный мост; 5 – выключатель; 6 – реостат; 7 – заземление; 8 – электрод; 9 – электрод; 10 – фиксатор; 11 – ручка; 12 – датчик температуры

Устройство для замедления микробиологических процессов в продуктах питания работает следующим образом. Первоначально электроды (8, 9) (из сплава Sn 60 % Pb 40 %) и температурный датчик (12) помещаются в емкость (1) с продуктом

питания в жидкой среде [4]. Устройство включается в электрическую сеть, подается переменный электрический ток напряжением 220-230 В, который понижается трансформатором (2) до напряжения 36 В и частотой 50 Гц. Переменный электрический ток

преобразуется диодным мостом (4) в постоянный. Сила электрического тока, подаваемая на электроды (8, 9) регулируется реостатом (6) и устанавливается в зависимости от объема продукта питания в жидкой среде. При достижении в продукте питания температуры 58 °С датчик температуры (8) подает сигнал на температурное реле (3), которое отключает подачу электроэнергии на диодный мост (4).

Температура продукта питания у стенок и дна емкости (1) может быть ниже на 5...7 °С, т.е. 51...53 °С. В основе стерилизации продуктов питания в жидкой среде электрическим током находится возможность разрушения клеточных мембран (психро-

фильных микроорганизмов, мезофильных, термофильных и экстремально-термофильных бактерий) [5, 6].

В результате проведенных экспериментальных исследований по применению этого устройства выявлено [7]. Сила тока для стерилизации квашеной капусты и маринованных огурцов в зависимости от их объема (таблица 1). Контроль силы тока осуществляется амперметром (7). За счет формы электродов (в виде штыря и обруча) создается электрическое поле во всем объеме жидкой среды в емкости (1) и достигается максимально угнетающее действие на бактерии.

Таблица 1– Сила тока для стерилизации продуктов питания в жидких средах

№ п/п	Продукт питания	Сила тока, А		
		16	0,9-1	0,5-0,7
1	Квашеная капуста, кг	1000	40	4
2	Маринованные огурцы, кг	1100	40	4

В качестве жидкой среды используются рассолы, бульоны, соки и др. жидкости, входящие в состав продуктов питания, содержащие растворы поваренной соли и органических кислот (молочной, лимонной и др.) концентрация и плотность которых является важными показателями для удельного электрического сопротивления. Солесодержание, т.е. суммарная концентрация всех содержащихся в 1 кг жидкой среды катионов и анионов, колеблется от 50 мг/кг до нескольких граммов на килограмм.

Сила электрического тока пагубно воздействует на жизнедеятельность колоний микрофлоры и снижает их концентрацию, без деформации структуры питательных веществ продукта питания в жидкой среде. Изготовление электродов из сплава Sn 60 % Pb 40 %, позволяет достичь максимальное угнетающее действие на бактерии, а форма электрода (в виде обруча) способствует достижению его максимального эффекта.

Сила электрического тока выбрана максимально достижимой (на грани лавинообразных пробоев (короткого замыкания) в жидкой среде), что позволяет осуществить порацию (повреждение) мембран клеток микроорганизмов в короткие сроки без сильного нагрева.

Активное сопротивление границы электрод-среда (R_c и R_a соответственно на катоде и аноде) возрастает от практически нулевого значения в момент подачи импульса до относительно большого постоянного установившегося значения. Максимальная крутизна переднего и заднего фронтов импульсов – обязательное условие минимизации теплового эффекта (омического нагрева) в обрабатываемой среде. Потенциальный эффект таких крутых импульсов с действием гармонических (синусоидальных)

токов промышленной частоты: «мягкий» режим постепенного изменения напряжения с частотой колебаний 50 Hz гораздо более приемлем для выживания живых клеток, чем подача «шоковых» импульсов большой амплитуды [2, 8, 9-14].

Известно, что при напряженности электрического поля в среде $E = 5 \text{ kV/cm}$, в режиме емкостного тока падение напряжения на микроорганизмах (их средний оценочный размер – около 10 μm) составляет 5 вольт, что существенно больше естественной разности потенциалов на мембране клетки (она не превышает 100 mV, при этом внутренняя сторона мембраны в состоянии покоя заряжена отрицательно, внешняя – положительно). Такое превышение приводит к повреждению мембраны [2, 15-20].

Необходимо отметить, что воздействие электрического тока имеет побочный эффект – омический нагрев, выраженный в нагреве жидкой среды. Электрическое поле позволяет организовать безынерционную, равномерную по объёму и без перепадов температур обработку продуктов питания большим объемом, что недоступно для традиционного нагрева. Нагрев продукта питания до 60 °С, не вызывает денатурационные процессы (клейстеризацию крахмала, коагуляцию белка), что и обеспечивает высокое качество стерилизации, по сравнению с тепловой обработкой.

При заданных параметрах силы тока, скорость стерилизации микроорганизмов пропорционально возрастает.

Параметры постоянного электрического тока воздействующего на продукт питания в жидкой среде (на примере квашеной капусты) для осуществления стерилизации представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика постоянного тока при воздействии на микроорганизмы в жидкой среде

№ п/п	Обработка продукта	I, А	t, °С	S _{нагрева} , °С/сек	Частота, Гц	U, В	V _{емкости} ² , л
1	Стерилизация	1	55-57	0,5-08	50	36	40

Таблица 3 – Удельное сопротивление модельных жидких сред при температуре 20 °С

Электропроводящая среда	Удельное сопротивление, Ω×m Ом /м ¹ .
Вода дистиллированная	10 ³ – 10 ⁴
Вода речная	10 – 100
Фруктово-ягодные соки	2 – 8
Рассол квашеной капусты	0,2
Измельчённые овощи	(1,2-2,0) ×10 ³

За короткое время конвективный теплообмен практически отсутствует, кондуктивная составляющая теплообмена через стенки сосуда исключительно мала.

Результат электрического воздействия определяется его параметрами, а также удельной электропроводностью и другими свойствами обрабатываемой среды (включая микроорганизмы) (таблица 3).

С ростом температуры удельное сопротивление в продуктах питания уменьшается (что обусловлено главным образом увеличением степени диссоциации, а также разрушением сольватных оболочек. Способствует снижению удельного сопротивления и нарушение структуры вегетативных клеток микроорганизмов.

Новизна технического решения заключается в использовании воздействия регулируемым электрическим током на клеточные мембраны микроорганизмов содержащихся в продуктах питания, в целях их стерилизации для увеличения сроков хранения продуктов питания на складах и пунктах питания продовольственной службы соединений, частей и организаций ВС РФ и др. войск, воинских формирований и органов.

Результаты и обсуждение. Для определения эффективности работы устройства были проведены ряд экспериментальных исследований по снижению микробиологической порчи квашеных овощей [21]. При этом, учитывалось, что капуста, огурцы, кабачки, патиссоны и другие овощи, относятся к коллоидным капиллярно-пористым материалам, электропроводность которых определяется межклеточной и внутриклеточной жидкостью и сопротивлением клеточных оболочек.

Проведенные экспериментальные исследования по изучению процессов, происходящих в квашеных овощах при обработке постоянным электрическим током, позволили получить следующие результаты:

1) Фиксированная сила тока воздействует на продукт питания в жидкой среде изменяя его температуру со скоростью 0,5...0,8 °С/сек., равномерно нагревая продукт питания во всем его объеме.

2) Стерилизация дрожжевых, молочнокислых бактерий и плесневых грибов, в квашеной капусте, осуществляется не только за счёт электрического поля, но по средствам повышенной температуры

овощей, созданной во всём объёме одновременно. При этом, процесс капсулирования у бактерий успевает пройти до достижения губительной температуры. При температуре хранения продукта питания от 10...20 °С брожение возобновляется через 12-18 суток. Это объясняется селективным стерилизующим действием на микроорганизмы электрического тока

При этом до 95 % витамина С сохраняется. Следует отметить, что при тепловой обработке сохраняется 20 –30 %.

3) Установлено влияние силы тока на время хранения продуктов питания без холодильного оборудования. При помутнении рассола, процесс стерилизации повторялся. Качество продукта питания в жидкой среде после 3-х циклов воздействия электрического тока (омического нагрева) было высокое, кислотность в пределах нормы.

4) Установлено снижение в 2 раза, затрат электроэнергии (с 435 кДж/кг) до 200 кДж/кг) по сравнению с тепловой обработкой продуктов питания в жидкой среде. При этом время на обработку сокращается в 3-6 раз.

Результаты экспериментальных исследований подтверждают эффективность воздействия электрического тока на остановку бактериологических процессов. Имеется достоверная информация о полной безвредности использования тока промышленной частоты для этих целей [21].

Выводы. Таким образом, периодическое воздействие на продукты питания в жидких средах постоянным электрическим током, заданных характеристик, позволяет поддерживать пониженную кислотность при высоком качестве продукта. Предлагаемое устройство для замедления микробиологических процессов в продуктах питания имеет простое конструктивное решение, обладает высокой экономичностью, мобильностью, автономностью, что обеспечивает возможность его применения на складах и пунктах питания, для повышения сроков хранения и придания возможности без холодильного хранения продуктов питания в жидких средах.

Периодическая остановка процесса микробиологической порчи квашеных овощей с ним позволяет обеспечить их хранение при температуре окружающего воздуха 20...22 °С в течение 8 суток, а при температуре 10 °С в течение 19 суток.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Микробиологические процессы [Электронный ресурс] https://www.e-reading.club/chapter.php/1016978/26/Bogatyrev_-_Tehnologiya_hraneniya_i_transportirovaniya_tovarov._Uchebnoe_posobie.html.
2. К вопросу о стерилизующем действии электрического поля на микрофлору плодово-ягодных соков, Ю.А. Бошняга, Л.А. Бантыш, Электрическая обработка биологических объектов и пищевых продуктов. Электронная обработка материалов, 2009, № 2, С. 79–88.
3. Патент Пат 2658706. Российская Федерация, МПК A23L 3/00 A23L 3/32 Способ прекращения процесса брожения в пищевых продуктах [Текст]/ Романчиков С.А. (RU); заявитель и патентообладатель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения» имени генерала армии А.В. Хрулева (RU). – № 2017131173 приор 04.09.2017, опубл 22.06.2018, Бюл. № 18.
4. Влияние ионов некоторых металлов на рост *staphylococcus aureus* и *pseudomonas aeruginosa* при воздействии постоянного электрического тока // Н. М. Ключин, З. С. Науменко, Н. В. Годовых, Л. В. Розова, А. В. Злобин, И. В. Бычков, А. А. Федий, И. С. Зотов, Д. А. Калганов // Медицинская физика / Вестник Челябинского государственного университета. 2012. № 31 (285). Физика. Вып. 15. С. 26–31.
5. Kostak V. Bacterial considerations in microwave foods // Food Engineering. June 1990.
6. Лазаренко Б.Р., Роцин В.П., Абрамова Р.В., Яворская Р.И. Влияние электрических воздействий на микроорганизмы // Электронная обработка материалов. 1968. № 5. С. 79–84.
7. Протокол экспериментальных исследований влияния метода электроимпульсного на замедление микробиологических процессов в продуктах питания на жидких средах. СПб, ВАМТО, № 12, 2017. – 6 с.
8. Barbosa-Canovas G.V., Pierson M.D., Zhang Q.H., Schafner D.W. Pulsed electric fields // J. Food Sci., 2000, V.65 (supplement), P. 65–79.
9. Ade-Omowaye B.I.O., Andersbach A, Taiwo K.A. and Knorr D. Use of pulsed electric field pretreatment to improve dehydration characteristics of plant based foods // Trends in Food Science & Technology, 2001, v.12, p. 285–295.
10. Бекер М.Е., Лиепиньш Г.К., Райпулис Е.П. Биотехнология. – М.: Агропромиздат, 1990. – 334 с.
11. Биотехнология. Принципы и применение: Пер. с англ. / Под ред. И. Хиггинса, Д. Беста, Дж. Джонса. – М.: Мир, 1988. – 480 с.
12. Биотехнология микробных ферментов / Под ред. А.Г. Лобанка, Н.И. Астаповича, Р.В. Михайлова и др. – Минск: Наука и техника, 1989. – 204 с.
13. Голубев В.Н., Жиганов И.Н. Пищевая биотехнология. – М.: Делипринт, 2001. – 123 с.
14. Грачева И.М., Кривова А.Ю. Технология ферментных препаратов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 335 с.
15. Васильев Г.М., Васецкий В.А., Васильева Э.М., Ганжа В.Л. Электроимпульсная технология пастеризации молока // Энергоэффективность. 2001. №9. С.12–13.
16. Hasegawa Hideo, Takeda Koji, Matsuzoe Soichi, Ueki Yutaka, Tamura Toshiuki. Стерилизация с использованием пульсирующего высокого напряжения // San'yo denki giho= Sanyo Technical Rev. 2001. V. 32. № 2. P. 92–100.
17. Елисеева С.И. Сырье и материалы хлебопекарного производства. - М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1982. – 105 с.
18. Кислухина О., Кюдулас И. Биотехнологические основы переработки растительного сырья. – Каунас: Технология, 1997. – 183 с.
19. Промышленная биология и успехи генетической инженерии / Пер. с англ.; под ред. Г.К. Скрябина. – М.: Мир, 1984. – 176 с.
20. Сеницын А.П., Райнина Е.И., Лозинский В.И., Спасов С.Д. Имобилизованные клетки микроорганизмов. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 288 с.
21. Акт проведения экспериментальных исследований по электроимпульсному замедлению микробиологических процессов брожения в продуктах питания, СПб, ВАМТО, № 5. 2018.

Статья поступила в редакцию 06.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 62-91

**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДА АНАЛИЗА РАЗМЕРНОСТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЦЕССА
ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ЭМУЛЬСИЙ И СУСПЕНЗИЙ
В ВЫСОКОСКОРОСТНОМ РОТОРНОМ ДИСПЕРГАТОРЕ**

© 2018

Мурашкина Оксана Александровна, старший преподаватель кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: xeniam13@yandex.ru)

Сарафанкина Елена Александровна, старший преподаватель кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: satel-221@yandex.ru)

Авроров Валерий Александрович, доктор технических наук,
профессор кафедры «Пищевые производства»*Пензенский государственный технологический университет*

(440039, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: v_avrorov@bk.ru)

Аннотация: Для используемых в пищевой промышленности технологий характерно большое разнообразие различных способов воздействия на обрабатываемые материалы со стороны рабочих органов машин и аппаратов. Значительные объемы в молочной, кондитерской и других отраслях пищевой промышленности занимает обработка жидких и пастообразных вязких продуктов. Для улучшения качественных показателей этих продуктов используются механические, тепловые, электромагнитные, ультразвуковые способы воздействия. Из механических способов обработки жидких сред наибольшее распространение получила гомогенизация, а также центробежное, форсуночное или пневмораспыление. От воздействия механических или гидродинамических факторов происходит измельчение частиц дисперсной фазы на более мелкие составляющие, что влечет изменение свойств выходящего продукта, в результате чего изменяется степень его дисперсности, структура и реологические свойства, такие как плотность, вязкость и др. Одним из перспективных способов обработки жидких сред является способ роторного диспергирования генерирующий переменные гидродинамические воздействия на обрабатываемый материал. В ПензГТУ проведены исследования обработки жидких сред с различной вязкостью на основе разработанного высокоскоростного роторного диспергатора. В данной статье рассмотрены условия движения жидкой среды в отверстиях ротора и статора диспергатора на основе использования метода анализа размерностей для оценки факторов влияния, в результате которого получено критериальное уравнение, описывающее процесс ультратонкого диспергирования эмульсий и суспензий, используемых в различных отраслях промышленности. Приведено описание конструктивной схемы высокоскоростного роторного диспергатора.

Ключевые слова: высокоскоростной диспергатор, ротор, статор, диспергируемая жидкая среда, метод анализа размерностей, критериальное уравнение.

**THE USE OF THE METHOD OF DIMENSIONAL ANALYSIS FOR PROCESS EVALUATION
OF DISPERSION OF EMULSIONS AND SUSPENSIONS IN A HIGH-SPEED ROTARY DISPERSER**

© 2018

Murashkina Oxana Alecsandrovna, senior lecturer of the department of "Food production"
Penza State Technology University

(440039, Russia, Penza, Baidukova/Gagarina St., 1a/11, e-mail: xeniam13@yandex.ru)

Sarafankina Elena Alecsandrovna, senior lecturer of the department of "Food production"
Penza State Technology University

(440039, Russia, Penza, Baidukova/Gagarina St., 1a/11, e-mail: satel-221@yandex.ru)

Avrorov Valery Alecsandrovich, doctor of technical sciences,
professor of the department of "Food production"*Penza State Technology University*

(440039, Russia, Penza, Baidukova/Gagarina St., 1a/11, e-mail: v_avrorov@bk.ru)

Abstract. For used in the food industry technology is characterized by a large diversity of different ways of impact on the processed material from the working bodies of machines and devices. Significant amounts of dairy, bakery and other sectors of the food industry is the processing of liquid and viscous pasty products. To improve the quality of these products incorporate mechanical, thermal, electromagnetic and ultrasonic methods of influence. Of the mechanical methods of processing liquid media, the most widely homogenization and centrifugal nozzle or a paint spray. From exposure to mechanical or hydrodynamic factors, there is a grinding of the dispersion medium and the dispersed phase into smaller components, which leads to a change in to properties of the output product, with the result that changes the degree of dispersity, structure and rheological properties such as density, viscosity, etc.

One of the promising methods of processing liquid media is a method of rotary dispersion generating hydrodynamic variables of impact on the processed material. In Penza State Technology University investigated the processing of liquid media with different viscosity based on the high-speed rotary disperser. This article deals with the conditions of movement of the liquid medium in the holes of the rotor and stator of the dispersant on the basis of the method of dimensional analysis to assess factors of influence, in which the obtained criterion equation describing the process of ultra fine dispersion of emulsions and suspensions used in various industries. The description of the constructive scheme of the high-speed rotary disperser

Keywords: high-speed disperser, a rotor, a stator, a dispersed liquid medium, the method of dimensional analysis, criteria equation.

Введение. Применяемые в пищевой промышленности технологии характеризуются разнообразием способов воздействия рабочих органов машин и аппаратов на сырье, полуфабрикаты или готовую продукцию. Для каждого вида пищевой продукции используется своя совокупность способов обработки, содержащих ряд специфических технологических операций, составляющих единый процесс воздействия на обрабатываемый материал. Для воздействия на обрабатываемую среду используются механические, электромагнитные, ультразвуковые и другие поля [1-3].

При обработке сырья определяющими являются его реологические и текстурные свойства, непосредственно влияющие на характер воздействий рабочих органов машин, их конструктивно-технологические особенности и определяющие реакции на эти воздействия [4].

Например, чтобы улучшить показатели качества жидких и пастообразных пищевых продуктов, необходимо осуществить их дополнительную обработку на гомогенизаторе, пропуская продукт через узкие кольцевые щели под высоким давлением. От воздействия гидродинамических факторов происходит дробление частиц дисперсной фазы на более мелкие составляющие, что влечет изменение свойств выходящего продукта. Процесс гомогенизации способствует изменению дисперсности частиц продукта, его структуры и физико-механических свойств [5-10].

Гомогенизирующая головка, служащая диспергатором обрабатываемой среды, является основным рабочим органом гомогенизатора. Главными рабочими элементами гомогенизирующей головки являются седло и клапан. Между седлом и клапаном образуется клапанная щель, структура которой может быть гладкой или волнистой, с различным сечением - постоянным или переменным, что зависит от конструктивного исполнения.

Подача продукта осуществляется по давлению до 20 МПа. Под воздействием силы давления осуществляется поднятие клапана, между ним и седлом образуется щель, через которую происходит продавливание жидкого продукта. Изменения гидромеханических условий способствуют постоянному изменению положения клапана, за счет чего он находится в плавающем состоянии. В зависимости от создаваемого давления определяется

жесткость пружины, которая обеспечивает силовое замыкание клапана.

Степень гомогенизации зависит от величины давления, конструкции гомогенизирующей головки, равномерности подачи, состояния и качества предварительной обработки продукта.

Производительность плунжерного гомогенизатора

$$P = 0,25D^2S\omega z\eta_n, \quad (1)$$

где D, S – диаметр и ход плунжера соответственно, м; ω – угловая скорость вращения коленчатого вала, мин^{-1} ; z – число плунжеров; – кпд насоса.

При пропускании через гомогенизатор, например, молочных продуктов средний диаметр жировых шариков в диапазоне давления от двух до двадцати МПа может быть оценен следующей формулой

$$\bar{d} = \frac{3,8 \cdot 10^6}{\sqrt{p}}, \text{ м} \quad (2)$$

К недостаткам гомогенизатора, реализующего данный способ обработки, можно отнести сложность и значительную металлоемкость конструкции, необходимость для его работы высокого давления, трудоемкость настройки и повышенную точность изготовления элементов гомогенизирующей головки,

Для получения сухих смесей с минимальным расходом энергии в процессе высушивания, необходимо производить распыление жидкости на мельчайшие капли. В промышленности для диспергирования жидкостей применяются распылительные форсунки или распылители центробежного типа [7,11-13].

При использовании механической форсунки, подача жидкости происходит под давлением 0,3...20 МПа, которая проходит через отверстие небольшого диаметра, распыляясь на мельчайшие капли. Вращательное вихревое движение способствует увеличению эффекта распыления.

Механические форсунки не эффективны

при измельчении неньютоновых жидкостей, пастообразных продуктов и вязких эмульсий. Однако они могут обеспечить ультратонкое измельчение маловязких дисперсных систем, имея на выходе капли от 30 до 150 нм [7].

Расход жидкости при распылении в механических форсунках может быть определен по следующей эмпирической формуле

$$Q = kdp^n,$$

где $k = 30 \dots 50$

– коэффициент, учитывающий конструкцию форсунки; d – диаметр выходного отверстия форсунки, м; P – давление подаваемой жидкости, Па; n – показатель степени.

Пневматические форсунки работают с применением сжатого воздуха или пара. Расход воздуха в среднем составляет 0,3...0,6 м³ на 1 кг распыляемой жидкости.

Подача диспергируемой жидкости в центробежных распылителях осуществляется на быстровращающийся диск. Вид распыляемой жидкости определяет конструктивное исполнение дисков. Так, например, сплошные диски предназначаются для грубых суспензий, диски с канавками или лопатками – для однородных жидкостей и тонких суспензий. К факторам определяющим механизм образования капель относят: интенсивность потока жидкости, частота вращения диска и его конструктивные параметры. Стабильное однородное распыление наблюдается при минимальной окружной скорости диска 60 м/сек. Таким образом, использование распылительных дисков дает возможность для диспергирования ньютоновых и неньютоновых жидкостей, а также пастообразных вязких масс.

Назначение, область применения и устройство высокоскоростного роторного диспергатора

Для ультратонкого диспергирования жидких и пастообразных продуктов предложен способ и устройство, в котором диспергирование осуществляется за счет деления продукта на отдельные струйки при их прохождении через отверстия высокоскоростного ротора и статора [14]. При этом во вращающемся потоке жидкости возникают пульсирующие напряжения, приводящие при выходе струек жидкости из отверстий ротора и статора к их распаду на отдельные мельчайшие капли (рисунок 1).

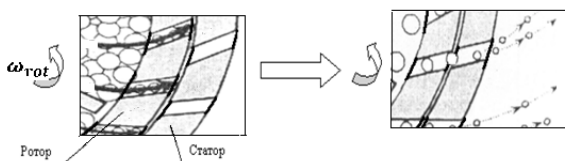


Рисунок 1 – Схема диспергирования жидких продуктов в роторном центробежном распылителе

Частота вращения ротора составляет 100 тыс. и более мин⁻¹. Осциллирующий режим движения струек жидкости по отверстиям ротора и статора диспергатора, как подчеркивается в ряде проведенных исследований, способствует интенсификации процесса диспергирования [15-20].

Основной задачей разработанного способа являлось повышение эффективности за счет обеспечения сверхвысокой степени диспергирования обрабатываемых эмульсий и суспензий.

Поставленная задача решалась тем, что в предложенном устройстве, содержащем корпус, в котором на валу установлен ротор с возможностью вращения, выполненный в виде диска, кромка диска отбортована с образованием чашеобразной полости, открытой к загрузочному патрубку, с цилиндрической кольцеобразной стенкой (обечайкой), по периметру которой в кольцевом ряду выполнены радиальные отверстия, в одной плоскости с которыми в корпусе (статоре) выполнены аналогичные радиальные отверстия для выхода продукта. На основании вращающегося ротора выполнен заодно с ним конус, по образующей которого прорезаны канавки, число и поперечное сечение которых равно числу и диаметру отверстий ротора, а высота вершины конуса совпадает с осевой линией радиальных отверстий диска.

Наличие канавок на конусной поверхности основания ротора, количество которых соответствует количеству его отверстий, позволяет целенаправленно дробить поток обрабатываемой жидкой среды при вращении ротора относительно статора и способствует получению на выходе из статора продукта с повышенной степенью дисперсности.

Диспергатор работает следующим образом. Подлежащую обработке эмульсию подают через загрузочный патрубок в полость ротора и включают привод для вращения ротора. Обрабатываемая среда предварительно направляется к канавкам конуса. По этим канавкам под действием центробежной силы вращающегося ротора жидкость устремляется к цилиндрической стенке и через отверстия ротора и отверстия статора выводится за его пределы. Преимущества предложенного устройства заключаются в его компактности, отсутствии приложения давления к обрабатываемой среде, простоте регулирования скорости вращения в зависимости от перерабатываемого вида продукта.

Область применения диспергатора: молочная, плодоовощная, фармацевтическая, химическая и другие отрасли промышленности. Так, обработка молочных продуктов при использовании данного устройства, на наш взгляд, может привести к измельчению шариков молочного жира до уровня микро или даже наночастиц, что должно благоприятно сказаться на реологических и

структурных свойствах продукта, например сливок, сметаны и др. и возможно повысить сохраняемость этих продуктов без добавления консервантов.

3D-модель высокоскоростного диспергатора приведена на рисунке 2.

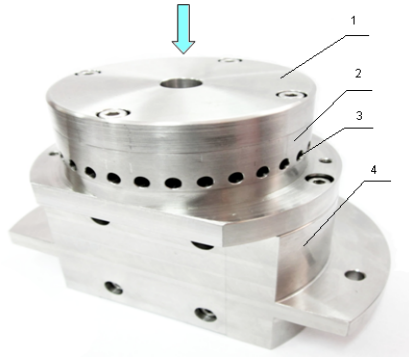


Рисунок 2 – 3D-модель высокоскоростного роторного диспергатора
 1 – фланец, 2 – статор, 3 – выходные отверстия статора, 4 – корпус

Анализ движения сплошной среды в диспергаторе и результаты исследований

Рассмотрим условия движения сплошной среды по отверстиям ротора и статора диспергатора. Очевидно, необходимый перепад давления Δp будет зависеть от скорости движения среды ω , ее вязкости μ , длины отверстий в роторе и статоре l , плотности продукта ρ , диаметра отверстий ротора и статора d , а также от ускорения силы тяжести g , т.е. является функцией

$$\Delta p = f(\omega, \mu, \rho, l, d, g), \quad (3)$$

Данную функцию, используя метод анализа размерностей [7], можно представить в виде критериального уравнения. Для этого запишем (3) в степенном виде и выпишем размерности величин.

$$\begin{aligned} \Delta p &= A\omega^m \mu^n \rho^k l^t d^s g^r, \\ [\Delta p] &= [Pa] = [H / m^2] = [kg / m \cdot c^2] = [ML^{-1}T^{-2}]; \\ [\omega] &= [m / c] = [LT^{-1}]; \\ [\mu] &= [Hc / m^2] = [kg \cdot m \cdot c / m^2 c^2] = [kg / m \cdot c] = [ML^{-1}T^{-1}]; \\ [\rho] &= [kg / m^3] = [ML^{-3}]; \\ [l] &= [m] = [L]; \\ [d] &= [m] = [L]; \\ [g] &= [m / c^2] = [LT^{-2}] \end{aligned} \quad (4)$$

размерность входит масса M , длина L , время T . Отсюда следует, что критериальное уравнение должно содержать 4 критерия.

Заменим в уравнении (4) соответствующие величины их размерностями

$$[\Delta p] = [\omega]^m [\mu]^n [\rho]^k [l]^t [d]^s [g]^r \quad (5)$$

или

$$ML^{-1}T^{-2} = (LT^{-1})^m (ML^{-1}T^{-1})^n (ML^{-3})^k (L)^t (L)^s (LT^{-2})^r$$

После преобразований получим значения

$$\begin{cases} m = 2 - 2r - n \\ k = 1 - n \\ s = r - n - t \end{cases}$$

Подставим эти значения в уравнение (5)
 $\Delta p = A\omega^{(2-2r-n)} \mu^n \rho^{(1-n)} l^t d^{(r-n-t)} g^r$

Объединяя отдельные величины по степеням, получим

$$\frac{\Delta p}{\rho \omega^2} = A \left(\frac{\omega \rho d}{\mu} \right)^{-n} \left(\frac{\omega^2}{dg} \right)^{-r} \left(\frac{l}{d} \right)^t, \quad (6)$$

или в обозначениях критериев

$$Eu = AR\vartheta^{-n} Fr^{-r} \Gamma_1^t, \quad (7)$$

где Eu – критерий Эйлера, характеризует соотношение между силами давления и силами инерции; Re – критерий Рейнольдса, характеризует отношение сил инерции к силам вязкости и определяет характер течения жидкости; Fr – критерий Фруда, определяет отношение сил инерции и сил тяжести. Γ_1 – критерий геометрического подобия. Коэффициент A и показатели степени n, r, t находятся экспериментальным путем.

Вывод. Полученное критериальное уравнение характеризует соотношения между возникающим давлением при вращении жидкости в роторе диспергатора и между силами инерции, тяжести и силами вязкостного трения и определяет характер ее течения в рабочей зоне диспергатора.

Критериальное уравнение может быть использовано для характеристики процесса высокоскоростного роторного диспергирования жидких сред.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Гринь В.Г., Хагуров А.Л., Подображных А.И., Чекмарева И.Б. Приготовление эмульсии в аппарате электромагнитного поля. Масложировая промышленность, 1986, № 2.
- Грузинов Е.В., Восканян О.С., Акопян В.Б. Ультразвуковой метод получения пищевых эмульсий. Тезисы докладов научной конференции МАЭН «Современные технологии и некоторые социально-экономические проблемы в АПК». – М: 1998, – 27 с.
- Андреев В.Н., Калашин Ю.А., Тимин В.М. Разработка экструзионного диспергирующего устройства для получения тонких водно-жировых эмульсий. Тезисы научной конференции МГЗИПП «Экономические проблемы пищевой промышленности и пути их решения». – М: 1998. – С. 61–62.
- Малкин А.Я., Исаев А.И. Реология: концепции, методы, приложения. – С.Пб: Профессия, 2007. – 560 с.

5. Курочкин А.А., Шабурова Г.В., Зимняков В.М., Воронина П.К. Оборудование перерабатывающих производств. – М: Инфра-М, 2015. – 363 с.

6. Вайткус В.В. Гомогенизация молока. – М: Пищевая промышленность, 1967. – 216 с.

7. Стабников В.Н., Баранцев В.И. Процессы и аппараты пищевых производств. – М: Агропромиздат, 1985. – 509 с.

8. Курочкин А.А., Ляшенко В.В. Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства. – М: КолосС, 2001. – 440 с.

9. Фролов В.Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии». – СПб: Химиздат, 2003. – 608 с.

10. Карпов В.В. Современное состояние вопроса гомогенизации эмульсий ПФУ // Тезисы доклада в сборнике НПК «Актуальные вопросы разработки и применения эмульсий перфторуглеродов». – Пущино, НИБИ АН СССР, 1990. – С.35.

11. Усупкожоева А.А. Применение пневмоцентробежного способа распыления для получения сухого молока 25 % жирности. Вестник БГСХА, 2016. т.45. № 4. – С. 101–108.

12. Усупкожоева А. А., Кочнева С.В. Устройство для распыления растворов и суспензий. Патент КР 705. – Бишкек: Кыргызпатент, 2014.

13. Усупкожоева А.А., Элеманова Р.Ш. Изменение дисперсности распыла обезжиренного кобыльего молока в зависимости от применяемого способа пневмоцентробежного распыления // Научно-теоретический журнал «Технология пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания». – Воронеж: ВГТУ. №6 (20), 2017. – С. 46–52.

14. Авроров В.А., Авроров Г.В. Центрифуга. Патент РФ № 2422213, В04В5/12. 2009.

15. Промтов МА. Интенсификация химико-технологических процессов в импульсных потоках гетерогенных жидкостей. Автореферат дисс. д.т.н. – Тамбов: ТГУ, 2001. – 32 с.

16. Зимин А.И. Прикладная механика прерывистых течений. – М: Фолиант, 1997. – 308 с.

17. Зимин А.И. О бифуркационных явлениях в нестационарных гидромеханических процессах // Теорет. основы хим. технол. –1997, Т.31, №3. – С. 238–242.

18. Зимин А.И. Бифуркации и аномалии в теории и практике гидромеханического диспергатора // Уголь. –1997, №2. – С. 29–30.

19. Диспергирование при помощи высокопроизводительных установок по системе «ротор-статор» фирмы «ЕРСО GmbH». Техническая информация «ЕРСО GmbH», 1981.

20. Орешина М.Н. Импульсное диспергирование многокомпонентных пищевых систем и его аппаратная реализация. Автореферат дисс. д.т.н.– М: 2010. – 50 с.

Статья поступила в редакцию 11.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 604

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ КРАСИТЕЛЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

© 2018

Айлярова Мадина Камболоватна, старший преподаватель кафедры
«Биологическая и химическая технология»

Горский Государственный аграрный университет

(362040, Россия, г. Горск, улица Кирова, 37, e-mail: grevzovasvetlana@yandex.ru)

Рехвишвили Этери Илларионовна, доктор биологических наук, профессор,
профессор кафедры «Стандартизация и сертификация»

Горский Государственный аграрный университет

(362040, Россия, г. Горск, улица Кирова, 37, e-mail: grevzovasvetlana@yandex.ru)

Кабулова Марина Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент,
доцент кафедры «Стандартизация и сертификация»

Горский Государственный аграрный университет

(362040, Россия, г. Горск, улица Кирова, 37, e-mail: grevzovasvetlana@yandex.ru)

Гревцова Светлана Алексеевна, кандидат биологических наук, доцент,
доцент кафедры «Биологическая и химическая технология»

Горский Государственный аграрный университет

(362040, Россия, г. Горск, улица Кирова, 37, e-mail: grevzovasvetlana@yandex.ru)

Аннотация. Цвет пищевых продуктов вместе с вкусовыми и ароматическими свойствами является одним из важнейших органолептических показателей, которые определяют их потребительские качества. Поэтому для придания той или иной цветовой характеристики продуктам питания издавна пользовались природными растительными пигментами, представленными антоцианами, флавоноидами, каротиноидами, хлорофиллами и др. Дефицит красителей природного происхождения и развитие органической химии обусловили развитие синтеза искусственных красящих веществ, применение которых вследствие их высокой красящей способности и сравнительно низкой стоимости почти приостановило исследования по получению и использованию натуральных пигментов. В настоящее время Госкомсанэпиднадзор РФ разрешил к применению в отечественной пищевой промышленности большое количество синтетических пищевых красителей. Однако, такие добавки, используемые в нашей стране и зарубежом, скоро могут быть ограничены в применении, так как в токсикологическом отношении они небезупречны. В связи с этим, важное значение приобретают натуральные красители. Наиболее перспективным растением с точки зрения получения красителя жёлтого цвета является календула лекарственная (*Calendula officinalis* L.). Соцветия календулы лекарственной содержат: каротиноиды 2,8%, органические кислоты 7,8%, дубильные вещества 0,02%, эфирные масла 0,03%, слизи 4%, аскорбиновая кислота 4,2%. Химический состав цветков календулы, позволяет использовать их для получения красителя. Разработан способ извлечения красящих веществ из соцветий календулы путем мацерации измельченного сырья.

Ключевые слова: соцветия календулы лекарственной, каротиноидный краситель, экстрагирование, технология производства, экстрагент, оптическая плотность, калориметрирование, мацерация измельченного сырья, бисмацерация.

BIOTECHNOLOGICAL ASPECTS OF PRODUCTION OF THE DYE OF NATURAL ORIGIN

© 2018

Ailarova Madina Cambeltowna, senior lecturer of the Department of biological and chemical technology
Gorsky State Agrarian University

(Z62040, RSO-Alania, Vladikavkaz, Kirov St., 37, e-mail: m.ailarova@yandex.ru)

Rekhviashvili Eteri Illarionovna, Doctor of biological sciences, Professor,
head of the Department of standardization of certification

Gorsky State Agrarian University

(Z62040, RSO-Alania, Vladikavkaz, Kirov St., 37, e-mail: rehviashvili.eteri@yandex.ru)

Kabulova Marina Yuryevna, candidate of biological sciences,
associate Professor of the Department of standardization of certification

Gorsky State Agrarian University

(Z62040, RSO-Alania, Vladikavkaz, Kirov St., 37, e-mail: kabulowa marina @yandex.ru)

Grevtsova Svetlana Alexeevna, candidate of biological sciences,
associate Professor of the Department of biological and chemical technology

Gorsky State Agrarian University

(Z62040, RSO-Alania, Vladikavkaz, Kirov St., 37, e-mail: grevzovasvetlana@yandex.ru)

Abstract. Color of foodstuff together with flavoring and aromatic properties is one of the major organoleptic

indicators which define their consumer qualities. Therefore for giving of this or that color characteristic to food long since used the natural vegetable pigments presented by antotsiana, flavonoids, carotinoids, a chlorophyll, etc. The deficiency of dyes of natural origin and development of organic chemistry have caused development of synthesis of artificial dyes which use owing to their high painting ability and rather low cost has almost suspended researches on receiving and use of natural pigments. Now the State Committee on Sanitary and Epidemiology Surveillance of the Russian Federation has allowed for use in the domestic food industry a large amount of synthetic food colorings. However, such additives used in our country and foreign, can be limited soon in application as in the toxicological relation they aren't irreproachable. In this regard, particularly important natural dyes become. The most perspective plant from the point of view of receiving dye of yellow color is the calendula medicinal (*Calendula officinalis* L). Inflorescences of a calendula medicinal contain: carotinoids of 2,8%, organic acids of 7,8%, tannins of 0,02%, essential oils of 0,03%, slime of 4%, ascorbic acid of 4,2%. The chemical composition of flowers of a calendula, allows to use them for receiving dye. The way of extraction of dyes from calendula inflorescences by maceration of the crushed raw materials is developed.

Keywords: inflorescences of a calendula medicinal, karotinoidny dye, extraction, the production technology, экстрагент, the optical density, a calorimetrirovaniye, maceration of the crushed raw materials, a bismatseration.

Введение. Среди веществ, специально добавляемых к пищевым продуктам, особое место занимают красители. Давно ведутся дискуссии о необходимости и целесообразности их применения. С точки зрения гигиены питания лучше было бы отказаться от пищевых красителей. В процессе производства пищевых продуктов меняется их природная окраска, в результате чего они приобретают непривлекательный или даже неэстетичный внешний вид. Такие изменения снижают органолептические свойства пищевых продуктов. Потребители требуют, чтобы продукты питания имели привычную окраску. В настоящее время, по понятным причинам производители не имеют возможность использовать в производстве пищевых продуктов только естественные красители. В связи с этим используются синтетические органические красители [1-8].

Известно, что природные красящие вещества способны в связи со своей физиологической активностью обладать лечебно-профилактическими свойствами, которые доказаны многочисленными экспериментальными исследованиями [9-14].

Наиболее распространенным источником естественных красителей является растительное сырье, в том числе плоды, овощи и ягоды [15-17].

Проблема изыскания, подбора и организации производства натуральных пищевых красителей для окрашивания разнообразных пищевых продуктов сейчас весьма актуальна.

По сведениям некоторых авторов, для этой цели с успехом можно использовать календулу лекарственную [17-20].

В состав цветков календулы входит растительный пигмент, который относится к группе каротиноидных красителей, дающих желтый или оранжевый цвет и обладающих А – провитаминными свойствами. Помимо этого в состав соцветий входят эфирные масла (0,03%). Своеобразный запах цветков календулы обусловлен наличием эфирных масел и смол [17-20].

Целью данной работы явилось получение красителя из календулы лекарственной. В ходе

исследований были собраны соцветия календулы. Распустившиеся соцветия собирали вручную в фазу бутонизации, соцветия срывались у самого основания. Собранные цветки сушили в естественных условиях: в тени под навесом, расстилая тонким рыхлым слоем и периодически переворачивая. Окончание сушки определяли по легкой распадемости корзинок.

Изложение основного материала исследования. Краситель из соцветий календулы лекарственной получали путем мацерации измельченного сырья. В качестве экстрагента использовали рафинированное подсолнечное мало.

Нами предложено два варианта извлечения красящих веществ:

1 вариант – 100 гр. сухих измельченных соцветий календулы помещаем в сосуд и заливаем экстрагентом – 150 мл. Сосуд закрывали, ставили в темное место при комнатной температуре. Настаивали четырнадцать дней при периодическом перемешивании.

2 вариант – 100 гр. сухих измельченных соцветий календулы помещаем в сосуд и заливаем экстрагентом – 150 мл. Сосуд закрывали и ставили на водяную баню при температуре 50⁰С, на 40 минут, а затем помешали в темное место при комнатной температуре на четырнадцать дней.

В течение четырнадцати дней наблюдали за накоплением красящих веществ. Метод определения красящих веществ в желтых красителях основан на колориметрировании испытуемого раствора и определении количества желтого пигмента по предварительно построенной калибровочной кривой. Кривую строят по стандартному водному раствору бихромата калия ($K_2Cr_2O_7$), содержащему 360 мл этой соли в 1000 мл 1мл стандартного раствора $K_2Cr_2O_7$ соответствует 2,08 мкг каротина.

В таблице 1 представлены средние данные определения оптической плотности разведенных водой стандартных растворов.

При помощи фотоэлектроколориметра определяем оптическую плотность экстрагента: $E_{p,н.м} = 0,035$

Таблица 1 – Оптическая плотность растворов бихромата калия

Разведение стандартного раствора (в числителе стандартный раствор, в знаменателе – вода, мл)	Количество $K_2Cr_2O_7$, в 1 мл раствора, мкг	Количество каротина, соответствующее 1 мл раствора $K_2Cr_2O_7$, мкг	Оптическая плотность раствора
50/0	360	2,08	0,389
45/5	324	1,87	0,293
40/10	288	1,66	0,276
35/15	252	1,46	0,215
30/20	216	1,25	0,201
25/25	180	1,04	0,155
20/30	144	0,83	0,148
15/35	108	0,62	0,097
10/40	72	0,42	0,065
5/45	36	0,21	0,032

Таблица 2 – Оптическая плотность масляного экстракта: вариант 1

Время	12 ч	1 день	3 день	5 день	7 день	9 день	11 день	13 день	14 день
Показатели оптической плотности	0,073	0,122	0,215	0,301	0,393	0,486	0,488	0,488	0,488

На 14 день масляный экстракт поставили на водяную баню при $t=50^{\circ}C$, на 20 минут. Затем экстракт охладили и определили его оптическую плотность: $E=0,686$.

Из результатов таблицы 2 видно, что процесс накопления красящих веществ, происходит постепенно. Для ускорения процесса экстрагирования, смесь растительного материала и экстрагента подвергали перемешиванию. На основании данных построили график зависимости оптической плотности экстракта соцветий календулы от времени экстрагирования (рисунок 1).

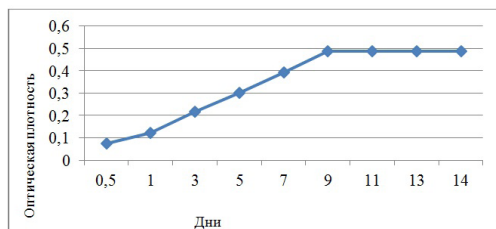


Рисунок 1 – График зависимости оптической плотности экстракта соцветий календулы от времени экстрагирования

Таблица 3 – Оптическая плотность масляного экстракта

Время	1 день	3 день	5 день	7 день	9 день	11 день	13 день	14 день
Показатели оптической плотности	0,452	0,516	0,709	0,709	0,709	0,709	0,709	0,709

Таблица 4 – Количество израсходованного сырья и выход экстракта

Наименование	Ед. измерения	Количество
Сырье:		
Измельченные соцветия календулы	г	100
Экстрагент (рафинированное подсолнечное масло)	мл	150
Экстракт	мл	140

На основании данных таблицы 3, был построен график зависимости оптической плотностью экстракта соцветий календулы от времени экстрагиро-

2 вариант. Оптическая плотность экстрагента: $E_{р.п.м.} = 0,035$. После 40 минутной выдержки на водяной бане при температуре $50^{\circ}C$, раствор был охлажден. Оптическая плотность его была равна 0,376. На пятый день сосуд вновь поместили на водяную баню при температуре $50^{\circ}C$ в течение 15 минут, затем полученный экстракт охладили и измерили оптическую плотность.

За изменением оптической плотности экстракта наблюдали в течение 14 дней (таблица 3).

Анализ таблицы 3 показал, что температура является одним из факторов влияющих на процесс экстрагирования. С повышением температуры скорость перехода веществ из растительного материала в экстрагент увеличивается. Так после 40 минутной выдержки на водяной бане при температуре $50^{\circ}C$, в экстрагент в единицу времени перешло большее количество экстрагируемых веществ ($E=0,376$), чем на третий день ($E=0,516$). На пятый день оптическая плотность была равна 0,709 (при повышении температуры).

На 7,9,11,13 и 14 дни изменений оптической плотности не происходило, что свидетельствует об окончании экстрагирования.

вания, с учетом температурного фактора (рисунок 2).

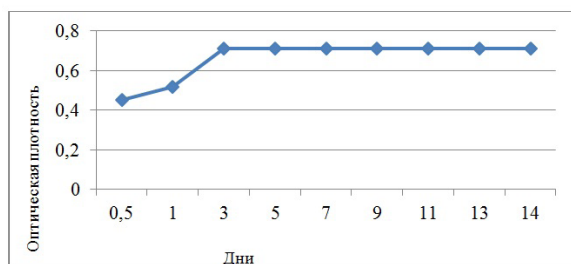


Рисунок 2 – График зависимости оптической плотности экстракта соцветий календулы от времени экстрагирования, с учетом температурного фактора

После бисмецерации нами был рассчитан выход экстракта, исходя из общего количества сырья и экстрагента. Результаты приведены в таблице 4.

Из анализа данных таблицы следует, что выход экстракта из 100 гр. измельченных соцветий календулы лекарственной составляет 140 мл при расходе экстракта 150 мл.

Выводы. В ходе исследований выявлено, что температура является одним из факторов, влияющих на процесс экстрагирования. С повышением температуры скорость перехода красящих веществ из растительного материала в экстрагент увеличивается. По этому способу получили масляной экстракт красящих веществ из лепестков календулы желтого цвета. Выход красителя из сухих соцветий календулы составил 90%.

Полученный краситель использовали для подкрашивания сыра, маргарина, мороженого, хлеба, йогурта, домашней лапши. Вкусовые качества у сыра, маргарина и домашней лапши практически не изменились. Использование каротиноидного красителя для окрашивания продуктов питания позволяет не только улучшить внешний вид, но и повысить пищевую и биологическую ценность продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Донченко Л.В. Безопасность пищевой продукции / Л.В. Донченко, В.Д. Надькта. – М., 2001. – С. 525.
2. Настойки, экстракты, эликсиры и их стандартизация / Под ред. проф. В. Л. Багировой, проф. В. А. Северцева. – СПб.: СпецЛит, 2001. – 223 с.
3. Харламова, О.А. Натуральные пищевые красители / Б.В. Кафка, О.А. Харламова. – М., 1979. – С. 188.
4. Касумов М.А. Пищевые красители из растительного сырья / М.А. Касумов, В.Р. Мусаев, В.А.Амиров // Пищ. пром-сть. – 1990. – № 6. – С. 48–49.
5. Болотов В.М. Пищевые красители: классификация, свойства, анализ, применение / В.М. Болотов, А.П. Нечаев, Л.А. Сарафанова. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2007.
6. Смирнов Е.В. Пищевые красители.

Справочник / Е.В. Смирнов. – М.:СПб.: Издательство «Профессия», 2009. – 352 с.

7. Поздняковский В.М. Гигиенические основы питания и экспертизы продовольственных товаров / В.М. Поздняковский. – Новосибирск: Издательство Новосибирского университета, 1996. – 431 с.

8. Смирнов Е.В. Пищевые ароматизаторы и красители / Е.В. Смирнов, Г.К. Викторова, Н.М. Метелкина и др. // Пищевая промышленность. – 1996. – № 6. – С. 8.

9. Гольшенков, П. П. Лекарственные растения и их использование / Под общ. ред. проф. Г. С. Назарова. – 4-е изд. – Саранск: Мордов. кн. изд-во, 1982. – 312 с.

10. Лекарственные растения: Справ. пособие / Н. И. Гринкевич [и др.]. – М.: «Высшая школа», 1991. – 398 с.

11. Замятина Н.Г. Азбука лекарственных растений / Н.Г. Замятина. – М., 2005. – С.384.

12. Кортиков В.Н. Справочник лекарственных растений / В.Н. Кортиков, А.В. Кортиков. – Ростов н/Д: Издат. Дом. «Проф.-пресс», 2002. – 800 с.

13. Носов А. Лекарственные растения / А. Носов. – М., 2001. – С. 350.

14. Могильницкий А.В. Лекарственные растения и их применение. – Владивосток: МП Экслибрис, 1992. – 240 с.

15. Климантова Е.В. Использование каротиноидов в качестве красителей // Пищевая пром-сть (Москва). – 1996. – № 6. – С. 28–29.

16. Орещенко А.В. О пищевых добавках и продуктах питания / А.В. Орещенко, А.Ф. Берестень // Пищевая промышленность. – 1996. – № 6. – С. 4.

17. Махлаюк В.П. Лекарственные растения в народной медицине. – М.: Нива России, 1992. – 474 с.

18. Исмагилов Р.Р. Календула / Р.Р. Исмагилов, Д.А. Костылев.– Уфа, 2000. – С.102.

19. Задорожный А.М. Справочник по лекарственным растениям / А.М. Задорожный А.Г. Кошкин., С.Я. Соколов. – М.: Лесная пром-сть, 1988. С. 40–43.

20. Рехвиашвили Э.И. Биотехнологические аспекты производства хлеба с добавлением порошка календулы лекарственной (*Calendula officinalis*) / Э.И. Рехвиашвили, М.Ю. Кабулова С.А. Гревцова, М.К. Айлярова // Аграрный вестник Урала. (Уральский аграрный университет). Научно-теоретический журнал. – 2014. – № 1(119).

Статья поступила в редакцию 30.08.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 664.25

СВОЙСТВА КУКУРУЗНЫХ КРАХМАЛОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ МУЛЬТИФЕРМЕНТНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ АМИЛОСУБТИЛИНОМ И BACILLUS LICHENIFORMIS

© 2018

Никитина Елена Владимировна, кандидат биологических наук,
доцент кафедры «Технология мясных и молочных производств»

*Казанский национальный исследовательский технологический университет
(420015, Россия, г. Казань, ул. Толстого, 8/31, e-mail: ev-nikitina@inbox.ru)*

Юртаева Татьяна Александровна, магистрант

*Казанский национальный исследовательский технологический университет
(420015, Россия, г. Казань, ул. Толстого, 8/31, e-mail: tanya.yurtaeva.95@mail.ru)*

Гамула Ольга Олеговна, магистрант

*Казанский национальный исследовательский технологический университет
(420015, Россия, г. Казань, ул. Толстого, 8/31, e-mail: olik-2345@yandex.ru)*

Аннотация. Установлено, что кукурузные крахмалы, модифицированные мультферментными препаратами амилоусубтилином и *Bacillus licheniformis*, по сравнению с нативным имеют более высокие показатели содержания амилозы, редуцирующих сахаров, белка, титруемой кислотности, температуры желатинизации, водосорбирующей активности и растворимости. По результатам исследования показана перспективность дальнейших исследований этих видов крахмалов технологии пищевых продуктов, в том числе как частичного жирозаменителя и корректора сенсорных показателей пищевых продуктов.

Ключевые слова: кукурузный крахмал, ферментная модификация, амилоусубтилин, *Bacillus licheniformis*, химико-технологические свойства

PROPERTIES OF CORN STARCH, MODIFIED BY AMULOSUBTILIN MULTIPUREMENTS AND BACILLUS LICHENIFORMIS

© 2018

Nikitina Elena Vladimirovna, Candidate of biological sciences, assistant professor
at the Department of Technology of meat and milk products

*Kazan National Research Technological University
(420015, Russia, Kazan, Tolstoy St., 8/31, e-mail: ev-nikitina@inbox.ru)*

Yurtaeva Tatyana Alexandrovna, undergraduate

*Kazan National Research Technological University
(420015, Russia, Kazan, Tolstoy St., 8/31, e-mail: tanya.yurtaeva.95@mail.ru)*

Gamula Olga Olegovna, undergraduate

*Kazan National Research Technological University
(420015, Russia, Kazan, Tolstoy St., 8/31, e-mail: olik-2345@yandex.ru)*

Abstract. It was stated that corn starches modified with multienzymatic amylosubtilin and amylase *Bacillus licheniformis*, in comparison with native ones, modifying corn starches have higher levels of amylose content, reducing sugars, protein, titrated acidity, gelatinization temperature, water-absorbing activity and solubility. According to the results of the research, the prospects of further studies of these types of starches of food technology are shown, including as a partial fat mimetic and a corrector of sensory indices of food products.

Keywords: corn starch, enzyme modification, amylosubtilin, *Bacillus licheniformis*, chemico-technological properties.

Введение. Крахмал является самым распространенным углеводным запасом в растениях и используется ими как источник углерода и энергии. Он состоит из двух полисахаридов, амилозы и амилопектина. Физические свойства крахмала зависят от соотношения этих полисахаридов [1].

Нативные крахмалы используются в пищевой промышленности ограниченно, поскольку способны к жидкой консистенции, слабым связям и эластичности при нагревании и образуют неподходящие гели при охлаждении [2].

Модифицированный крахмал представляет собой пищевую добавку, которую получают путем обработки крахмальных гранул, в результате чего

крахмал частично распадается [3]. Такие крахмалы используются в пищевой промышленности в качестве компонентов, улучшающих текстуру [4], как заменители жира и для повышения питательной ценности [5].

Методы модификации крахмала разделяют на физические, химические и ферментативные. В настоящее время в пищевой промышленности отдается предпочтение ферментной модификации, поскольку это более безопасная модификация для окружающей среды и потребителей, производящая меньшее количество побочных продуктов [6]. Данная модификация представляет собой гидролиз части крахмала с использованием амилолитических

ферментов в низкомолекулярный крахмал, иногда до мальтодекстрина или декстрина [7]. Амилазы могут иметь происхождение животное или микробное [8]. Однако ферменты из грибковых и бактериальных источников являются доминирующими для применения в промышленности [9] из-за своей дешевизны и доступности. Микробную α -амилазу в основном получают из *Bacillus licheniformis*, *Bacillus stearothermophilus* и *Bacillus amyloliquefaciens* [10]. Одним из необходимых свойств для использования в промышленности является термостойкость ферментов, в настоящее время изучаются термостабильные амилолитические ферменты [11]. Известно, что из таких бактериальных штаммов как *Bacillus subtilis*, *Bacillus stearothermophilus*, *Bacillus licheniformis* и *Bacillus amyloliquefaciens* можно выделить термостабильную α -амилазу [12].

На сегодняшний день известно, что восприимчивость крахмала к действию амилазы зависит от его свойств, например, от степени желатинизации, размеров гранул, степени набухания. Специфичность используемой амилазы (животной или микробной), также влияет на характер и особенности воздействия на определенный полисахарид [8]. Кроме того, амилазы проявляют наибольшую активность в солюбилизованных крахмалах [13]. Также известно, что амилолитический гидролиз нативных гранул крахмала определяется удельной поверхностью гранул, а не массовой концентрацией [13].

Кукурузный крахмал широко используется в качестве загустителя, гелеобразователя, наполнителя и удерживающего воду агента [14]. При использовании модифицированного кукурузного крахмала улучшаются свойства геля, вязкость и температурная стабильность, уменьшается ретроградация и улучшается стабильность хранения продуктов при нескольких циклах замораживания и оттаивания, улучшается вкус [15].

Целью данной работы является получение ферментно-модифицированных кукурузных крахмалов с помощью бактериальных мультиферментных препаратов при ранжировании концентрации, и анализ физико-химических свойств полученных кукурузных крахмалов.

Материалы и методы исследований. Используемые крахмалы. В качестве объекта исследования выступали кукурузные крахмалы: нативный (ГОСТ Р52791-2007) и ферментно модифицированные крахмалы, полученные под действием разной концентрации амилолитических препаратов амилоусубтилина (А) и *Bacillus licheniformis* (В).

Модификация крахмалов. Для модификации использовали промышленный амилоусубтилин, а также экспериментальный термостабильный ферментный препарат в виде свежей культуральной

жидкости *Bacillus licheniformis* (α -амилазная активность при 40 °С 250 U/мл). Механизм действия α -амилазы: гидролизует внутренние α -1,4-гликозидные связи крахмала, в среде накапливается глюкоза, в меньшей степени мальтоза и декстрины. Механизм действия β -амилазы: гидролизует внешние 1,4-гликозидные связи крахмала, в среде накапливается мальтоза, в меньшей степени глюкоза и декстрины.

Препарат амилоусубтилина получают путем высушивания культуральной жидкости после глубинного выращивания культуры *Bacillus subtilis*. Представляет собой однородный гигроскопичный порошок светло-бежевого или светло-серого цвета, растворимый в воде. Амилоусубтилин Г3Х состоит из следующих ферментов: α -амилаза от 1000 до 1600 U/г, глюкоамилаза – до 100 U/г, β -глюкоаназа – до 500 ед/г, целлюлаза – до 30 ед/г, ксиланаза – до 10 ед/г, нейтральная протеаза – до 20 ед/г. Амилолитическая активность – 1000 ед/г. Оптимальные условия действия: pH=4,5-7,0, температура 30-50 °С. Конечными продуктами действия амилоусубтилина Г3Х на крахмал являются декстрины различной молекулярной массы и олигосахариды, результатом действия глюкоамилаз и глюконаз является появление в среде глюкозы. Препарат амилазы *Bacillus licheniformis* получали на селективной среде на кафедре биохимии Казанского федерального университета (КФУ). Среда, оптимизированная для синтеза α -амилазы: кукурузная мука – 8%; пшеничная мука – 8 %; кормовые дрожжи – 3 %; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,2 %; $CaCO_3$ – 0,25 %. pH среды до стерилизации устанавливали 8,0 – 8,2. Процесса культивирования штамма осуществляли в колбах объемом 750 мл с 30 мл ферментационной среды на качалке (240 об/мин) при 37 – 43 °С в течение 48 – 144 ч. Препараты получали, отделяя биомассу клеток продуцента от культуральной жидкости центрифугированием 8000 об/мин в течение 10 мин. После чего проводили определение амилазной активности.

В опытную пробирку к 0,5 мл фермента (культуральной жидкости) добавили 0,5 мл субстрата (1% растворимого крахмала в ацетатном буфере), инкубировали в течение 30 минут при 50 °С. Затем добавили 450 мкл 3,5-динитросалициловой кислоты (DNSA) (стоп раствора). Стоп раствор готовили в количестве 0,5 г. DNSA растворили в 30 мл H_2O при 50 °С с добавлением 5 мл Na, K раствора (8 г NaOH + 11,2 г KOH растворили в 50 мл H_2O) и 5 мл раствора (15 г Na, K виннокислый в 50 мл H_2O). Смесь инкубировали на кипящей бане в течение 5 минут при 100 °С, охлаждали в течение 5 минут при 0 °С. Добавили 4,5 мл dH_2O и измеряли при 540 нм, по отношению к контролю. Контроль готовили следующим образом: контрольные пробирки с 0,5 мл субстрата (1 % растворимого крахмала в ацетатном буфере) инкубировали в течение 30 минут при 50 °С. Добавили 450 мкл DNSA (стоп раствора). Затем добавили 0,5 мл фермента (культуральной

жидкости) и инкубировали на кипящей бане в течение 5 минут при 100 °С, охлаждали в течение 5 минут при 0 °С и добавили 4,5 мл dH₂O. Оценивали по калибровочной кривой редуцирующих сахаров (глюкозе).

Модификацию осуществляли в воде при pH=7 в течение 1 часа. Концентрация кукурузного крахмала в реакционной смеси 30 г/100 мл воды, реакцию проводили при 40 °С. Активность амилосубтилина и амилазы *Bacillus licheniformis* в реакционной смеси варьировали согласно таблице 1.

Таблица 1 – Концентрации используемых ферментов

Варианта опыта	Активность фермента по амилазе, U/г крахмала	Амилосубтилин, г/100 мл реакционной смеси	Полученный в результате ферментации крахмал	к. ж. <i>Bacillus licheniformis</i> , л /100 мл реакционной смеси	Полученный в результате ферментации крахмал
1 вар	8,3	0,01	A1	1	B1
2 вар	4,15	0,0201	A0.5	0,5	B0,5
3 вар	0,83	0,1005	A0.1	0,1	B0,1
4 вар	0,415	0,201	A0.05	0,5	B0,05

Реакцию гидролиза останавливали путем добавления концентрированной серной кислоты до pH=2. Затем крахмал отделяли от жидкости фильтрованием и высушивали при 40 °С. Полученные крахмалы применяли для исследований.

Определение содержания амилозы, вязкости крахмала и температуры желатинизации осуществляли в соответствии с методами, описанными Е.В. Никитиной и М.С. Цыгановым [16].

Определение декстрозного эквивалента осуществляли стандартным методом Лэйна-Эйна [17].

Определение титруемой кислотности осуществляли в соответствии с ГОСТ ISO 750-2013 [18].

Определение белка по Бредфорду осуществляли в соответствии с описанной автором методикой [19].

Определение водосорбирующей активности и индекса растворимости в воде осуществляли в соответствии с методикой, описанной Anderson, R. A [20].

Результаты исследований. Содержание амилозы в модифицированных амилосубтилином и *Bacillus*

licheniformis кукурузных крахмалах повышалось по сравнению с нативным, за исключением образца B1 (таблица 2). При этом наибольшее содержание амилозы выявлено у образцов А 0,05 и В 0,5.

Декстрозный эквивалент – отношение содержания редуцирующих веществ в продукте, выраженных в глюкозных единицах, к содержанию сухих веществ в нем [16]. Количество редуцирующих сахаров в модифицированных крахмалах повышалось по сравнению с нативным (таблица 3). При этом наибольшие значения выявлены у образцов А1 и В 0,5.

Количество белка после модификации крахмала амилосубтилином и *B.licheniformis* увеличилось по сравнению с нативным, за исключением образцов А 0,05, А 0,1 и В 0,1, содержание белка в которых уменьшилось (таблица 2).

Титруемой кислотностью называют количество свободных органических кислот и их кислых солей, содержащихся в исследуемом продукте [21]. Титруемая кислотность крахмалов после модификации амилосубтилином или ферментом *B.licheniformis* резко возросла по сравнению с нативным крахмалом.

Таблица 2 – Влияние ферментной обработки на химический состав и функционально-технологические свойства кукурузных крахмалов

Образец	Содержание амилозы, %	Содержание амилпектина, %	Декстрозный эквивалент, г глюкозы/100 г крахмала	Количество белка, мг/г	Титруемая кислотность	Температура желатинизации, °С
Нативный	23,83	76,17	1,31	0,2	3	75
A 0,05	40,17	59,83	4,15	0,17	16	76
A 0,1	28,66	71,34	3,56	0,16	13	77
A 0,5	38,8	61,19	4,3	0,21	8,5	77
A 1	31,77	68,27	4,67	0,21	5,5	76
B 0,05	29,83	70,17	3,46	0,28	7	77
B 0,1	40,3	59,7	3,73	0,15	8,5	76
B 0,5	45,63	54,37	4,42	0,25	8	76
B 1	23,72	76,28	3,79	0,27	10,5	74

Желатинизация происходит, когда вода диффундирует в гранулу, которая затем разбухает из-за гидратации аморфной фазы, вызывающей потерю кристалличности и разрушение молекулярной структуры [22]. Температура желатинизации крахмалов, обработанных амилосубтилином и *B.licheniformis* возросла по сравнению с температурой желатинизации нативного крахмала за исключением образца В 1 (таблица 2).

Водосорбирующая активность крахмалов после модификации амилосубтилином и *B.licheniformis*

возросла по сравнению с нативным крахмалом, за исключением образца А 0,1, который показал самое низкое значение (0,879 г воды/г крахмала) (рисунок 1 А).

Растворимость крахмалов после модификации амилосубтилином и *B.licheniformis* значительно увеличилась по сравнению с нативным (рисунок 1 Б). Растворимость нативного крахмала составляет 0,95 % по сравнению с максимальной растворимостью образца В 1, которая составила 17,15 %.

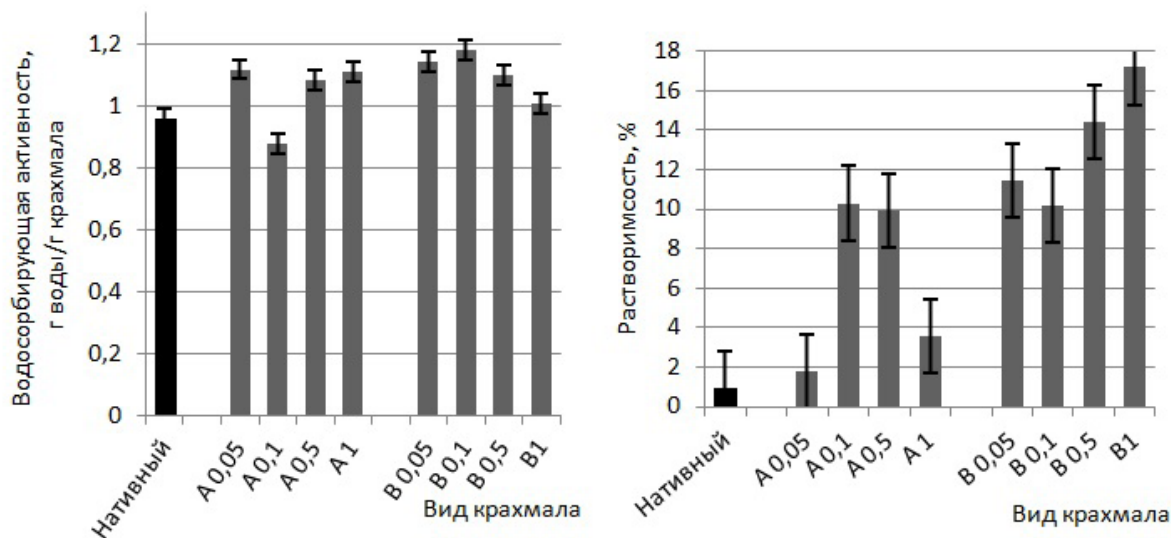


Рисунок 1 – Изменение водосорбирующей активности (А) и растворимости (Б) крахмалов после модификации амилосубтилином амилазой *B.licheniformis* в разных концентрациях

Обсуждение. Обработка кукурузного крахмала амилосубтилином увеличила количество амилозы, что привело к понижению вязкости, увеличению температуры желатинизации и увеличению количества редуцирующих сахаров. Увеличение количества амилозы также объясняет повышение значений водосорбирующей активности и растворимости исследуемых образцов.

Количество редуцирующих сахаров увеличилось, поскольку после модификации крахмальные гранулы были деградированы [23]. Следует предположить, что увеличение количества редуцирующих сахаров повлекло за собой увеличение значений титруемой кислотности.

Увеличение количества белка исследуемых образцов может быть объяснено его выделением из гранул крахмала при гидролизе. Содержание белка в модифицированных крахмалах в пересчете на сухое вещество не превышает 0,8 %, что соответствует требованиям ГОСТ [24].

Обработка кукурузного крахмала амилазой *B.licheniformis* повлекла за собой те же изменения, однако увеличение количества редуцирующих сахаров произошло в меньшей степени, чем при обработке амилосубтилином. Следует предположить, что это связано с различием механизмов

действия используемых ферментов. Кроме того, увеличение водосорбирующей активности и растворимости крахмалов показало большие значения, в сравнении с крахмалами, обработанными амилосубтилином. Это можно объяснить более высокой степенью набухания крахмалов, обработанных *B.licheniformis*.

Выводы. Кукурузные крахмалы, модифицированные мультферментными препаратами амилосубтилином и *Bacillus licheniformis*, по сравнению с нативным имеют более высокие показатели содержания амилозы, редуцирующих сахаров, белка, титруемой кислотности, температуры желатинизации, водосорбирующей активности и растворимости. Такое сочетание показателей может быть перспективно в технологии кисломолочных продуктов, для коррекции функционально-технологических и органолептических свойств обезжиренных напитков, а также в технологии мясных и рыбных рубленых изделий для выпуска изделий с пониженной жирностью. Таким образом, в дальнейшем может быть перспективным использование ферментно-модифицированных крахмалов как частичного жиразаменителя и корректора сенсорных показателей пищевых продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Couso I. Morphology of starch in surimi gels / I. Couso, C. Alvarez, M.T. Solas, C. Barba, M. Tejada // *Zeitschrift fur Lebensmittel – Untersuchung und – Forschung*. – 1998. – V.206, №.1. – P.38–43.
2. Adzahan N.M. Modification on wheat, sago and tapioca starches by irradiation and its effect on the physical properties of fish cracker (Keropok) / M.N. Adzahan // *Food Techno. Selangor, University of Putra Malaysia. Master of Science*. – 2002. – P.222–225.
3. Sweedman M. C. Structure and physicochemical properties of octenyl succinic anhydride modified starches: a review / M. C. Sweedman, M.J. Tizzotti, C. Schäfer // *Carbohydrate Polymers*. – 2013. – V.92, №.1. – P.905–920.
4. Abbas K. A. Modified Starches and Their Usages in Selected Food Products: A Review Study / K.A. Abbas, K.K. Khalil, A.M. Hussin // *Journal of Agricultural Science*. – 2010. – V. 2, №.2. – P.90–100.
5. Mun S. Development of reduced-fat mayonnaise using 4αGTase-modified rice starch and xanthan gum / S. Mun, Y.L. Kim, C.G. Kang, K.H. Park, J.Y. // *Shim Biological Macromolecules*. – 2009. – V.44, №.5. – P.400–407.
6. Le Q.T. Amylolytically-resistant tapioca starch modified by combined treatment of branching enzyme and maltogenic amylase / Q.T. Le, C.K. Lee, Y.W. Kim, S.J. Lee, R. Zhang, S.G. Withers, Y.R. Kim, J.H. Auh, K.H. Park // *Carbohydr. Polym.* – 2009. №.75. – P.9–14.
7. Miyazaki M. R. Recent advances in application of modified starches for breadmaking / M. R. Miyazaki, M. R. Hung, P. V. Maeda // *Trends in Food Science & Technology*. – 2006. №.17. – P.591–599.
8. Mukerjea R. Significant differences in the activities of α-amylases in the absence and presence of polyethylene glycol assayed on eight starches solubilized by two methods / R. Mukerjea, G. Slocum, J.F. Robyt // *Carbohydr. Res.* – 2006. №.341. – P.2049–2054.
9. Souza de P. M. Application of microbial α-amylase in industry – a review / P.M. de Souza, O. de P. de Magalhães // *Brazilian Journal of Microbiology*. – 2010. №.41. – P. 850–861.
10. Konsoula Z. Co-production of alpha-amylase and beta-galactosidase by *Bacillus subtilis* in complex organic substrates / Z. Konsoula, M. Liakopoulou-Kyriakides // *Bioresour Technol.* – 2007. №.98. – P.150–157.
11. Asgher M. A thermostable α-amylase from a moderately thermophilic *Bacillus subtilis* strain for starch processing / M. Asgher, M.J. Asad, S.U. Rahman, R.L. Legge // *J Food Process Eng.* – 2007. №.79. – P.950–955.
12. Prakash O. alpha-Amylase: An Ideal Representative of Thermostable Enzymes / O. Prakash, N. Jaiswal // *Appl Biochem Biotechnol.* – 2009. – P.157–174.
13. Kim, J.C. Amylolytic hydrolysis of native starch granules affected by granule surface area / J.C. Kim, B.W. Kong, M.J. Kim, S.H. Lee // *J Food Sci.* – 2008. V.73, №.9. – P.621–624.
14. Singh, N. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources / N. Singh, J. Singh, L. Kaur, N. S. Sodhi, B. S. Gill // *Food Chemistry*. – 2003. №.81. – P.219–231.
15. Wasserman B.P. Progress toward genetically modified starches / B.P. Wasserman, C. Harn, C. Mu-Forster, R. Huang // *Cereal Foods World*. – 1995. №.40. – P.810–817.
16. Никитина Е.В. Физико-химические свойства модифицированных амилозубтилином тапиоковых крахмалов / Е.В. Никитина, М.С. Цыганов // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2017. Т.20, №2. – С.156–158.
17. ГОСТ Р 50549-93 (ИСО 5377-81) Продукты гидролиза крахмала. Определение восстанавливающей способности и эквивалента глюкозы. Метод постоянного титра Лейна и Эйнера. – Введ. 1993-02-04. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 7 с.
18. ГОСТ ISO 750-2013 Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности. – Введ. 2015-07-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 8 с.
19. Bradford M. A. Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding / M. A. Bradford // *Anal. Biochem.* – 1976. V.72. – P.248–254.
20. Anderson R. A. Water absorption and solubility and amylograph characteristics of roll-cooked small grain products // *Cereal Chemistry*. – 1982. V.59. P.265–269.
21. Базарнова Ю.Г. Теоретические основы методов исследования пищевых продуктов: Учеб. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 136 с.
22. Morris V.J. Starch gelation and retrogradation / V.J. Morris // *Trends in Food Science and Technology*. – 1990. V.1, №.1. – P. 2–6.
23. Sasaki, M. Dissolution and hydrolysis of cellulose in subcritical and supercritical water / M. Sasaki, Z. Fang, Y. Fukushima, T. Adschiri, K. Arai // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. – 2000. V.39, №.8. – P.2883–2890.
24. ГОСТ 32159-2013 Крахмал кукурузный. Общие технические условия. – Введ. 2014-07-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 8 с.

Статья поступила в редакцию 31.08.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 664.644:664.68

**РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ В ТЕХНОЛОГИИ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ И МУЧНЫХ
КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

© 2018

Шешницан Ирина Николаевна, аспирант кафедры «Пищевые производства»*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: irina_sheshnican@mail.ru)***Шабурова Галина Васильевна**, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Пищевые производства»*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: Shaburovs@mail.ru)*

Аннотация. В статье приведен анализ теоретических и экспериментальных исследований отечественных и зарубежных ученых в области применения растительного сырья в технологии пищевых продуктов. Обоснована перспективность применения растительного сырья в разработке рецептур и технологий хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, являющихся наиболее распространенными пищевыми продуктами массового употребления населения Российской Федерации. Показано, что обогащение продуктов питания функциональными пищевыми ингредиентами растительного происхождения способно улучшить отдельные физиологические процессы в организме человека, сохранить и укрепить иммунную систему организма, адекватно реагировать на неблагоприятные факторы окружающей среды, снижать риск развития алиментарно-зависимых заболеваний. Рассмотрены основные физиологические и технологические свойства сырья растительного происхождения с точки зрения возможности их применения в рецептурах хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. Систематизированы и обобщены результаты научных экспериментов, дающие представление о возможных механизмах изменения органолептических, биохимических и физико-химических свойств полуфабрикатов и готовых изделий. На основе анализа информационных источников определена тенденция использования растительных видов сырья, влияющих на технологический потенциал ингредиентов рецептуры, и, следовательно, формирование качества хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.

Ключевые слова: растительное сырье; мука; органолептические, физико-химические, хлебопекарные свойства, качество, хлебобулочные изделия, мучные кондитерские изделия.

**VEGETATIVE RAW MATERIAL IN TECHNOLOGY
FUNCTIONAL BAKERY AND FAMILY
CONFECTIONERY PRODUCTS**

© 2018

Sheshnitsyn Irina Nikolaevna, postgraduate student of the department
«Food Production»*Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin Street, 1a/11, e-mail: irina_sheshnican@mail.ru)***Shaburova Galina Vasilievna**, candidate of technical sciences, associate Professor, associate Professor of the
department «Food Production»*Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin Street, 1a/11, e-mail: Shaburovs@mail.ru)*

Abstract. The article provides an analysis of theoretical and experimental studies of domestic and foreign scientists in the field of the use of vegetable raw materials in food technology. The prospects for the use of plant materials in the development of formulations and technologies of bakery and flour confectionery products, which are the most common food products of mass consumption of the population of the Russian Federation, are substantiated. It is shown that the enrichment of food products with functional food ingredients of plant origin can improve individual physiological processes in the human body, preserve and strengthen the body's immune system, adequately respond to adverse environmental factors, reduce the risk of developing alimentary-related diseases. The main physiological and technological properties of raw materials of plant origin are considered from the point of view of the possibility of their use in recipes of bakery and flour confectionery products. The results of scientific experiments are systematized and summarized, giving an idea of the possible mechanisms for changing the organoleptic, biochemical, and physicochemical properties of semi-finished and finished products. Based on the analysis of information sources, the tendency to use plant-based raw materials that affect the technological potential of the ingredients of the formulation, and, consequently, the formation of the quality of bakery and flour confectionery products, is determined.

Keywords: vegetable raw materials; flour; organoleptic, physicochemical, baking properties, quality, bakery products, flour confectionery.

Введение. Важное значение для реализации поставленных задач имеет анализ исследований, направленных на изучение перспектив применения растительного сырья для создания хлебобулочных (ХБИ) и мучных кондитерских изделий (МКИ), ха-

рактеризующихся функциональной направленностью.

В соответствии с ГОСТ Р 52349-2005, «функциональный пищевой продукт – специальный пищевой продукт, предназначенных

для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения, обладающий научно обоснованными и подтвержденными свойствами, снижающий риск развития заболеваний, связанных с питанием, предотвращающий дефицит или восполняющий имеющийся в организме человека дефицит питательных веществ, сохраняющий и улучшающий здоровье за счет наличия в его составе функциональных пищевых ингредиентов».

Разработка новых технологий и увеличение производства ХБИ функционального назначения является приоритетной задачей реализации различных целевых программ, в частности «Концепция обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения путем развития функционального и специализированного хлебопечения в Российской Федерации до 2020 года (хлеб - это здоровье)», утвержденной постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 14.06.2013 № 31.

Целью представленной работы являлся сбор, анализ и систематизация результатов исследований исследователей Российской Федерации, а также зарубежных ученых о возможности модификации рецептур ХБИ и МКИ путем применения растительного сырья, обуславливающего технологический потенциал ингредиентов рецептуры и качество готовой продукции.

Объект и методы исследования. Объектом исследования являлись научные данные отечественных и зарубежных источников информации. В качестве методов исследования использовали методы анализа, синтеза, систематизации и обобщения.

Результаты и их обсуждение. Основой концепции создания пищевых продуктов функционального назначения являются информационные сведения о различной пищевой и биологической ценности нетрадиционного растительного сырья [35]. В связи с этим, изыскание новых функциональных пищевых ингредиентов растительного происхождения является одной из актуальных задач пищевых отраслей экономики Российской Федерации.

В аспекте проблематики нашего исследования привлекают внимание работы, свидетельствующие о возможности применения зерновых, зернобобовых, масличных культур, плодов и овощей, а также продуктов их переработки, в качестве источников *функциональных пищевых ингредиентов*. Указанные *виды сырья* содержат пищевые волокна, витамины, белки, незаменимые аминокислоты, макро- и микроэлементы, а также полиненасыщенные жирные кислоты, т.е. те компоненты, дефицит которых выявлен в рационах питания населения России [16, 36, 20, 40, 42, 46].

Функциональные пищевые ингредиенты зерновых культур могут быть сохранены в случае их измельчения и применения в технологии ХБИ и МКИ вместе с оболочками и алейроновым слоем, содержащими наибольшее количество микронутриентов и биологически активных веществ. В научной литературе имеются

сведения о растворимых пищевых волокнах, характеризующихся основной физиологической функцией, обусловленной пребиотическими свойствами, способствующими формированию нормальной среды для развития кишечной микрофлоры, в первую очередь, бифидобактерий [32]. Направления модификации рецептур и производства продуктов питания функционального назначения обусловлены и функционально-технологическими свойствами пищевых волокон, таких как жирозмульгирующая, жиросвязывающая, пенообразующая способность. Эти свойства являются определяющими в создании полуфабрикатов сложнорецептурных изделий [8, 45].

Многочисленные исследования показывают перспективность применения продуктов мукомольно-крупяного производства – рисовой, овсяной, кукурузной, пшеничной муки, а также рисовой и гречневой мучки. Использование зерновых и крупяных культур приводит к обогащению ХБИ микро- и макроэлементами, аминокислотами, витаминами, ферментами, углеводами и жирами и повышению качества, пищевой ценности, безопасности и снижению себестоимости продукции. Сенсорные показатели всех образцов оказались приемлемыми, но при этом были установлены более высокие оценки вкуса опытных образцов хлеба [7, 15, 37, 44].

Польские ученые применяли сухую пшеничную клейковину с целью обогащения муки, характеризующейся низкими хлебопекарными свойствами, в хлебопечении и производстве мучных кондитерских изделий. В результате установлена возможность расширения ассортимента продукции, в частности, продукции специализированного назначения [41].

Разработаны ресурсосберегающие технологии переработки зерна овса и ячменя и получения биомодифицированных зерновых продуктов для производства функциональных ХБИ и МКИ с высокой пищевой ценностью [27].

Типсиной Н.Н. с соавторами установлена возможность замены части пшеничной муки при производстве хлеба на муку из голозерного ячменя, а также применения морковного пюре в количестве от 20 до 60% (с интервалом 10 %) к общей массе муки. Показано, что наиболее высокие показатели формоустойчивости, пористости и удельного объема наблюдали в изделиях с дозировкой 20 % ячменной муки. Установлено повышенное содержание витаминов и минеральных веществ в изделиях из смеси ячменной муки и пшеничной в сравнении с пшеничным хлебом [31].

Саниной Т.В. описано использование в качестве источника функциональных пищевых ингредиентов пшеничных зародышей (в смеси с пивной дробинкой), что позволяет повысить содержание белка и пищевых волокон в бисквитных изделиях, улучшить их органолептические и физико-химические показатели качества [28].

Коноваловой Ю.М. убедительно доказана на основе изучения химического состава и уровня газообразующей способности возможность применения различных вариантов композиционной смеси зерна тритикале и пшеницы

в технологии зернового хлеба. В результате степень удовлетворения суточной потребности в энергии при употреблении разработанного продукта различными группами населения составляет от 11,7 до 14,8%. Уровень суточного удовлетворения потребности в пищевых волокнах возрастает на 12,7%, в витамине К – на 55%, в витаминах РР, В₆, В₁ – более 12%. Автор отмечает более высокую степень удовлетворения суточной потребности в таких минеральных веществах, как калий, магний, фосфор, цинк и медь [13].

Тергичной Т.Н. разработаны технологии функциональных ХБИ и МКИ с использованием муки тритикале и обогатителей растительного происхождения. Оптимизирована рецептура хлеба массового назначения, включающая 50-59 % муки тритикалевой, 35-48 % муки пшеничной и 2-8 % муки соевой дезодорированной. Рецептура кекса лечебно-профилактического назначения разработана на основе 80 % тритикалевой муки, 10 % муки из цельносмолотого зерна люпина и других ингредиентов. В состав разработанной рецептуры печенья входит мука тритикалевая (39,0-50,6 %), пшеничная (20,0-26,4 %), мука из проростков сои (5,8-13 %) и овсяная мука (25,0 %). В результате модификации рецептуры изделия обогащаются пищевыми волокнами и минеральными веществами [30].

О применении зерновых композитных смесей говорится и в других публикациях. ХБИ, основой которого является 80 % пшеничной муки 1-го сорта, 5 % ячменной, 5 % овсяной, 5 % фасолевого и 5 % кукурузной муки обогатено белком в сравнении с контрольным вариантом на 1,00-2,53%. Применение композитной смеси, включающей 65% пшеничной 1-го сорта, 15% ячменной, 15% фасолевого и 5% кукурузной муки позволяет получить ХБИ с повышенным содержанием белка (на 1,76-3,02% выше контроля) и хорошим вкусом [11].

При производстве бисквитов частичная замена пшеничной муки на ячменную муку в количестве от 10 до 40% по массе, на овсяную муку в дозировке от 5 до 40 % к общей массе мучной смеси содержали больше пищевых волокон, белка, минеральных веществ (железо, калий, цинк) по сравнению с контрольными, улучшился внешний вид бисквита, цвет корочки приобрел приятный золотисто-коричневый оттенок. Оптимальной признана дозировка ячменной муки 20%. Бисквиты с ячменной мукой полностью сохраняли свои свойства, в том числе микробиологическую чистоту, в течение 4 суток хранения [19, 43]. Добавление овсяной муки приводит к повышению пищевой ценности, устойчивости пены водно-мучных смесей. Отмечен высокий уровень пенообразующей способности (238 %) и устойчивости пены через 3 ч при внесении 20 % овсяной муки. Готовое изделие приобрело золотистый оттенок и легкий ореховый привкус. Благодаря содержащимся в овсяной муке пентозанам в количестве 5% к массе сухих веществ и растворимой клетчатки (до 15%), значительно увеличилась гидратационная способность теста. В результате выпеченный бисквит медленнее черствел, обладал хорошей сжимаемостью, что позволяет продлить сроки хранения и повысить

привлекательность [19].

Известны рецептуры и технологии обогащения хлебобулочных и мучных кондитерских изделий с помощью бобовых культур, являющихся источником белка, пищевых волокон, калия, магния, железа, фолиевой кислоты. В связи с наличием в семенах бобовых антипитательных веществ целесообразна тепловая обработка перед их применением [3].

Предложена рецептура и технология производства бисквитного полуфабриката с добавкой полуобезжиренной соевой муки для повышения пищевой и биологической ценности [10].

Известно, что в рационе питания россиян заметно преобладают жиры животного происхождения. Ученые исследуют возможность обогащения продуктов ежедневного потребления растительными липидами, богатыми полиненасыщенными жирными кислотами. Имеется ряд работ, подтверждающих возможность применения масличных культур, например, семян льна, в качестве источника функциональных пищевых ингредиентов, таких как белки, пищевые волокна, полиненасыщенные жирные кислоты и минеральные вещества, что позволяет получить продукт функционального назначения [18, 12, 22, 24, 30].

Применение шрота расторопши в технологии мучных изделий позволяет обогатить химический состав изделий белком и липидами и придать изделиям функциональную направленность за счет увеличения содержания белка и полиненасыщенных жирных кислот. Кроме того, изделия характеризуются повышенным содержанием β-каротина, витамина Е и пищевых волокон [4, 21, 29, 25].

Семена амаранта имеют ограниченное применение в технологии пищевых продуктов. В то же время, результаты анализа химического состава амарантовой муки свидетельствуют о ней, как об эффективном источнике функциональных пищевых ингредиентов и улучшителе хлебопекарных свойств пшеничной муки [39]. Амарантовая мука содержит 7-8 % жирного масла, жирнокислотный состав которого близок к кукурузному. Особенностью амаранта является наличие полноценного по аминокислотному составу белка в связи с высоким содержанием лизина (4,3-5,7 % к общему содержанию белка в семенах амаранта). Кроме того, в амаранте содержатся легкоусвояемые моно- и полисахариды, присутствует значительное количество витаминов (В₁, В₂, РР) и минеральных веществ (кальций, магний, фосфор, железо, цинк) [1, 23, 33].

Разработана технология сахарного печенья с использованием амарантовой цельносмолотой муки взамен пшеничной в количестве 20 %, 50 %, 70 % и 100 %. Контролем служил образец, изготовленный из 100 % пшеничной муки. При замене пшеничной муки на муку из семян амаранта в дозировке 20 и 50 % качество готовых изделий практически соответствовало органолептическим показателям контрольного образца. Повышение уровня дозировки муки из семян амаранта до 70 и 100 %

приводило к заметному снижению показателей качества печенья.

В дальнейших исследованиях авторами разработана рецептура безглютенового печенья из амарантовой муки и картофельного крахмала в соотношении 80 % амарантовой муки и 20 % картофельного крахмала [17].

Кроме муки из амаранта предлагается использовать жмых амаранта в технологии заварных пряников. Авторы свидетельствуют об улучшении показателей качества изделий и возможности расширения ассортимента продукции функционального назначения [23].

Перспективным вектором разработки рецептур и технологий ХБИ и МКИ функционального назначения является использование овощных, фруктовых, ягодных порошков, пюре, экстрактов трав, сиропов, соков, как источника пищевых волокон, пектина, минеральных веществ, витаминов и натуральных красящих веществ. Овощные и плодовые порошки дополнительно вносят в рецептуру мучных кондитерских изделий в рациональной дозировке 10 % с одновременным снижением на 10 % сахара в традиционной рецептуре [1, 2, 5, 26, 31].

Установлена возможность получения модифицированного белкового продукта из пророщенных семян дыни с целью использования его в технологии заварных пряничных изделий повышенной биологической ценности [34].

Использование перспективных нетрадиционных видов сырья растительного происхождения (лекарственные, пряно-ароматические растения) в хлебопечении, обусловлено возможностью модификацией функционально-технологических свойств ингредиентов рецептуры, совершенствования технологических этапов приготовления теста, и разработке изделий специализированного назначения [9].

Важным резервом для производства пищевых продуктов функционального назначения являются дикоросы. Исследователями в результате изучения химического состава полыни, тимьяна ползучего, пиона уклоняющегося и пектина древесной зелени сосны обыкновенной установлено, что шроты указанных растений могут быть перспективными источниками функциональных пищевых ингредиентов в рецептурах МКИ функционального назначения [6]. Например, сныть обыкновенная – богатейший источник натуральных функциональных пищевых ингредиентов – витамина С, каротиноидов, биофлавоноидов и других биологически активных веществ, что позволяет её рекомендовать для лечебного и лечебно-профилактического питания [38].

Выводы. Таким образом, применение сырья растительного происхождения с высокой пищевой и биологической ценностью и продуктов его переработки в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий способствует обогащению продукции функциональными пищевыми ингредиентами, а также позволяет снизить расход пшеничной муки и увеличить выход готового продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алексеева Е.И. Мука амарантовая экструдированная – биологически активная добавка к пище // Е.И. Алексеева // Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты): материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию отдела биотехнологии растений Никитского ботанического сада. – Симферополь: Ариал, 2016. – С. 204–205.
2. Бархатов В. Ю. Влияние яблочной пасты на химический состав бисквитного полуфабриката / В. Ю. Бархатов, Н. К. Высокубова, Н. К. Андросова // Изв. вузов. Пищевая технология. – 1988. – № 4. – С. 11.
3. Батурина Н.А. Влияние добавок муки бобовых культур на формирование качества хлеба из пшеничной муки: автореф. канд. техн. наук: 05.18.15/ Батурина Наталья Анатольевна. – Санкт-Петербург: 2006. – 20 с.
4. Биологически активные добавки в питании человека / под ред. В. А. Тутельяна, Б. П. Суханова, А. Н. Австриевских. – Томск: Медицина, 1999. – 364 с.
5. Васькина В. А. Овощные пюре в мучных изделиях для здорового питания / В. А. Васькина, Е. С. Новожилова // Кондитерское производство. – 2005. – № 6. – С. 42–47.
6. Губаненко Г. А. Формирование качества мучных кондитерских изделий на основе комплексного исследования нетрадиционных видов растительного сырья Красноярского края: автореф. докт. техн. наук: 05.18.15/ Губаненко Галина Александровна. – Кемерово: 2015. – 32 с.
7. Захарова А.С. Разработка технологии крупяного хлеба и его товароведная оценка: автореф. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / Захарова Александра Сергеевна. – Кемерово: 2008. – 16 с.
8. Ильина О. А. Пищевые волокна – важнейший компонент хлебобулочных и кондитерских изделий / О. А. Ильина // Хлебопродукты. – 2002. – № 9. – С. 34–36.
9. Иоргачева Е.Г. Потенциал лекарственных, пряно-ароматических растений в повышении качества пшеничного хлеба/Е.Г. Иоргачева, Т.Е. Лебеденко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – 2/12. – С. 101–108.
10. Киселев В.М. Разработка рецептуры и технологии бисквитного полуфабриката повышенной пищевой ценности [Текст] / В.М. Киселев, Р.З. Григорьева, Н.Н. Зоркина // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – Т.19. – № 4. – С. 15–20.
11. Колмаков Ю.В. Хлеб из композитных мучных смесей / Ю.В. Колмаков, Л.А. Зелова, И.В. Пахотина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4 (126). – С. 133–136.

12. Конева С.И. Особенности использования продуктов переработки семян льна при производстве хлебобулочных изделий // Ползуновский вестник. – 2016. – № 3. – С. 35–38.
13. Коновалова Ю.В. Разработка и оценка потребительских свойств хлеба зернового обогащенного физиологически функциональными пищевыми ингредиентами из растительного сырья: автореф. канд. техн. наук: 05.18.15/Коновалова Юлия Владимировна. – Орел: 2011. – 25 с.
14. Концепции обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения путем развития функционального и специализированного хлебопечения в Российской Федерации до 2020 года (хлеб – это здоровье). – (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 14 июня 2013 г. № 31).
15. Корячкина С.Я. Использование нетрадиционных видов муки в производстве мучных кондитерских изделий // Фундаментальные исследования. – 2005. – № 8. – С.90–92.
16. Мартянова А. Пищевые ингредиенты / А. Мартянова, Е. Мелешкина // Хлебопродукты. – 2003, № 4.
17. Матвеева И. В. Амарантовая мука в качестве сырья для производства безглютеновых мучных кондитерских изделий / И.В. Матвеева, В.В. Нестеренко, С.О. Смирнов // Хлебопродукты. – 2012. – № 11. – С. 48–50.
18. Миневич И.Э. Разработка технологических решений переработки семян льна для создания функциональных пищевых продуктов: автореф. канд. техн. наук: 05.18.01/ Миневич Ирина Эдуардовна. – Москва: 2009. – 26 с.
19. Никифорова Т.А. Повышение качества бисквитной продукции и эффективности производства / Т.А. Никифорова, Д.А. Куликов // Пищевая промышленность: состояние, проблемы, перспективы: сб. статей международной научно-практической конференции. – Оренбург, 2009. – С. 213–215.
20. О мерах по профилактике заболеваний, обусловленных дефицитом микронутриентов, развитию производства пищевых продуктов функционального и специализированного назначения. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 14 июня 2013 г. № 31.
21. Пат. 2340187 Российская Федерация, МПК А21G 8/02. Способ приготовления хлебобулочного изделия / Ильинова С.А., Першакова Т.В., Тазова З.Т. и др.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет». – № 2007118834/13; заявл. 21.05.2007; опубл. 10.12.2008, бюл. № 34. – 6 с.
22. Пат. 2560316 Российская Федерация, МПК А21D 8/00. Способ приготовления хлебобулочных изделий / А.П. Косован, М.Н. Костюченко, Е.В. Невская, Л.А. Шлеленко, Т.В. Быковченко; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности» (ФГБНУ НИИХП) – № № 2014114372/13; заявл. 11.04.2014; опубл. 20.08.2015, Бюл. № 23. – 7 с.
23. Пашенко В.Л. Пряники «маячок» функционального назначения // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 8. – С. 34–44.
24. Пашенко Л.П. Новое печенье из овсяной муки / Л.П. Пашенко, В.Л. Пашенко, Л.А. Коваль, И.В. Ущаповский // Кондитерское производство. – 2007. – № 3. – С. 2–4.
25. Пашенко Л.П. Шрот расторопши пятнистой в хлебобулочных изделиях / Л.П. Пашенко, Т.В. Санина, В.Л. Пашенко, Л.А. Мирошниченко, В.А. Дьяков // Современные наукоемкие технологии. – 2007. – № 7. – С.15–19.
26. Перфилова О. В. Разработка технологии производства фруктовых и овощных порошков для применения их в изготовлении функциональных мучных кондитерских изделий: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Перфилова Ольга Викторовна. – Москва, 2009. – 24 с.
27. Румянцева В.В. Научно-практические основы ресурсосберегающих технологий получения и применения биомодифицированных продуктов из овса и ячменя: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.01/Румянцева Валентина Владимировна. – Орел, 2011. – 40 с.
28. Санина Т.В. Комплексно обогащенный бисквит / Т.В. Санина, С.И. Лукина, И.В. Черемушкина, Е.И. Пономарева // Кондитерское производство. – 2003. – № 2. – С. 16–17.
29. Семёнкина Н. Г. Разработка технологии хлебобулочных изделий с использованием продуктов переработки расторопши пятнистой: автореф. канд. техн. наук: 05.18.01/ Семёнкина Наталья Геннадьевна. – Москва: 2010. – 26 с.
30. Тертычная Т. Н. Теоретические и практические аспекты использования тритикале в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности: автореф. докт. техн. наук: 05.18.01/ Тертычная Татьяна Николаевна. – Москва: 2010. – 39 с.
31. Типсина Н.Н. Научное обоснование использования растительного сырья с целью повышения пищевой ценности мучных изделий и экономии сырьевых ресурсов / Н.Н. Типсина, Т.Ф. Варфоломеева, Г.К. Селезнева // Вестник Красноярского государственного аграрного университета, 2007. – № 6. – С. 259–266.
32. Типсина Н.Н. Пищевые волокна в кондитерском производстве / Н.Н. Типсина, Н.В. Присухина // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2009. – № 9. – С. 166–171.
33. Ужанова Р.У. Хлеб «Илийский»

- функционального назначения / Р.У. Уажанова, М.Ж. Кизагова // Вестник КрасГАУ. 2010. № 9 9. – С. 177–180.
34. Харьков С.Е. Влияние модифицированной белковой добавки из семян дыни на качество мучных кондитерских изделий / С.Е. Харьков, А.С. Шульга, В.В. Гончар, Ю.Ф. Росляков, А.Н. Пипенко // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2010. – № 5-6. – С.55–57.
35. Хашке Ф., Нетребенко О.К. Функциональное питание: пробиотики и кишечная микрофлора // Российский педиатрический журнал. – 2000. – № 5. – С.52...55.
36. Цыганова Т.Б. Полифункциональные добавки и их роль в создании хлебобулочных изделий лечебно-профилактического назначения. – Мат. V Междунар. симп. «Экология человека: пищевые технологии и продукты XXI века» / Хранение и переработка сельхозсырья. – 1997. – № 12. – С.43...445.
37. Шаншарова Д.А. Разработка технологии пшеничного хлеба с использованием рисовой и гречневой муки // Хлебобулочные продукты. – 2010. – № 8. – С. 42–44.
38. Шишкина Н.В. Пищевая ценность съити обыкновенной *Aegorodium Podagraria* L. (Ariaceae) и её использование в технологии продуктов функционального назначения: автореф. канд. сельскохозяйственных наук: 05.18.01/ Шишкина Наталия Владимировна. – Москва: 2010. – 18 с.
39. Шмалько Н.А. Перспективы использования амарантовой белковой муки в хлебопечении / Н.А. Шмалько, Н.А. Дроздовская, И.А. Чалова, Н.Л. Ромашко // Техника и технология пищевых производств. 2009. № 1. С. 3–7.
40. Butt M.S. Oat: unique among the cereals/ M.S. Butt, M. Tahir-Nadeem, M.K. Khan, R. Shabir// European Journal Nutrition. – 2008. – 47(2). – P. 68–79.
41. Gil Z. Suchy gluten pszeny produkcja, wlasciwosci i zastosowanie. Текст. / Z. Gil, J. Marczynski //Przegl. piekarski cukiern. – 2001. – R. 49. – № 6. – P. 12–15.
42. Gorinstein S. Comparison of composition and antioxidant capacity of some cereals and pseudocereals/ S. Gorinstein, A. Lojek, M. Ciz, E. Pawelzik, E. Delgado-Licon, O.J. Medina, M. Moreno, I. Goshev // International Journal of Food Science and Technology. – 2008. – 43. – P. 629–637.
43. Gupta M., Bawa A.S., Semwal A.D. Effect of barley flour incorporation on the instrumental texture of sponge cake // International Journal of Food Properties. – 2009. – Vol.12. – N 1. – P. 243–251.
44. Lin, L., Liu, H., Yu, Y., Lin, S., Mau, J. Quality and antioxidant property of buckwheat enhanced wheat bread. Food Chemistry. – 2009. – 112. – P. 987–991.
45. Murate, E.H., Prudencio-Ferreira S.H. Propriedades funcionais de concentrado proteico extrusado de sementes de girassol // Brazil. archives of biology and technology. – Curitiba (Parana), 1999. – Vol. 42. – № 2. – P. 213–221.
46. Schoenlechner, R. Functional properties of gluten-free pasta produced from amaranth, quinoa and buckwheat/ R. Schoenlechner, J. Drausinger, V. Ottenschlaeger, K. Jurackova, E. Berghofer // Plant Foods for Human Nutrition. – 2010. – 65. – P. 339–349.

Статья поступила в редакцию 05.10.2018
Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 663.351

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВИНЕ ИЗ ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ

© 2018

Мakarov Сергей Сергеевич, аспирант кафедры «Виноделие и неорганическая аналитическая химия»
*Московский государственный университет технологий
и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)*
(109004, Россия, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73, e-mail: mak210@yandex.ru)

Панасюк Александр Львович, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по науке
*Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой
промышленности – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова»*
(119021, Россия, г. Москва, Россолимо, 7, e-mail: alpanasyuk@mail.ru)

Мakarov Сергей Юрьевич, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Виноделие и неорганическая аналитическая химия»
*Московский государственный университет технологий
и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)*
(109004, Россия, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73, e-mail: mak1274@gmail.com)

Аннотация. Статья посвящена разработке эффективного способа повышения концентрации биологически активных веществ, в том числе антоцианов и аскорбиновой кислоты, в вине из черной смородины. Состав антоцианов черной смородины определяли методом ВЭЖХ в сочетании с масс-спектрометрией. В плодах черной смородины идентифицировано 11 антоцианов, большинство из которых представляет собой гликозиды дельфинидина и цианидина. Мацерацию мезги черной смородины осуществляли настаиванием (контроль), и с использованием тепловой обработки, обработки ферментным препаратом пектолитического действия и мультиэнзимным комплексом при различной температуре. Установлено, что повышение температуры при мацерации мезги приводит к снижению концентрации аскорбиновой кислоты на 13 %. Определен оптимальный состав мультиэнзимной композиции: Поликанесцин, Целловиридин, Пектофоетидин и Пектинекс в соотношениях 1/0,6/1/0,4. Установлено, что максимальное накопление биологически активных веществ в сусле обеспечивается при обработке мультиэнзимным комплексом при температуре 28±2 °С. Изучено влияние различных рас дрожжей на концентрацию антоцианов и аскорбиновой кислоты в виноматериале. Показано, что сбраживание черносмородинового сусла расой Черносмородиновая 7 позволяет снизить до 30 % потерю антоцианов и аскорбиновой кислоты.

Ключевые слова: вино из черной смородины, биологически активные вещества, мацерация мезги, мультиэнзимный комплекс, брожение.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR INCREASING THE CONCENTRATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN BLACK CURRANT WINE

© 2018

Makarov Sergey Sergeevich, Post-Graduate Student “Winemaking and Inorganic Analytical Chemistry”
*Moscow State University of Technology
and Management named after K.G. Razumovsky (First Cossack University)*
(109004, Russia, Moscow, Zemlyanoy Val St., 73, e-mail: mak210@yandex.ru)

Panasyuk Alexander Lvovich, Doctor of Engineering Science, Professor, Deputy Director for Science
*All-Russian Scientific Research Institute of the Brewing, Non-Alcoholic and Wine Industry - a branch
of the Federal Research Center for Food Systems named after MV Lomonosov. V.M. Gorbатов”*
(119021, Russia, Moscow, Rossolimo, 7, e-mail: alpanasyuk@mail.ru)

Makarov Sergey Uyrievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
of the Department “Winemaking and Inorganic Analytical Chemistry”
*Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky
(First Cossack University)*
(109004, Russia, Moscow, Zemlyanoy Val St., 73, e-mail: mak1274@gmail.com)

Abstract. The article is devoted to the development of an effective method for increasing the concentration of biologically active substances, including anthocyanins and ascorbic acid, in black currant wine. The composition of black currant anthocyanins was determined by HPLC in combination with mass spectrometry. 11 anthocyanins were identified in the black currant fruits, most of which are glycosides of delphinidin and cyanidin. Maceration of black currant pulp was carried out by infusion (control), and using heat treatment, treatment with an enzyme preparation of pectolytic action and a multi-enzyme complex at different temperatures. It was found that the temperature increase during maceration of the pulp leads to decrease in the concentration of ascorbic acid by 13 %. The optimal composition of the multi-enzyme complex is Policyaction, Cellovyridin, Pectofoetidin and Pectinex in the ratio

1/0,6/1/0,4. It was found that the maximum accumulation of biologically active substances in the wort is provided by treatment with a multi-enzyme complex at a temperature of 28 ± 2 °C. The effect of different yeast races on the concentration of anthocyanins and ascorbic acid in the wine material was studied. It is shown that fermentation of blackcurrant wort by the race *Chernosmorodinovaya 7* reduces the loss of anthocyanins and ascorbic acid to 30 %.

Keywords: black currant wine, biologically active substances, maceration of the pulp, multi-enzyme complex, fermentation.

Введение. В настоящее время в России растет популярность фруктовых вин, в том числе вина из черной смородины. Эти вина обладают оригинальными органолептическими характеристиками и содержат в своем составе ряд ценных биологически активных веществ исходного сырья [10, 14, 17, 19]. Ягоды черной смородины богаты большим количеством таких веществ, среди которых аскорбиновая кислота (витамин С) и флавоноиды, в том числе антоцианы, обладающие высокой поглотительной способностью к свободным радикалам [3, 7, 11, 12, 16]. В связи с этим, при производстве вина из черной смородины, приоритетной является задача максимального извлечения и сохранения этих соединений на всех технологических этапах.

Анализ литературных источников показал, что исследования, связанные с изучением аспектов сохранения природных антоцианов сырья, направленные на разработку технологических решений повышения биологической ценности вин из черной смородины, в нашей стране не проводились.

Цель данной работы состояла в разработке эффективного способа повышения концентрации антоцианов в готовом продукте на основе исследования закономерностей изменения их качественного и количественного состава в процессе производства вина из черной смородины.

Материалы и методы исследования. В качестве объектов исследования использовали свежие плоды черной смородины сорта Сударушка, собранные в Ленинском районе Московской области, урожая 2017 г., черносмородиновое сусло, полученное из мезги, обработанной различными ферментными препаратами (ФП) и мультиэнзимными композициями (МЭК), фруктовый столовый виноматериал из черной смородины, полученный в результате брожения на разных расах дрожжей.

Органолептические и физико-химические показатели объектов исследования определяли методами анализов, установленными в действующих на территории РФ национальных и межгосударственных стандартах, а также с помощью методик, принятых для контроля качества винодельческой продукции [5, 6]. Массовую концентрацию суммы фенольных соединений в пересчете на галловую кислоту определяли спектрофотометрическим методом с использованием реактива Фолина-Чокальтеу. Измерение максимума поглощения раствора проводили при длине волны 750 нм. Для измерений

использовали спектрофотометр СФ-2000 (Россия). Ширина кюветы – 10 мм.

Для определения качественного и количественного состава свободных аминокислот методом ВЭЖХ использовали прибор «Agilent Technologies 1200 Series» с хроматографической колонкой Luna 5u C18(2) 150×4,6 мм 5 μ (Phenomenex, США) с предколонкой. Пробоподготовку и определение осуществляли в соответствии с методикой [13].

Исследование состава мономерных антоцианов проводили с помощью спектрофотометра UV-1800 Shimadzu (Shimadzu Corporation, Япония) с диапазоном длин волн 190 – 1100 нм, жидкостного хроматографа «Agilent Technologies 1200 Series» («Agilent», США) с диодно-матричным спектрофотометрическим детектором, времяпролетного (HPLC-MS-NOF) и тройного квадрупольного (HPLC-MS-MS) масс-детектора [15].

Способность биологически активных веществ гасить свободные радикалы (антиоксидантную активность) оценивали с использованием ABTS анализа, основанного на обесцвечивании катион-радикала ABTS^{•+}, предварительно полученного путем окисления ABTS [2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоновой кислоты)] персульфатом калия [20].

Определение всех показателей проводили в 3-5 повторностях. Обработку экспериментальных данных осуществляли с использованием методов математической статистики.

Работа состояла из нескольких этапов. На первом этапе был изучен качественный и количественный состав антоцианов черной смородины. В плодах черной смородины идентифицировано 11 антоцианов, большинство из которых представляет собой гликозиды дельфинидина и цианидина (таблица 1).

В плодах черной смородины впервые были обнаружены петунидин-3-рутинозид (1,7 %), пеларгонидин-3-глюкозид (0,4 %) и пеонидин-3-рутинозид (0,6 %).

На следующем этапе исследований было изучено влияние различных способов обработки ягодной мезги при ее мацерации на состав и содержание в сусле биологически активных веществ.

Для получения сусла мезгу черной смородины обрабатывали в лабораторных условиях по следующим схемам:

- извлечение сока из мезги без обработки – контроль;

- обработка ферментным препаратом (ФП) Фруктоцим Колор при температуре 28 ± 2 °С в течение 4-х час – опыт 1;

- тепловая мацерация мезги при 80-85 °С в течение 5 мин – опыт 2;

- тепловая мацерация мезги при 80-85 °С в течение 5 мин с последующей обработкой ФП Фруктоцим Колор при 47 ± 2 °С в течение 2-х час – опыт 3;

- обработка ФП Фруктоцим Колор при температуре 47 ± 2 °С в течение 2-х час – опыт 4.

Ферментный препарат Фруктоцим Колор был выбран как один из наиболее часто используемых

в производстве ФП для обработки фруктовой мезги [2, 4]. В данном препарате помимо высокой экзополигалактуроназной активности присутствуют сопутствующие активности – полигалактуроназная, пектинлиазная, целлюлолитическая и гемицеллюлазная. Дозировка ФП – 0,01 % от веса сырья. После обработки все образцы подготовленной мезги охлаждали до 20-22 °С, отделяли сок и определяли массовую концентрацию сахаров, фенольных веществ (ФВ), в том числе антоцианов (Ант), свободных аминокислот (АК) и аскорбиновой кислоты (АсК).

Таблица 1 – Идентификация и профиль антоцианов в плодах черной смородины

Идентифицированный антоциан	Время удерживания, мин Rt ($\pm 0,2$)	Максимум поглощения при длине волны, нм (± 2 нм)	Масса молекулярного иона, m/z	Детектируемый ион	Сокращенное название
Дельфинидин-3-глюкозид	11,3	276, 525	465.11 303.05	[M] ⁺ [M – глю*оза*] ⁺	Dpd-3-glu
Дельфинидин-3-рутинозид	12,0	276, 525	611.17 465.11 303.05	[M] ⁺ [M – рамноза] ⁺ [M – рутин*за] ⁺	Dpd-3-rut
Цианидин-3-глюкозид	16,2	280, 516	449.12 287.06	[M] ⁺ [M – глюкоза] ⁺	Dpd
Цианидин-3-рутинозид	17,3	280, 518	595.18 449.12 287.06	[M] ⁺ [M – рамноза] ⁺ [M – рутиноз ^a] ⁺	Cyd-3-glu
Петунидин-3-рутинозид	18,9	280, 532	625.19 479.13 317.12	[M] ⁺ [M – рамноза] ⁺ [M – рутиноза] ⁺	Cyd-3-rut
Пеларгонидин-3-глюкозид	19,7	278, 500	433.13 271.05	[M] ⁺ [M – глюкоза] ⁺	Cyd
Дельфинидин	21,5	276, 530	303.05	[M] ⁺	Ptd-3-rut
Пеонидин-3-рутинозид	22,1	280, 518	609.18 463.12 301.08	[M] ⁺ [M – рамноза] ⁺ [M – рутиноз ^a] ⁺	Pgd-3-glu
Цианидин	26,1	280, 527	287.06	[M] ⁺	Pnd-3-rut
Цианидин-3-(кофеоилглюкозид)	29,4	280, 325, 515	611.15 287.06	[M] ⁺ [M – кофеоилглюкоза] ⁺	Cyd-3-(kof-glu)
Дельфинидин-3-(п-кумароил-глюкозид)	30,8	276, 310, 525	611.15 303.05	[M] ⁺ [M – п-кумароилглюкоза] ⁺	Dpd-3-(p-kum-glu)

* Остаток моно- или дисахарида минус 18 Да (молекула воды, образующаяся в реакции гликозилирования антоцианидинов)

Результаты и обсуждение. Результаты исследований, представленные в таблице 2, свидетельствуют о повышении концентрации антоцианов в сусле на 26 – 45 % при использовании ферментативного катализа, что согласуется с ранее полученными данными [14, 18].

Необходимо отметить, что в образцах суслу, полученных с применением пектолитического ФП, практически отсутствовали агликаны, что, несомненно, является положительным фактором с точки зрения сохранения цветных характеристик и вкусо-

вого восприятия конечного продукта. В тоже время, проведение ферментативной обработки мезги при температуре 47 ± 2 °С приводило к снижению концентрации аскорбиновой кислоты, в среднем, на 13 %.

В образцах суслу, полученного из мезги, подвергнутой ферментативной обработке при температуре 45-50°С, было также отмечено изменение цветных характеристик – от темно-бордового до красно-бурого.

Таблица 2 – Влияние способа обработки черносмородиновой мезги на состав биологически активных веществ сусле

Вариант эксперимента	Массовая концентрация				
	сахаров, г/дм ³	ФВ, мг/дм ³	АсК, мг/дм ³	свободных АК, мг/дм ³	антоцианов, мг/дм ³
Контроль	101,0	3214	74,5	813,1	646
Опыт 1	102,5	4080	89,2	870,3	874
Опыт 2	101,5	3864	56,8	739,5	757
Опыт 3	103,2	4090	68,9	780,9	1048
Опыт 4	103,5	4231	77,6	802,4	1175

При органолептической оценке во вкусе образцов, полученных с использованием тепловой мацерации и тепловой мацерации в сочетании с ферментативной, отмечались тона гретости негативно отразившиеся на их общем сенсорном восприятии. Кроме того, необходимо отметить, что тепловая мацерация без использования ФП не приводила к повышению выхода сока.

По результатам проведенных исследований было сделано заключение о необходимости поиска ферментных систем, состав которых обеспечивает эффективное разрушение природных биополимеров и обогащение сусле продуктами их деструкции при низкой температуре. Для исследований были использованы несколько вариантов мультиэнзимных композиций (МЭК), в составе которых содержались отечественные ферментные препараты различного спектра действия Поликанесцин Г20Х,

Целловиридин Г20Х, Пектофоедин П10Х, Пектинэкс IV. Первоначально были определены оптимальные дозировки выбранных ферментных комплексов. В качестве критериев оценки эффективности действия ФП использовали массовую концентрацию фенольных веществ и массовую концентрацию аскорбиновой кислоты в сусле. Обработку мезги каждым из ФП проводили в течение 4-х часов при температуре 28 °С.

С учетом эффекта синергизма в составе МЭК использовали сниженные в 2 раза концентрации ферментных препаратов. Результаты исследования влияния МЭК с разным соотношением вышеуказанных ферментных препаратов представлены в таблице 3. В качестве контроля был использован образец сусле, полученного из мезги, обработанной ФП Пектофоедин П10Х в дозировке 0,02 % к массе мезги.

Таблица 3 – Влияние состава МЭК на накопление биологически активных веществ в черносмородиновом сусле

Номер образца - соотношение ФП Поликанесцин / Целловиридин / Пектофоедин / Пектинэкс в композиции по весу (по активностям)	Массовая концентрация, мг/дм ³			
	ФВ	Ант	АсК	АК
0/ 0/1/0 (контроль - 28,7 ед ПгС)	3150	768	60,7	605
Образец 1 - 1/0/1/0 (46,5/0/12,3/0)	3640	1187	58,3	579
Образец 2 - 1/1/1/0 (46,5/66,5/12,3/0)	3348	972	61,4	602
Образец 3 - 1/1/1/1 (46,5/66,5/12,3/18,57)	3475	1103	65,2	632
Образец 4 - 1/0,5/1/1 (46,5/33,25/12,3/18,57)	3594	1320	66,3	697
Образец 5 - 1/0,5/1/0,5 (46,5/33,25/12,3/9,29)	3743	1386	67,2	717
Образец 6 - 1/0,6/1/0,4 (46,5/39,9/12,3/7,43)	3879	1425	68,3	730
Образец 7 - 0/0,5/0,5/0 (0/33,25/6,15/0)	3782	1116	66,5	733
Образец 8 - 0/0/0,5/0,5 (0/0/6,15/9,29)	3498	993	65,2	697
Образец 9 - 0,5/0,5/0/0,5 (23,25/33,25/0/9,29)	3554	1143	63,5	675

Как видно из полученных данных, наиболее высокой эффективностью при мацерации мезги черной смородины обладала МЭК, содержащая Поликанесцин, Целловиридин, Пектофоедин и Пектинэкс в следующих соотношениях: 1/0,6/1/0,4, что соответствует 46,5 ед ПлС/39,9 ед ГкС (14,7 ед ЦС)/12,3 ед ПгС/7,43 ед ПэС.

При определении оптимальной продолжительности обработки черносмородиновой мезги, разработанной МЭК установлено, что

максимальное накопление биологически активных веществ в сусле достигается в течение 14-16 часов обработки при 28-30 °С (таблица 4).

Брожение сусле проводили на мезге при температуре 23-25 °С с использованием различных рас дрожжей рода *Saccharomyces vini* – Черносмородиновая 7, К-17, Москва 30, а также *Saccharomyces cerevisiae* – «Red Fruit» (Италия), UWY SP1 (Великобритания), LW 317-29 («Oenoferm Rug», Германия).

Таблица 4 – Влияние продолжительности ферментативной мацерации черносмородиновой мезги на состав биологически активных веществ суслу

Продолжительность мацерации, час	Массовая концентрация, мг/дм ³			
	ФВ	Ант	АсК	АК
2	4077	1492	73,5	696
4	4362	1518	76,7	730
6	4412	1561	78,4	758
8	4471	1614	79,2	769
10	4533	1677	82,3	779
12	4787	1735	86,9	810
14	4962	1862	98,3	872
16	5067	1873	102,5	881
18	5062	1870	102,0	880
24	5058	1865	101,3	875

Результаты ранее проведенных исследований показали существенную роль дрожжей в изменении состава фенольных соединений и формировании качественных характеристик винодельческой продукции [1, 8, 9]. Нами было также установлено,

что в процессе брожения черносмородинового суслу происходит снижение концентрации всех биологически активных веществ в разной степени в зависимости от используемой расы дрожжей (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние расы дрожжей на концентрацию биологически активных веществ и антиоксидантную активность виноматериала из черной смородины

Раса дрожжей	Массовая концентрация, мг/дм ³				Антиоксидантная активность, ммоль тролокс-экв / дм ³
	ФВ	Ант	АК	АсК	
Черносмородиновая 7	4530	1428	702,8	35,0	41,5
К-17	4105	1143	597,3	19,0	34,7
Москва 30	4247	1281	680,9	17,0	32,9
Вишневая 33	4310	1365	677,4	22,0	36,2
К-72	4253	1237	624,8	21,0	33,4
Red Fruit	4012	1150	549,7	11,0	27,5
WET 136	3937	1178	583,4	9,0	26,7
LW 317-29	4310	1293	548,6	34,0	40,8
UWY SP 1	4718	1475	485,1	6,0	28,4

Заключение. В целом, полученные результаты показали ряд преимуществ дрожжей *Saccharomyces vini* при производстве вина из черной смородины по сравнению с дрожжами *Saccharomyces cerevisiae*, в основном, за счет более высокой концентрации фенольных веществ, в том числе антоцианов, и аскорбиновой кислоты, обеспечивающих высокий показатель антиоксидантной активности продукта.

Таким образом, для получения черносмородинового вина с повышенным содержанием биологически активных веществ можно рекомендовать осуществлять ферментативную мацерацию мезги с использованием мультиэнзимной композиции, содержащей в своем составе ферментные комплексы Поликанесцин, Целловиридин, Пектофетидин и Пектинекс в следующих соотношениях: 1/0,6/1/0,4,

что соответствует 46,5 ед ПлС/39,9 ед ГкС (14,7 ед ЦС)/12,3 ед ПгС/7,43 ед ПэС, а для сбраживания использовать чистую культуру дрожжей Черносмородиновая 7.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бежуашвили М.Г. Влияние винных дрожжей на превращения некоторых флавонолов винограда при алкогольном брожении / М.Г. Бежуашвили, Т.М. Шония // Виноделие и виноградарство. – 2008. – № 5. – С. 22–24.
2. Волчок А.А. Использование ферментных комплексов нового поколения для обработки различных плодово-ягодных субстратов / Волчок А.А. [и др.] // Виноделие и виноградарство. – 2012. – № 1. – С. 20–21.
3. Воронина М.С. Изучение химического состава

ва и антиоксидантной активности продуктов переработки черной смородины / М.С. Воронина, Н.В. Макарова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015. – № 2. – С. 23-25.

4. Гнетько Л.В. Ферментные препараты группы Фруктозим / Л.В. Гнетько, Т.А. Белянцева, Н.М. Агеева // Виноделие и виноградарство. – 2010. – № 3. – С. 7–9.

5. ГОСТ 13192-73 Вина, виноматериалы и коньяки. Метод определения сахаров. – Введен 01.01.75. – М.: Стандартиформ, 2011. – 9 с.

6. ГОСТ Р 53693-2009 Продукция соковая. Определение аскорбиновой кислоты методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. – Введен 2011-01-01. – М.: Стандартиформ, 2010. – 13 с.

7. Жбанова Е.В. Изменчивость химического состава плодов черной смородины в разных регионах // Аграрная Россия. – 2012. – №1. – С. 10–13.

8. Зубковская О.Л. Влияние активных сухих дрожжей на показатели качества фруктово-ягодных натуральных вин / О.Л. Зубковская, Т.М. Тананайко, Н.Р. Рабченко // Пищевая промышленность: наука и технология. – 2016. – № 1(31). – С. 38-46.

9. Исмаилов Х.С. Исследования характеристики некоторых рас дрожжей для плодового виноделия / Х.С. Исмаилов // Виноделие и виноградарство. – 2016. – № 3. – С. 18–20.

10. Кузьмина Е.И. Приготовление вин из красной рябины с повышенной биологической активностью / Е.И. Кузьмина [и др.] // Виноделие и виноградарство. – 2006. – № 2. – С. 12–13.

11. Левченко Н.Б. Биохимическая оценка ягод смородины черной селекции НИИСС им. М.А. Лисавенко / Н.Б. Левченко, Н.А. Белянина, Т.В. Калугина // Сетевой электронный журнал «Ворона.net». Передовые технологии: садоводство плодое. – Режим доступа: http://borona.net/high-technologies/fruit-Gardening/biochemical_assessment_black_current_fruit_breeding.html

12. Макарова Н.В. Ягоды – исходное сырье с антиоксидантными свойствами / Н.В. Макарова [и др.] // Пищевая промышленность. – 2013. – № 4. – С. 25–27.

13. Методика измерений массовой концентрации свободных аминокислот в напитках алкогольных и безалкогольных напитков методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Свидетельство об аттестации № 01.00225/205-48-12, регистрационный код методики измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений ФР.1.31.2012.13428.

14. Панасюк А.Л. Технологические аспекты получения высококачественных плодовых вин с высокой антиоксидантной активностью / А.Л. Панасюк [и др.] // Сб. «Новации и эффективность производственных процессов в виноградарстве и виноделии», Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства, Краснодар, 2005. – Том 2. – С. 151–154.

15. Перова И.Б. Биологически активные вещества плодов калины обыкновенной / И.Б. Перова [и др.] // Химико-фармацевтический журнал. – 2014. – Т. 48. – №5. – С. 32-39.

16. Причко Т.Г., Германова М.Г. Химический состав ягод черной смородины, произрастающей на юге России / Т.Г. Причко, М.Г. Германова // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2014. – №5. – С. 93–96.

17. Яланецкий А.Я. Функциональная активность полифенольных соединений красного вина при лечении ишемической болезни сердца // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2014. – № 2. – С. 36–39.

18. Czyzowska A. Changes to polyphenols in the process of production of must and wine from blackcurrants and cherries. Part II. Anthocyanins and flavanols / A. Czyzowska, E. Pogorzelski // European Food Research and Technology. – 2004. – № 218. – P. 355-359.

19. Negi B. Protective effects of a novel sea buckthorn wine on oxidative stress and hypercholesterolaemia / B. Negi, R. Kaur, G. Dey // Food and Function (Royal Society of Chemistry Publication). – 2013. – Vol. 4. – P. 240-248.

20. Wang H., Cao G., Prior R.L. Oxygen Radical Absorbing Capacity of Anthocyanins / H. Wang, G. Cao, R.L. Prior // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1997. – № 45. – P. 304–309.

Статья поступила в редакцию 04.09.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 641.12

**ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ,
ОБОГАЩЕННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ**

© 2018

Габдукаева Лилия Зуфаровна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Технологии пищевых производств»
Казанский национальный исследовательский технологический университет
(420015, Россия, г. Казань, ул. К.Маркса, 68, e-mail: carramba@bk.ru)
Решетник Ольга Алексеевна, доктор технических наук,
профессор, зав. кафедрой «Технологии пищевых производств»
Казанский национальный исследовательский технологический университет
(420015, Россия, г. Казань, ул. К.Маркса, 68, e-mail: roa.olga@mail.ru)

Аннотация. В статье изучено влияние растительных ингредиентов на функционально-технологические свойства мясных рубленых полуфабрикатов. Установлено, что пророщенная гречка является биологически ценным продуктом, содержащим высокие концентрации витаминов, полноценных белков, макро- и микроэлементов. Ламинария имеет богатый и сбалансированный для потребностей человеческого организма минеральный состав, является оптимальным источником макро- и микроэлементов. В бурой морской водоросли ламинарии содержатся витамины группы В, витамин С и большое количество важных для человека минеральных веществ, в том числе много йода и брома. Исследована возможность использования пророщенной гречки в качестве замены части мясного сырья в количестве 20 и 50 %. Также проанализированы образцы, изготовленные с внесением пророщенной зеленой гречки и морской водоросли ламинарии (1:1), в количестве 20, 25, 30 и 50 % от массы полуфабриката. Исследованы влагоудерживающая и влагосвязывающая способности фарша, выход готовых изделий. Установлено, что использование растительных компонентов положительно влияет на функционально-технологические свойства мясных полуфабрикатов, приводя к повышению влагосвязывающей способности фарша, влагоудерживающей способности полуфабрикатов и выхода готовых изделий. Определено, что введение растительного сырья в рецептуры мясных рубленых полуфабрикатов приводит к повышению влагоудерживающей и влагосвязывающей способности мясных фаршей до 7 % по сравнению с контрольным образцом и увеличению выхода готовых изделий до 20 %.

Ключевые слова: фарш, мясные полуфабрикаты, добавка, пророщенная зеленая гречка, ламинарий, функционально-технологические свойства, рецептура.

**FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF CHOPPED MEAT PRODUCTS
ENRICHED WITH VEGETABLE COMPONENTS**

© 2018

Gabdukaeva Liliya Zufarovna, candidate of technical sciences,
associate professor of the department of Technology of Food Productions from faculty of Food Technology
Kazan National Research Technological University
(420015, Russia, Kazan, K.Marx St., 68, e-mail: carramba@bk.ru)
Reshetnik Olga Alexeevna, doctor of technical sciences, professor,
the Head of the department of Technology of Food Productions from faculty of Food Technology
Kazan National Research Technological University
(420015, Russia, Kazan, K.Marx St., 68, e-mail: roa.olga@mail.ru)

Abstract. The article studies the effect of vegetable ingredients on the functional and technological properties of meat chopped products. It is established that sprouted buckwheat is a biologically valuable product containing high concentrations of vitamins, full - fledged proteins, macro- and microelements. Laminaria has a rich and balanced mineral composition for the needs of the human body, is an optimal source of macro - and microelements. The brown seaweed kelp contains vitamins B, vitamin C and a large number of important human minerals, including a lot of iodine and bromine. The possibility of using sprouted buckwheat as a replacement of meat raw materials in an amount of 20 and 50 %. Also analyzed samples made with the introduction of sprouted green buckwheat and seaweed kelp (1:1), in an amount of 20, 25, 30 and 50% by weight of semi-finished product. The moisture-holding and moisture-binding ability of minced meat, the output of finished products are investigated. It is established that the use of plant components has a positive effect on the functional and technological properties of meat products, leading to an increase in the moisture-binding ability of minced meat, moisture-holding ability of chopped meat semi-finished products and the output of finished products. It is determined that the introduction of vegetable raw materials in the formulation of chopped meat products leads to an increase in moisture-holding and moisture-binding ability of minced meat to 7% in comparison with the control sample, to an increase in the yield of finished products to 20 %.

Keywords: minced meat, meat semi-finished products, additive, sprouted green buckwheat, laminaria, functional and technological properties, recipe.

Введение. Мясо и мясопродукты являются ценными продуктами питания. Они содержат в своем составе полноценные белки, необходимые для нормальной жизнедеятельности человека. Жиры, содержащиеся в мясе, повышают калорийность блюд. В состав мяса также входят минеральные вещества, витамины, экстрактивные вещества, которые являются незаменимыми нутриентами питания [1, 2].

В связи с увеличением спроса потребителей на полуфабрикаты и продукты быстрого приготовления производство мясных рубленых полуфабрикатов приобретает особое значение. Мясные рубленые полуфабрикаты относятся к продуктам высокой степени готовности, что считается очень востребованным в современном мире.

Для повышения пищевой и биологической ценности мясных изделий широко применяют различные функциональные компоненты [3].

В зависимости от вводимого функционального ингредиента функциональные мясные продукты условно разделяют на следующие группы:

- низкокалорийные мясные продукты, обогащенные пищевыми волокнами [5-9];
- мясные продукты, обогащенные витаминами [10];
- мясные продукты, обогащенные минеральными веществами [8,11];
- мясные продукты, обогащенные полиненасыщенными жирными кислотами [3].

В настоящее время применение растительного сырья считается одним из перспективных способов по созданию мясных продуктов функциональной направленности [3]. Использование различных растительных компонентов в составе мясных рубленых полуфабрикатов приводит к обогащению их пищевыми волокнами, макро- и микроэлементами.

В данной работе в качестве обогатителей растительной природы были выбраны зеленая гречка и морская водоросль ламинарии. Выбранные компоненты вносились в качестве замены части мяса

в рецептурах мясных рубленых полуфабрикатах в разных соотношениях.

Зеленая гречка, не прошедшая промышленную обработку, является одним из ценных продуктов растительного происхождения. В процессе проращивания в зерне активизируются особые ферменты - энзимы. С их помощью питательные вещества зерна расщепляются, образуя в оптимальном соотношении новые, наиболее эффективно и легко усваиваемые человеческим организмом соединения (аминокислоты, простейшие сахара, жирные кислоты). Пророщенная гречка наиболее ценно по своему аминокислотному, витаминному и минеральному составу, отличается высоким содержанием белков, имеет полноценный аминокислотный состав, богата витаминами группы В, Е, РР, фолиевой кислотой. Пророщенную зеленую гречку по функциональности также можно рассматривать и как источник пищевых волокон [15].

Морская капуста относится к продуктам моря нерыбного промысла. Она богата витаминами группы В, витамином С, минеральными веществами, макро- и микроэлементами, особенно большое содержание в ней йода и брома. Так же морские водоросли выполняют роль пищевых волокон, так как полисахариды (полиозы, метилпентозаны), входящие в их состав, устойчивы к действиям пищеварительных ферментов. В ламинарии содержится альгиновые вещества, которые используют при лечебном питании для улучшения работы кишечника и регулирования азотистого баланса. В состав морских водорослей входит манит, обладающий желеобразующей способностью при тепловой обработке. Он способствует снижению потери влаги, что увеличивает влагосвязывающую и влагоудерживающую способность готовых изделий [16].

Химический состав зеленой гречки и морской капусты, используемых для обогащения мясных рубленых полуфабрикатов представлен в таблице 1 [15, 17].

Таблица 1 – Химический состав зеленой гречки и морской водоросли ламинарии

Продукт	Содержание основных веществ на 100 г												
	г, %			мг, %									
	Бел-ки	Жи-ры	Угле-воды	Na	K	Ca	Mg	P	J, мкг	Fe	B ₁	B ₂	PP
Зеленая гречка	12,5	3,3	62	3	380	21	200	296	3,3	6,7	0,4	0,2	4,2
Ламинария	0,9	0,2	3	520	970	40	170	55	160	16	0,05	0,1	0,4

Целью исследования являлось изучение влияния растительных ингредиентов на функционально-технологические свойства полуфабрикатов из мяса. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: разработать рецептуры опытных образцов мясных полуфабрикатов с различным количеством

внесения растительных добавок; изучить влияния растительных компонентов на функционально-технологические свойства мясных полуфабрикатов.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований в работе являлись ингредиенты растительного происхождения, а

именно пророщенная зеленая гречка и ламинарий; экспериментальные образцы мясных рубленых полуфабрикатов, изготовленных с внесением различного количества выбранных ингредиентов.

Рецептуры опытных образцов мясных рубленых полуфабрикатов, обогащенных растительными ингредиентами, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Рецептура опытных образцов мясных рубленых изделий с заменой мяса на ингредиенты растительного происхождения

Рецептурные ингредиенты	Норма продуктов, г						
	Контрольный образец	Опытные образцы					
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
		Концентрация зеленой гречки, % от общей массы говядины		Концентрация зеленой гречки и ламинария, % от общей массы говядины			
-	20 %	50 %	20 %	25 %	30 %	50 %	
Говядина	37	30	18,5	30	28	26	18,5
Зеленая гречка	-	7	18,5	3,5	4,5	5,5	9,2
Ламинарий	-	-	-	3,5	4,5	5,5	9,2
Хлеб пшеничный	9	9	9	9	9	9	9
Молоко	12	12	12	12	12	12	12
Сухари панировочные	5	5	5	5	5	5	5
Масса п/ф	62	62	62	62	62	62	62

Предварительная подготовка зеленой гречки до внесения в котлетную массу включала этапы промывания, замачивания в воде на 4-6 часов с целью получения проростков и измельчения до однородной массы. Ламинарий сушеный также предварительно промыли холодной водой для удаления песка, загрязнений, затем замочили в воде для набухания и увеличения массы и измельчили.

При дальнейшем изучении контрольного и опытных образцов были использованы общепринятые методы исследований:

- влагосвязывающую способность (ВВС) модельных фаршевых систем определяли методом прессования по Р.Грау и Р.Хамму в модификации В. Воловинской [18];

- влагоудерживающую способность (ВУС) фарша определяли по разности между влагой, содержащейся в мясном фарше, и количеством влаги, отделившейся в процессе термической обработки;

- выход готовых изделий определяли по разности между массой мясных рубленых полуфабрикатов до тепловой обработки и массой готовых кулинарных изделий после тепловой обработки;

- содержания влаги определяли методом высушивания навески до постоянной массы по ГОСТ 9793-74 [19].

Результаты исследований. Функционально-технологические свойства являются одними из важнейших показателей качества мясорастительных полуфабрикатов. Влагосвязывающая (ВСС) и влагоудерживающая (ВУС) способности

обуславливают свойства продукта сохранять в нём заданное рецептурой количество влаги и жира в процессе приготовления. Влагосвязывающая способность характеризует содержание адсорбционной влаги в мясном фарше. От влагосвязывающей способности мясного фарша зависит качество готового продукта, особенно консистенция и выход готовых изделий, где при большей влагосвязывающей способности улучшаются органолептические показатели (сочность готовых изделий).

Влагосвязывающая способность влияет на потерю влаги при кулинарной обработке. Низкая влагоудерживающая способность фарша в технологии мясных рубленых полуфабрикатов приводит к потере мясного сока при кулинарной обработке, что в свою очередь отрицательно сказывается на органолептических показателях и выходе готовых изделий [7]. Ламинария и пророщенная зеленая гречка содержат в своем составе высокомолекулярные вещества (белки, полисахариды и т.д.), которые при тепловой обработке набухают, увеличивая массовую долю влаги в готовых изделиях.

Влагосвязывающая способность опытных образцов мясных фаршей с добавлением растительных компонентов приведена на рисунке 1.

По результатам проведенных исследований установлено, что наибольшее значение влагосвязывающей способности характерно для опытных образцов фаршей № 1, № 2 при замене мясного сырья на растительный компонент (зеленую

гречку) в количестве 20 % и 50 %, соответственно. У остальных опытных образцов фаршей значение влагосвязывающей способности на 10 % выше,

по сравнению с контрольным образцом. Низкая влагосвязывающая способность характерна для контрольного образца – 90 % к общей влаге.

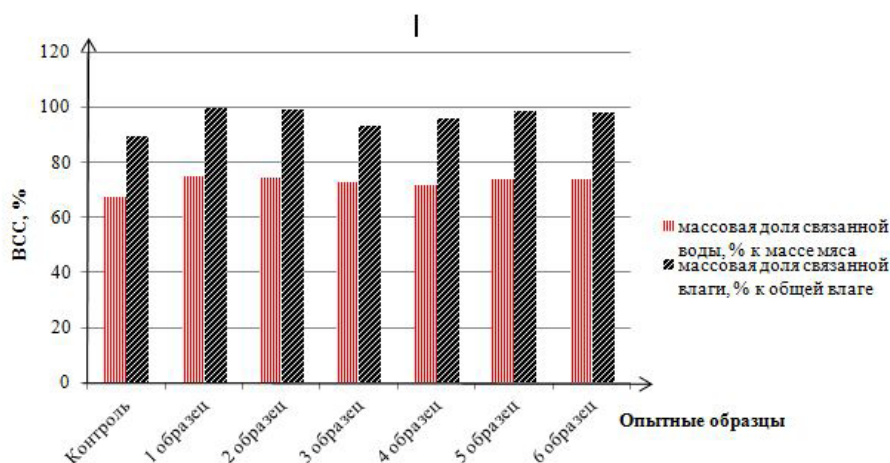


Рисунок 1 – Влагосвязывающая способность опытных образцов мясных фаршей с добавлением растительных компонентов

Положительное действие вносимой зеленой гречки на влагосвязывающую способность мясных фаршей объяснимо ее химическим составом. Зеленая гречка характеризуется высоким содержанием белка и углеводов (в основном крахмала). Известно, что крахмал способен поглощать до 30–70% воды (в расчете на сумму сухого вещества), а белковые вещества – до 180–200%.

Влагоудерживающая способность (ВУС) одновременно зависит от степени взаимодействий

как белков с водой, так и белка с белком, и поэтому от конформации и степени денатурации белка. В связи с этим, тепловая обработка оказывает сильное влияние на влагоудерживающую способность белков, что, в свою очередь, сказывается на массовом выходе готовых изделий.

Влагоудерживающая способность опытных образцов мясных фаршей с добавлением растительных компонентов приведена на рисунке 2.

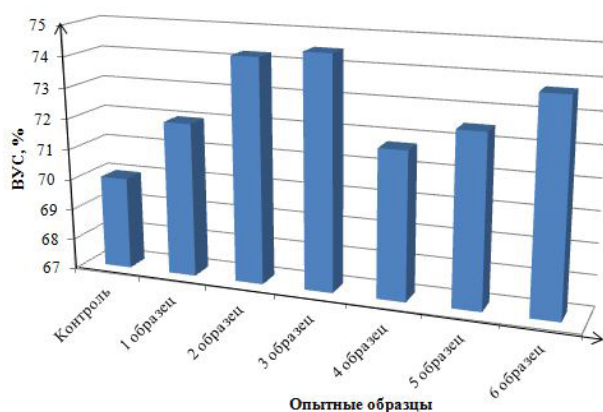


Рисунок 2 – Влагоудерживающая способность опытных образцов мясных фаршей с добавлением растительных компонентов

Анализ данных по определению влагоудерживающей способности показал, что наибольшей влагоудерживающей способностью обладают опытные образцы № 2 (50% зеленой гречки), № 3 (с внесением 20% ламинарии и зеленой гречки) – 74,1 и 74,3 % соответственно. При этом

влагоудерживающая способность данных образцов фаршей по сравнению с контрольным образцом больше на 6,5 %. Остальные образцы с различными соотношениями растительных компонентов также обладали высокой влагоудерживающей способностью – на 4 % больше, по сравнению

с образцом без внесения добавок. Наименьшей влагоудерживающей способностью обладал контрольный образец – 69,8 %.

Массовая доля влаги – один из важных показателей оценки качества мясных рубленых изделий. От массовой доли влаги зависит внешний вид, консистенция, выход и пищевая ценность готовых изделий.

Выход готовых изделий опытных образцов мясных рубленых изделий представлен на рисунке 3.

По результатам проведенных исследований

выявлено, что контрольный образец имеет наименьший выход после тепловой обработки – 70 %. Из данных рисунка 3 видно, что замена мясного сырья на растительные компоненты приводит к увеличению выхода готовых изделий. Наибольший выход у образца №2 (замена мясного сырья на зеленую гречку в количестве 50 %), что на 20 % больше по сравнению с контрольным образцом. У остальных опытных образцов добавление растительных ингредиентов привело к увеличению выхода готовых изделий на 3-15 % по сравнению с контрольным образцом.

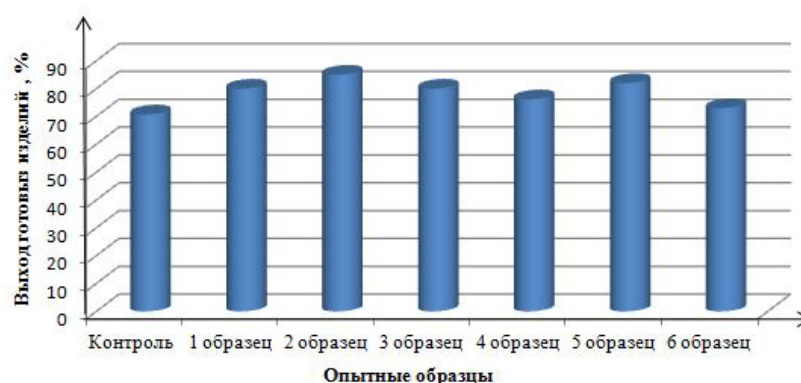


Рисунок 3 – Выход опытных образцов готовых мясных рубленых изделий

Выводы. Исходя из полученных данных можно сделать вывод о том, использование растительных компонентов положительно влияет на функционально-технологические свойства мясных полуфабрикатов, приводя к повышению влагосвязывающей способности фарша, влагоудерживающей способности полуфабрикатов и выхода готовых изделий. Определено, что введение растительного сырья – пророщенной зеленой гречки и ламинарии в мясные рубленые полуфабрикаты приводит к повышению влагоудерживающей и влагосвязывающей способностей мясных фаршей до 7 % по сравнению с контрольным образцом. Установлено, что добавление в мясные рубленые полуфабрикаты выбранных растительных компонентов приводит к увеличению выхода изделий на 3-20 %. Необходимо отметить, что высокие значения исследуемых показателей характерны для образцов с высоким содержанием пророщенной зеленой гречки. Увеличение выхода изделий за счет частичной замены мясного сырья растительным сырьем является эффективным, так как растительное сырье дешевле по себестоимости. Также введение в рецептуру полуфабрикатов выбранных растительных ингредиентов приведет к обогащению готовых мясных изделий растительным белком, клетчаткой, витаминами и макро-, микроэлементами и позволит получить готовые мясные рубленые изделия с высокими органолептическими показателями за счет

повышения сочности изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Шепелев А.Ф., Кожухова О.И., Туров А.С. Товароведение и экспертиза мяса и мясных товаров: учебное пособие. – Ростов-на-Дону: издательский центр «МарТ», 2001. – 192 с.
2. Кондрашова Е.А. Товароведение продовольственных товаров: учебное пособие/ Кондрашова Е.А., Коник Н.В., Пешкова Т.А.. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2007. – 416 с.
3. Шаза Р.И., Касьянов Г.И. Функциональные продукты питания. М.: Колос, 2000. – 238 с.
4. ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2006. – 8 с.
5. Гаврилова Е.В. Растительное сырье в производстве полуфабрикатов мясных рубленых изделий // Сборник научных трудов всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – 2014. – №7(2). – С. 34–37.
6. Ключникова О. В. Растительное сырье в создании мясных продуктов функционального назначения / О.В. Ключникова, Э.А. Скогорева, Н.П. Кожевникова, В.С. Слободяник / Материалы III общероссийского студенческого научного форума. – 2011. – №7. – С.120–120.
7. Чугунова О.В. Влияние порошков из растительного сырья на качество мясных рубленых полуфабрикатов // Известия УрГЭУ. – 2011. –

№2(34). – С.140–145.

8. Вайтанис М.А. Обогащение котлетного фарша растительным сырьем // Ползуновский вестник. – 2012. – №2(2). – С.216–220.

9. Шаскольский В. Проростки источник здоровья / В. Шаскольский, Н. Шаскольский, Н. Шаскольская // Хлебопродукты. – 2005. – №4. – С 56–57.

10. Сарафанова Л.А. Применение пищевых добавок в переработке мяса и рыбы. – СПб.: Профессия, 2007. – 256 с.

11. Гоноцкий В.А., Дубровский Н.В., Дубровская В.И., Красюков Ю.Н. Обогащение рубленых полуфабрикатов из мяса цыплят-бройлеров биологически активными веществами // В центре внимания. – 2012. – №2. – С.20–23.

12. ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. - М.: Стандартинформ, 2006. – 8 с.

13. Рудницкая Ю.И., Березовикова И.П. Пищевая ценность мясных рубленых изделий с добавлением «Муки льняной» // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – №4 (19). – С.42–45.

14. Габдукаева Л.З., Поликомпонентные пищевые продукты с функциональными свойствами Габдукаева Л.З., Никитина Е.В. Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 10. – С. 211–212.

15. Лечебное питание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pitanielife.ru>.

16. Ахмедова Т.П. Функциональные продукты на основе сырья водного происхождения // Журнал «Вестник ОрелГИЭТ». 2013. – №4 (26). – С. 154–157.

17. Калорийность и состав продуктов питания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://calorific.ru>

18. Современные методы анализа мяса и мясопродуктов: учебное пособие/ Э.Ш. Юнусова [и др.]; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2013. – 156 с.

19. ГОСТ 9793-74. Продукты мясные. Методы определения влаги. – М.: Стандартинформ, 2010. – 5 с.

Статья поступила в редакцию 02.09.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 641.561

МЯСНЫЕ ЗРАЗЫ ИЗ КОНИНЫ

© 2018

Бочкарева Зенфира Альбертовна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Пищевые производства»

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: bochkariievaz@mail.ru)

Пчелинцева Ольга Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые производства»

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: pchelincevaon@yandex.ru)

Аннотация. Статья посвящена разработке технологии мясных рубленых зраз из конины с различными фаршами. Разработаны рецептуры на «Зразы с черносливом», «Зразы с грибами Шиитаке», «Зразы с перепелиными яйцами». В настоящее время накоплены многочисленные научные сведения о физико-химических, биологических свойствах конского мяса, свидетельствующие о высокой пищевой ценности этого продукта и подтверждающие возможность его использования в качестве диетического средства. Конина является легкоусвояемым диетическим мясом, содержащим большое количество полноценного белка, оптимально сбалансированного по аминокислотному составу. В статье дана физико-химическая характеристика зраз из конины с различными фаршами. Содержание белка соответствует нормативам для рубленых изделий из конины по ГОСТ 32785–2014 и составляет не менее 14 г на 100 г продукта. Наименьшее количество жиров определено в мясных полуфабрикатах «Зразы с черносливом», т.к. в фарше с черносливом содержится минимальное количество жира. Все разработанные мясные зразы из конины являются биологически ценными изделиями, независимо от состава фарша, т.к. содержат сбалансированный аминокислотный состав без лимитирующих аминокислот. Проведены органолептические исследования готовых изделий, по результатам которых выявлено что все изделия имеют высокие органолептические показатели, самым низким показателем является цвет зраз, за счет более темной окраски конины.

Ключевые слова: конина, зразы, чернослив, грибы «Шиитаке», перепелиные яйца

STUFFED HORSEMEAT

© 2018

Bochkareva Zenfira Albertovna, candidate of technical sciences,
associate professor of the department "Food Production"

Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baidukova/Gagarina St., 1a/11, e-mail: bochkariievaz@mail.ru)

Pchelinceva Olga Nikolaevna, candidate of technical sciences,
associate professor of the department "Food Production"

Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baidukova/Gagarina St., 1a/11, e-mail: pchelincevaon@yandex.ru)

Annotation. The article is devoted to the development of technology of stuffed horsemeat with various stuffing. Developed recipes for "Stuffed horsemeat with prunes", "Stuffed horsemeat with Shiitake mushrooms", "Stuffed horsemeat with quail eggs." At present, numerous scientific data on the physico-chemical and biological properties of horse meat have been accumulated, indicating the high nutritional value of this product and confirming the possibility of its use as a dietary product. Horse meat is easily digestible dietary meat, containing a large amount of high-grade protein, optimally balanced in amino acid composition. The article presents physico-chemical characterization of stuffed horsemeat with different stuffing. The protein content corresponds to the standards for chopped horse meat products according to GOST 32785-2014 and is not less than 14 g per 100 g of product. The smallest amount of fat is determined in meat semi-finished products "Stuffed horse meat with prunes", as in minced meat with prunes contains a minimum amount of fat. All developed stuffed horse meat products are biologically valuable ones, regardless of the composition of minced meat, because they contain a balanced amino acid composition without limiting amino acids. Organoleptic studies of finished products were conducted, according to the results of which it was revealed that all products have high organoleptic characteristics, the lowest indicator is the color of the products, due to the darker staining of horse meat.

Keywords: horse meat, stuffed meat, prune, shiitake mushrooms, quail eggs.

Введение. Для жителей России наиболее характерным является потребление мяса свинины, говядины, конина же считается нетрадиционным видом мяса, который все же имеет свой рынок в нашей стране.

Продуктивное коневодство, которое осущест-

вляется сегодня в России, относится к нетрадиционным видам животноводческого хозяйства. Это сказывается на сравнительно невысоких объемах собственного производства такого вида мяса как конина, особенно по сравнению со свининой или говядиной [1].

Согласно официальной статистике, сегодня в России производится 70 тыс. тонн мяса лошадей в год. По оценкам экспертов, спрос на данное мясо составляет около 110 тыс. тонн. Порядка 80% конины потребляется в тех республиках, жители которых специализируются на разведении лошадей.

Доля импортной продукции является преобладающей на рынке конины в России, экспорт конины из РФ практически отсутствует.

Наряду с этим последние годы охарактеризовались положительной динамикой производства конины, в среднем увеличивая свои темпы производства на 7-8%. При этом отмечается, что преобладающий объем от общего объема производства данной продукции приходится именно на хозяйства населения – приблизительно 70%, около 18% конины производится в сельскохозяйственных организациях, еще 11% приходится на фермерские хозяйства, а также индивидуальных предпринимателей [2].

Первые врачебные рекомендации об использовании конины как диетического продукта относятся к XIX веку. Так, в 1869 году русский врач Г. Архангельский в одной из своих статей писал: «Сохранение человеческой жизни нужно ставить выше сохранения предрассудков. На конину следует смотреть как на драгоценное и дешевое лекарство» [3,4].

В настоящее время накоплены многочисленные научные сведения о физико-химических, биологических свойствах конского мяса, свидетельствующие о высокой пищевой ценности этого продукта и подтверждающие возможность его использования в качестве функционального, диетического средства [5,6,7,8,9,10,11].

Конина является легкоусвояемым диетическим мясом, содержащим большое количество полноценного белка, оптимально сбалансированного по аминокислотному составу. Если говядина полностью переваривается в человеческом организме за 24 часа, то конина всего за три. Конский жир занимает промежуточное положение между животными и растительными жирами и обладает желчегонным действием. Конина понижает содержание в крови холестерина, выступает прекрасным регулятором обмена веществ, применяется при диетотерапии ожирения и поставляет в организм ряд необходимых микроэлементов, витаминов, незаменимых жиров. В конине, в зависимости от возраста, пола и упитанности животных, содержание белка колеблется от 18 до 23%; жира – от 1–2 (при нестандартной упитанности) до 18-20% (в тушах лошадей I категории упитанности). Химический состав мяса лошадей конюшенного содержания в среднем составляет: воды – 74,2%, белка – 21,6%, жира – 2,5% и золы 1%. В конском мясе содержание витамина А достигает 20 мг (в жире), тиамин – 0,07 мг, рибофлавин – 0,1 мг, никотинамида – 4,2 мг. В результате исследований нутриентной адекватности мясного сырья было выявлено, что по жирнокислотному составу конина превосходит говядину из-за высоко-

го содержания ПНЖК и низкого содержания холестерина. Коэффициент жирнокислотной сбалансированности (RLi) $1=1.3$ составляет 0,93, а (RLi) $1=1.6 - 0,87$ [12].

Выбор конины в качестве основного сырья обусловлен диетическими свойствами мяса и имеет особое значение с учетом национальных особенностей населения России в целом. На фоне большого выбора мясной продукции потребитель стремится разнообразить свое питание, пробуя новые продукты [13].

Целью работы является разработка технологии мясных фаршированных рубленых полуфабрикатов из конины.

Для реализации поставленной цели решались следующие **задачи**:

- обосновать выбор сырья для разработки мясных фаршированных рубленых полуфабрикатов с целью повышения их пищевой ценности;
- разработать рецептуры мясных фаршированных рубленых изделий;
- провести с помощью ЭВМ моделирование и оптимизацию рецептур многокомпонентных мясных фаршированных рубленых полуфабрикатов;
- исследовать химический состав, биологическую ценность разработанных полуфабрикатов из конины;
- дать органолептическую оценку фаршированных рубленых полуфабрикатов из конины;
- определить потери при тепловой обработке фаршированных рубленых полуфабрикатов из конины.

Учитывая, что мясо конины достаточно жесткое, поэтому для разработки были выбраны изделия из рубленой массы. С целью усиления диетических свойств продукта в рецептуре котлетной массы для зраз в качестве наполнителя были использованы овсяные хлопья, т.к. разработка фаршированного полуфабриката должна предусматривать меры, исключающие разрушение структуры котлетной массы [14,15,16].

Объектами исследования служат мясные фаршированные рубленые полуфабрикаты из конины, а именно «Зразы с черносливом», «Зразы с грибами Шиитаке», «Зразы с перепелиными яйцами».

Результаты исследования и их обсуждение.

С учетом данных по химическому составу конины и входящих в полуфабрикаты ингредиентов были разработаны рецептуры зраз с различными фаршами. Для обеспечения оптимального набора и соотношения рецептурных ингредиентов было произведено моделирование и оптимизация рецептур многокомпонентных мясных фаршированных рубленых полуфабрикатов с помощью ЭВМ.

Соблюдение физико-химических показателей качества обеспечивает стабильность состава и потребительских свойств продукции. Данные общего химического состава мясных фаршированных рубленых полуфабрикатов из конины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Общий химический состав мясных фаршированных рубленых полуфабрикатов

Показатели, %	Зразы с черносливом	Зразы с грибами Шиитаке	Зразы с перепелиными яйцами
Влага	66,2	67,8	63,4
Белок	14,15	15,4	15,66
Жир	9,61	8,51	11,58
Зола	1,05	1,77	1,0
Углеводы	15,12	27,45	10,0

Из данных таблицы 1 видно, что с изменением фаршей, заметно меняется общее количество пищевых веществ. Значительное количество углеводов содержится в мясных зразях с грибами, так как грибы Шиитаке содержат большое количество углеводов, что заметно сказалось на результате. Наименьшее количество жиров определено в мясных полуфабрикатах «Зразы с черносливом», т.к. в фарше с черносливом содержится минимальное количество жира. Самую высокую влажность имеют полуфабрикаты «Зразы с грибами Шиитаке» и «Зразы с черносливом», это объясняется большей сочностью фаршей. Содержание белка соответствует нормативам для рубленых изделий из конины по ГОСТ 32785–2014 «Продукты из конины» (не менее 14 г на 100 г продукта).

Биологическая ценность – комплекс свойств пищевых продуктов, отражающий степень соответствия их состава потребностям организма в основных биологически активных веществах.

Биологическая ценность белков зависит от следующих факторов: сбалансированный аминокислотный состав, в первую очередь по незаменимым аминокислотам [17]. Аминокислотный состав зраз из конины с различными фаршами представлен на рисунке 1.

Анализ данных по аминокислотному составу рецептур показал, что мясные фаршированные рубленые полуфабрикаты являются биологически ценными изделиями. Лимитирующей аминокислоты не выявилось. Во всех трех рецептурах лизин превосходит все аминокислоты по количеству. Стоит отметить, что количество триптофана и фенилаланина + тирозин тоже достаточно высоко.

Для сравнительного анализа потерь массы при тепловой обработке приготавливались мясные фаршированные рубленые полуфабрикаты из конины, и в качестве сравнения те же самые полуфабрикаты, но с заменой мяса конины на мясо говядины. Наглядно результат показан на рисунке 2.

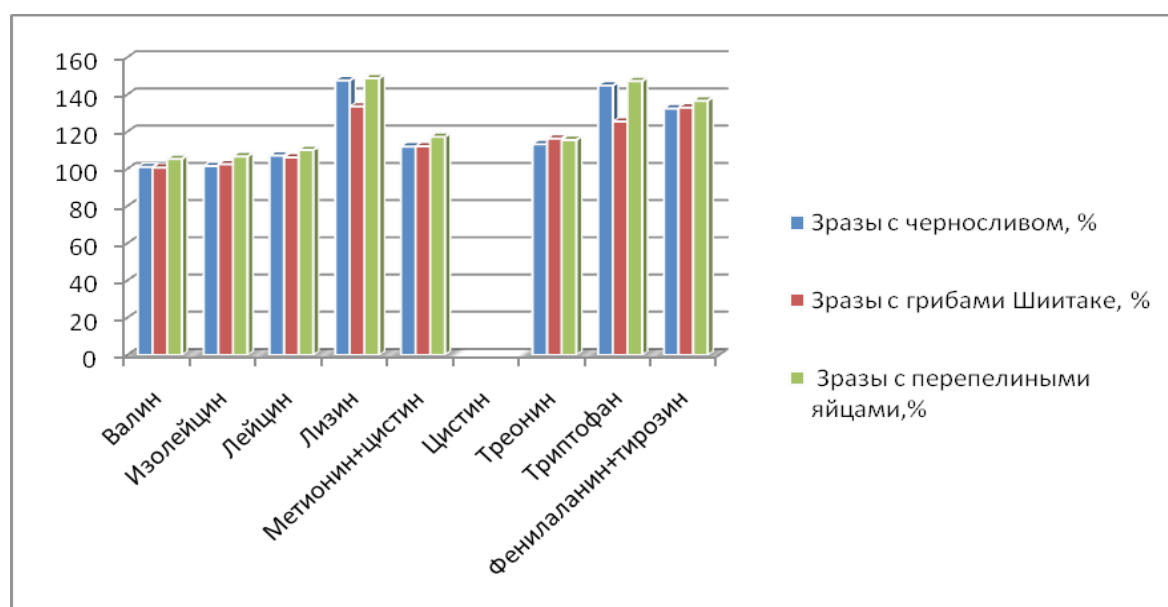


Рисунок 1 – Аминокислотный состав зраз из конины

При использовании мяса конины в качестве мясного сырья по сравнению с мясом говядины ниже на 17-20% (рисунок 2). Возможно это объясняется тем, что конина обладает наибольшей влагосвязывающей способностью за счет высокого содержания белка. Также содержание влаги в мясе конины выше, чем в говядине.

Для отражения полной характеристики мясных рубленых зраз из конины проведена оценка их по органолептическим показателям. Важным показателем для фаршированных изделий является сохранность формы при тепловой обработке. Готовые изделия хорошо сохраняют форму.

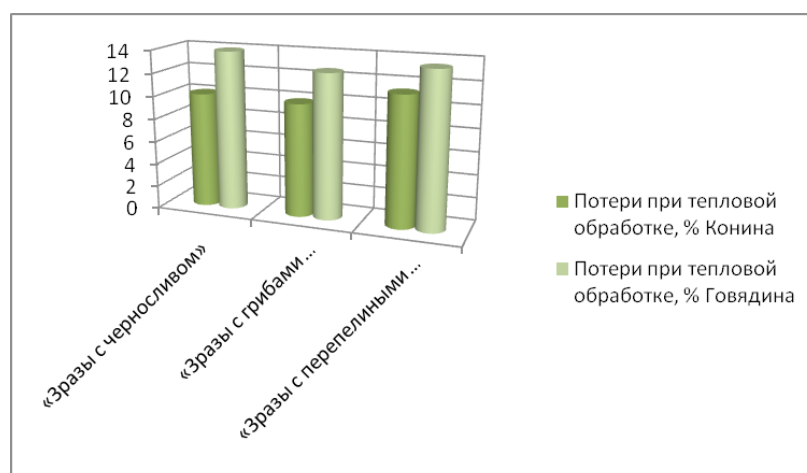


Рисунок 2 – Сравнительный анализ потерь массы при тепловой обработке зраз из конины

Анализ результатов органолептической оценки позволил установить, что наименьшие баллы получили зразы за цвет, т.к. цвет зраз после обжарки получается темным. Это объясняется высоким содержанием миоглобина в мясе лошади, оно является темноокрашенным, по сравнению с мясом говядины. Высокий балл за сочность получили мясные изделия «Зразы с грибами Шиитаке» за счет содержа-

ния в них грибов и пассерованного лука с высокой влажностью. В целом изделия получили высокие баллы, но стоит отметить, что по количеству баллов лидируют мясные изделия «Зразы мясные с перепелиными яйцами».

Органолептическая оценка схематично представлена на рисунке 3.

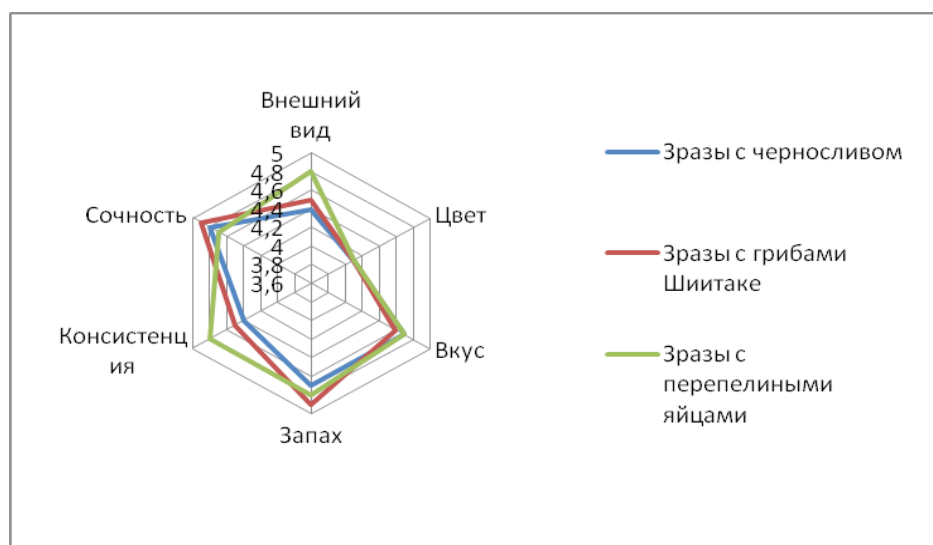


Рисунок 3 – Органолептическая оценка зраз из конины

Вывод. Разработанную технологию и рецептуры фаршированных полуфабрикатов рекомендуется использовать в производстве продуктов на предприятиях пищевой промышленности и заготовочных предприятиях общественного питания. Выпуск данных полуфабрикатов обеспечит расширение ассортимента мясных рубленых продуктов диетического питания повышенной биологической ценности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Большаков А.С., Тулеуов Е.Т., Амирханов К.Ж. и др. Производство мясopодуkтов из конины

// Обзорная информация. М: АгроНИИТЭИММП. 1988. 33 с. (Серия мясная промышленность).

2. Производители конины получают господдержку. – Крестьянские ведомости: газета агробизнеса [Электронный ресурс] – URL: <http://kvedomosti.ru/news/133208.html> (дата обращения: 30.08.2018).

3. Устинова А.В. Мясные полуфабрикаты из конины / А.В. Устинова, Т. М. Гиро, Н.Е. Белякина, И.К. Морозкина // Мясные технологии. – 2007. – № 11. – С. 52–55.

4. Ооржак Е. Ш. Мясная продуктивность и качество мяса лошадей различных природно-кли-

- матических зон Республики Тыва: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.04 / Ооржак Е. Ш. – Кызыл, 2007. – 116 с.
5. Рскелдиев Б.А., Байболова Л.К., Жумалиева Г.Б. Разработка технологии диетических продуктов из конского мяса // Научно-практическая и методическая конференция, посвященная 30-летию института: Тезисы докл. – Алматы, 1996. – С. 137–138.
6. Абильмажинова Н.К. Исследование качественных показателей мясных полуфабрикатов из конины с использованием антиоксиданта / Н.К. Абильмажинова, Ш.А. Абжанова, А.М. Таева // Естественные и технические науки: опыт, проблемы, перспективы: Ставрополь, центр научного знания «Логос» . – 2015. – №1. – С 3–7.
7. Карпунина Л.И. Разработка комбинированных мясных рубленых полуфабрикатов функционального назначения Л.И. Карпунина, С.В. Кочнева // Пищевые инновации и биотехнологии: сб. мат. – Кемерово, Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2015. – С. 309–310.
8. Байболова Л.К. Разработка технологии фаршированных изделий из конины с использованием белковых обогатителей: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.18.04.– Казахстан, Семипалатинск. 1998. – 19 с.
9. Муслимова Б.М. Исследование биохимических свойств мяса конины, используемых в национальных мясных продуктах: магистерская диссертация. – Павлодар, 2008. – 95 с.
10. Зубаирова Л. А. Изучение свойств и совершенствование технологии переработки конины в получении диетических продуктов : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.18.04: 05.18.07 / Л. А. Зубаирова; [Воронеж. гос. технол. акад.]. – Воронеж, 2005. – 23 с.
11. Колесникова И.С. Совершенствование технологии ветчинных изделий из конины. автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.18.04 / Колесникова И.С. – Улан-Удэ: Восточно – Сибирский государственный университет технологий и управления. – 2016. – 20 с.
12. Болешенко О.П. Разработка рубленых полуфабрикатов из конины для функционального назначения: диссертация ... кандидата технических наук: 05.18.04 Москва, 2006. – 136 с.
13. Бочкарева, З.А. Разработка технологий функциональных пищевых продуктов из рубленого мяса с продуктами переработки зерна: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.18.15 / Бочкарева З.А. – М. 2006. – 24 с.
14. Шленская Т. В. Использование овсяных хлопьев в производстве изделий из мясной рубленой массы / Т. В. Шленская, З.А. Бочкарева, Н. М. Шленская // Хранение и переработка сельхозсырья: науч.-теорет. журнал. – 2010. – № 1. – С. 48–50.
15. Шленская Т. В. Использование овсяных хлопьев при производстве мясных рубленых полуфабрикатов / Т. В. Шленская, З.А. Бочкарева, // Мясные технологии. – 2008. – № 1. – С. 40.
16. Бочкарева, З.А. Качественная характеристика мясорастительных фаршированных изделий: Инновационная техника и технология. – Пенза. 2015. – № 3(4). – С. 13–16.
17. Урбисинев Ж.К. Аминокислотный состав конины до и после термической обработки. Вопросы питания, 1984, № 1. – С. 73–76.

Статья поступила в редакцию 12.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 664.951

РЫБНЫЕ ФОРМОВАННЫЕ ИЗДЕЛИЯ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ

© 2018

Асфондырова Ирина Владимировна, кандидат технических наук, доцент,
доцент Высшей школы сервиса и торговли

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(194064, Россия, г. Санкт-Петербург, улица Политехническая, 29, e-mail: ririna25@mail.ru)

Демченко Вера Артемовна, кандидат технических наук, старший преподаватель
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики

(191002, Россия, г. Санкт-Петербург, улица Ломоносова, 9, e-mail: dem8484@gmail.com)

Кучерявенко Маргарита Андреевна, магистрант

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(194064, Россия, г. Санкт-Петербург, улица Политехническая, 29, e-mail: ririna25@mail.ru)

Аннотация. В статье изложен анализ рынка основных промысловых рыб; представлены актуальные проблемы и задачи, стоящие перед агропромышленным комплексом страны; рассмотрен современный ассортимент и состав рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий; показана необходимость совершенствования технологии производства пищевых продуктов, в том числе и на основе рыбного фарша. Приведены разработки ученых по созданию новых обогащенных рыбных фаршевых продуктов соевой и рисовой крупями, грецким орехом, подсолнечником, топинамбуром, лактулозой, морской капустой, высокоминерализованной добавкой на основе вторичного сырья. В качестве основного рыбного сырья выбрано семейство тресковых, рассмотрен их химический состав. Обогащающей добавкой стала киноа, которая вносилась в котлеты из минтая в разных количествах: 10, 15, 20 и 25 процентов. В статье показаны полезные свойства киноа и результаты исследования полуфабрикатов из исходного сырья и повышенной пищевой ценности по органолептическим показателям качества: внешний вид, вид на разрезе, консистенция, вкус и запах. Органолептический анализ проводился согласно пятибалльной шкалы по четырем уровням качества, в результате которого определили оптимальное содержание обогащающей добавки в рыбных котлетах из минтая 20 процентов.

Ключевые слова: рыбные формованные изделия, тресковые, химический состав, минтай, киноа, пищевая ценность, фарши, ассортимент, полуфабрикаты, кулинарные изделия, обогащающие компоненты, высокоминерализованная добавка, котлеты, органолептическая оценка

FISH FOOD PRODUCTS OF HIGH FOOD VALUES

© 2018

Asfondyarova Irina Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor
of the Higher School of Service and Trade

St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(194064, Russia, St. Petersburg, Polytechnic St., 29, e-mail: ririna25@mail.ru)

Demchenko Vera Artemovna, candidate of technical Sciences, senior lecturer
St. Petersburg National Research University

Information technologies, mechanics and optics
(191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov St., 9, e-mail: dem8484@gmail.com)

Kucheryavenko Margarita Andreevna, graduate student

St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(194064, Russia, St. Petersburg, Polytechnic St., 29, e-mail: ririna25@mail.ru)

Abstract. In the article the analysis of the market of the main commercial fishes is presented; present urgent problems and challenges facing the country's agro-industrial complex; Considered the modern assortment and composition of fish semi-finished products and culinary products; the need to improve the technology of food production, including on the basis of minced fish, is shown. The scientists have developed the development of new enriched fish minced products with soy and rice cereals, walnut, sunflower, Jerusalem artichoke, lactulose, sea cabbage, highly mineralized additive based on secondary raw materials. As the main fish raw material, a family of cod products was selected, their chemical composition was examined. Enriching additive was kinoa, which was introduced into cutlets from pollock in different quantities: 10, 15, 20 and 25 percent. The article shows useful properties of fish and the results of research of semi-finished products from raw materials and increased nutritional value for organoleptic quality indicators: appearance, cross-sectional view, consistency, taste and smell. The organoleptic analysis was carried out according to a five-point scale in four quality levels, as a result of which the optimum content of the enriching additive in fish cutlets from pollock 20 percent

Keywords: fish moldings, cod, chemical composition, pollock, kinoa, food value, stuffing, assortment, semi-finished products, culinary products, enriching ingredients, highly mineralized additive, cutlets, organoleptic evaluation

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. Современный ритм жизни людей требует соответствующих инновационных продуктов, которые позволили бы сохранить оптимальный баланс как внутри, так и вне организма человека [1].

Главной задачей, как добывающей отрасли рыбного хозяйства, так и перерабатывающих предприятий является снабжение населения белковыми продуктами питания высокого качества в необходимом количестве и по доступным ценам. Для реализации концепции государственной политики России в области здорового питания необходимо решить множество вопросов, один из которых – создание нового поколения отечественных пищевых продуктов, в том числе и рыбных, обогащенных биологически активными веществами. Разработка и применение новых технологий, позволяющих изменять химический состав рыбопродуктов, целенаправленно повышать их пищевую ценность, формировать новые свойства является актуальной задачей науки и практики [2].

За последние годы наибольшее развитие получает производство рыбных полуфабрикатов, которые при высоких вкусовых достоинствах являются в основном готовой продукцией, не требующей трудоемкого процесса разделки рыбы. Эта продукция после несложной кулинарной обработки может быть быстро подготовлена к употреблению в пищу. Изготовление рыбных полуфабрикатов позволяет более рационально использовать рыбное сырье по сравнению с реализацией рыбы в неразделанном охлажденном или замороженном виде. Предпочтительнее использовать рыбное сырье, при переработке которого получается до 50-55% вторичного сырья. При централизованном производстве полуфабрикатов и кулинарных изделий вторичное сырье используют для приготовления различной кулинарной продукции. Наряду с выработкой традиционных полуфабрикатов и кулинарных изделий все шире развивается производство новых белковых продуктов-полуфабрикатов: рыбных белковых концентратов, сухих рыбных супов, гидролизатов и др.

Потребители замороженных полуфабрикатов в регионах отдают предпочтение чаще всего местным производителям, которые предлагают более дешевую продукцию. Жители в мегаполисах уделяют больше внимания качеству продукции, их потребительские предпочтения склоняются к продуктам с низким содержанием калорий и продуктам быстрого приготовления, а рыбные полуфабрикаты отвечают этим требованиям. Кроме того, финансовое положение потребителей в мегаполисах позволяет приобретать более дорогую продукцию.

Российский рынок рыбных замороженных полуфабрикатов имеет хорошие тенденции к росту.

Положительная динамика сегмента готовых блюд, темпы роста которого составляют 20-25% в год, а также высокий уровень привлекательности этой продукции для потребителя позволят рыбным замороженным полуфабрикатам оставаться востребованными. Востребованность будут поддерживать актуальные для современного потребителя свойства продукта: длительный срок хранения, отсутствие консервантов и других вредных веществ. Также увеличению спроса на данную продукцию будут способствовать рост численности населения мегаполисов и количества работающих женщин.

Анализ последних исследований. Наиболее перспективным направлением в обеспечении населения высококачественной продукцией является производство продукта на основе рыбного фарша, так как технология изготовления фаршевых изделий позволяет рационально и комплексно использовать различные объекты промысла. А введение разнообразных добавок в фарш дает возможность повысить как его пищевую ценность, так и улучшить вкус, аромат и структуру готовых продуктов.

Надо отметить, что мировое рыбное производство за последнее время постоянно увеличивает объем продукции на основе рыбного фарша, поэтому актуально продолжать совершенствование теории и практики в данной области. Измельченная мышечная ткань рыбопродуктов позволяет моделировать состав и свойства готовых изделий, проектировать аналоговые, структурированные, биотрансформированные и другие композиции на натуральной белковой основе. Разработки должны базироваться на современных методах исследования свойств мышечных белков, а также пищевых добавок, изучении влияния факторов технологии на свойства конечных поликомпонентных композиций [3, 4].

В качестве основного сырья для производства рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий используют разные виды рыб: сельдь; треску, минтай, налим, путассу; горбушу, кету; лосося; щуку; скумбрию; палтус и морепродукты: креветки, кальмары, гребешки и другие.

Самая популярная рыба в России – сельдь, на втором месте – треска, третье место занимает минтай, который из-за невысокой цены вплотную подходит к первым двум лидерам потребления. За ними следуют тихоокеанские лососи – горбуша и кета.

Вылавливаемые в российских морях сельдь, лосось, горбуша и кета поступают на внутренний рынок, 60–70% улова минтая отправляют на экспорт. Таким образом, по данным Росстата и Минсельхоза, в настоящее время на внутреннем рынке России находится до 78% рыбы отечественного производства. Развитию внутреннего рынка способствовал запрет, введенный нашей страной

в отношении продукции ряда государств в ответ на западные санкции в 2014 году. До начала санкционного периода объем рыбного импорта в России достигал 1 млн. тонн в год. В 2016 году этот показатель упал до 450 тыс., что отразилось на покупательской способности. Так россияне стали больше покупать отечественные продукты, чем зарубежные.

При всех положительных сдвигах в российской рыбной отрасли количество проблем все же остается немалым. В первую очередь это касается транспортировки и логистики. В России примерно 70% вылавливаемой рыбы (3 млн тонн) приходится на Дальний Восток. При этом большая часть населения проживает в европейской части страны. Соответственно, процесс доставки товаров от поставщиков сырья до потребителей долгий, сложный и не до конца отлаженный. Речь идет о несовершенной приемке рыбы в портах, нехватке мощностей по переработке и хранению, а также специализированных хабов по перегрузке на наземный транспорт – в железнодорожные составы, многие из которых много лет не обновлялись и не снабжены качественными рефрижераторами.

Кроме того, продавцы занимаются ценовой манипуляцией. Например, килограмм минтая оптом на Дальнем Востоке стоит в 3 – 4 раза меньше, чем в городском магазине в рознице, таким образом, конечная стоимость рыбы зачастую повышается необоснованно [5].

В состав большинства выпускаемых формованных изделий кроме основного рыбного фарша входят дополнительные компоненты: яйцопродукты, мука пшеничная или соевая, соль, пряности, растительные волокна, репчатый лук, крахмал и панировка (сухари панировочные, мука пшеничная, соль, паприка). В некоторые рыбные изделия вносят также молочные продукты, картофель, брокколи, морскую капусту, консерванты, усилитель вкуса (глутамат натрия).

Современный ассортимент рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий на потребительском рынке представлен такими позициями как филе и стейки, фарши; котлеты, наггетсы, рыбные палочки, треугольники, бургеры, ромбики, пельмени, зразы следующих производителей ООО «Вичюнай-Русь», Калининградская область; ООО «Дельфин», г. Владивосток; ООО «Полар Сифуд Раша», г. Москва; ООО «Сызранский рыбокомбинат», Самарская область; ООО «ТД ГК Айсвел»; ООО «БалтКо-Нева», г. Санкт-Петербург; ООО «Территория-Дальний Восток», г. Москва и другие.

Несмотря на ассортимент и опыт производства полуфабрикатов и кулинарных изделий, их повсеместное производство остается проблематичным. В современных условиях необходимы дополнительные научно-информационные сведения о свойствах и функциональности наиболее распространенных

видов рыб, вторичных продуктов их переработки, возможностях создания комбинированных и имитирующих, продуктов различных технологических форм.

В настоящее время учеными ведутся разработки по улучшению качества, повышению пищевой и биологической ценности рыбной продукции, стараясь максимально сохранить их вкусовые особенности. Таким образом, производство рыбных полуфабрикатов представляет собой крупную специализированную отрасль, имеющую перспективную программу развития, как в нашей стране, так и за рубежом [6].

В качестве обогащающих компонентов рыбных полуфабрикатов используют различное растительное сырье.

Фирмой «Могунция» разработана полифункциональная добавка – «ВИТАЦЕЛЬ», полученная из колосистой части пшеницы термомеханическим способом и содержащая балластных веществ до 98%. Внесение данной добавки позволяет снизить риск таких заболеваний, как рак толстой кишки, ожирение, диабет, сосудистые заболевания [7].

Известно, что использование продуктов переработки соевого и рисового зерна способствует улучшению структурно-механических и реологических характеристик как рыбного сырья, так и рыбных фаршей, обогащению их химического состава [8, 9].

Для улучшения жирно-кислотного состава учеными предложены также композиционные основы из ядер грецкого ореха и семян подсолнечника в определенной пропорции. Их совместное применение позволяет получить продукт высокой пищевой ценности, который можно рекомендовать для включения в рационы здорового питания различных групп населения [10].

С целью получения высокоминерализованных рыбных вносят топинамбур в порошкообразном виде [11].

При лечении печеночной энцефалопатии, печеночной комы, хронических запоров, непереносимости к белку, цирроза печени можно добавлять лактулозу к рыбному фаршу, которая в отличие от многих других пребиотиков, имеет лечебно-профилактическую ценность и стимулирует количественный рост собственной микрофлоры [12].

Для предупреждения йоддефицитных заболеваний, одним из эффективных вариантов, является обогащение йодом из морской капусты продуктов массового потребления, в том числе рыбных полуфабрикатов до уровня, соответствующего физиологическим потребностям организма [13].

В последнее время приобретают популярность СО₂-экстракты, полученные из отечественного пряно-ароматического сырья и лекарственных ингредиентов: гвоздики, горчицы, укропа, тми-

на, розмарина и других. Они улучшают вкусоароматическую гамму фаршевой рыбной продукции и обладают высокими антиоксидантными свойствами [14, 15].

Однако продукты повышенной пищевой ценности в розничной торговле представлены мало, лишь такие товары найдены в магазине «Призма». Например, «Мерлуза *Vici* Аргентинская в нежном кляре» (743р.), «Палочки рыбные с сыром и грибами *Vici* в панировке замороженные» (564р.), «Филе тресковых рыб *VICI* с грибным соусом (796р.)», «Филе *VICI* рыбные порции с семенами (623р.)». Больше рыбной продукции функциональной направленности можно найти в интернет-магазинах, но они отличаются достаточно высокими ценами [16].

Формирование целей. Исходя из выше сказанного, цель исследования – обосновать выбор основного рыбного сырья и обогащающего компонента для создания формованной продукции повышенной пищевой ценности; определить оптимальное его количество в рецептуре; провести орга-

нолептическую оценку качества полученной новой продукции.

Для создания нового формованного фаршевого продукта повышенной пищевой ценности, необходимо выявить потребительские предпочтения методом социологического опроса, в результате которого свой выбор остановили на семействе тресковых [17].

Тресковые — семейство отряда трескообразных, обитающих преимущественно в пресных и соленых водоемах северной части Атлантического океана. К основным промысловым видам относят треску, минтай, хек, сайду, пикшу, мерлузу, путассу, навагу, сайку и налим, выход мяса которых в среднем составляет более 50% от общей массы.

Химический состав мяса тресковых характеризуется низким содержанием жира, у большинства рыб этого семейства он составляет менее 1% и только у наваги и хека на долю жира приходится в среднем 1,6 и 2,8%. Среднее содержание сырого протеина в мясе большинства представителей семейства тресковых составляет около 18%, что видно из таблицы 1 [18].

Таблица 1 – Химический состав рыб семейства тресковых

Вид рыбы	Содержание в %			
	Влага	Жир	Белок	Зола
Налим	79,5 — 81,5	0,6 — 1,2	16,8 — 19,2	1,0 — 1,9
Атлантическая треска	78,2 — 82,6	0,1 — 0,8	16,5 — 20,7	1,0 — 1,2
Пикша	79,1 — 81,7	0,1 — 1,2	15,4 — 19,6	1,0 — 1,2
Сайда	77,4 — 81,6	0,2 — 1,0	17,4 — 19,3	1,3 — 2,0
Минтай	83,3 — 83,7	0,2 — 0,4	14,4 — 14,8	1,0 — 1,2
Хек	79,0 — 79,2	2,4 — 2,8	16,6 — 16,8	1,1 — 1,3
Путассу	78,1 — 81,2	1,5 — 1,7	18,4 — 19,5	1,0 — 1,1
Навага	80,0 — 82,0	1,1 — 1,6	16,0 — 18,0	1,0 — 1,5

Проанализировав химический состав рыб семейства тресковых, в качестве основного сырья выбран минтай по нескольким причинам. Во-первых, минтай – рыба самая многочисленная, имеющая наибольшее промысловое значение из тресковых; во-вторых, из нее можно приготовить большое количество разнообразных блюд; в-третьих – является диетической рыбой из-за малого содержания жира, а также имеет много метионина, который способствует нормальному обмену холестерина, (т. е. предохраняет от развития атеросклероза); в - четвертых, по сравнению с другими представителями тресковых рыб, имеет меньшее содержание белка.

Изложение основного материала исследования. Для повышения пищевой ценности рыбной продукции в настоящее время используют большое количество добавок. Нами проведено много исследований о возможности использования высокоминерализованной добавки (ВМД) для производства разных рыбных продуктов повышенной пищевой ценности: фаршей, масел, хлебцев, колбас, салатов и других кулинарных изделий и полуфабрикатов. Так как вторичные продукты от разделки рыб (головы, хребты,

плавники) содержат полиненасыщенные жирные кислоты с тремя-шестью и более двойными связями, а в головной части находится довольно значительное количество фосфолипидов [19, 20]. ВМД изготавливали путем уваривания и последующего измельчения вторичного сырья, полученного при переработке лососевых рыб.

Обогащающей добавкой для создания формованной рыбной продукции и улучшения органолептических показателей стала киноа, родиной которой считают берега озера Титикака, где она растет в виде высоких кустов. Семена киноа напоминают зернышки гречки разного цвета (белого, красного, коричневого и черного), который зависит от сорта.

Надо отметить, что поверхность семени киноа покрыто горькой оболочкой, содержащей сапонины, защищающие растение от грызунов и прочих вредителей. Благодаря чему, выращиванию киноа практически ничего не угрожает, и урожайность его почти всегда высока. Горькие вещества необходимо удалить перед приготовлением продукта путем тщательной промывки семян киноа в чистой воде.

Несмотря на то, что киноа не является зерновой культурой, используют семена киноа в качестве

зерна. Готовят киноа варкой в соленой воде в течение 15 минут. Семена киноа после варки становятся прозрачными и увеличиваются в объеме в 4 раза. Они обладают нежным привкусом орехов и приятной зернистой структурой. Киноа отлично подходит для различных салатов и начинок, а также полноценно заменяет рис в плове и булгур. Как всякая здоровая пища, киноа в последнее время приобретает огромную популярность, и входит в состав изысканных блюд в самых дорогих ресторанах мира.

Киноа имеет два очень важных преимущества – высокое содержание белка, который содержит основной набор аминокислот, необходимых человеческому организму и абсолютное отсутствие глютена. Это делает киноа незаменимым продуктом для тех, кто не переносит клейковину, а также для беременных женщин, детей и людей, занимающихся тяжелым физическим или умственным трудом. Кроме того, киноа богата витаминами: А, В1, В2, В3, В5, В6, В9, С, Е и минералами: железо, калий, кальций, магний, марганец, медь, натрий, селен, фосфор, цинк. Простота выращивания и отсутствие вредителей делает киноа растением, которое обладает огромным потенциалом для стран, испытывающих продовольственные проблемы.

Исходя из выше сказанного, были разработаны

рецептуры рыбных формованных фаршевых изделий в виде котлет из минтая с добавлением киноа в количестве 10, 15, 20 и 25%, что в свою очередь стали объектами исследования 1, 2, 3, 4 и 5, соответственно. В качестве вспомогательного сырья использовали яйцо, соль, черный перец и пшеничную муку для обжарки котлет.

Органолептическую оценку проводили по пятибалльной шкале с учетом коэффициентов весомости (по внешнему виду, цвету, консистенции, вкусу и запаху) по 4-м уровням качества: 100–81 – отличного, 80–61 – хорошего, 60–41 – удовлетворительного, 40 и ниже – неудовлетворительного.

Внешний вид и цвет котлет оценивали как в сыром, так и в готовом виде визуально, при этом обращали внимание на однородность и равномерность измельченной массы.

Консистенцию определяли при легком нажатии шпателем на изделие.

Запах определяли как в сыром, так и в готовом виде на поперечном разрезе.

Вкус полученной продукции после обжаривания определяли разжевыванием.

Органолептическая оценка котлет из минтая с внесением разного количества киноа представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты органолептической оценки рыбных котлет

Показатели	Коэффициент весомости	Образцы котлет				
		Минтай (образец 1)	Минтай +10% киноа (образец 2)	Минтай +15 % киноа (образец 3)	Минтай +20 % киноа (образец 4)	Минтай +25% киноа (образец 5)
Внешний вид	3	4,2	4,2	4,5	5,0	3,9
Вид на разрезе	3	4,2	4,2	4,5	4,9	3,9
Консистенция	4	4,0	4,0	4,2	4,5	3,5
Вкус	5	4,0	4,1	4,5	5,0	3,9
Запах	5	3,9	4,0	4,8	5,0	4,7
ИТОГО баллов	20	80,7	81,7	90,3	97,7	80,4

Как видно из таблицы 2 котлеты из минтая без внесения киноа имели хороший уровень качества — 80,7 баллов. Образец 1 отличался приятным вкусом и запахом, суховатой консистенцией, бледной поверхностью.

Образцы 2 и 3 имели отличный уровень качества, 81,7 и 90,3 балла, соответственно. Котлеты имели приятный внешний вид и запах, своеобразный приятный вкус с легким привкусом горчинки, которая не снижала общее впечатление о продукции, менее сухую консистенцию, чем котлеты без внесения добавки. После охлаждения котлет, консистенция их была несколько рассыпчатая, но не сухая.

Образец 4 отличался гармоничным приятным вкусом и запахом, светло-коричневым цветом поверхности после обжарки, поэтому рыбные котлеты с внесением киноа в количестве 20% получил отличный уровень качества и максимальную общую оценку – 97,7 балла.

Котлеты из минтая с добавлением киноа 30% имели хороший уровень качества 80,4 балла. Баллы были снижены по всем показателям. Образец 5 имел крошащуюся консистенцию, крупинчатость на разрезе и во вкусе котлеты, выраженную горчинку.

Выводы. По итогам проведенного исследования обоснован выбор основного рыбного сырья и обогащающего компонента для возможности создания формованной продукции повышенной пищевой ценности и улучшения органолептических показателей качества; установлено оптимальное количество киноа в рецептуре котлет из минтая – 20%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Сагайдаковская Е.С., Кучерявенко М.А. Анализ инноваций, представленных в сегменте мясных и рыбных полуфабрикатов // Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли: сб. труд. научно-

- практической и учебной конференции. Ч. 3. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. С. 362–366.
2. Шевченко В.В., Асфондьярова И.В. Повышение пищевой ценности комбинированной рыбо-морепродукции функционального назначения // *Материалы 14-ой Международной практической конференции «Функциональные липиды и здоровое питание: наука, технологии, бизнес» (27-29 октября 2014 г.)* СПб.: СПбГГТУ, 2015. С.78–82.
3. Шевченко В.В., Асфондьярова И.В., Веселов, Н.В. Развитие современной переработки рыбо- и морепродуктов на базе передовых технологий // *Научная школа семинар для молодых ученых «Качество и безопасность продукции: проблемы и пути решения» (4-5 декабря 2014 г.)* СПб: Изд-во «ЛЕМА», 2014. С.70–72.
4. Рябиничева И.В. Качество формованной фаршевой рыбной продукции в зависимости от технологии производства и условий хранения / *Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербург, 2004.*
5. Макеев Н. Рыба дороже, чем мясо // *Московский комсомолец №27327 от 17.02.2017.*
6. Касьянов Г.И. Перспективы совершенствования технологии мясных и рыбных продуктов URL: <http://krkgi.ru/sb120303.pdf> (дата обращения: 17.05.2018).
7. Дворянинова О.П., Соколов А.В., Спиридонова М.В. Инновационный потенциал развития рыбной отрасли: пищевые добавки и ингредиенты // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания, № 4, 2016.*
8. Доценко С.М., Скрипко О.В., Стаценко Е.С. Кулинарные изделия на основе рыбного комбинированного фарша // *Известия ВУЗов. Пищевая технология, № 1, 2006.*
9. Каравай Л.В., Левочкина Л.В. Использование рисовых продуктов для улучшения структуры рыбных изделий / *Известия ТИНРО, 2006. Том 147. – С. 361–367.*
10. Попова Н.Н., Столбовских Л.И. Разработка рыбных рубленых полуфабрикатов сбалансированного жирнокислотного состава // *Сервис в России и за рубежом, 2013. – С. 30–37.*
11. Потапова В.А., Мезенова О.Я. Разработка технологии функциональной продукции на основе растительного и рыбного сырья // *Известия ТИНРО. 2016, Том 187. С. 254–260.*
12. Ярцева Н.В., Долганова Н.В. Изучение органолептических и технологических свойств котлет из рыбных фаршей с добавлением лактулозы / *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство, 2010. – С. 125–129.*
13. Шевченко В.В., Асфондьярова И.В., Демченко В.А., Рыбалова Н.Б. Фарш из морепродуктов повышенной биологической ценности // *Известия Санкт-Петербургского аграрного университета. – 2017. – №1 (46). – С.129–13*
14. Касьянов Г.И., Деревенко В.В., Франко Е.П. Технология переработки плодов и семян бахчевых культур. – Краснодар: Экоинвест, 2010. – 148 с.
15. Васильева А.Г., Касьянов Г.И., Деревенко В.В. Комплексное использование тыквы и ее семян в пищевых технологиях. – Краснодар: КубГТУ, 2010. – 144 с.
16. Кучерявенко М.А. Рыбные формованные полуфабрикаты функционального назначения // *Сборник научных статей, материалы 3-й Международной научно-практической конференции «Технологии производства пищевых продуктов питания и экспертиза товаров» (5 апреля 2018).* Юго-Зап. гос. ун-т, ЗАО «Университетская книга», Курск, 2018. С. 105–110.
17. Асфондьярова И.В., Кучерявенко М.А. Маркетинговые исследования потребительских предпочтений в сегменте рынка рыбных полуфабрикатов Санкт-Петербурга // *Сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (23-24 марта 2018).* Колומна, Государственный социально-гуманитарный университет, 2018. С.231–234.
18. Уитон Ф.У., Лосон Т.Б. Производство продуктов питания из океанических ресурсов: в 2-х томах, т.1 / *Перев. с англ. Н.В. Трухина, Г.И. Карнаухова. – М.: Агропромиздат, 1989. 350 с.*
19. Шевченко В.В., Корчинский В.Е., Рябиничева И.В. Влияние исходного сырья на пищевую ценность и лечебно-профилактические свойства рыбного фарша // *Потребительский рынок: качество и безопасность товаров и услуг: Материалы международной научно-практической конференции. Орел. – 2001. – С. 302–304.*
20. Шевченко В.В., Жуков Д.Ю. Рыбные фарши повышенной биологической ценности // *Продукты-ингредиенты, 2005. – №1 (10). С.31–32.*

Статья поступила в редакцию 03.09.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 339.138:664.849(045)

МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ В ОТНОШЕНИИ ТОМАТНЫХ СОУСОВ

© 2018

Аверьянова Елена Витальевна, кандидат химических наук, доцент

Бийский технологический институт (филиал)

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

(659305, Россия, Алтайский край, г. Бийск, улица имени Героя Советского Союза Трофимова, 27,

e-mail: lena@bti.secna.ru)

Неверова Анастасия Юрьевна, магистрант

Бийский технологический институт (филиал)

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

(659305, Россия, Алтайский край, г. Бийск, улица имени Героя Советского Союза Трофимова, 27,

e-mail: Lyubyatinskaya@mail.ru)

Аннотация. В статье приведены результаты маркетингового исследования по выявлению потребительских предпочтений в выборе томатных соусов, представленных на региональном рынке города Бийска. В рамках исследования проведен сбор первичной социологической информации, подготовка данной информации к обработке, анализ обработанной информации и формирование выводов. Проблема сохранения здоровья населения России в настоящее время тесно связана с необходимостью создания на научной основе полноценных и здоровых пищевых продуктов общего и специального назначения, являющихся неотъемлемой частью ежедневного рациона человека. В этой связи, консервированные томатные продукты занимают одно из ведущих мест в ассортименте плодоовощных консервов. Они являются основным компонентом овощных закусочных, обеденных, заправочных, некоторых рыбных и мясных консервов, а в системе общественного и домашнего питания входят в рецептуры первых и вторых обеденных блюд, соусов, приправ и гарниров. По мнению аналитиков, одним из динамично развивающихся сегментов рынка пищевых продуктов является рынок соусов, значение которых в питании человека чрезвычайно велико. Придавая блюдам сочность, особый вкус и аромат, они повышают их органолептические показатели и обогащают состав. Благодаря наличию экстрактивных, ароматических и вкусовых веществ, возбуждающих секрецию пищеварительных желез, соусы способствуют лучшему усвоению основных компонентов пищевых продуктов. Это хорошо согласуется с предпочтением российских покупателей при выборе блюд с изысканным вкусом и отсутствием в их составе синтетических ингредиентов, следовательно, потенциальные потребители соусов становятся более требовательными к их ассортименту и качеству.

Ключевые слова: маркетинговые исследования, продовольственный рынок, анкетирование, потребительские мотивации, спрос, томатные соусы, биологически активные добавки, респонденты, потребительские предпочтения, ассортимент, ритэйл-аудит, розничные торговые точки.

MARKETING RESEARCH OF CONSUMER PREFERENCES WITH RESPECT TO TOMATO SAUCES

© 2018

Averyanova Elena Vitalevna, Candidate of Chemistry

Biysk Technological Institute (branch)

Altay State Technical University

(659305, Russia, Altai Territory, Biysk, street of Hero of the Soviet Union Trofimov, 27,

e-mail: lena@bti.secna.ru)

Neverova Anastasiya Yuryevna, undergraduater

Biysk Technological Institute (branch)

Altay State Technical University

(659305, Russia, Altai Territory, Biysk, street of Hero of the Soviet Union Trofimov, 27,

e-mail: Lyubyatinskaya@mail.ru)

Abstract. This article presents the results of marketing research to identify consumer preferences in the selection of tomato sauces presented in the regional market of Biysk. As part of this study primary sociological information was collected, prepared for processing and analysed for formation of conclusions. The problem of preservation of health of the Russian population at present is closely linked with the necessity of establishing the scientific basis for the balanced and healthy food products for general and special purposes. These products are an integral part of the daily diet of a person. In this regard, canned tomato products occupy one of the leading position in the range of canned fruits and vegetables. They are the main component of vegetable snacks, lunch, refueling and some fish, canned meat. In the system of public and home catering can net tomato products are included in the recipes of the first and second lunch dishes, sauces, seasonings and side dishes. According to analysts, one of the fastest growing segments of the food market is the market of sauces, the importance of which in human nutrition

is extremely high. Giving dishes juiciness, special taste and aroma, they increase the organoleptic properties of products and enrich their composition. Due to the presence of extractive, aromatic and flavoring substances that stimulate the secretion of digestive glands, sauces contribute to better absorption of the main components of the dish. At the same time, in the last decade, Russian buyers prefer the exquisite taste of dishes and the absence of synthetic ingredients in their composition, and, consequently, Russian consumers become more demanding to the range and quality of products.

Keywords: marketing research, food market, survey, consumer motivation, demand, tomato sauces, dietary supplements, respondents, consumer preferences, assortment, retail audit, retail outlets.

Введение. В последнее время отмечается возрастающий интерес потребителей к блюдам национальных кухонь (итальянской, грузинской, азиатской и др.), что приводит к созданию новых и разнообразных по вкусовым комбинациям соусов. Но при современном темпе жизни в большинстве случаев у человека не хватает времени на приготовление приправ в домашних условиях, а вкусная и здоровая пища должна присутствовать в рационе человека повседневно. Густые соусы делают и традиционные блюда более вкусными и изысканными [1-5].

По данным аналитиков, соусы являются одним из крупнейших сегментов российского рынка пищевых продуктов, спрос на которые растет в среднем на 3 % в год и к началу 2022 г. составит 192,4 тыс. тонн [6].

Среднее потребление на душу населения приправ, в том числе соусов и специй, в Российской Федерации составляет 8,2 кг на человека в год. Этот показатель является достаточно высоким по сравнению с другими регионами мира. Следует отметить, что тенденция здорового питания наблюдается и на рынке соусов, россияне уделяют большое внимание наличию в составе продукта натуральных ингредиентов, в том числе проявляющих физиологическую активность [7-10]. А современные научно-исследовательские разработки в области получения соусов функционального назначения открывают новые возможности для организации их отечественного производства [11]. Исследованиями в данной области занимаются коллективы ученых в различных регионах России. Так, например, на кафедре технологии и организации питания КубГТУ (г. Краснодар) разработаны рецептуры функциональных соусов, обладающих детоксикационными свойствами за счет введения пектина [12-14]. Получением соусов на плодовоовощной основе с использованием моркови занимается коллектив кафедры «Технология и товароведение продуктов питания» ОГУ (г. Орёл). Учеными ТГЭУ (г. Владивосток) разработана рецептура соуса с включением функциональных пищевых ингредиентов, выделенных из растений дальневосточного региона [15-17]. В настоящее время большой популярностью пользуются соусы на овощной основе, а именно томатные соусы [18]. В связи с этим изучение ассортимента соусов, а также

предпочтений потребителей при его выборе имеет определяющее значение в процессе разработки нового вида данного продукта [19].

Изложение основного материала исследования. Отличительной особенностью томатного соуса от кетчупа является его разнообразная гамма вкусов, создаваемая за счет введения в рецептуру различных видов специй и добавок. Согласно ГОСТ 52467 томатный соус представляет собой «томатные консервы, изготовляемые из протертых и/или измельченных свежих томатов или их полуфабрикатов, или из смеси овощей, пряностей, с добавлением или без добавления сахара, соли, пищевых органических кислот и зелени» [20].

По результатам проведенного ритейл-аудита крупных торговых сетей г. Бийска нами составлена характеристика торгового ассортимента томатных соусов (таблица 1).

Насегодняшний день томатные соусы предлагают не только иностранные компании, но и многие российские производители пряностей. Выявлено, что основными представителями отечественных томатных соусов в крупных супермаркетах г. Бийска являются такие торговые марки как «Mr. Ricco», «КИНТО», «КУХМАСТЕР» и «DOLMIO», а среди импортной продукции встречаются соусы производства Италия («Barilla») и Нидерланды («HEINZ»).

В настоящее время при выборе данной продукции главную роль играет состав, в котором преобладают натуральные компоненты. Как видно из таблицы 1 многие производители томатных соусов для снижения себестоимости и сохранения традиционной консистенции вводят в рецептуру крахмал и другие загустители, что приводит к снижению физиологической ценности конечного продукта. Для сравнения цена продукции, содержащей в своем составе свежие томаты, в среднем на 40 % выше цены продукции с использованием загустителей.

Другим, не менее важным, условием при выборе соусов является упаковка. Здесь лидируют соусы в стекле, так как стекло ассоциируется у большинства потребителей с высоким качеством продукта и гарантией его сохранности длительное время. Что касается массы потребительской упаковки соусов, то она колеблется от 75 до 500 грамм, однако наиболее востребованной является фасовка 250 грамм.

Таблица 1 – Характеристика томатных соусов, представленных в торговых точках г. Бийска

Наименование томатного соуса и предприятие-изготовитель	Состав		Стоимость за 100 г, руб. (вид упаковки)
	плодоовощная основа	пищевые добавки	
«DOLMIO» (ООО «Марс», Россия, г. Ступино)	томатная паста, томаты, морковь, лук репчатый	сахар, соль, загуститель (крахмал), специи (базилик, чеснок, орегано, перец черный молотый, концентрированный сок лайма)	29,00 (стеклобанка)
«Кубаночка» (ООО «Гранд-Стар», Россия, г. Краснодар)	томатная паста	сахар, соль, регулятор кислотности (уксусная кислота), консерванты (бензоат натрия, сорбат калия), загуститель (крахмал), специи (корица, перец душистый)	30,00 (стеклобанка)
«КИНТО» (ЗАО «Дарсил», Россия, г. Люберцы)	томатная паста	сахар, соль с приправами MultiSOL №5, специи (чеснок свежий, соус красный перечный TABASCO, перец красный молотый, лавровый лист, кориандр молотый)	36,00 (бутылка стеклянная)
«Краснодарский» Миладора (АО «НЭФИС-БИОПРОДУКТ», Россия, Республика Татарстан, с. Усады)	томатная паста, яблочное пюре, лук репчатый	сахар, соль, регулятор кислотности (уксусная кислота), консерванты (бензоат натрия, сорбат калия), загуститель (дикрахмалфосфат ацетилованный сшитый), специи (паприка красная сладкая, гвоздика, чеснок, зелень укропа, зелень кинзы, базилик)	23,00 (бутылка пластиковая)
Томатный соус по-грузински «СТЕБЕЛЬ БАМБУКА» (ООО «Империя соусов», Россия, г. Егорьевск)	томатная паста, лук репчатый, морковь	сахар, соль, регулятор кислотности (уксусная кислота), консерванты (бензоат натрия, сорбат калия), загуститель (крахмал кукурузный), специи (кориандр, базилик, петрушка)	13,00 (бутылка пластиковая)
Barilla «Arrabbiata» (Barilla G. & R. Fratelli – SpA – Via Mantova, Италия, PARMA)	томатное пюре, томатная паста, перец болгарский	сахар, соль, подсолнечное масло, специи (чеснок, петрушка, перец чили)	37,00 (стеклобанка)
Mr. Ricco САЦЕБЕЛИ (АО «НЭФИС-БИОПРОДУКТ», Россия, Республика Татарстан, с. Усады)	томатная паста, лук репчатый, перец болгарский	сахар, соль, регулятор кислотности (уксусная кислота), консерванты (бензоат натрия, сорбат калия), загуститель (ацетилованный дикрахмаладипат), ароматизатор натуральный «Грецкий орех», специи (ядра фундука, чеснок, листья кориандра, перец чили) приправа «Краснодарская», смесь специй «Чилийская»	26,00 (бутылка пластиковая)
HEINZ (H. J. Heinz Holding B. V. BC Elat GLD, the Netherlands, Нидерланды)	томаты, томатное пюре, морковь	сахар, соль, масло растительное, регулятор кислотности (сок лимонный концентрированный), ароматизаторы натуральные (сельдерей), травы, специи	38,00 (стеклобанка)
«САВА» Краснодарский (ООО «Томская производственная компания «САВА», Россия, г. Томск)	томатная паста	сахар, соль, регулятор кислотности (уксусная кислота), консерванты (бензоат натрия, сорбат калия), загуститель (крахмал кукурузный), специи (паприка, гвоздика, чеснок, перец душистый, перец молотый чили, корица, мускатный орех, перец черный молотый)	14,00 (стеклобанка)
КУХМАСТЕР Итальянский (ООО Кухмастер», Россия, Самарская область, Волжский район)	томаты свежие	сахар, соль, масло оливковое, регулятор кислотности (уксусная кислота), специи (базилик, петрушка)	35,00 (бутылка стеклянная)

В рамках работы были проведены маркетинговые исследования потребительских предпочтений методом опроса респондентов путем самостоятельного заполнения анкет. В анкете приняли участие 200 человек разных возрастных категорий. Среди респондентов оказалось 70 %

женщин и 30 % мужчин. Возрастная категория респондентов распределилась следующим образом (рисунок 1).

Для выявления потребностей в томатном соусе, проведено исследование частоты потребления данного продукта (рисунок 2).

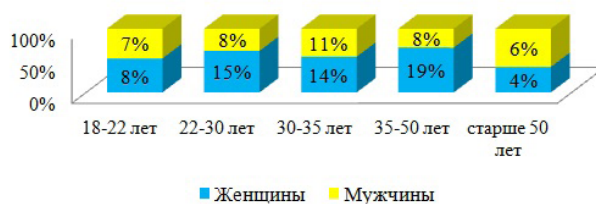


Рисунок 1 – Возрастная категория респондентов



Рисунок 2 – Частота потребления респондентами томатных соусов

Согласно результатам, представленным на рисунке 2 можно сделать вывод о том, что 6 % респондентов потребляют томатный соус ежедневно, 45 % – несколько раз в месяц, 29 % – несколько раз в неделю, 20 % опрошенных ответили, что они редко потребляют томатный соус. Такие результаты

указывают на достаточно высокий спрос на данный продукт.

Следующим этапом анкетирования было выявление основных мотиваций при выборе и покупке томатного соуса (рисунок 3).



Рисунок 3 – Отношение респондентов к некоторым качествам томатного соуса

Данные цифры показывают, что покупатель делает выбор томатного соуса, первоначально основываясь как на вкусовых качествах, так и на натуральности продукта.

На рисунке 4 представлено предпочтение респондентов в выборе марки томатного соуса. Как видно из диаграммы большинство опрошенных

отдают предпочтение импортным томатным соусам HEINZ и Barilla «Arrabbiata», содержащим в своем составе только натуральные ингредиенты, без добавления загустителей и консервантов, и лишь 2 % опрошенных выбирают томатный соус марки «САВА» и «Кубаночка».



Рисунок 4 – Предпочтение респондентов в выборе марки томатного соуса

Являясь приправой, томатный соус используется в рационе питания периодически и в небольших количествах около 10-15 г в сутки, что составляет в среднем 1/20 часть от объема наиболее распространенной потребительской упаковки (250 г). Следовательно, томатный соус должен иметь длительный срок хранения.

На рисунке 5 приводятся данные по предпочтительным срокам хранения томатного соуса. Результаты исследования показали, что для большей части опрошенных срок хранения не имеет значения (42 %). С ограниченным сроком хранения – 25 % и длительным сроком хранения – 33 %.



Рисунок 5 – Мнение респондентов о сроках хранения томатного соуса

Заключение. По результатам проведенного маркетингового исследования можно сделать следующие выводы:

1) Основными покупателями томатных соусов являются люди в возрасте от 22 до 50 лет, составляющие 75 % от общего числа опрошенных. Это достаточно активная группа работающих потребителей, у которых при современном темпе жизни в большинстве случаев не хватает времени на приготовление приправ в домашних условиях.

2) Большинство респондентов, делая свой выбор в отношении соусов, основываются на вкусовых качествах продукта.

3) Наиболее популярными у жителей города Бийска и часто покупаемыми являются импортные томатные соусы торговых марок Varilla «Arrabbiata» и «HEINZ», содержащие в своём составе только натуральные ингредиенты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Шендеров Б.А. Функциональное питание и его роль в профилактике метаболического синдрома / Б.А. Шендеров – М.: «Дели принт», 2008 г. – 319 с.
2. Лузан В.Н. Разработка технологии соусов с функциональными ингредиентами / В.Н. Лузан, И.И. Бадмаева, В.А. Аникина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – №10-2 (41). – С. 25-30.
3. Могильский М.П. Современные подходы к производству функциональных продуктов в общественном питании // Известия вузов. Пищевая технология. – 2008. – № 4. – С. 35–38.
4. Добрынина Е.С. Разработка новых рецептур соусов и дрессингов функционального назначения / Е.С. Добрынина / Пищевая промышленность. – 2010. – № 8. – С. 12–14.
5. Куприна И.К. Исследование рынка томатопродуктов города Кемерово / И.К. Куприна, Е.Е. Румянцева, Н.В. Смирнова // Новая наука:

опыт, традиции, инновации. – 2015. – №4 (1). – С. 163–168.

6. Анализ рынка соусов в России в 2013-2017 г.г., прогноз на 2018-2022 г.г. [Электронный ресурс] URL: <https://marketing.rbc.ru/research/39173/> (дата обращения: 15.08.2018).

7. Вакуленко О.В. Анализ рынка и оценка потребительских мотиваций при выборе соусов / О.В. Вакуленко, Е.В. Челябинов, О.С. Воронцова, М.Р. Тугуз, К.Е. Ильинова // Новые технологии. – 2012. – №1. – С. 4-9.

8. DISCOVERY Research Group Анализ рынка кетчупов и томатных соусов в России // Маркетинговое исследование рынка. – 2015. – 10 с.

9. Куприна И.К. Маркетинговые исследования потребительских предпочтений в отношении соусов на основе дикоросов Сибири / И.К. Куприна, А.Н. Кирюхина, К.И. Куприн // Закономерности и тенденции развития науки в современном мире: материалы международной науч-практ. конф. – Стерлитамак: РИО АМИ, 2015 – С. 100-102.

10. Никульчев, Е.В. Управление маркетинговыми исследованиями / Е.В. Никульчев, С.Ю. Ильин, С.В. Емельянов // Экономика и предпринимательство. – 2014. – №6 (47). – С. 754–756.

11. Евдокимова, О.В. Маркетинговые исследования потребительского рынка соусов / О.В. Евдокимова, Н.А. Конопелькина // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2015. – №2 (31). – С. 101–105.

12. Жучков, А.А. Разработка и оценка потребительских свойств плодовоовощных соусов с функциональными добавками: дис. ... канд. тех. наук / А.А. Жучков. – Орел, 2004. – 182 с.

13. Палагина, М.В. Обоснование использования дальневосточных растений в качестве функциональных ингредиентов в технологии пищевых продуктов / М.В. Палагина, Ю.В. Приходько // Пищевая технология. – 2010. – №4 – С. 24–26.

14. Трепалина, И.А. Оценка конкурентоспособности рыбных консервов в томатном соусе / И.А. Трепалина, Н.А. Каширина // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. – 2017. – №1 (8). – С. 10–16.

15. Помозова, В.А. Маркетинговые исследования потребительских мотиваций и предпочтений при выборе продуктов в жележных заливках / В.А. Помозова, Н.Н. Степакова, Н.А. Корякина // Индустрия питания. – 2018. – № 1. – С. 86–91.

16. Евпатченко, Ю.В. Маркетинговые исследования потребительских предпочтений соусов и мучных блюд на рынке г. Саратов / Ю.В. Евпатченко, Е.Ю. Вольф, Н.М. Птичкина // Пищевая промышленность. – 2011. – № 8. – С. 60–62.

17. Ушакова, А.А. Разработка технологий фитокомпозиций и соусов-приправ с биологически активными веществами пряно-ароматических растений: дис. ... канд. техн. наук / А.А. Ушакова. – Санкт-Петербург, 2014. – 166 с.

18. Липовская, В.В. Современные тенденции в производстве томатного соуса / В.В. Липовская, Н.Ю. Ключко, Е.В. Лютова // Вестник молодежной науки. Биотехнология, техника пищевых производств и технология продуктов питания. – 2015. – № 1. – С. 33–37.

19. Дунец, Е.Г. Влияние технологических факторов на реологические свойства соусов функционального назначения / Е.Г. Дунец, Г.М. Зайко, М.С. Бедило // Известия вузов. Пищевая технология. – 2008. – №4. – С. 50–52.

20. ГОСТ Р 52467-2005 Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 11 с.

Статья поступила в редакцию 09.09.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 331.461

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА

© 2018

Свиридова Татьяна Валерьевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности»
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова
(455000, Россия, г. Магнитогорск, проспект Ленина, 38, e-mail: ntv_3110@mail.ru)

Боброва Ольга Борисовна, старший преподаватель кафедры
«Промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности»
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова
(455000, Россия, г. Магнитогорск, проспект Ленина, 38, e-mail: obproshkina@mail.ru)

Аннотация. В статье представлен анализ производственного травматизма в России за период 2005-2015 гг. Обозначена одна из основных причин травматизма – неудовлетворительная организация производства. Многие развитые страны осуществляют обеспечение производственной безопасности с использованием процедуры управления рисками. Проведен анализ современного состояния вопроса оценки профессиональных рисков. Обобщенный анализ методов оценки профессиональных рисков сведен в таблицу для удобства использования. Довольно подробно приведены достоинства и недостатки каждого из рассмотренных методов. В результате анализа установлено, что в настоящее время отсутствует универсальная методика, учитывающая особенности профессиональной деятельности работников объектов, факторов условий труда, а также степени утомления работника. Выявлена необходимость проводить оценку уровня утомления работников, а так же степень его влияния на уровень профессионального риска работников. Установлено, что в настоящее время отсутствует общий подход к оценке профессиональных рисков. Выявлена необходимость внедрения и использования процедуры управления профессиональными рисками. Она позволит управлять не только опасными условиями, но и опасными действиями персонала. Все виды рисков необходимо рассматривать в совокупности, так как они неразрывно связаны между собой и постоянно воздействуют друг на друга.

Ключевые слова: риск, производственный травматизм, методы оценки риска, охрана труда, уровень безопасности, безопасные условия труда, несчастные случаи, уровень утомления работников, опасные действия персонала, управление профессиональными рисками.

ANALYSIS OF METHODS ESTIMATE OF INDUSTRIAL INJURIES AND PROFESSIONAL RISK

© 2018

Sviridova Tatyana Valeryevna, candidate of technical sciences,
assistant professor of the department of «Industrial ecology and life safety»
Nosov Magnitogorsk State Technical University
(455000, Russia, Magnitogorsk, avenue Lenin, 38, e-mail: ntv_3110@mail.ru)

Bobrova Olga Borisovna, senior lecturer of the department of «Industrial ecology and life safety»
Nosov Magnitogorsk State Technical University
(455000, Russia, Magnitogorsk, avenue Lenin, 38, e-mail: obproshkina@mail.ru)

Abstract. The article presents an analysis of occupational injuries in Russia for the period 2005-2015. One of the main causes of injuries is the unsatisfactory organization of production. Many developed countries are carrying out industrial safety using a risk management procedure. The analysis of the current state of the issue of professional risk assessment is carried out. A generalized analysis of methods for assessing occupational risks is tabulated for ease of use. The advantages and disadvantages of each of the methods considered are described in detail. As a result of the analysis it is established that at present there is no universal methodology that takes into account the peculiarities of professional activity of workers of facilities, factors of working conditions, and also the degree of worker fatigue. It is found necessary to assess the level of fatigue of workers, as well as the degree of its impact on the level of professional risk of workers. It is established that at present there is no general approach to the assessment of occupational risks. The need to introduce and use the procedure for managing professional risks has been identified. It will allow to manage not only dangerous conditions, but also dangerous actions of the personnel. All types of risks must be considered in the aggregate, as they are inextricably linked and constantly affect each other.

Keywords: risk, occupational injuries, methods of risk assessment, labor protection, safety level, safe working conditions, accidents, fatigue level of employees, hazardous personnel actions, management of occupational risks.

Постановка проблемы. В настоящее время многие развитые страны осуществляют обеспечение производственной безопасности с использованием процедуры управления рисками. В Российской Федерации данный подход становится все более популярным. Многие нормативные правовые

акты вводят обязательную процедуру оценки риска [1, 2, 3].

В период с 2005 по 2015гг. в нашей стране сохраняется тенденция уменьшения числа несчастных случаев (рисунок 1) [4].

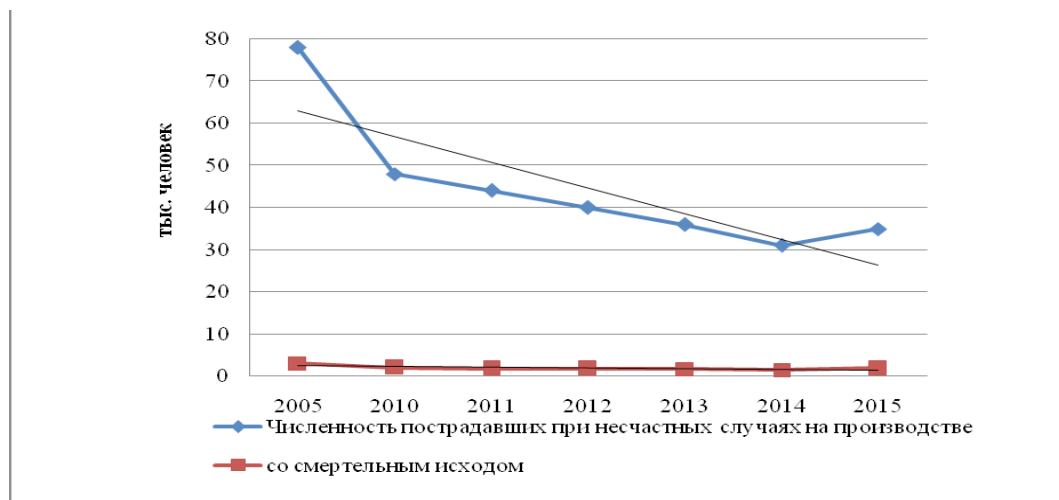


Рисунок 1 – Численность пострадавших при несчастных случаях

Однако в 2015 году было зарегистрировано увеличение случаев травматизма. Это указывает на снижение эффективности процедур и мероприятий по снижению уровня риска и на необходимость применения дополнительных мероприятий [4].

Анализируя причины происшествий можно сделать вывод о том, что более 50% связаны с причинами организационного характера, в результате недостаточной организации работ, обучения и контроля.

Не смотря на сохраняющуюся тенденцию к снижению, производственный травматизм является серьезной проблемой. Для решения необходимо разработать новые методы управления риском и снижения уровня травматизма. В качестве такого способа предлагается разработка и внедрение процедуры управления профессиональными рисками.

Анализ последних исследований. Проблеме оценки профессиональных рисков в настоящее время уделяется много внимания, над этим вопросом работает множество российских и зарубежных исследователей, например Измеров Н.Ф., Косырев О.А., Пиктушанская Т.Е., Кульбовская Н., и другие. [5,6,7,8,9]

Основной целью статьи является проведение анализа методик оценки профессионального риска с целью выявления достоинств и недостатков. А также оценить возможности их совершенствования.

Материалы исследования. В настоящее время используется несколько методик оценки профессионального риска.

Первая методика – это определение риска возможного ущерба i -той из идентифицированных опасностей. В методике рассчитывается риск как произведение вероятности реализации иденти-

фицированной опасности на тяжесть последствий

от возможной реализации рассмотренной опасности [10, 11].

$$R = \sum_{i=1}^N P_i \cdot C_i, \quad (1)$$

где P_i – вероятность реализации идентифицированной опасности; C_i – полагаемая тяжесть последствий.

Для установления величины риска следует произвести расчёты по каждой идентифицированной опасности. Он требует очень больших затрат времени и сил. Также существует сложность в определении вероятности наступления несчастных случаев. Главное достоинство такого метода заключается в возможности оценки риска какого-то конкретного происшествия.

Вторая методика – это оценка рисков с использованием таблицы «вероятность-ущерб». В ней содержится установленная экспертом вероятность возникновения возможной ситуации в соответствии с рангом, причем выделяется низкая, средняя и высокая вероятности и взаимосоответствующий возможный ущерб [10, 11]. Устанавливаемое значение риска выявляется на пересечении столбца вероятности и строки ущерба. Существенным недостатком данного метода является субъективность оценки эксперта. Метод можно усовершенствовать привлечением нескольких экспертов или совмещением с методом вербальных функций.

Этот метод позволяет практически исключить субъективность оценки. Он требует должных навыков экспертов и значительной предшествующей работы [10, 11]. Содержание данного подхода – рас-

смотренному количественному значению вероятности соответствует словесное описание определённой ситуации. При проведении процедуры необходимо руководствоваться установленными правилами [10,11]. Получается что, одна и та же «картина» может повлечь разные варианты: от лёгкой травмы до летального исхода. Рассматриваются два исхода: наиболее вероятный и наименее благоприятный. Анализ риска определяется для каждого рассмотренного результата. В итоге выбирается наибольший. Для снижения нескольких рисков необходимо воспользоваться разнообразными методами защиты и необходимо учитывать все эти риски.

Сущность метода представляется в обнаруженной направленности на изучение ситуации для реализации поставленной цели. Определение риска вырабатывается без рассмотрения частоты возможного события. Если не гарантируется исключение неблагоприятного события, то исход рано или поздно наступит. Необходимо провести оценку вероятных ущербов от не вычеркнутых исходов. Вероятность возникновения события есть величина, обратная интервалу времени, на который можно за проектировать мероприятия по управлению риском. Данная оценка будет преувеличенной, а исключение риска можно достигнуть в результате удаления источника риска.

Третья методика – оценка рисков с учетом степени исполнения правил охраны труда. Смысл методики – в исследовании на соответствие существующим государственным нормативно-правовым актам в области техносферной безопасности. Выполнение этих требований исключает опасность. Недостатком этого подхода является невозможность получить количественную оценку уровня риска. Применение данного метода может оказаться весьма эффективным на стадии организации системы охраны труда, промышленной и пожарной безопасности.

Следующая методика – установление значений рисков на основе подхода Элмери [12] оценивается по индексу безопасности (индекс Элмери):

$$\text{Индекс Элмери} = \frac{\text{Пункты "Хорошо"}}{\text{Пункты "Хорошо"} + \text{Пункты "Плохо"}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

Этот индекс показывает, какой процент от всех существующих на рабочем месте опасных и вредных производственных факторов соответствуют нормам. У данного метода есть существенный недостаток – отсутствие разделения опасных и вредных производственных факторов по степени вредности и опасности. Таким образом, на конечную оценку окажут одинаковое влияние все выявленные нарушения вне зависимости от того, к каким последствиям они могут привести.

Усовершенствовал рассмотренную выше методику АНО «Институт безопасности труда» [10]. Ими был введен индекс ОВР. Данный метод заключается в ранжировании требований по пунктам.

Индекс ОВР рассчитывается по формуле (3):

$$\text{Риск} = \text{Подверженность} \cdot \text{Вероятность} \cdot \text{Последствия}, \quad (3)$$

где K_1, K_2, K_3 – весовые коэффициенты обязательной, важной и рекомендуемой группы;

n_{OO}, n_{OB}, n_{OP} – общее количество обязательных, важных и рекомендуемых требований, соответственно;

n_{BO}, n_{BV}, n_{BP} – количество выполненных обязательных, важных и рекомендуемых требований, соответственно.

Определение этого индекса позволяет в достаточной мере провести оценку существующих значений рисков и разработать мероприятия с учетом их очередности и результативности. Данный индекс позволяет оценить варьирование степени техногенного риска при постоянном контроле индекса ОВР. Он позволяет оценить результативность работы по повышению уровня безопасности, поощряет к улучшениям, не вызывает негативного восприятия.

Для рассматриваемого рабочего места составляется соответствующая опросный лист, напоминающий протокол оценки травмоопасности по правилу: «соответствует – не соответствует».

Сложившаяся ситуация рассматриваемого элемента считается «соответствующим», если предложения в достаточной степени соблюдены и для улучшения его состояния не требуется никаких мероприятий.

Строке «не соответствует» присуждается балл «0», «соответствует» – 1, 2 или 3 с учетом категории положения индекса ОВР. Затем проводится суммирование и определяется индекс ОВР, оценивающий степень безопасности анализируемого объекта.

Метод Файн-Кинни заключается в присвоении опасному событию трех характеристик подверженности, вероятности и последствий, перемножении данных характеристик и присвоения итогового значения риска.

$$\text{Риск} = \text{Подверженность} \cdot \text{Вероятность} \cdot \text{Последствия}, \quad (4)$$

Этой методикой пользоваться достаточно просто. С ее помощью можно проверить какое-либо конкретное происшествие (риск происшествия), но нельзя получить интегральное значение для риска в целом по предприятию.

В практическом пособии Мерви Муртонена «Оценка рисков на рабочем месте» [13] описывается зарубежный опыт управления рисками. В данном пособии процедуру оценки риска предполагается проводить по алгоритму, представленному на рисунке 2.

Интерактивная модель оценки и мониторинга рисков Клинского института охраны и условий труда охватывает обобщенную оценку вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса на рабочих местах при комплексном воздействии различных производственных факторов на основе разработанной интегральной оценки условий труда [14, 15].



Рисунок 2 – Этапы оценки и управления рисками

Совокупная оценка производственной среды и трудового процесса также учитывает защищенность работников СИЗ и величину риска травмирования. Такая оценка определяется с учетом трех признаков:

– показатель вредности условий труда на рабочем месте – указывает интегральную вредность производственной среды и трудового процесса на рабочем месте. Условное обозначение – ПВ;

– показатель риска травмирования работника на рабочем месте – характеризует опасность условий труда с учетом возможности травмирования. Условное обозначение – РТ;

– показатель защищенности работника средствами индивидуальной защиты – определяет защищенность служащего средствами индивидуальной защиты – СИЗ. Условное обозначение – ОЗ.

Индивидуальный профессиональный риск (ИПР) определяется перемножением суммы взвешенных показателей производственной среды и трудового процесса, отнесенных к относительным значениям, на показатели травматизма и заболеваемости на рабочем месте (5).

где SUM – сумма взвешенных значений параметров производственной среды и трудового процесса, здоровья, возраста

$$ИПР = SUM \cdot П_T \cdot П_3 \quad (5)$$

и стажа;

$П_m$ – показатель уровня травматизма на рабочем месте за истекший год;

$П_3$ – уровень заболеваемости на рабочем месте за истекший год.

Совокупность взвешенных значений находится по формуле (6)

$$SUM = \frac{\omega_1}{15} \cdot ИОУТ + \frac{\omega_2}{5} \cdot 3 + \frac{\omega_3}{5} \cdot B + \frac{\omega_4}{5} \cdot C \quad (6)$$

где ω_i – значения весовых коэффициентов, вы-

бирается по источникам [15, 16];

ИОУТ – интегральная оценка вредных и опасных условий труда на рабочем месте с учётом воздействия производственных факторов на основе ранжирования рабочих мест организации определяется по формуле (7);

$З$ – степень состояния здоровья работника, принимается в соответствии с [15, 16].;

B – степень возраста работника, принимается в соответствии с [15, 16].;

C – значение трудового стажа работника во вредных и (или) опасных условиях труда, принимается в соответствии с [14, 15].

$$ИОУТ = \frac{100 \cdot ((ПВ - 1) \cdot 6 + P)}{2334} \quad (7)$$

где $ПВ$ – значение категории условий труда работника на его рабочем месте;

P – ранг, установленный с учетом значений риска травмирования и обеспеченности средствами защиты для данного рабочего места в соответствии с [15, 16].;

100 – коэффициент пропорциональности;

2334 – число, учитывающее все достижимые комбинации значений $ПВ \geq 1$, риска травмирования и обеспеченности средствами защиты.

Показатель вредности (ПВ) определяется в баллах в зависимости от классов условий труда определяемых с учетом оценки уровней факторов производственной среды и трудового процесса при проведении специальной оценки рабочих мест.

Показатель ПВ рассчитывают по выражению (8) в зависимости от классов условий труда, установленных для вышерассмотренных факторов, действующих на рабочем месте:

$$ПВ = (B_\phi - B_D) \cdot K_{\phi m} \quad (8)$$

где B_ϕ – сумма баллов для всех факторов на данном рабочем месте, оценивающая фактический уровень условий труда, определяется по выражению;

B_D – сумма баллов для всех факторов рабочего места в гипотезе, что их вредность при специальной оценке оценена классом 2 (допустимые);

$K_{\phi m} = 0,5$ – безразмерный коэффициент, балл.

Показатель травматизма определяется количеством полученных работником травм и тяжести последствий (9).

$$П_T = K_C \cdot K_T \quad (9)$$

где K_C – коэффициент, характеризующий количество случаев травматизма на рабочем месте за истекший год;

K_T – коэффициент, характеризующий тяжесть последствий травмирования работников на рабочем месте за истекший год.

Значения коэффициентов K_C и K_T принимаются в соответствии с [15, 16]. Значение

показателя уровня заболеваемости на рабочем месте за истекший год принимается в соответствии с соответствием с [14, 15].

Этот метод является детально проработанным, учитывает максимальный перечень факторов, ока-

зывающих влияние на безопасность труда и уровень профессионального риска.

Обобщенный анализ существующих методов оценки риска приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ существующих методов оценки риска

Методика	Достоинства	Недостатки
Риск нанесения ущерба, связанного с возможной реализацией i-го варианта одной из выявленных опасностей	Высокая точность	Большие затраты времени и сил
Метод оценки рисков на основе матрицы «вероятность-ущерб»	Простота использования	Высокая субъективность результатов оценки
Метод вербальных функций	Позволяет практически исключить субъективизм при оценке вероятностей событий и их последствий	Требует очень тщательной предварительной работы и высокой квалификации экспертов, составляющих вербальные описания различных ситуаций
Метод оценки рисков на основе оценки степени выполнения требований безопасности	Простота в применении, эффективен на начальных стадиях эксплуатации объекта	Не учитываются опасности, для которых нет требований в нормативных документах, не дает количественной оценки уровня риска
Метод оценки рисков на основе системы Элмери	Простота в применении, позволяет получить количественную оценку уровня риска	Отсутствие разделения ОВПФ по степени вредности, опасности.
Метод оценки рисков на основе ранжирования уровня требований (индекс ОВР)	Позволяет более точно оценить действительный уровень рисков и указать на мероприятия, которые следует провести в первую очередь, а также на мероприятия с наибольшей ожидаемой результативностью.	Отсутствует четкая градация между обязательными, важными и рекомендуемыми требованиями. Присутствует субъективизм при категорировании требований безопасности
Метод Файн-Кинни	Прост в применении, можно получить количественную оценку риска	Можно проверить какое-либо конкретное происшествие, но нельзя получить интегральное значение для риска в целом по предприятию
Интерактивная модель оценки и мониторинга рисков Клинского института охраны и условий труда	Охватывает большой спектр факторов, оказывающих влияние на профессиональный риск работника. Учитывает индивидуальные особенности конкретного работника	Сложна в применении, требует привлечения большого количества времени и сил.

Выводы исследования. Анализ существующих методов и принципов оценки профессиональных рисков позволил установить, что в настоящее время отсутствует универсальная методика, учитывающая особенности профессиональной деятельности работников объектов, факторов условий труда, а также степени утомления работника.

Необходимо проводить оценку уровня утомления работников, а так же степень его влияния на уровень профессионального риска работников. Некоторые исследования повышенный уровень утомления приравнивает к алкогольному опьянению [16, 17, 18, 19, 20, 21].

Таким образом, в настоящее время отсутствует общий подход к оценке профессиональных рисков. Это подтверждает необходимость внедрения

и использования процедуры управления профессиональными рисками. Она позволит управлять не только опасными условиями, но и опасными действиями персонала. Все виды рисков необходимо рассматривать в совокупности, так как они неразрывно связаны между собой и постоянно воздействуют друг на друга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Измеров Н.Ф. Глобальный план действий по охране здоровья работающих на 2008-2017 гг.: пути и перспективы реализации // Медицина труда и промышленная экология. – 2008. – №6. – С. 1–9.
2. ГОСТ Р 54934-2012 Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования.

(OHSAS 18001:2007 Occupational health and safety management systems - Requirements. (IDT).

3. ГОСТ ISO 9001-2011 Системы менеджмента качества. Требования. (ISO 9001:2008 Quality management systems – Requirements (IDT).

4. Свиридова Т.В., Боброва О.Б., Саутина Е.Д. Совершенствование методов определения профессиональной пригодности персонала для удаленных трудовых зон // Безопасность жизнедеятельности. 2018. № 7 (211). С. 24–28.

5. Коробов А. В. Оценка профессионального риска работников ТЭК как одного из основных элементов системы управления охраной труда: дис. ... кандидата технических наук: 05.26.01 / Коробов Антон Валерьевич; [Место защиты: Нац. исслед. ун-т МЭИ]. – Москва, 2017. – 20 с.

6. Измеров Н.Ф. Сохранение здоровья и трудового долголетия работников – основа инновационной социально ориентированной экономики России / Н.Ф. Измеров, Л.В. Прокопенко, И.В. Бухтияров // Матер. XI Всерос. Съезда гигиенистов и санитарных врачей. – 2012. – Т. II. – С. 420–433.

7. Зайцева Н.В., Май И.В., Алексеев В.Б. Риск-ориентированная модель контрольно-надзорной деятельности составная часть эффективного управления профессиональными рисками причинения вреда здоровью работников // Медицина труда и промышленная экология. 2015. № 9. С. 53–54.

8. Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 N 1662-р «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года».

9. Измеров Н.Ф. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. («Стратегия 2020») и сохранение здоровья работающего населения России / Н.Ф. Измеров // Медицина труда и промышленная экология. – 2013. – №3. – С. 1–9.

10. Федорец А.Г. Методические основы количественного оценивания производственных рисков / Федорец А.Г. // Энергобезопасность в документах и фактах №2, 2008.

11. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска.

12. Пособие по наблюдению за условиями труда на рабочем месте в промышленности. Система Элмери. (2-е обновленное издание). Институт профессионального здравоохранения Финляндии.

13. Муртонен М. Оценка рисков на рабочем месте – практическое пособие. Тампере. – 2007 (Опыт Финляндии). Субрегиональное бюро МОТ для стран Восточной Европы и Центральной Азии. Москва. – 2007. – 64 с.

14. Методика расчета индивидуального профессионального риска в зависимости от условий труда и состояния здоровья работника. Методические рекомендации. – Утв. Председателем Научного совета 45 Минздравсоцразвития России и РАМН «Медико-экологические проблемы здоровья работа-

ющих 23.06.2011. – М. – 20 с.

15. Методические рекомендации по оценке профессионального риска по данным периодических медицинских осмотров. Утв. Научным Советом Минздравсоцразвития России и РАМН «Медико-экологические проблемы здоровья работающих» 13 июня 2006 г. М., 2006. – 24 с.

16. Мавлянова Е.И., Иванова М.В., Глебова Е.В., Коробов А.В. Анализ обеспеченности средствами индивидуальной защиты персонала на предприятии на примере ООО «Газпром Трансгаз Самара» // Безопасность жизнедеятельности. – 2017. – №10. С.7–9.

17. Коробов А. В. Фомина Е. Е. Воронин И.В. Методика оценки профессионального риска персонала малых нефтебаз на примере ООО ППОН «Новое» // Тезисы докладов III Международной конференции ESGI-2013. – 2013. – С. 98.

18. Безопасность и охрана труда [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т.В. Свиридова, О.Б. Боброва; ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – Электрон. текстовые дан. (0,84 Мб). – Магнитогорск: ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2017.

19. Безопасность жизнедеятельности для технических направлений. Курс лекций. [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Ю. Перятинский, О.Б. Боброва, О.Ю. Ильина, Т.В. Свиридова, Ю.В. Сомова, Н.Н. Старостина, Н.Г. Терентьева; ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – Электрон. текстовые дан. (3,00 Мб). – Магнитогорск: ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2017.

20. Охрана труда. Пожарная безопасность предприятия [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т. В. Свиридова, О. Б. Боброва; ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – Электрон. текстовые дан. (312 КБ). – Магнитогорск: ФГБОУ ВО «МГТУ», 2018.

21. Охрана труда. Часть 1: [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Ю. Перятинский, Н.Н. Старостина, О.Б. Боброва, Т.Ю. Зуева, О.Ю. Ильина, Т.В. Свиридова, Ю.В. Сомова ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – Электрон. текстовые дан. (1,05 Мб). – Магнитогорск: ФГБОУ ВО «МГТУ», 2018.

Статья поступила в редакцию 01.09.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 614.8.084

ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА

© 2018

Киреева Лилия Александровна, аспирант

*Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: la.savchenkova@yandex.ru)*

Каверзнева Татьяна Тимофеевна, кандидат технических наук,

доцент Высшей школы техносферной безопасности
*Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: kaverztt@mail.ru)*

Аннотация. В настоящее время наблюдается процесс реформирования в системы управления в области охраны труда Российской Федерации, связанный с глобальным переходом на риск-ориентированную модель управления охраной труда. Подобные изменения, как правило, начинаются с изменения нормативно-правового поля реформируемой области. В настоящей статье приведены основные изменения законодательства в области охраны труда Российской Федерации за последние годы. Представлен список основных нормативно-правовых актов в области охраны труда, утвержденных или претерпевших изменения за период с 2017. Приведены свидетельства процессов, направленных на формирование государственной системы Правил по охране труда на примере утверждаемой документации данного типа в течение последних пяти лет. Приведен краткий обзорный анализ проводимой реформе контрольно-надзорной деятельности в области соблюдения трудового законодательства и применения риск-ориентированного подхода при выполнении надзорных мероприятий. Дан краткий обзор проводимых общих изменений в нормативно-правовом поле в области охраны труда. Выявлены основные тенденции проводимых изменений в законодательстве по охране труда и приведен краткий прогностический анализ эффективности проводимых изменений.

Ключевые слова: изменения законодательства в области охраны труда, правила по охране труда, реформа контрольно-надзорной деятельности в области охраны труда, риск-ориентированный подход в охране труда.

GENERAL TRENDS OF CHANGES IN LEGISLATION IN THE FIELD OF LABOR PROTECTION

© 2018

Kireeva Lilia Alexandrovna, post-graduate student

*St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya St., 29, e-mail: la.savchenkova@yandex.ru)*

Kaverzneva Tatyana Timofeevna, Ph.D. in Engineering,

Associate Professor of the Higher School of Technosphere Safety
*St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya St., 29, e-mail: kaverztt@mail.ru)*

Abstract. At the moment we can observe the process of reforming the management systems of labor protection in the Russian Federation, connected with the global transition to a risk-oriented model of OSH management. Such changes, as a rule, begin with a changing in the regulatory-legal field of the reformed discipline. The article presents the main changes in the legislation in the field of labor protection in the Russian Federation in recent years. The list of the main regulatory and legal acts in the field of labor protection, approved or undergone changes for the period from 2017 to the time of writing the article is offered. The evidence of the processes aimed at the formation of the state system of labor protection regulations is presented by the example of the approved documentation of this type during the last five years. The brief overview of the ongoing supervisory and oversight activities in compliance with labor regulations and the application of the risk-based approach in conducting supervisory activities. The brief overview of the general changes in the regulatory and legal framework in the field of occupational safety. The main trends of the changes in the legislation on labor protection are presented. and the brief prognostic analysis of the effectiveness of the changes is presented. The brief prognostic analysis of the effectiveness of the changes is offered in the article.

Keywords: changes in legislation in the field of labor protection, labor protection regulations, reform of supervision activities in the field of labor protection, risk-oriented approach to labor protection.

Введение. В настоящее время мы являемся свидетелями активно происходящих глобальных изменений в области охраны труда (далее ОТ) Российской Федерации. Любые масштабные изменения всегда начинаются с изменения нормативно-правового поля реформируемой области. В последние годы активно пересматривается и вновь утверждается большое количество нормативно-правовой документации, регулирующей данную сферу [1, 2]. На наших глазах происходит реформирование многих

направлений сферы ОТ на государственном уровне. Яркими примерами последних лет могут служить следующие процессы: появление процедуры Аттестации Рабочих Мест по условиям труда и в краткие сроки ее трансформация в процедуру Специальной Оценки Условий Труда, которая продолжает корректироваться; начало реформы государственного контроля в области ОТ; пересмотр нормативно-правовой документации в области ОТ и отмена действия документации, разработанной в СССР и ранее; введение системы профстандартов

и независимой оценки квалификации; внедрение Системы Управления Охраной Труда в организациях; постепенное перестроение всей системы и переход на риск-ориентированный подход; уход от так называемых «списков» и постепенный переход к оценке условий труда по фактическому состоянию вредных и опасных на рабочем месте.

Важность происходящих событий сложно переоценить. Столь масштабные изменения нормативно-правового поля обусловлены общей сменой концепции развития направления ОТ в стране и переходом на риск-ориентированный подход. Коренным образом меняется подход к ОТ, как для работодателя, так и для контрольно-надзорных органов. В итоге все происходящие изменения направлены на общее улучшение положения работника, снижение профессиональных и индивидуальных рисков.

Подход к управлению рисками с применением превентивных и профилактических мер находит все больше одобрения у профильных специалистов и все чаще применяется работодателями на предприятиях. Многие специалисты в области ОТ признают, что превентивный подход сегодня является наиболее эффективной концепцией в данной области [3,4]. Несмотря на очевидные неудобства введения новых правовых документов для работодателей, специалисты по ОТ, в основном, благосклонно воспринимают происходящие изменения, которые создают соответствующую правовую базу для применения данного превентивного подхода и, в целом, систематизируют то огромное количество нормативной информации в области ОТ, которое есть сейчас. Нужно отметить, что наши зарубежные коллеги, в том числе страны Евросоюза (далее – ЕС) уже давно ступили на данный путь и значительно продвинулись по нему. Фактически с 1970-х годов страны ЕС начали внедрять различные программы, направленные на снижение рисков [5]. В начале 2000-х г. приступили к определению своих целей и приоритетов и сразу после этого стали координировать национальную политику и выстраивать целостную культуру профилактики и предотвращения несчастных случаев и инцидентов. На сегодняшний день более 20 стран ЕС разработали собственные национальные стратегии [5]. При этом, процессы анализа и корректировки законодательства ЕС в данной области не только не прекращаются, а выходят на новый уровень. Текущие изменения в законодательстве ЕС имеют главный вектор на предотвращение различных рисков, более углубленное внедрение превентивного подхода в различных областях, поощрения внедрения различных культур безопасности работодателями и упрощение законодательства, т.е. устранение дополнительного административного бремени [6, 7].

Цели исследования. В настоящей статье приведены основные изменения нормативно-правовых актов в области ОТ за последние годы, с целью их обобщения, определения и научного осмысления основных тенденций в происходящих изменениях нормативно-правового поля и

прогностического анализа их эффективности.

Обзор литературы по нововведениям в законодательстве в области охраны труда

Новое в законодательстве в области охраны труда. Изменение законодательства, внесение изменений в нормативно-правовой акт (далее НПА) важнейший путь повышения качества состояния закона [8].

В таблице 1 представлен список основных НПА в области ОТ, утвержденных или претерпевших изменения за последнее (с 2017 года) время по ситуации на 10 августа 2018 [9]. В приведенной таблице сознательно не приведены НПА, регулирующие сферы трудовых взаимоотношений, противопожарной безопасности и производственной безопасности. Не смотря на их очевидную связь с общими процессами и задачами безопасности и охраны труда, привести исчерпывающий перечень подобных изменений в рамках настоящей работы не представляется возможным.

Как можно видеть из таблицы №1, происходят большие изменения в НПА, причем, нужно отметить, что многие изменения происходят, в основном, не заметно для работодателя. В качестве основного маркера происходящих изменений может выступать сам Трудовой Кодекс РФ, который постепенно и постоянно корректируется. Только за 2018 год произошло уже 5 корректировок и ожидают последовательного вступления в силу еще 2 редакции. Помимо небольших корректировок в ТК, в стадии разработки новый раздел трудового кодекса Охрана труда, который несет значительные изменения [10]. Фактически происходит постоянная корректировка нормативно-правовой базы, систематизация как самих НПА, так и сведений, содержащихся в них.

Общие изменения законодательства в области охраны труда. Нормативно правовая база представлена государственными нормативными актами различного характера - это и стандарты, правила инструкции устанавливающие требования по охране и условиям труда. Важно подчеркнуть, что помимо государственных нормативных требований ОТ есть также и «обычные» требования, т.е. не являющиеся государственными и принципиальная разница состоит в нормативно-правовых последствиях невыполнения подобных требований.

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 23.05.1996 г. № 763 (ред. от 14.10.2014), применение их при разрешении споров не имеет юридическую силу, в случаях если они не зарегистрированы, или зарегистрированы, но не опубликованы в установленном порядке. Поскольку они как не вступившие в силу не могут служить основанием для регулирования соответствующих правоотношений, применения санкций к гражданам, должностным лицам и организациям за невыполнение содержащихся в них предписаний не влекут правовых последствий. Т.е. по сути, они носят рекомендательный характер. Остается значительная проблема иерархической структуры нормативных правовых актов [11].

Таблица 1 – Перечень основных НПА, 01.01.2017 по 20.06.2018 гг.
 утвержденных или измененных за период с

Наименование НПА	Дата изменений
Трудовой кодекс Российской Федерации	ред. от 19.07.18
ФЗ от 24 июля 1998 г. № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»	ред. от 07.03.18
ФЗ от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ О техническом регулировании	ред. от 29.07.17
ФЗ от 26.12.2008 г. № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля»	ред. от 18.04.18
ФЗ от 28 декабря 2013 г. № 400-ФЗ «О страховых пенсиях»	ред. от 07.03.18
ТР ТС 019/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты»	ред. от 06.03.18
Приказ Минтруда России от 27.12.2017 N 882н «Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам промышленности строительных материалов, стекольной и фарфоро-фаянсовой промышленности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением»	Введено впервые
Приказ Минтруда России от 28.12.2017 N 883н «Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам, занятым на геологических, топографо-геодезических, изыскательских, землеустроительных работах и в картографическом производстве (занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением)»	Введено впервые
Приказ Минтруда России от 19.06.2017 N 507н «Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам авиационной промышленности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением»	Введено впервые
Приказ ФАНО России от 15.03.2018 N 3н «Об утверждении норм бесплатной выдачи специальной одежды, обуви и средств индивидуальной защиты работникам государственных природных заповедников, находящихся в ведении Федерального агентства научных организаций»	Введено впервые
ФЗ от 31.12.2017 № 484-ФЗ «О страховых тарифах на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний на 2018 год и на плановый период 2019 и 2020 годов»	Введено впервые
Приказ Минтруда России от 12.02.2018 N 71 «Об утверждении примерного ведомственного плана мероприятий по снижению производственного травматизма»	Введено впервые
Постановление ФСС РФ от 31.05.2017 № 67 «Об утверждении значений основных показателей по видам экономической деятельности на 2018 год»	Введено впервые
Пост. Правительства РФ от 01.09.2012 № 875 «Об утверждении Положения о федеральном государственном надзоре за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права»	ред. от 30.04.18
Пост. Правительства РФ от 17.08.2016 № 806 «О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» (вместе с «Правилами отнесения деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей и (или) используемых ими производственных объектов к определенной категории риска или определенному классу (категории) опасности»)»	ред. от 19.02.18
Пост. Правительства РФ от 15.05.2006 г. № 286 «Об утверждении положения об оплате дополнительных расходов на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию застрахованных лиц, получивших повреждение здоровья вследствие несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»	ред. от 13.06.17
ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.	ред. от 29.06.17
Приказ Роструда от 10.11.2017 № 655 «Об утверждении проверочных листов (списков контрольных вопросов) для осуществления федерального государственного надзора за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права».	ред. от 22.01.18
Руководство по соблюдению обязательных требований по установлению степени утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. (утв. Рострудом). Опубликовано в сети «Интернет» 23.11.17	Введено впервые
Постановление Правительства РФ от 08.06.2018 N 661 «О внесении изменений в Правила установления страхователям скидок и надбавок к страховым тарифам на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»	Введено впервые
Приказ Минздравсоцразвития РФ от 17.12.2010 г. № 1122н «Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи работникам смывающих и (или) обезвреживающих средств и стандарта безопасности труда «Обеспечение работников смывающими и (или) обезвреживающими средствами»	ред. от 23.11.17
Приказ Минздравсоцразвития РФ от 12.04.2011 № 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда»	ред. от 06.02.18
Приказ Минтруда России от 31.05.2018 N 336н «О внесении изменений в Правила по охране труда в строительстве, утвержденные приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 1 июня 2015 г. N 336н»	Введено впервые

В настоящее время существуют [9, 12]:

- 89 правил по ОТ (в Минюсте зарегистрировано 44);
- более 100 правил безопасности, правил устройства и безопасной эксплуатации;
- более 150 – государственных санитарно-эпидемиологических правил и нормативов (санитарные правила, санитарные нормы, санитарные правила и нормы, гигиенические нормативы, методические указания, распоряжения и рекомендации);

- около 30 строительных норм и правил (в настоящий момент полностью отнесены к сфере технического регулирования);
- более 40 стандартов системы стандартов безопасности труда (ССБТ);
- более 1150 профессиональных стандартов.

В таблице 2 представлены утвержденные за последние пять лет, с 2013 года, правила по охране труда для разных видов деятельности и работ, прошедших регистрацию в Минюсте.

Таблица 2 – Перечень ПОТ, утвержденных за период с 01.01.2013 по 20.06.2018 гг.

№ п/п	Дата и номер Приказа Минтруда России о введении ПОТ	Наименование ПОТ
1	Приказ от 07.03.2018 N 127н	при выполнении окрасочных работ
2	Приказ от 06.02.2018 N 59н	на автомобильном транспорте
3	Приказ от 05.10.2017 № 712н	в организациях связи
4	Приказ от 28.07.2017 № 601н	при осуществлении охраны (защиты) объектов и (или) имущества
5	Приказ от 31.05.2017 № 466н	при проведении работ в легкой промышленности
6	Приказ от 19.04.2017 № 371н	при использовании отдельных видов химических веществ и материалов
7	Приказ от 02.02.2017 № 129н	при производстве дорожных строительных и ремонтно-строительных работ
8	Приказ от 14.11.2016 № 635н	на городском электрическом транспорте
9	Приказ от 14.11.2016 № 634н	при нанесении металлопокрытий
10	Приказ от 02.11.2016 № 604н	при добыче (вылове), переработке водных биоресурсов и производстве отдельных видов продукции из водных биоресурсов
11	Приказ от 23.06.2016 № 310н	при размещении, монтаже, техническом обслуживании и ремонте технологического оборудования
12	Приказ от 25.03.2016 № 76н	в сельском хозяйстве
13	Приказ от 02.11.2015 № 835н	в лесозаготовительном, деревообрабатывающем производствах и при проведении лесохозяйственных работ
14	Приказ от 16.11.2015 № 873н	при хранении, транспортировании и реализации нефтепродуктов
15	Приказ от 15.10.2015 № 722н «	при производстве цемента
16	Приказ от 17.08.2015 № 550н	при производстве отдельных видов пищевой продукции
17	Приказ от 17.08.2015 г. № 552н	при работе с инструментом и приспособлениями
18	Приказ от 17.08.2015 г. № 551н	при эксплуатации тепловых энергоустановок
19	Приказ от 07.07.2015 года № 439н	в жилищно-коммунальном хозяйстве
20	Приказ от 01.06.2015 года № 336н	в строительстве
21	Приказ от 23.12.2014 № 1101н	при выполнении электросварочных и газосварочных работ
22	Приказ от 17.09.2014 года № 642н	при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов
23	Приказ от 05.06.2014 N 367н	на судах морского и речного флота
24	Приказ от 28.03.2014 года № 155н	при работе на высоте»
25	Приказ от 23.12.2014 № 1104н	труда при эксплуатации холодильных установок
26	Приказ от 23.12.2014 N 1100н	подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы

Результаты исследования.

Основными изменениями в правилах по ОТ является исключение вопросов, регламентируемых ФЗ «О техническом регулировании»; положения санитарно-эпидемиологического законодательства, промышленной безопасности, строительные нормы и правила. Определена структура Правил по охране труда. В структуре выделяются отдельным пунктом Перечень характерных вредных и опасных производственных факторов и меры по защите работников от воздействия вредных и опасных производственных факторов.

В ближайшие 2 года планируются к принятию

Правила по охране труда:

- при проведении работ, связанных с повышенной опасностью;
- при эксплуатации промышленного транспорта;
- при эксплуатации газового хозяйства организаций;
- в литейном производстве машиностроительных организаций;
- при выполнении кузнечно-прессовых работ;
- при проведении технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств и самоходных машин
- при термической обработке металлов;

- при холодной обработке металлов;
- при химической чистке, стирке, обеззараживании и дезактивации;

- при производстве и применении ртуты.

Таким образом, все больше издаваемых документов в области ОТ, а в последнее время – все правила по ОТ проходят регистрацию в Минюсте, приобретая тем самым статус государственных требований в области ОТ. Также активно пересматриваются ранее утвержденные документы, приобретая при этом признаки и структуру, принятую для Правил по ОТ и статус государственного требования, т.е. мы можем говорить о формировании единой системы Правил по охране труда.

Реформа контрольной и надзорной деятельности (2017 – 2025), согласно паспорту приоритетной программы реформы и приложения к протоколу президиума Совета при Президенте РФ (по стратегическому развитию и приоритетным проектам от 21.12.2016 № 12) (ред. от 30.05.2017) включает в себя контрольные точки и 8 этапов: внедрение риск-ориентированного подхода при осуществлении контрольно-надзорной деятельности; внедрение системы оценки результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности; систематизацию, сокращение количества и актуализацию обязательных требований; внедрение системы комплексной профилактики нарушений обязательных требований; внедрение эффективных механизмов кадровой политики в деятельности контрольно-надзорных органов; внедрение системы предупреждения и профилактики коррупционных проявлений в контрольно-надзорной деятельности; автоматизацию контрольно-надзорной деятельности и повышение качества реализации контрольно-надзорных полномочий на региональном и муниципальном уровнях.

К началу 2018 года мы уже могли наблюдать некоторые ключевые результаты, которые были достигнуты в данном направлении. Самыми значимыми изменениями в области ОТ для работодателя стало появление проверочных листов; распределение организаций по категориям риска (на апрель 2018 года обнародованы в сети интернет списки организаций, которым присвоены категории высокого и значительного риска). Планы проверок Государственными инспекциями труда на 2018 год составлены на основе риск-ориентированного подхода. Принимаются документы, регламентирующие ход проведения проверок, на официальных сайтах в сети «Интернет» для каждого вида государственного контроля (надзора), размещаются перечни нормативных правовых актов или их отдельных частей, содержащих обязательные требования, оценка соблюдения которых является предметом государственного контроля (надзора), утверждаются чек-листы

плановых проверок. Данные мероприятия призваны систематизировать ход проведения контрольно-надзорных действий в рамках соответствующих подразделений, и минимизировать различия в проведении проверок в различных регионах или различными проверяющими.

Применение риск-ориентированного подхода (согласно ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» (ред. от 18.04.2018) ст. 8.1) основано на применении методов организации и осуществления государственного контроля (надзора), и выборе интенсивности проведения мероприятий по контролю, мероприятий по профилактике нарушения обязательных требований. Деятельность юридического лица, индивидуального предпринимателя и (или) используемых ими при осуществлении такой деятельности производственных объектов относится к определенной категории риска либо определенному классу (категории) опасности [13].

Отнесение деятельности работодателя к определенной категории риска осуществляется на основании установленных критериев в зависимости от следующих показателей:

- тяжесть потенциальных негативных последствий возможного несоблюдения работодателем обязательных требований;
- потенциальный вред охраняемым законом ценностям в сфере труда из-за возможного несоблюдения обязательных требований (численность погибших и пострадавших работников, вид деятельности);
- масштаб распространения потенциальных негативных последствий (от численности работников);
- коэффициент устойчивости добросовестного поведения работодателя, связанного с исполнением обязательных требований (травматизм, административные наказания).

Предусмотрено 5 категории риска предприятий (категория высокого риска; категория значительного риска; категория среднего риска; категория умеренного риска и категория низкого риска), в отношении которых плановые проверки не проводятся (деятельность юридического лица или индивидуального предпринимателя).

Обсуждение и заключение. Данные изменения говорят о том, что государство в целом, законодатели и контрольно-надзорные органы перешли к ранжировке поднадзорных объектов по степени их опасности и контроль будет производиться с учетом специфики деятельности конкретной организации. Так же, эти изменения свидетельствуют о перероде к профилактическим мерам, в том числе, через повышенный контроль объектов, с повышенным уровнем опасности и более высокими рисками. При этом, организации, которые причислены к

категориям низкого и незначительного риска, не будут отнимать на себя такое количество времени и внимания проверяющих инстанций, как это было раньше. До внедрения риск-ориентированного подхода все организации, вне зависимости от характера их деятельности, подлежали проверкам с одинаковой интенсивностью.

Вместе с тем большое внимание уделяется сегодня оценке рисков, как неотъемлемой части процесса управления рисками и основе внедряемого превентивного подхода [14,15]. Для осуществления успешных предупреждающих мероприятий необходимо понимать природу и причины рисков, в связи с этим необходимо тщательно прорабатывать характерные факторы и процессы по отраслям и характерным видам деятельности для корректной идентификации рисков [16,17]. Пересмотр нормативных документов базируется на обобщении большого количества опытных данных, ему может предшествовать большая научная работа. Например, при проектировании системы обеспечения безопасности при использовании систем, удерживающих человека от падения при работах на высоте, требуются исследования условий разрыва образцов эластичного материала [18]. Тем не менее, на сегодня нет единого утвержденного подхода не только к идентификации и оценке риска, но и к трактовке понятийного аппарата различных видов риска. Необходимость целостностной системной методологии управления рисками не вызывает сомнений [19].

Все происходящие изменения говорят о постепенном и поэтапном переходе на профилактические меры воздействия, постепенно меняя и систематизируя общее законодательство, включая перемены в контрольно-надзорной деятельности. Мы значительно отстаем в данном направлении от наших западных коллег, по меньшей мере лет на двадцать, но у нас есть возможность перенять опыт самых успешных превентивных практик и примеров выстраивания национальной политики в соответствии с выбранным курсом. Вместе с тем, в странах ЕС, где превентивный подход широко распространен, внедрен и уже успел принести значительные улучшения ситуации в области безопасности труда, все больше говорят о недостаточности применения подхода только предотвращения рисков и о необходимости внедрения так называемого «содействия безопасности» [20]. Таким образом, можно предположить, что превентивная модель не окажется конечной точкой происходящих реформ, а станет только первой ступенькой.

Со стратегической точки зрения переход на профилактический подход должен принести положительные результаты в рамках страны. Идет полномасштабная гармонизация государственных требований, а также гармонизация государственных и международных требований в области

безопасности труда. Не смотря на активно происходящие изменения в нормативно-правовом поле, мы все находимся в самом начале этого пути. Предстоит еще немало работы по внедрению и апробации новых НПА, полное перестроение принципа работы контрольно-надзорных органов, изменение принципов подхода к охране труда у самих работников всех уровней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Истомин С.В., Турченко В.Н. О нормативных требованиях охраны труда // Охрана и экономика труда. – 2013. – № 3. – С. 18–22.
2. Воробьев И.А. О совершенствовании нормативных требований охраны труда // Охрана и экономика труда. – 2015. – № 3 (20). – С. 46–51.
3. Тархов Д.А., Каверзнева Т.Т., Идрисова Д.И. Анализ причин тяжелого и смертельного травматизма на строительной площадке // Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование-2. Г69 Материалы Международной научно-практической конференции. В 2 т., Т. 2. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal). – 2015. – № 11 (специальный выпуск 60-2). – 648 с. – М.: Издательство «Горная книга». – С. 244–253.
4. Яговкин Г.Н., Мельникова Д.А. Основополагающие принципы обеспечения безопасности человека при построении системы управления профессиональными рисками // Безопасность жизнедеятельности. – 2015. – №8 – С. 9–13.
5. Guldenmund F.W. The nature of safety culture: a review of theory and research // Safety Science – 2000. – №34 – С. 215-257 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: file:///C:/Users/Kireyeva.l.a/Downloads/safety-science2000.pdf (дата обращения 20.06.2018 г.).
6. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS on an EU Strategic Framework on Health and Safety at Work 2014-2020 – [Электронный ресурс]. – <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2014:332:FIN> (дата обращения 20.06.2018 г.).
7. New trends in accident prevention due to the changing world of work // Magazine of the European Agency for Safety and Health at Work, 2002. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.bollettinoadapt.it/old/files/document/27130-SHA_07_10_2002.pdf (дата обращения 20.06.2018 г.).
8. Гушев М.Е. Изменение законодательства России: проблемы теории и практики: Дисс. На соискание ученой степени канд. юр. наук. – Владимир, 2006. – 226 с.
9. Обзоры законодательства. Новое

в Российском законодательстве. Сайт КонсультантПлюс – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/law/review/fed/> (дата обращения 10.08.2018 г.)

10. Паспорт проекта О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации (в части совершенствовании трудового законодательства в области охраны труда). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://regulation.gov.ru/projects#пра=20212> (дата обращения 10.08.2018 г.).

11. Тушин А.М. Опыт разработки правил по охране труда при производстве, монтаже и эксплуатации машин, оборудования и технологических установок // *Безопасность жизнедеятельности*. – 2015. – №1 – С. 18–24.

12. Справка о правилах охраны труда. Сайт информационно-правовой портал Гарант.ру – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/992739/> (дата обращения 20.06.2018 г.).

13. Федеральный закон от 26.12.2008 N 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» (ред. от 18.04.2018) Сайт КонсультантПлюс – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=296155&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.2654481553370571#07522158414006075> (дата обращения 03.08.2018 г.).

14. Каверзнева Т.Т., Румянцева Н.В. Оценка эффективности мероприятий охраны труда на предприятиях малого бизнеса // *Безопасность в техносфере*. – 2010. – №3 – С. 27–31.

15. Долинская Ю.В., Князюк Н.Ф. Концептуальные вопросы управления изменениями в области профессиональной безопасности и охраны здоровья // *Безопасность жизнедеятельности*. – 2015. – №1 – С. 3.

16. Зинкин В.Н., Шешегов П.М., Чистов С.Д. Влияние особенностей производственного шума и инфразвука на заболеваемость и систему профилактических мероприятий // *Безопасность жизнедеятельности*. – 2015. – №5 – С. 3–12.

17. Федорев А.Г., Коваленко М.В. Косвенный метод количественной оценки производственных рисков на основе ключевых требований безопасности // *Безопасность в техносфере* – 2017. – Т.6. – №6. – С. 38–46.

18. Bolgov I., Kaverzneva T., Kolesova S., Lazovskaya T., Stolyarov O. and Tarkhov D. Neural Network Model of Rupture Conditions for Elastic Material Sample Based on Measurements at Static Loading under Different Strain Rates // *Journal of Physics: Conference Series*, 2016, V. 772, Nu. 1, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/1742-6596/772/1/012032> (дата обращения 30.07.2018 г.).

19. Пушенко С.Л., Страхова Н.А. Принципы,

концепция и методология управления рисками применительно к безопасности труда // *Безопасность в техносфере* – 2012. – №2 – С. 35–40.

20. Silvia Fernández Martínez. Occupational Health and Safety regulation for a changing world of work: the central role of health – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://englishbulletin.adapt.it/wp-content/uploads/2016/10/fernandez_BSC_conference.pdf (дата обращения 20.06.2018 г.).

Статья поступила в редакцию 09.09.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 331.453:349.23/24

ИНСТИТУТ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА

© 2018

Suchilkina Elena Vladimirovna, кандидат исторических наук, доцент,
доцент кафедры «Перевод и переводоведение»

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: suchilkinaev@yandex.ru)

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы значимости безопасной организации труда, раскрываются особенности создания системы управления организацией труда как необходимой предпосылки эффективного функционирования организации. Автор обращается к проблеме становления нового института – специальной оценки условий труда, выделяет задачи, особенности нормального функционирования рассматриваемого института. Трудовой кодекс Российской Федерации предусматривает обязанность работодателей по созданию эффективной и действенной системы управления охраной труда. В связи с этим проводится анализ норм российского трудового законодательства, регламентирующего правильность организации проведения процедуры специальной оценки условий труда. Автор обращает внимание на основные аспекты, связанные с функционированием системы специальной оценки условий труда в организации и правильным распределением обязанностей по охране труда. Отмечается, что важной задачей для работодателей является дальнейшее совершенствование функционирования системы управления охраной труда как необходимого условия для выявления и устранения потенциально вредных и опасных факторов вреда жизни и здоровью трудящихся на рабочих местах. Предлагаются возможные направления решений возникающих проблем в сфере охраны труда.

Ключевые слова: охрана труда, система управления охраной труда, специальная оценка условий труда, требования охраны труда, безопасные условия труда, защита работников от вредных и опасных факторов.

INSTITUTE OF SPECIAL ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS

© 2018

Suchilkina Elena Vladimirovna, candidate of history Sciences, docent,
associate Professor of sub-department «Translation and translation studies»

Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin Street, 1a/11, e-mail: suchilkinaev@yandex.ru)

Abstract. The article deals with the importance of the safe organization of labor, reveals the features of the system of labor organization management as a prerequisite for the effective functioning of the organization. The author addresses the problem of formation of a new Institute – a special assessment of working conditions, highlights the problem, especially the normal functioning of the Institute. The labor code of the Russian Federation provides for the obligation of employers to create an effective and efficient system of labor protection management. In this regard, the analysis of the norms of the Russian labor legislation regulating the correctness of the organization of the procedure of special assessment of working conditions. The author draws attention to the main aspects related to the functioning of the system of special assessment of working conditions in the organization and the correct distribution of responsibilities for labor protection. It is noted that an important task for employers is to further improve the functioning of the occupational safety management system as a necessary condition for identifying and eliminating potentially harmful and dangerous factors of harm to the life and health of workers in the workplace.

Keywords: labor protection, occupational health and safety management system, special assessment of working conditions, health and safety requirements, safe working conditions, protection of workers from harmful and dangerous factors.

Положения действующей Конституции Российской Федерации провозглашают российское государство как социальное государство, в котором в том числе действуют правовые гарантии безопасности труда. В настоящее время значимость создания безопасных рабочих мест, соблюдения гигиенических норм и стандартов в сфере труда нашла подтверждение в создании многих правовых и общественных институтов, с помощью которых реализуется право работника на безопасный труд. В числе таких правовых институтов важное место занимает институт специальной оценки условий труда на рабочем месте. Правовой статус работника напрямую

зависит от характеристик условий труда. Именно по результатам специальной оценки труда той или иной вид выполняемой работы относится к определенному классу и подклассу условий труда на рабочих местах, а в соответствие с классом/подклассом определяется перечень гарантированных Трудовым кодексом Российской Федерации компенсаций, надбавок и доплат за сложность, вредность и иные технические характеристики труда.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых рассматривались аспекты проблемы специальной оценки условий труда. Отдельные аспекты правового регулирования ин-

ститута оценки условий труда изучались рядом отечественных исследователей Брусенцовым С.Г. [1], Джиоевым Н.С. [2], Комиссаровой Т.Ю. [3], Люотовым Н.Л. [4], Скачковой Г.С. [5] и др..

В настоящее время многочисленные публикации и исследования правоприменительной практики в области охраны труда установили, что имеющиеся недостатки в механизме правового регулирования ухудшают эффективность специальной оценки условий труда, поэтому соответствующие нормы и положения трудового законодательства в этой сфере нуждается в совершенствовании. Ряд нововведений законодательства о специальной оценке условий труда привели к существенному ухудшению положения работников в сфере охраны труда и гарантированности безопасности рабочих мест на производстве. Устранение указанных пробелов в законодательстве о специальной оценке условий труда требует применения комплексного подхода в исследовании специальной оценки условий труда, особенностей правового регулирования процедур оценки, механизма реализации государственного и профсоюзного контроля за соблюдением законодательства.

Материалы и методы исследования. Проблема обеспечения безопасности рабочих мест, забота об охране труда имеет первостепенное значение для российского государства. На сегодняшний день в государстве поднимается вопрос о культуре охраны труда, которая является одним из главных элементов управления предприятием [1, с. 81].

С конца октября 2016 года Минтруд окончательно ввёл в обиход новую категорию, которая затрагивает интересы любого работодателя – СУОТ – система управления охраной труда. И 13 октября 2016 года Минюст России зарегистрировал приказ Минтруда от 19 августа 2016 года № 438н, который утвердил Типовое положение о системе управления охраной труда, тем самым, сформировав новые требования трудового законодательства в сфере охраны труда [6].

Эффективность системы управления охраной труда обеспечивается рядом процедур, а именно: точностью определения подходящей структуры нового образца системы управления охраной труда на предприятии; правильностью формулировок соответствующего положения по охране труда [3].

В системе управления охраной труда одной из главных процедур, обеспечивающих безопасность труда, является процедура проведения специальной оценки условий труда, которая представляет собой систему мероприятий по оценке вредных и опасных производственных факторов, выявление факторов, представляющих угрозу жизни и здоровью трудящихся на рабочих местах.

Обязанность проведения специальной оценки условий труда установлена Трудовым кодексом Российской Федерации (ст. 212) [7]. Основным нормативным документом, регламентирующим СОУТ,

является закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» [8]. Кроме того, отдельные вопросы, связанные с проведением СОУТ, детально раскрываются в постановлениях Правительства и официальных источниках профильного ведомства – Министерства труда.

Важным инструментом анализа развития сферы охраны труда выступает сбор и обработка статистической информации. Такого рода статистические данные по Пензенской области представлены в отчетах Администрации города Пензы. Начиная с 2014 года, проводятся исследования по оценке условий труда на предприятиях и организациях Пензенской области [9]. Эти данные отражаются в ежеквартальном мониторинге проведения специальной оценки условий труда, который заполняется организациями, внесенными в реестр аккредитованных организаций, оказывающими услуги по охране труда в части проведения специальной оценки условий труда.

Все данные о проведении специальной оценки условий труда на предприятиях и организациях города Пензы сводятся в единую таблицу.

Цель данных исследований – сбор и анализ сведений о состоянии условий и охраны труда на предприятиях города Пензы. На основании полученных данных автором были сделаны выводы об эффективности системы управления охраной труда; об особенностях работы служб охраны труда по обеспечению требований безопасности условий труда на предприятиях города Пензы.

Материалы и методы. Используемые методы исследования на предприятиях города Пензы – метод анкетирования, статистический метод, метод социологического опроса, системно-структурный, формально-юридический методы.

Материалы проведенных исследований позволили автору статьи провести комплексный анализ действующего законодательства, выявить взаимосвязь показателей эффективности процедур направленных на предотвращение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости на предприятиях от степени институализации специальной оценки условий труда. Показать недостатки в правовом регулировании специальной оценки условий труда в правоприменительной практике и разработать предложения по их совершенствованию.

Результаты и обсуждение. Оптимизация процедуры специальной оценки условий труда в Пензенской области позволили выявить следующую закономерность – формирование эффективного механизма регулирования института специальной оценки условий труда, и послужило надежным средством обеспечения гарантий прав работников на безопасные условия труда и значимым фактором, определяющим снижение уровня производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Установлены следующие показатели мониторинга:

- 2014 год общий травматизм (г. Пенза) – 98 случаев; снижение данного показателя на общее число 23 по сравнению с 2013 годом (в процентном отношении – 19 %). В организациях города среди трудового населения выделено 140.426 горожан, из них – 78.872 жен., 111 подростков.

- 2015 год общий травматизм (г. Пенза) – 85 случаев; снижение данного показателя на общее число 13 по сравнению с 2014 годом. В организациях города среди трудового населения выделено 139.912 горожан, из них – 79.989 жен., 84 подростка.

- 2016 год общий травматизм (г. Пенза) – 65 случаев; снижение данного показателя на общее число 20 по сравнению с 2015 годом. В организациях города среди трудового населения выделено 131.646 горожан, из них – 76.351 жен., 60 подростков.

- 2017 год общий травматизм (г. Пенза) – 57 случаев; снижение данного показателя на общее число 8 по сравнению с 2016 годом. В организациях города среди трудового населения выделено 123.610 горожан, из них – 70.375 жен., 67 подростков.

Общий травматизм (рисунок 1) по отраслям за 2014, 2015, 2016, 2017 гг. в сравнении с предыдущими годами раскрывается в следующих показателях:

- сфера промышленности – 2014 – 46; 2015 – 32; 2016 – 21; 2017 – 20; существенное сокращение, примерно до 50 %;

- строительство – 2014 – 15; 2015 – 15; 2016 – 6; 2017 – 3; существенное сокращение за 2016-2017 года;

- транспортная сфера – 2014 – 7; 2015 – 3; 2016 – 5; 2017 – 2;

- связь – 2014 – 1; 2015 – 5; 2016 – 3; 2017 – 2; на уровне прошлых лет, за искл. 2015 года;

- лесное хозяйство – 2014 – 0; 2015 – 0; 2016 – 0; 2017 – 0;

- торговля и общепит – 2014 – 6; 2015 – 2; 2016 – 0; 2017 – 1; снижение в 3 раза и более по сравнению с 2013-2014 гг.;

- сфера жилищно-коммунального хозяйства – 2014 – 8; 2015 – 10; 2016 – 12; 2017 – 9;

- здравоохранение – 2014 – 8; 2015 – 7; 2016 – 9; 2017 – 14; увеличение на 36 %,

- соцзащита – 2014 – 0; 2015 – 1; 2016 – 1; 2017 – 0;

- образование – 2014 – 2; 2015 – 2; 2016 – 2; 2017 – 2; на уровне прошлых лет;

- прочие – 2014 – 5; 2015 – 8; 2016 – 6; 2017 – 6.

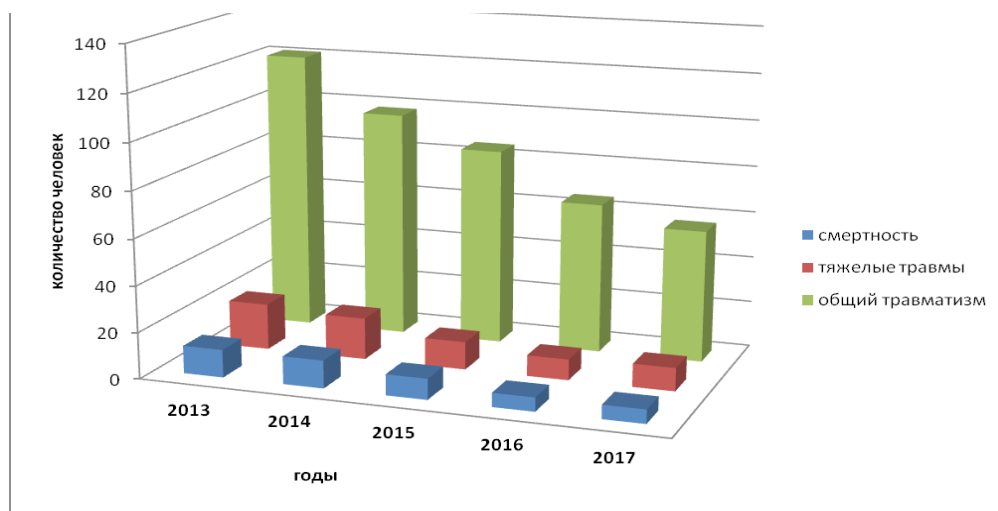


Рисунок 1 – Динамика снижения показателей производственного травматизма

Таким образом, спецоценка в обязательном порядке проводится всеми экономическими субъектами (юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями), пользующимися услугами наемных работников. Оценке подлежат без исключения все рабочие места, как постоянные, так и временные, даже если речь идет о сотрудниках с разрывным характером работы.

СОУТ не проводится только в отношении следующих категорий работников (п. 3 ст. 3 закона № 426-ФЗ): работающих на дому или дистанционно; работников, нанятых физическими лицами, не являющимися индивидуальными предпринимателями (помощники по хозяйству, репетиторы и т.п.). СОУТ в общем случае нужно проводить не реже один раз в

пять лет (ст. 8 закона № 426-ФЗ).

Для конкретного работодателя сроки проведения СОУТ устанавливаются с учетом переходных положений, предусмотренных в ст. 27 закона № 426-ФЗ. Дело в том, что спецоценка является «преемницей» действовавшей до 2014г. аттестации рабочих мест [10]. Поэтому если на предприятии до 31.12.2013г. была проведена аттестация, то СОУТ можно не проводить в течение 5 лет после нее. Переходный период заканчивается 31.12.2018г., к этому времени все работодатели должны провести СОУТ по новым правилам [11, с. 354]. Однако для отдельных категорий рабочих мест следует провести спецоценку в кратчайшие сроки, не дожидаясь завершения переходного периода. Речь идет о рабочих местах с вред-

ными и опасными условиями труда. Их категории перечислены в п. 6 ст. 10 закона № 426-ФЗ.

Кроме того, в случаях, перечисленных в п. 1 ст. 17 Закона № 426-ФЗ, оценку условий труда на рабочем месте следует проводить вне плана. В первую очередь это касается появления новых рабочих мест или существенных изменений условий работы на существующих местах. Кроме того, внеплановая СОУТ проводится после несчастного случая, при нарушении требований охраны труда, что приводит производственному травматизму и заболеванию работников организации, на основании предписания контролирующих органов или по заявке профсоюза [12, с. 105].

Сроки проведения внеплановой СОУТ на предприятиях Пензенской области – от 6 до 12 месяцев, в зависимости от основания: при вводе новых рабочих мест; после несчастного случая; при приеме нового работника.

Одним из оснований для проведения внеплановой спецоценки является ввод в эксплуатацию новых рабочих мест (подп. 1 ч. 1 ст. 17 Федерального закона от 28 декабря 2013 г. № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда»).

Ввод в эксплуатацию, возможен в случаях когда происходит: создание нового предприятия; введение в штатное расписание новой должности либо изменение структуры штатного расписания; фактическое появление нового рабочего места, когда организация находится по прежнему адресу; переезд организации на новое место; перемещение сотрудников в другое помещение по тому же адресу; реорганизация предприятия путем выделения, разделения, слияния или присоединения; создание филиала или представительства.

Спецоценку нужно провести в течение полугода после одного из перечисленных событий. Срок отсчитывают в каждом случае по-разному. Но, так или иначе, началом срока является документальное подтверждение указанных событий [13].

Закон устанавливает, что обязанность по организации СОУТ лежит на работодателе. С этой целью должна быть создана специальная комиссия (ст. 9 закона № 426-ФЗ).

Непосредственное проведение СОУТ осуществляют специализированные организации. Они

должны отвечать требованиям закона – иметь аккредитованную лабораторию и не менее пяти аттестованных экспертов в штате (ст. 19 закона № 426-ФЗ) [14]. В Пензенской области значительное количество организаций, имеющих право проводить специальную оценку условий труда. Среди них можно выделить следующие организации: ООО «Охрана. Безопасность», ООО «Эксперт-Сервис», филиал «ЦЛТИ по Пензенской области» и другие.

Все специализированные организации заносятся в реестр, за ведение которого отвечает Минтруд – «Реестр специализированных организаций по СОУТ».

Работодатель выбирает организацию из реестра и заключает с ней договор на проведение СОУТ. Идентификацию потенциально вредных и опасных производственных факторов выполняет эксперт специализированной организации. Он изучает техническую (эксплуатационную) документацию на производственное оборудование, используемое работником на рабочем месте, должностные инструкции и иные документы, регламентирующие обязанности работника, результаты ранее проводившихся на данном рабочем месте исследований (испытаний) и измерений вредных и опасных факторов [15, с. 53]. Заказчик обязан предоставить исполнителю все документы и другую информацию, необходимую для работы. И в первую очередь нужно выбрать рабочие места для проведения оценки и составить график, учитывая все особенности установления сроков проведения СОУТ, перечисленные в предыдущем разделе.

Кроме сроков, при составлении графика следует учитывать наличие аналогичных рабочих мест. Если такие места есть, то из каждой их группы можно оценивать только 20% (но не менее двух).

Сама спецоценка условий труда заключается в выявлении и измерении вредных и опасных производственных факторов [16]. По ее итогам каждому проверенному рабочему месту присваивается один из четырех классов опасности. Выбор класса зависит от наличия и интенсивности влияния на работника указанных отрицательных факторов.

Результаты проведенной СОУТ оформляются в виде отчета, который должен быть подписан всеми членами комиссии по ниже приведенной форме:

**Информация
о проведении специальной оценки условий труда на предприятиях и организациях
города Пензы**

за _____ 201__ год(а)

Наименование организации, на которой проведена специальная оценка условий труда (СОУТ)	Общее кол-во рабочих мест в организации подлежащих СОУТ	Кол-во РМ на которых проведена СОУТ	Кол-во работников занятых на этих рабочих местах	Кол-во рабочих мест с классами условий труда						
				Оптимальные и допустимые		Вредные и опасные				Травмо опасные
				1 и 2	3.1.	3.2.	3.3.	3.4.	4.0.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Итого										

В течение трех рабочих дней с момента утверждения отчета о проведении специальной оценки условий труда работодатель обязан довести информацию о результатах СОУТ до специализированной организации, а также направить в ее адрес копию утвержденного отчета (ч. 5.1 ст. 15 Закона № 426-ФЗ).

Информация о специальной оценке условий труда:

- должна быть доведена до работников и размещена на сайте компании в 30-дневный срок после подписания отчета (ст. 15 закона № 426-ФЗ);
- включается в декларацию соответствия условий труда, предоставляемую в Минтруд [17];
- направляется в подразделение ФСС РФ для принятия решения о корректировке страховых тарифов;
- размещается в государственной информационной системе согласно ст. 18 закона № 426-ФЗ.

Отметим, что работодателем подается уточненная декларация в отношении рабочих мест, условия труда на которых на 01.05.2016 признаны оптимальными или допустимыми, за исключением рабочих мест, указанных в ч. 6 ст. 10 (ФЗ от 01.05.2016 N 136-ФЗ) [18].

Порядок формирования, хранения и использования сведений, содержащихся в информационной системе учета, устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда [19].

По данным проведенного исследования автор приходит к выводу, что в период за 2013–2017 гг. как минимум в 4 отраслях экономической деятельности (из общего числа отраженных в мониторинге) установлена динамика на снижение случаев производственного травматизма. Таким образом, развитие института специальной оценки условий труда позволяет существенно снизить производственный травматизм в отдельных отраслях экономической деятельности региона.

Вместе с тем, строительная отрасль показывает наиболее высокие критерии травмоопасности. За 2014 г. и 2015 г. на предприятиях данной отрасли зафиксированы 15 несчастных случаев (статистические данные за каждый год), 6 несчастных случаев со смертельным исходом (статистические данные за каждый год).

Специальная оценка условий труда в организации влечет за собой определенные правовые последствия. Итоги проведенной СОУТ влияют на трудовые отношения с работниками, и на ставки взносов во внебюджетные фонды [20].

Работникам чьи рабочие места признаны вредными или опасными (3–4 класс) полагаются различные гарантии и компенсации в соответствии с ТК РФ и другими нормативными актами [18]: сокращенное рабочее время (ст. 92 ТК РФ); повышенные

тарифные ставки (ст. 146, 147 ТК РФ); дополнительные отпуска (ст. 117 ТК РФ); досрочный выход на пенсию [21]; ограничения для работы на таких местах женщин и несовершеннолетних (ст. 253, 265 ТК РФ); регулярные медосмотры (ст. 213 ТК РФ); предоставление средств индивидуальной защиты; выдача молока и лечебно-профилактического питания (ст. 222 ТК РФ).

При этом ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск предоставляется работникам, условия труда на рабочих местах которых по результатам специальной оценки условий труда отнесены к вредным условиям труда 2, 3 или 4 степени либо опасным условиям труда [22, с. 6].

Кроме того, по итогам СОУТ разрабатываются и внедряются мероприятия по охране труда и улучшению его условий [23]. ФСС РФ может предоставить компании скидки или надбавки к действующему тарифу на страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний. Решение ФСС по поводу тарифов зависит от состояния охраны труда на предприятии, одной из важнейших характеристик которого и является результат СОУТ.

Также оценка условий труда влияет и на начисление дополнительных взносов на обязательное пенсионное страхование. В общих чертах вредное производство можно разделить на несколько видов:

- работы, связанные с риском радиационного заражения либо постоянного радиационного воздействия;
- работы, связанные с риском химического отравления либо постоянного отравляющего воздействия;
- работы, связанные с риском вибрационного воздействия либо вибрационным воздействием на организм работника;
- работы, связанные с риском биологической опасности либо с воздействием биологической опасности;
- работы, связанные с риском получения любого вида травм: механических, химических, термических и т.д .

Определение конкретных классов и подклассов условий труда по рабочим местам позволяет начислять эти взносы более дифференцированно и в большинстве случаев – снизить суммы платежей [24].

Заключение. Проведенное исследование показало ряд проблем в обеспечении гарантий безопасности рабочих мест в сфере охраны труда на предприятиях. Среди наиболее значимых проблем можно назвать пробелы в нормативно-правовом регулировании института специальной оценки условий труда.

Для устранения существующих недостатков, и создания эффективной системы охраны труда на предприятиях, предлагается внести следующие изменения в федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ: дополнить положения ФЗ, определяющие пере-

чень вредных и (или) опасных производственных факторов, подлежащих испытанию и измерению, факторы травмоопасности рабочего места и психоэмоциональная составляющая трудовой деятельности.

В системе управления охраной труда важнейшую роль играет профсоюзный контроль как форма общественного контроля. Вместе с тем деятельность профсоюзных органов не всегда скоординирована с деятельностью органов государственной власти в области мероприятий по специальной оценке условий труда, что зачастую приводит к нарушению процессов трудовой деятельности проверяемых предприятий. Вследствие этого, необходимо законодательно закрепить механизм взаимодействия органов профсоюзных организаций и федеральных органов по надзору соблюдения трудового законодательства в области специальной СОУТ.

Итак, спецоценка является важнейшей составляющей системы охраны труда. Ее основная задача – оценить и свести к минимуму влияние вредных и опасных производственных факторов на работников. В современных условиях «списочный» подход неэффективен в силу разнообразия техногенных и иных воздействий на людей в трудовом процессе. Только фактическая оценка ситуации позволяет улучшить условия труда и скорректировать компенсационные выплаты рабочим и отчисления в Пенсионный фонд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Брусенцов С.Г. Роль охраны труда на производстве // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – № 12 (декабрь). – С. 81–85. – URL: <http://e-koncept.ru/2015/15423.htm>.
2. Джиоев Н.С. К вопросу о правовых проблемах применения специальной оценки условий труда на подземных работах // Российская юстиция. – 2015. – № 12. – С. 22–24.
3. Комиссарова Т.Ю. СУОТ: основы функционирования // Отдел кадров коммерческой организации. 2017. N 1. Правовой сайт КонсультантПлюс / [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.consultant.ru/> (Дата обращения: 21.09.2018).
4. Лютов Н.Л. Дискриминация в области труда и занятий: проблемы определения // Трудовое право в России и за рубежом. – 2011. – № 4. – С. 20–24.
5. Скачкова Г.С. Охрана труда и специальная оценка его условий // Трудовое право в России и за рубежом. – 2014. – № 2. – С. 27–31.
6. Приказ Минтруда России от 19.08.2016 N 438н «Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда» // Российская газета. 2016. N 248.
7. Трудовой кодекс Российской Федерации // Правовой сайт КонсультантПлюс / [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.consultant.ru/> (Дата обращения: 20.09.2018).
8. Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 01.05.2016) «О специальной оценке условий труда» // Российская газета. 2013. N 295.
9. Администрация города Пензы / [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: http://www.penzagorod.ru/line_of_activity/occupational/spetsialnaya-otsenka-usloviy-truda-sout.php/ (Дата обращения: 12.10.2018).
10. КонсультантПлюс: Практический комментарий основных изменений налогового законодательства с 2014 года // Правовой сайт КонсультантПлюс / [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.consultant.ru/> (Дата обращения: 20.09.2018).
11. Мельгуй А.Э., Ковалева Н.Н., Дворецкая Ю.А. Порядок проведения и организация учета специальной оценки условий труда // Вестник Брянского государственного университета. № 2. С. 354–360.
12. Пыталев А.В., Дорофеева Л.Н. Рекомендации по организации работы в области охраны труда работодателю, численность работников которого не превышает 50 человек // Вестник сельского развития и социальной политики. 2016. № 4 (12). С. 105–108.
13. Данилова В.В. Специальная оценка условий труда: ошибки работодателей // Отдел кадров государственного (муниципального) учреждения. 2016. № 10. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://xn--90acjm8bgdq.xn--p1ai/82961/> / (Дата обращения: 20.09.2018).
14. Приказ Минтруда России от 24.01.2014 N 33н «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению» // Российская газета. 2010. № 71.
15. Чепелев Н.И., Горбунова П.Н. О специальной оценке условий труда // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 12. С. 53–60.
16. ГОСТ 12.0.230-2007. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования» (введен в действие Приказом Ростехрегулирования от 10.07.2007 N 169-ст). – М.: Стандартинформ, 2007.
17. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 7 февраля 2014 г. №80н «О форме и порядке подачи декларации соответствия условий труда государственным нормативным требованиям охраны труда, Порядке формирования и ведения реестра деклараций соответствия условий труда государственным нормативным требованиям охраны труда» // Российская газета. 2014. № 118.
18. Федеральный закон от 01.05.2016 N 136-ФЗ «О внесении изменений в статью 11 Федерального закона «Об индивидуальном (персонифицированном) учете в системе обязательного пенсионного страхования» и Федеральный закон «О специальной

оценке условий труда» // Российская газета. 2016. №97.

19. Приказ Минтруда России от 03.11.2015 N 843н «Об утверждении Порядка формирования, хранения и использования сведений, содержащихся в Федеральной государственной информационной системе учета результатов проведения специальной оценки условий труда» // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. 2016. № 4.

20. Письмо Министерства труда и социальной защиты РФ от 14 июля 2016 г. № 15-1/ООГ-2516 «О внесении изменений в трудовой договор по результатам проведения специальной оценки условий труда» // Правовой сайт КонсультантПлюс / [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.consultant.ru/> (Дата обращения: 23.09.2018).

21. Письмо Министерства труда и социальной защиты РФ от 26 февраля 2016 г. № 15-1/В-601 «О предоставлении гарантий и компенсаций работникам, занятым во вредных (опасных) условиях труда» // Правовой сайт [garant.ru](http://www.garant.ru/) / [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71284886/> (Дата обращения: 23.09.2018).

22. Федеральный закон от 28.12.2013 N 400-ФЗ «О страховых пенсиях» // Российская газета. 2013. № 296.

23. Петров А.Я. Ежегодные дополнительные оплачиваемые отпуска, работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда // Законодательство и экономика. 2012. № 11. С. 5–12.

24. Письмо Министерства труда и социальной защиты РФ от 14 июля 2016 г. № 15-1/ООГ-2516 «О внесении изменений в трудовой договор по результатам проведения специальной оценки условий труда» // Правовой сайт КонсультантПлюс / [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.consultant.ru/> (Дата обращения: 23.09.2018).

Статья поступила в редакцию 28.09.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 130.3

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ, ФОРМИРУЮЩИХ УСЛОВИЯ ТРУДА

© 2018

Морозов Сергей Дмитриевич, доктор исторических наук, профессор кафедры «История и философия»

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
(440000, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28, e-mail: morozova4591@mail.ru)*

Розенберг Наталья Владимировна, доктор философских наук, доцент,
заведующая кафедрой философии и социальных коммуникаций

*Пензенский государственный университет
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: dep-ph@pnzgu.ru)*

Парменов Анатолий Александрович, кандидат философских наук,
доцент кафедры «Философия и социальные коммуникации»

*Пензенский государственный университет
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: parmenov52@mail.ru)*

Носов Владимир Иванович, кандидат философских наук,
доцент кафедры «Философия и социальные коммуникации»

*Пензенский государственный университет
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: dep-ph@pnzgu.ru)*

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы совершенствования труда. Особое внимание обращается на санитарно-гигиенические условия труда и их оздоровление. Анализируются факторы, влияющие на формирование и изменение условий труда, оказывающие неблагоприятное воздействие на здоровье человека, его работоспособность. Подчеркивается, что в социальном плане оздоровление условий труда имеет первостепенное значение. Неблагоприятные условия наносят не только вред здоровью работников, но и отрицательно влияют на технико-экономические и физиологические показатели труда.

Ключевые слова: деятельность, рационализация труда, условия труда, шум, вибрация, физиологические функции, санитарно-гигиенические условия.

ABOUT SOME ASPECTS, THAT FORM LABOUR CONDITIONS

© 2018

Morozov Sergey Dmitrievich, Doctor of Historical Sciences,
Professor of the Department "History and Philosophy"

*Penza State University of Architecture and Construction
(440000, Russia, Penza, Herman Titov St., 28, e-mail: morozova4591@mail.ru)*

Rosenberg Natalya Vladimirovna, the Doctor of Philosophy, the associate professor
Head of department of Philosophy and Social Communications

*Penza State University
(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: dep-ph@pnzgu.ru)*

Parmenov Anatoly Alecsanrovich, Candidate of Philosophy, Associate Professor of the Department
of Philosophy and Social Communications

*Penza State University
(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: parmenov52@mail.ru)*

Nosov Vladimir Ivanovich, Candidate of Philosophy, Associate Professor of the Department
of Philosophy and Social Communications *Penza State University*

(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: dep-ph@pnzgu.ru)

Abstract. The article deals with the problems of labor perfection. Particular attention is paid to the sanitary and hygienic working conditions and their rehabilitation. The factors that have an adverse effect on human health, its performance are analyzed; the possibilities of complete elimination or maximum reduction of the harmful effects of these factors are considered. It is emphasized that the improvement of working conditions is of paramount importance in the social plan. Unfavorable sanitary and hygienic conditions cause not only damage to the health of workers, but also negatively affect the technical, economic and physiological.

Keywords: activity, labor rationalization, working conditions, noise, vibration, physiological functions, sanitary-hygienic conditions.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научно-практическими задачами. Задача совершенствования условий труда и их улучшения в настоящее время должна рассматриваться не только с точки зрения его интенсификации и рационализации, но и с учетом

психофизиологической готовности человека к определенному виду деятельности. В процессе труда вовлекается весь организм, поэтому физиология и психология труда впитывают в себя знания о физиологических законах функционирования всех органов человека.

Каждый конкретный труд требует определенных нервно-психических и физических усилий, нервно-эмоционального напряжения, происходит в разных санитарно-гигиенических условиях. Это не может не повлиять на исполнителя работы.

Задача физиологии и психологии труда – изучать воздействие внешних факторов на организм человека со всех сторон труда. С этой проблемой связана другая важная задача: классификация труда по условиям его выполнения – с помощью научно обоснованной классификации труда.

Большое практическое значение в трудовой деятельности имеет учет следующих методологических принципов. Первым методологическим принципом физиологии является принцип нервизма, который утверждает главенствующее значение в организме нервной системы ЦНС и ориентирует на изучение ее регулирующей роли по отношению к самым различным физиологическим и психическим функциям. Другой принцип – это принцип уравнивающей. Уравнивание – это стремление организма устанавливать определенные отношения с внешней средой. Вступая в отношения со внешней средой, организм всегда остается целостным. Такое понимание организма является третьим методологическим принципом.

Целостность – это объединенная деятельность частей организма, его способность реагировать на раздражитель как единое целое.

Также в круг методологических принципов физиологии и психологии труда входит эволюционный принцип, согласно которому организм постоянно развивается и совершенствуется. Учет данных принципов физиологии труда имеет практическое значение. Например, в предупреждении профессиональных заболеваний у водителей, рабочих на конвейере, в горячих цехах и т.д., где у работников под большим напряжением отдельные части тела.

Задача состоит именно в исследовании работы органов тела человека, отдельных частей в процессе умственного и физического труда в пределах динамической и статической нагрузки. Например, как работает сердечно-сосудистая система, когда человек занят только умственным или только физическим трудом. Интересно проанализировать работу ЦНС, когда работник занят одновременно и умственным, и физическим трудом.

Целью изучения является анализ физиологических реакций организма и их закономерности при физических, нервно-психических нагрузках и при воздействии других вредных производственных факторов (шума, вибрации, температуры и др.) в конкретных видах производственной деятельности.

Еще одна задача, которую будет необходимо постоянно решать с усложнением технологических процессов, это снятие противоречий между

требованиями производства к работнику и его психофизиологическими возможностями. Над решением этой проблемы должны работать не только медики, физиологи, но и инженеры, техники, специалисты по медицинской кибернетике. Решение этой задачи усложняется, что эти требования зависят от технических средств, которые не остаются постоянными, а претерпевают существенные изменения. Например, комплексная автоматизация труда на современном производстве накладывает на работника большие нервно-психические нагрузки.

Автоматизированное производство к такому вредному фактору, как нервно-психические перегрузки, добавляет факторы, присущие конкретному производству – шум, пыль, вибрации и т.д. В механизированном же ручном труде есть большие физические перегрузки.

К основным факторам изменения процесса труда с целью повышения его производительности относятся интенсификация и рационализация. Достижение интенсивности возможно посредством устранения необоснованных перерывов в процессе трудовой деятельности, устранении лишних движений, увеличении физических нагрузок и т.д. Однако интенсификация труда должна совмещаться с его рационализацией. Если интенсификация реализуется в разумных пределах, то ее результат будет ожидаемо положительным. Иррациональная интенсификация даст противоположный результат: снижается качество труда, его эффективность, повышается утомляемость работников. Поэтому улучшение санитарно-гигиенических условий труда, их оздоровление приобретает особую актуальность в настоящее время. Санитарно-гигиеническими условиями труда называют состояние микроклимата, освещенности рабочего места, уровень шума, вибрации, загазованности производственных сферы и других факторов [1, с. 190]. Говоря о производственном климате, имеют в виду температуру воздуха, его влажность, атмосферное давление в рабочих помещениях [2, с. 52-53].

Вместе с тем, проблемой, требующей серьезного анализа и дальнейшего глубокого изучения является психофизиологическая готовность человека к определенному виду деятельности. Всякий ранее индифферентный, безразличный для организма элемент внешней среды при известных условиях способен сделаться фактором воздействия на организм через центральную нервную систему, ее рецепторы. Взаимодействие в этих условиях нейтральных элементов внешней среды может производить глубокие изменения в организме и психике. Поэтому санитарно-гигиенические условия труда и их улучшение очень важно рассматривать с учетом психофизиологической реакции организма на внешнее влияние. Такие условно-рефлекторные факторы производственной среды не могут не интересовать физиологию и

психологию труда. Поэтому работоспособность – биологическое, изучаемое физиологией, обычно в одних показателях у человека и трудоспособность – социальное, оцениваемое трудовой экспертизой, по сведениям о конкретном человеке, необходимо рассматривать в совокупности с его физиологическим, психологическим состоянием. При этом важно учитывать все факторы, воздействующие на человека на рабочем месте (шум, свет, вибрация и т.д.), а также фактор, влияющий на все процессы, которые происходят в человеческом организме и являющийся условием его жизни. В данном аспекте проблема, имеющая большое как теоретическое, так и практическое значение, еще недостаточно исследована.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых рассматривались аспекты этой проблемы. В ходе интенсификации труда многие проявления свойств нервной системы все теснее связываются с другими психическими свойствами человека, в частности, с его способностями. Возьмем следующие примеры: способность нервной системы характеризуется высокой сенсорной чувствительностью; сила нервной системы характеризуется способностью противостоять отвлекающим раздражениям; динамичность не свидетельствует о легкости образования положительных тормозных связей и др. Невозможно отрицать важность этих признаков в трудовой деятельности, и тем более, в процессе его интенсификации.

Иванов А.П. рекомендует для интенсификации труда использовать такие методы: передача сотруднику одной задачи целиком, другому – дополнительных полномочий и другие. Рекомендации положительные. Однако, желательно, чтобы они соответствовали физиологическим, психическим, интеллектуальным и другим способностям человека [3, с. 28]. Или например, Бухалков М.И. подробно анализирует: содержание и нормирование труда, улучшение условий и дисциплины труда, улучшение условий и дисциплины труда; в книге Чечиной О.С. рассматриваются методы оценки человеческого капитала при инновационном развитии отраслевой экономической системы. [4, с. 57; 5, с. 83]. В этих работах и трудах других авторов много интересных факторов прежде всего по экономическим, социальным аспектам мотивации труда, но мало затрагиваются проблемы психического и физиологического состояния человека в процессе труда. В это имеет большое практическое значение для оптимальной эффективности трудовой деятельности. В своих исследованиях физиологи и психологи труда используют экономические показатели работы предприятия, цеха, фирмы, участка, отдельного работника, статистические данные, хронометраж рабочих операций и др.

Важное значение для физиологии труда имеют:

1. Исследование функционального состояния центральной нервной системы;

2. Изучение рабочих движений;
3. Изучение дыхания и газообмена;
4. Изучение функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

Изучение рабочих движений применительно к современным условиям организации и улучшения труда новых глубоких исследований нет. Результаты выдающихся ученых Сеченова И.М., Виноградова М.И., Бернштейна Н.А. по вопросам физиологии рабочих движений не нашли должного развития у современных исследований. В работах Батуева А.С., Даниловой Н.И., Крыловой А.Л., [7, с. 78] и других авторов, касающихся данной проблематики, затрагиваются лишь некоторой стороны этих вопросов; рассматриваются основные принципы высшей нервной деятельности, физиология анализаторов, структура поведенческого акта; Смирнов В.М. и Будылин С.М. подробно описали механизмы возбуждения и торможения нейронов, проведения возбуждения в нервных волокнах и синапсах ЦНС и др. Однако вопросы рабочих движений функционального состояния сердечно-сосудистой системы в процессе трудовой деятельности, влияния внешних факторов рассматриваются лишь косвенно.

Технологический процесс во многом определяется температурой воздуха в помещениях, которая зависит от температуры окружающей среды, применения современных термоизолирующих материалов (утеплители, уплотнители и др.), а внутри помещений регулироваться устройствами кондиционирования воздуха. Но дополнительные источники тепла – агрегаты для термического воздействия на предмет труда (мартеновские и доменные печи, сушильные камеры, конверторы и т.д.), нагретые предметы (чугунные отливки, слябы), горячие газы, жидкости специально поддерживают высокую температуру в цехах в силу специфики самого технологического процесса.

Изложение основного материала исследования. Температурный фактор – фактор воздействующий на все процессы, которые происходят в человеческом организме и являющийся условием жизни человека [8, с. 111]. Наибольшему воздействию этого фактора подвергаются сосудистая, нейроэндокринная, потоотделительная системы, а также процессы обмена веществ. Температурные изменения у человека, главным образом, воспринимаются Холодовыми (колбы Краузе) рецепторами, а также тепловыми (Это цилиндры Русдани). В коже человека первых насчитывается около 250 тыс., а вторых – 80 тыс. Вся кожа обладает термочувствительностью [9, с. 64].

Производственный микроклимат имеет огромное количество имеет огромное воздействие на человека, совершающего трудовую деятельность. Необходимо учитывать и обмен веществ в организме человека – он связан со сложными биохимическими реакциями и есть источник энергии для всей жизнедеятельности человека. Обмен веществ в

организме сложен и интенсивен. Каждую секунду происходит разрушение огромного числа молекул, и образуются новые вещества, необходимые организму. Тканевый обмен (на половину) осуществляется течение трех месяцев. Человек с пищей получает энергию, которая затрачивает на работу внутренних органов, на интеллектуальную и физическую деятельность [10, с. 448]. Таким образом, поддерживается равенство между количеством энергии, получаемой человеком с пищей, и уровнем и величиной энергетических затрат организма.

Воздействие на человека таких факторов как вибрация, шум, ультрафиолетовое излучение и др. снижают защитные реакции организма.

Шумом обычно называют нежелательный звук или совокупность беспорядочно складывающихся звуков различной интенсивности и частоты, которые неблагоприятно влияют на организм. Факторы, создающие шум: автомобили, грохот железных дорог, станков, оборудования и т.д. Шумы обычно делят на низко- (ниже 350 Гц), средне- (от 350 до 850 Гц) и высокочастотные (выше 800 Гц). Звук

воспринимается как низкий при малой частоте, и как высокий при большой. Высокие звуки оказывают негативное воздействие на слух и на организм вообще: снижается производительность труда, повышается артериальное давление, возникает язвенная болезнь и т.д. [11, с. 291-303].

Действие шума – это не только негативное воздействие на слух. Шум негативно влияет на физиологическое и психическое состояние человека.

При сильном и длительном воздействии шума в организме человека возникают некоторые функциональные нарушения. Известный физиолог Н.Е. Введенский доказал, что при постоянном и длительном (примерно в течение трех с половиной часов) раздражении чувствительного нерва нервные процессы возбуждения и торможения обнаруживают нарушения, похожие на заболевания типа нервзов [12, с. 122-237].

Шум при определенных условиях, может стать причиной временной нетрудоспособности (шумовая болезнь, невроз) (рисунок 1).

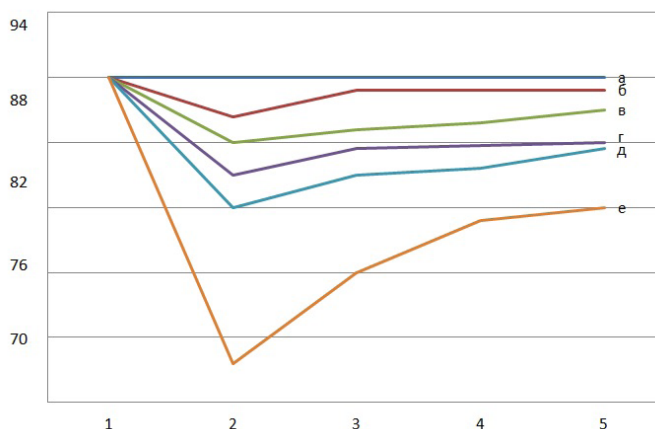


Рисунок 1 – Влияние шума на концентрацию внимания

На оси абсцисс – время замеров внимания: 1 – до воздействия шума; 2 – сразу после начала воздействия шума; 3 – через 30 мин после начала воздействия шума; 4 – через 1 ч после начала воздействия шума; 5 – через 2 ч после начала воздействия шума;

а – контроль; б – интенсивность шума 60 дБ; в – интенсивность шума 70 дБ; г – интенсивность шума 80 дБ; д – интенсивность шума 80 дБ; е – интенсивность шума 100 дБ

Сильным раздражителем, который вызывает нарушения функционального, характера в организме человека является вибрация. Различают местную и общую вибрации. Местная вибрация влияет на отдельные участки человеческого тела. При этом раздражаются специальные рецепторы вибрационной чувствительности. Нервные импульсы по нервным волокнам поступают в соответствующие центры мозга и одновременно проникают в ретикулярную формацию, умножаясь в своем количестве [13, с. 113-163].

Общая вибрация встречается на заводах ЖБИ, конвейерных цехах, автомобильном транспорте, в ткацких цехах и иных производствах. В этом случае колебания также воспринимаются соответствующими рецепторами и нервные

импульсы широко распространяются на различных уровнях мозга.

Все виды вибрации приводят к значительному расходу нервной энергии и становятся причиной утомления, повышения артериального давления, падения выносливости мышц, замедлению двигательных реакций, что ведет к значительному снижению работоспособности нарушения нормального состояния человека [14, с. 316]. Исследования физиологов показали, что вибрация, имеющая максимально допустимые параметры вызывает глубокие сдвиги физиологических функций. Поэтому следует использовать средства защиты [15, с. 81]. Например, с помощью соответствующих конструктивных решений заменяют ударный принцип в работе агрегата

на неударный, малощумный (равномерно-вращательный способ обработки на гвоздильных станках). Или вместо обычной клепки применяют гидравлическую клепку, а также электросварку; штамповку заменяют прессовкой, ручную правку металлических листов – вальцовкой и т.д. В системе подобных мероприятий большую роль играют изоляторы, амортизаторы, различные материалы, гасящие шум и вибрацию [16, с. 77].

Большое значение для предотвращения вредного воздействия вибрации на человеческий организм имеет рациональная организация режима труда и отдыха [17, с. 84; 18, с. 44].

Физиологически рациональным считается смена рабочих на операциях, связанных с воздействием вибрации, например, организация звеньев со взаимозаменяемостью профессий, перерывы на работе. Перерывы на производстве, где технологический характер труда органически связан с вибрацией, и временный переход к другому виду деятельности, является путем профилактики вибрационной болезни.

Среди лечебно-профилактических мероприятий важную роль играют физиотерапевтические процедуры. Например, массаж, ванны для рук, гимнастика на производстве, ультрафиолетовое облучение. Ультрафиолетовому облучению целесообразно подвергать работников горячих цехов, работающих в странах с жарким климатом и др. Ученые пришли к выводу, что под влиянием ультрафиолетового облучения происходит выведение химических веществ из организма (ртути, свинца, марганца), а также уменьшается их токсическое действие [19, с. 39].

Применение водных процедур способствуют улучшению периферического кровообращения. Это касается здоровых рабочих или имеющих отдельные патологические вибрационные признаки. Можно применять душ в течение 8-10 мин., поскольку он адекватен легкому массажу [20, с. 41].

Двухкамерные ванны с нафталаном улучшают периферическое кровообращение и способствуют восстановлению тканевого обмена в верхних конечностях. Там, где проводятся водные процедуры, температура воздуха должна составлять 18–20°C. Сразу после ванной целесообразно провести массаж верхних конечностей, он улучшает кровообращение, а также обмен в тканях. Продолжительность массажа от 8 до 12 мин. Надо обратить внимание на следующее. Работать с инструментами, которые создают вибрацию, допускается лишь работникам, достигшим 18 лет. Кроме того, он должен сдать технический минимум с учетом правил безопасности [21, с. 112].

Среди факторов, влияющих на условия труда на предприятиях, выделим следующие: химический, физический, биологический, психофизический. К физическим факторам относятся: место расположения рабочего места от уровня пола (высота); повышенный уровень вредных газов;

Химический фактор – это загрязнение воздуха и

влияние агрессивных веществ (кислота, щелочь) и наличие неприятных запахов.

Биологический фактор – это содержание различных биологических объектов: патогенные микроорганизмы (вирусы, бактерии, грибы), и вместе с тем макроорганизмы.

Психофизический – это физические перегрузки (динамические и статические), нервно-психические. Это монотонность, эмоциональное напряжение и умственное напряжение.

Это лишь краткая характеристика факторов, которые надо учитывать в процессе деятельности и создавать оптимальные условия труда (это относится к 1 классу) для сохранения здоровья работников и повышения уровня работоспособности. Второй класс – считается допустимым, когда некоторые изменения функционального состояния организма в ходе трудовой деятельности восстанавливаются во время перерыва, лечебно-профилактических мероприятий и т.д. К третьему классу относятся факторы, не соответствующие гигиеническим нормативам, когда вредные производственные факторы и неблагоприятно влияют на организм человека. Четвертый класс относится к опасным условиям труда, когда в течение рабочего дня возникает угроза для жизни и опасность возникновения тяжелых профессиональных заболеваний. Это работа в горячем цехе, с высокой загазованностью, с высоким уровнем шума (более 100 дБ) и т.д.

Температура воздуха, шум, вибрация, влажность и другие факторы внешней среды могут оказывать негативное влияние на человеческий организм, что снижает работоспособность и приводит к профессиональным заболеваниям. Поэтому для создания благоприятных санитарно-гигиенических условий все факторы производственной среды необходимо постоянно изучать и приводить в соответствие с нормами. Эти документы, регламентирующие условия труда – ГОСТы, СанПиН – санитарные правила и нормы; ПДУ – предельно-допустимые уровни; ГН – гигиенические нормативы и др. Однако необходимо учитывать и психофизиологические возможности человеческого организма в осуществлении той или иной деятельности и не всегда ориентироваться на среднестатистического человека, а учитывать его индивидуальные возможности.

Задачи физиологии труда включают широкий круг проблем. Среди них:

- исследование физиологических закономерностей разных видов труда;
- изучение физиологических факторов динамики работоспособности человека в процессе трудовой деятельности;
- оценка усталости и утомления в производственных условиях;
- оценка тяжести и напряженности труда;
- разработка физиологических программ организации рабочих движений;
- организация рабочего места, создание оборудования, приспособление технических средств

производства к психофизиологическим проблемам человека.

Доказано, что психомышечная регуляция (аутогенная тренировка) является важным средством восстановления, психопрофилактики организма [22, с. 205]. Ученые кафедры физвоспитания и спорта Пензенского госуниверситета изучили влияние модифицированных приемов на организм шорт-трековиков 16-17 лет. Применение психомышечной релаксации определялись: частота сердечных сокращений (ЧСС) – пульсометрами фирмы «Polar»; артериальное давление (АД) – приборами фирмы «Omron». Применение психомышечной релаксации показало значительное улучшение самочувствия, активности и настроения у исследуемых.

Ученые Сургутского госуниверситета [23, с. 58] изучили динамику кардиоинтервалов студентов в условиях физической нагрузки. Обследования проводились с помощью пульсоксиметра (ЭЛОКС-01М, г. Самара).

Заключение. Таким образом, рассмотрев аспекты, формирующие условия труда подчеркнем, что организм тренированных работающих более устойчив к стрессовым факторам, создаваемым дозированной физической нагрузкой. Соответственно более длительное время сохраняет состояние хорошей адаптации к физическим нагрузкам. Целесообразно применять среди работников самых различных сфер деятельности, методики психопрофилактики и психомышечной регуляции. Меняется структура профессиональных заболеваний, интенсивный физический труд характеризуется нагрузками в большей мере на мышечную и кардио-респираторную системы, усиливая обменно-энергетически процессы в организме. Условия труда не должны быть фактором увеличения нервно-психической нагрузки и энергетических затрат. Для повышения производительности труда необходимо постоянное совершенствование санитарно-гигиенических условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Дубровский В.И. Экогигиена физической культуры и спорта. М.: ВЛАДОС, 2008. 210 с.
2. Еремин В.Г. Безопасность труда в машиностроении. Старый Оскол, 2009. 239 с.
3. Иванов А.П. Менеджмент. СПб. Изд-во: Михайлов В.А., 2004. 61 с.
4. Бухалков М.И. Передовой опыт нормирования труда на предприятиях машиностроения. М.: Экономика и финансы, 2014. 137 с.
5. Чечина О.С. Управление человеческим капиталом отраслевой экономической системы. М.: Мир науки, 2015. 120 с.
6. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина, 1975. 447 с.
7. Батуев А. С. Высшая нервная деятельность. Общий курс физиологии человека и животных. СПб: Изд-во Лань, 2002. 416 с.
8. Данилова Н.Н., Крылова А.Л. Физиология высшей нервной деятельности, М.: Учебная Литература, 1997. 322 с.
9. Березин Ф.Б. Психическая и психофизиологическая адаптация человека. Л.: Наука, 1988. 270 с.
10. Безопасность жизнедеятельности / С.В. Белов, Ф.А. Барбинов и др. М., Изд-во: «Высшая школа», 1999, 620 с.
11. Гигиена и экология человека. Ю.П. Пивоваров. М, Изд-во: ВУНМЦ МЗ РФ, 1999, 390 с.
12. Вибрация на производстве: вопросы физики, гигиены и физиологии труда / Под ред. А.А. Летавета, Э.А. Дрогиной. М.: «Медицина, 1981. 243 с.
13. Руководство по профессиональным заболеваниям / Под ред. А.С. Изомерова. Т. 2. М.: Медицина, 1983. 320 с.
14. Малая медицинская энциклопедия. Ст. «Вибрационная болезнь». М.: Медицина, 1991. Т. 1. 522 с.
15. Мозг, разум и поведение / Ф. Блум, А. Лейзерсон. М.: Медицина, 1988. 98 с.
16. Лабораторные методы исследования в клинике. Справочник / Под ред. В.А. Меньшикова. М.: Медицина, 1987. 368 с.
17. Здоровье здорового человека / Под ред. А.А. Пономаренко, В.А. Пискунова. М.: Медицина, 1996. 413 с.
18. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды. М.: ЮРАЙТ, 2014, 702 с.
19. Лисицын Ю.П. Общественное здоровье и здравоохранение. М.: Медицина, 2011. 520 с.
20. Основы производства. Охрана труда / М.С. Петрова, С.Н. Волькин. М., Изд-во: НЦ ЭНАС, 2007. 48 с.
21. Физиология поведения. Нейробиологические закономерности / А.С. Батуев, П.В. Симонов и др. Л.: Наука, 1986. 736 с.
22. Смирнов В.М., Будылина С.А. Физиология сенсорных систем и высшая нервная деятельность. М., Издательский центр «Академия», 2003. 304 с.
23. Воспитание, образование, спортивная тренировка: опыт, проблемы и перспектива: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Пенза, Изд-во: ПГУ, 2018. 244 с.
24. Ритм сердца и тип вегетативной регуляции в оценке уровня здоровья населения. Изд-во: «Удмурдский университет», Сб. науч. трудов. Ижевск, 2016. 306 с.

Статья поступила в редакцию 28.08.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 614.8

ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

© 2018

Андреев Андрей Викторович, кандидат военных наук,
директор высшей школы техносферной безопасности
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: andreev_av@spbstu.ru)

Бурлов Вячеслав Георгиевич, доктор технических наук,
профессор высшей школы техносферной безопасности
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: burlov_vg@spbstu.ru)

Гомазов Федор Андреевич, аспирант высшей школы техносферной безопасности
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: gomazov_fa@spbstu.ru)

Аннотация. Управление процессом обеспечения безопасности трудовой деятельности является сложной комплексной задачей управления. В ходе трудовой деятельности, лицу, принимающему решения (далее – ЛПР) необходимо учитывать требования, определенные нормативно-правовыми актами Российской Федерации (далее – РФ). Количество данных требований достаточно велико, при этом различные надзорные органы руководствуются своими документами, что может привести к ситуации, когда исполнение требований в одной области является нарушением в другой. Данная ситуация приводит к снижению эффективности предприятия, уменьшения прибыли предприятия, что уменьшает налоговые сборы и увеличивает риск коррупции на различных уровнях. В свою очередь, несоблюдение требований безопасности приводит к экономическим и социальным потерям в ходе трудовой деятельности. Существующая система обеспечения безопасности не в полностью отвечает требованиям баланса между экономической, социальной и надзорной составляющими. Также, существующая система подготовки специалистов в области техносферной безопасности является причиной возникновения конфликтных ситуаций в пределах одного предприятия, когда лица, отвечающие за безопасность, требуют от работника соблюдения всех возможных требований, не разбираясь в особенностях производственного процесса, при этом несогласованность работы различных отделов не может обеспечить соблюдение предъявляемых требований работниками. Следуя нормативно-правовым актам, необходимо прервать трудовую деятельность до исполнения требований безопасности, что приводит к экономическим убыткам, альтернатива при продолжении деятельности, в отсутствии обеспечения, существенно возрастает риск социальных потерь. Для решения подобной ситуации, в ходе разработки технологии управления процессами обеспечения безопасности трудовой деятельности было предложено использовать моделирование процессов обеспечения безопасности на основе синтеза, то есть решать задачу обратную задаче управления, исходя из заданного уровня показателя безопасности. Исходными данными для моделирования процесса обеспечения безопасности является факт - основа любой деятельности человека есть решение человека. Исходя из данного, была составлена математическая модель решения человека на основании трех базовых процессов – образования, идентификации и нейтрализации угрозы. Проверка адекватности полученной модели в моделировании есть сопоставление полученной модели с реальностью, для этого необходимо либо сопоставление с имеющейся информацией, либо проведение эксперимента, а также возможно построение модели с учетом базовых закономерностей предметной области. Предлагается адекватность модели проводить с учетом следующих положений: математическая модель должна учитывать показатели каждого предприятия, эксперимента в области безопасности связано с угрозой жизни и здоровья участников эксперимента, исходя из выше указанного выбран путь учета базовых закономерностей предметной области.

Ключевые слова: управление, техносферная безопасность, трудовая деятельность, технология управления, модель, граф, синтез, адекватность, безопасность жизнедеятельности, охрана труда, сохранение жизни и здоровья, показатель безопасности, обратная задача управления.

TECHNOLOGY FOR MANAGING WORK SAFETY PROCESSES

© 2018

Andreev Andrey Viktorovich, Candidate of Military Sciences, Associate Professor,
Director of the Higher School of Technospheric Safety
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnic St., 29, e-mail: andreev_av@spbstu.ru)

Burlov Vyacheslav Georgievich, Doctor of Technical Sciences,
Professor of Higher School of Technospheric Safety
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnic St., 29, e-mail: burlov_vg@spbstu.ru)

Gomazov Fedor Andreevich, post-graduate student of higher school of technospheric Safety

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnic St., 29, e-mail: gomazov_fa@spbstu.ru)

Abstract. Managing the process of ensuring work safety is a complex management task. During work, the decision-maker must consider the requirements specified in the regulatory legal acts of the Russian Federation. The number of these requirements is quite high, and various supervisory authorities are guided by their documents, which can lead to a situation where the fulfillment of requirements in one area is a violation in another. This situation leads to a decrease in the efficiency of the enterprise, a decrease in the profit of the enterprise, which reduces tax collections and increases the risk of corruption at various levels. In turn, non-compliance with safety requirements leads to economic and social losses during work. The existing safety system, in its current state, is not able to balance the economic, social and supervisory components. Also, the existing system of training specialists in the field of technospheric safety is the cause of conflict within the same enterprise, when the persons responsible for safety require the employee to comply with all possible requirements without understanding the production process, and the inconsistency of the work of various departments cannot ensure compliance with requirements employee. Following the normative legal acts, it is necessary to interrupt the work activity until the fulfillment of safety requirements, which leads to economic losses. With the continuation of activities, in the absence of collateral, the risk of social losses increases substantially. To solve this situation, during the development of technology for managing work safety processes, it was suggested to use the modeling of safety processes based on synthesis, that is, solving the reverse control problem based on the required level of the safety index. The initial data for modeling the safety process is the fact that the basis of any human activity is a person's decision. Consequently, a mathematical model of human decision was drawn up based on three basic processes—the formation, identification and neutralization of the threat. The verification of the adequacy of the model obtained in modeling is a comparison of the model obtained with reality. For this, either a comparison with the available information or an experiment is necessary, and it is also possible to build a model considering the basic laws of the subject domain. Since the information depending on the work activity of the organization can significantly differ, which leads to the need to build a model for each enterprise, and the conduct of a safety experiment is impossible, in connection with the threat to life and health of the participants in the experiment, the way of considering the basic laws of the domain is chosen.

Keywords: management, technospheric safety, work, management technology, model, graph, synthesis, adequacy, life safety, labor protection, life and health preservation, safety index, reverse management problem.

Вопрос управления процессами обеспечения безопасности трудовой деятельности является одним из важнейших для техносферной безопасности, поскольку количество разнообразных угроз: социальных, экономических, репутационных и прочих, достаточно велико. Согласно существующих принципов, понятие безопасности делится на различные угрозы, что увеличивает количество требований к обеспечению безопасности. Данная ситуация является причиной множества противоречий между субъектами отношений в области безопасности. Существует множество определений понятия безопасность в зависимости от природы – экономическая, промышленная, информационная и т.д.

1. Анализ существующего подхода к определению понятия безопасность, существующие противоречия

Безопасность – состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз. Данное определение содержится в законе РФ от 5 марта 1992 года № 2446-1 «О безопасности» [1], данный закон более не актуален, и на смену ему пришел Федеральный закон от 28 декабря 2010 г. N 390-ФЗ «О безопасности» в котором понятие безопасности не определено [2].

В отмененном государственном стандарте (далее

– ГОСТ) Р 12.0.006-2002 ССБТ [3], дано определение безопасности как состояния, при котором риск для здоровья и безопасности персонала находится на приемлемом уровне. На смену данному ГОСТу пришел МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования ILO-OSH2001» [4]. В данном стандарте понятие безопасность не определено. Хотя само слово безопасность употребляется более 20 раз.

В многочисленных законах, регламентирующие такие отрасли как пожарная безопасность, промышленная безопасность, безопасность в ЧС принято определение безопасность – состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от конкретной угрозы. Исходя из толкования слова защищенность – состояние надежной безопасности, защиты от кого-либо, чего либо, можно увидеть, что безопасность есть состояние безопасности. Отсюда следует вывод, что единого подхода к понятию безопасность, закрепленного на законодательном уровне в Российской Федерации нет, а вариантов толкования понятия безопасность существует достаточно большое количество.

В связи с проведенным анализом, возникает проблема обеспечения того, что не определено.

Данная проблема приводит к различным интерпретациям обеспечения безопасности и возможным перегибам. Например, реальная ситуация, когда из-за отсутствия необходимого оборудования, рабочий находит ему замену, но отдел охраны запрещает использование замены согласно существующему законодательству. А несогласованность внутри компании и различные препятствия приводят к тому, что своевременно обеспечить рабочий процесс не получается, как итог либо продолжать использовать замену в нарушение законов, либо останавливать трудовую деятельность. Оба варианта являются компромиссами, где в одном случае увеличиваются риски для рабочего, в другом предприятие и государство терпят убытки. Подобные ситуации могут быть устранены еще до их появления при корректном определении понятия безопасность и создании технологии управления безопасностью трудовой деятельности [5].

В настоящий момент, для решения подобных проблем применяется понятие оценка риска [6]. Оценка риска - процесс анализа рисков, вызванных воздействием опасностей на работе, для определения их влияния на безопасность и сохранение здоровья работников. Построение системы безопасности, учитывающей все возможные риски, является применением подхода к системотехнике на основе анализа. В системотехнике, в работах Гуда и Маккола в 1962 г. было указано на существование двух подходов, на основе анализа и на основе синтеза [7]. Использование риск-ориентированного подхода не позволяет управлять безопасностью, поскольку не может гарантировать достижения цели управления – отсутствия риска. Риск есть констатация что все хорошо или все плохо, но практические рекомендации, учитывающие все возможные области, использующие единый подход в концепцию риск-ориентированного подхода, не входят [8,9].

2. Постановка задачи на разработку технологии

Задача, стоящая перед разрабатываемой технологией управления процессами обеспечения безопасности трудовой деятельности, заключается в том, чтобы устранить существующие противоречия и создать модель процесса обеспечения безопасности трудовой деятельности, основанной на едином подходе. Предложенная модель гарантирует достижение заданного показателя безопасности, пригодна к масштабированию на различные сферы трудовой деятельности и адекватна внешней среде [1].

При разработке данной технологии был использован естественно-научный метод, что было выражено в интеграции свойств мышления человека, окружающего мира и познания. Основные трудности, разрешенные в ходе работы, заключались в трех аспектах: методологический – получение условий существования процессов обеспечения

безопасности, методический – разработка метода, который обеспечит условия перевода объекта управления из настоящего состояния в требуемое и технологическим – определение условий реализации процесса перевода объекта [10].

Для исключения возможных противоречивых выводов был использован формально-аксиоматический метод (далее – ФМА), предполагающий основные допущения, выраженный в базовых принципах, базовые понятия – аксиомы, правила вывода и теоремы. Построение науки на основе ФМА, обычно называется дедуктивным. Все понятия дедуктивной теории (кроме фиксированного числа первоначальных) вводятся посредством доказательств, выражающих (или разъясняющих) их через ранее введенные понятия.

3. Определение базовых принципов построения технологии

Базовые принципы построения технологии управления процессами обеспечения безопасности трудовой деятельности должны характеризовать суть процесса, уточняя, что в процессе познания и осознания окружающего мира участвуют: человек и его сознание, окружающий мир как объект и всеобщая связь явлений – то, что дано природой и позволяет осуществлять познание [11].

1. Принцип трехкомпонентности познания, представлен:

Компонент А: – абстрактное представление – условие при котором процесс существует.

Компонент В: – абстрактно-конкретное представление – методика и связь причины и следствия

Компонент С: – конкретное представление – определенные алгоритмы и технологии позволяющие перевести объект управления из существующего состояния в требуемое.

2. Принцип целостности Мира представлен устойчивой объективной повторяющейся связью свойств объекта и свойств действия при фиксированном предназначении. [10] Проявление данного принципа заключается во взаимной трансформации свойств объекта и свойств его действия при фиксированном предназначении. Исходя из описанного, формулируется «закон сохранения целостности объекта» (далее – ЗСЦО). Данный закон представлен тремя компонентами: объект, действие и предназначение.

3. Принцип познаваемости Мира реализуется тремя методами научного познания – декомпозиция, абстрагирование и агрегирование. Следовательно, цель познания – установить причинно-следственную связь, базовые законы.

Особенность мышления человека, заложенная в предложенную концепцию, обосновывает построение теории на трех составляющих: методология, методы и технология.

В ходе процесса мышления, человек проходит

шесть этапов. Данные этапы были сформулированы при разработке технологии.

1. Человек, столкнувшись с очередным выбором, обязан принять решение;

2. Человек, основываясь на личном опыте, учитывая внутреннее, ассоциативное восприятие мира, допуская что он прав, формирует решение;

3. Учитывая свои ассоциации, на их основе, человек запускает процесс с некоторыми свойствами, которые были заданы наперед. В данном этапе формируется условие существования рассматриваемого процесса.

4. Если заложенные свойства (условия существования процесса) в ассоциативном восприятии, совпадают с реальной обстановкой, то процесс имеет возможности к реализации. Если условия не адекватны – то процесс не реализуется.

5. Человек, для реализации своего решения, создает условия для того, чтобы объект управления был переведен из настоящего состояния в требуемое состояние.

6. Создав условия, человек создает и обеспечивает возможность реализации перевода процесса обеспечения безопасности в требуемое состояние. Происходит перевод объекта из состояния до в состояние после [13].

4. Анализ понятия «управленческое решение» в контексте разрабатываемой технологии

Правильно построенная теория имеет три компоненты – методологию, методы и технологию, таким образом развертывание понятия «управленческое решение» от теории принимает вид, показанный на рисунке 1.

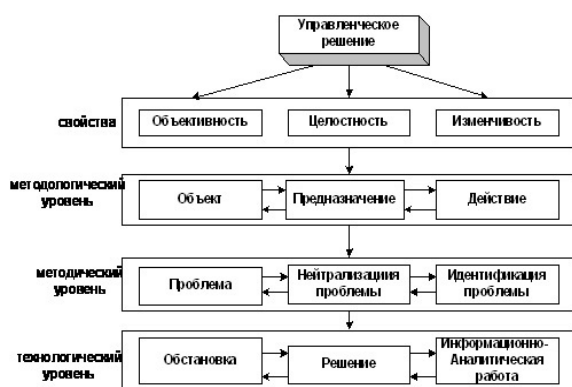


Рисунок 1 – «Управленческое решение» – теория

Для рассмотрения понятия «Управленческое решение» от практики, необходимо рассмотреть три метода познания, приведенных на рисунке 2.

Декомпозиция – научный метод, использующий структуру задачи и позволяющий заменить решение одной большой задачи решением серии меньших задач, пусть и взаимосвязанных, но более простых [10].

Абстракция (математическая интерпретация) – мысленное отвлечение, обособление от тех или

иных сторон, свойств или связей предметов и явлений для выделения существенных их признаков [10].

Агрегирование – процесс объединения элементов в одну систему [14].

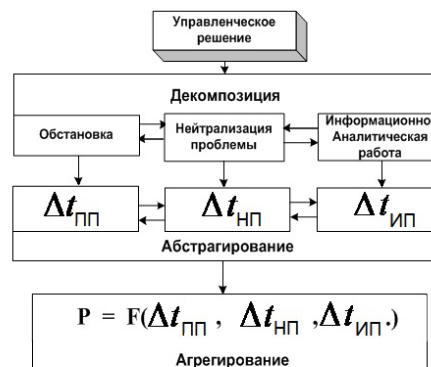


Рисунок 2 – «Управленческое решение» – практика

5. Модель технологии управления процессами обеспечения безопасности трудовой деятельности

При трудовой деятельности, проблемы (любого характера) возникают с определенной частотой. Данная частота зависит от среднего времени проявления проблемы $\Delta t_{пр}$. Для того, чтобы нейтрализовать проблему, необходимо ее распознать – идентифицировать. Идентификация зависит от среднего времени $\Delta t_{ин}$. Для того, чтобы принять меры по нейтрализации проблемы следует принять меры, на что потребуется время. Среднее время нейтрализации проблемы обозначается как $\Delta t_{нп}$ [14].

Для создания модели управленческого решения были рассмотрены три основных процесса.

Процесс проявления проблемы описывается вектором X

$$\Delta t_{пп} = f_1(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

Процесс распознавания (идентификация) проблемы описывается вектором Y

$$\Delta t_{ип} = f_2(y_1, y_2, \dots, y_n), \quad (2)$$

Процесс ликвидации (нейтрализации) проблемы описывается вектором Z

$$\Delta t_{нп} = f_3(z_1, z_2, \dots, z_n), \quad (3)$$

Исходя из рассмотренных процессов математическая модель управленческого решения принимает вид:

$$P = (\Delta t_{пп}, \Delta t_{ип}, \Delta t_{нп}); \quad (4)$$

Базовая модель управленческого решения имеет вид, показанный на рисунке 3.

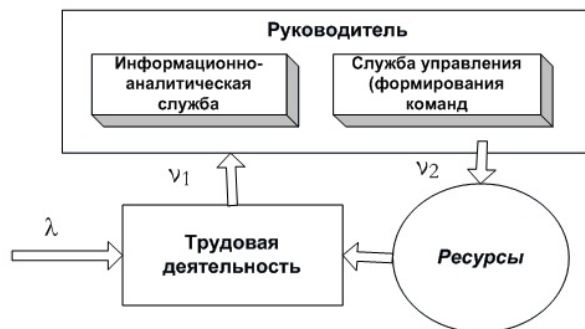


Рисунок 3 – Базовая модель управленческого решения

В процессе трудовой деятельности существует определенная интенсивность возникновения (проявления) проблем

$$\lambda = \frac{1}{\Delta t_{пп}} \quad (5)$$

Служба, отвечающая за получение и анализ информации, распознает (идентифицирует) данные проблемы со следующей интенсивностью.

$$v_1 = \frac{1}{\Delta t_{ип}} \quad (6)$$

Ликвидация (нейтрализация) проблемы имеет следующую интенсивность.

$$v_2 = \frac{1}{\Delta t_{лп}} \quad (7)$$

Базовые функции, выполняемые человеком, принимающим решение – идентификация и нейтрализация, что приводит к четырем базовым состояниям.

- А00 – человек не распознает и не ликвидирует проблему;
- А10 – человек распознает и не ликвидирует проблему;
- А01 – человек не распознает, но ликвидирует проблему;
- А11 – человек распознает и ликвидирует проблему [15].

Данная особенность решения ЛППР позволяет ввести вероятности P_{00} , P_{10} , P_{01} , P_{11} нахождения системы управления в четырех соответствующих состояниях. Граф состояний процесса формирования управленческого решения формируется на основе четырех базовых состояний. (рисунок 4) [16].

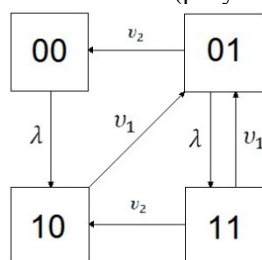


Рисунок 4 – Граф состояний

Составив и решив систему дифференциальных уравнений Колмогорова для рассмотренной ситуации, получаем линейную алгебраическую систему (8) [17]:

$$\begin{cases} P_{00} = \frac{v_1 v_2}{\lambda(\lambda + v_1 + v_2) + v_1 v_2} \\ P_{10} = \frac{\lambda v_2 (\lambda + v_1 + v_2)}{(v_1 + v_2)[\lambda(\lambda + v_1 + v_2) + v_1 v_2]} \\ P_{01} = \frac{\lambda v_1}{\lambda(\lambda + v_1 + v_2) + v_1 v_2} \\ P_{11} = \frac{\lambda v_1}{(v_1 + v_2)[\lambda(\lambda + v_1 + v_2) + v_1 v_2]} \end{cases} \quad (8)$$

Основное уравнение показывает вероятность нахождения системы в момент состояния, когда существовавшая проблема решена, а новая еще не наступила (9). Данный показатель предлагается использовать в качестве показателя безопасности [10].

$$P_{00} = \frac{v_1 v_2}{\lambda(\lambda + v_1 + v_2) + v_1 v_2} \quad (9)$$

Технология управления процессами обеспечения безопасности трудовой деятельности заключается в необходимости определения времени, затрачиваемого на идентификацию и нейтрализацию процесса, и снижение этого времени, с целью достижения заданного показателя безопасности. Предложенная система позволяет оценить разнообразные объекты, с использованием метода на основе синтеза, когда сейчас в основном, используется аналитический подход [18,19]. Предложенная модель позволяет эффективно управлять процессами обеспечения безопасности трудовой деятельности, используя математический аппарат [20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Закон РФ от 5 марта 1992 года № 2446-1 «О безопасности».
2. Федеральный закон от 28 декабря 2010 г. N 390-ФЗ «О безопасности».
3. ГОСТ Р 12.0.006-2002 «ССБТ. Общие требования к системе управления охраной труда в организации».
4. ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования ILO-OSH2001».
5. Бурлов В.Г., Гомазов Ф.А. Разработка интеллектуальной технологии управления процессом обеспечения безопасности трудовой деятельности. В книге: Нейрокомпьютеры и их применение XVI Всероссийская научная конференция: тезисы докладов. 2018. С. 364–365.
6. Бызов А.П., Ефремов С.В. Методические подходы к оценке индивидуального и коллективного рисков для площадочных взрывопожароопасных объектов Безопасность жизнедеятельности. 2012.

№ 1 (133). С. 15–20.

7. ГудГ.Х., Маккол Р.Э. Системотехника: введение в проектирование больших систем. – Издательство: М.: Советское радио, 1962. – 383 с.

8. Lu M., Li H. (2003). Resource-activity critical-path method for construction planning // Journal of Construction Engineering and Management. Vol. 129. No. 4. Pp. 412–420.

9. Simpson III W.P., Patterson J.H. (1996). A multiple-tree search procedure for the resource-constrained project scheduling problem // European Journal of Operational Research. Vol. 89.No. 3. Pp. 525–542.

10. Бурлов В.Г., Андреев А.В., Гомазов Ф.А. Управление безопасностью объекта техносферы на основе закона сохранения целостности объекта Технико-технологические проблемы сервиса. 2018. № 1 (43). С. 56–60.

11. Бурлов В.Г. Основы моделирования социально-экономических и политических процессов. Часть I. (Методология. Методы.). С-Пб. НП «Стратегия будущего», 2007. – 287 с.

12. Бурлов В. Г., Гробицкий А.М., Гробицкая А.М. (2016). Управление строительным производством с учетом показателя успешного выполнения производственного задания Инженерно-Строительный журнал № 3. С. 77–91. doi: 10.5862/MSE.63.5.

13. Бурлов В.Г., Попова А.Н. Модель решения человека при обеспечении информационной безопасности с учётом его квалификации Нейрокомпьютеры и их применение XVI Всероссийская научная конференция : тезисы докладов. 2018. С. 91–93.

14. Arbib M.A. (1964). Brains, Machines and Mathematics. McGraw-Hill Book Co. New York, 1964.494 p.

15. Бурлов В.Г., Матвеев А.В. Основы теории синтеза облика системы обеспечения безопасности и способов ее функционирования на потенциально опасных объектах Проблемы управления рисками в техносфере. 2012. № 3 (23). С. 1–13.

16. Бурлов В.Г., Грачев М.И., Шлыгина Н.С. Принятие управленческих решений в условиях неопределенности возникновения угроз Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2017. Т. 1. С. 310–312.

17. Анохин П. К. Системные механизмы высшей нервной деятельности. Наука. Москва. 453 с.

18. Яковлев В.В., Ляушкина Т.С. Актуальные проблемы нормативного обеспечения взрывопожаробезопасности на объектах, использующих технологии сжиженного природного газа. В сборнике: Безопасность в чрезвычайных ситуациях Сборник научных трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. 2016. С. 181–185.

19. Яковлев В.В., Иванова В.В. Оценка последствий взрыва бытового газа В сборнике: Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции. Кафедра «Управление и защита в чрезвычайных ситуациях», Санкт-петербургский политехнический университет Петра Великого. 2015. С. 154–157.

20. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981. 488 с.

Статья поступила в редакцию 06.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 614.841

БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ

© 2018

Мартынова Дина Юрьевна, кандидат технических наук, доцент

кафедры безопасности жизнедеятельности

Сургутский государственный университет

(628408, Россия, ХМАО-Югра, г. Сургут, улица Энергетиков, 22, e-mail: martinova@inbox.ru)

Манаева Алина Рамзилевна, кандидат технических наук, преподаватель

кафедры безопасности жизнедеятельности

Сургутский государственный университет

(628408, Россия, ХМАО-Югра, г. Сургут, улица Энергетиков, 22, e-mail: chem88@yandex.ru)

Аннотация. Создание условий для сохранения жизни и здоровья населения – важнейшая социальная и гуманитарная проблема. Она тем более актуальна в условиях городской среды северного города, предполагающей повышенные техногенные риски, связанные с низкими температурами и воздействием других неблагоприятных природных факторов. Данная проблема имеет также и экономическое измерение: предотвращение развития ситуаций по негативным сценариям, связанным с неблагоприятным техногенным воздействием на организм человека, обеспечением сохранения физического и духовного производственного человеческого ресурса, увеличение продолжительности трудоспособного возраста. В ходе исследований, проведенных на территории крупнейшего города Ханты-Мансийского автономного округа Югры – г. Сургута были выявлены следующие, характерные для жизни и безопасности граждан северного города техногенные угрозы в области пожарной безопасности в строительстве: возникновение пожароопасных ситуаций при расположении автозаправочных станций вблизи жилых зданий, риски использования некоторых видов строительных, отделочных материалов. Разработаны рекомендации по повышению качества жизни населения районов Крайнего Севера и приравненных к ним территорий путем модернизации обеспечения системы безопасности городской среды в сфере пожарной безопасности в строительстве.

Ключевые слова: безопасность городской среды, качество жизни, техносферная безопасность, интегральные индексы, районы Крайнего севера, техногенные риски, система жизнедеятельности

SAFETY OF THE URBAN ENVIRONMENT AS A FACTOR OF ENSURING THE QUALITY OF LIFE OF THE POPULATION

© 2018

Martynova Dina Yurievna, candidate of technical Sciences,

associate Professor of the Department of life safety

Surgut State University

(628408, Russia, KHAMAO-Yugra, Surgut, Energetikov St., 22, e-mail: martinova@inbox.ru)

Manaeva Alina Ramzilevna, candidate of technical Sciences,

lecturer of the Department of life safety

Surgut State University

(628408, Russia, KHAMAO-Yugra, Surgut, Energetikov St., 22, e-mail: chem88@yandex.ru)

Annotation. Creating conditions for the preservation of life and health of the population is a major social and humanitarian problem. It is all the more relevant in the urban environment of the Northern city, involving increased technological risks associated with low temperatures and the impact of other adverse natural factors. This problem also has an economic dimension: preventing the development of situations under negative scenarios associated with adverse anthropogenic impact on the human body, ensuring the preservation of physical and spiritual production of human resources, increasing the duration of working age. The paper experimentally determined the conditions for the prevention of the most likely technological risks for the system of life of the Northern city. Recommendations have been developed to improve the quality of life of the population in the Far North and equated territories by modernizing the security system of the urban environment. In the course of studies conducted on the territory of the largest city of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug - Yugra – Surgut - the following typical for the life and safety of citizens of the Northern city technogenic threats were identified: the occurrence of fire situations, the risks of using certain types of construction, finishing materials.

Keywords: safety of the urban environment, quality of life, technosphere safety, integrated indices, regions of the Far North, technogenic risks, life activity system

Введение. Качество жизни населения является основным интегральным показателем социально-экономического развития, который включает в себя уровень потребления материальных благ и услуг,

удовлетворение духовных потребностей, состояние здоровья, продолжительность жизни, условия окружающей среды, морально-психологический климат в обществе и субъективные представления людей о

том, хорошо ли они живут [1]. Часто понятие «качество жизни» выражает те стороны общественной и индивидуальной деятельности людей, которые не поддаются количественным измерениям [2], хотя многие параметры качества жизни строго регламентированы нормативно-правовыми документами, в особенности, это касается обеспечения безопасности в условиях городской застройки (расстояния от промышленных предприятий до жилых комплексов, требования к противопожарным разрывам в застройке, наличие санитарно-защитных зон, уровень освещенности, шума и т.д.). Данные факты часто не учитываются жителями ввиду незнания норм и правил.

Авторы [3] выделяют факторы комфортности городской среды обитания, потребности человека рассматриваются как некие комплексные показатели, такие как доходы населения, качество питания, комфорт жилища, качество здравоохранения и образования и т.д. Среди этих показателей качества жизни находится и обеспечение безопасности человека, находящегося в условиях городской среды. Создание условий для сохранения его жизни и здоровья – важнейшая социальная и гуманитарная проблема. Она тем более актуальна в условиях городской среды северного города, предполагающей повышенные техногенные риски, связанные с низкими температурами и воздействием других неблагоприятных природных факторов. Данная проблема имеет также и экономическое измерение: предотвращение развития ситуаций по негативным сценариям, связанным с неблагоприятным техногенным воздействием на организм человека, обеспечение сохранения физического и духовного производственного человеческого ресурса. Исследование условий предотвращения наиболее вероятных техногенных рисков для системы жизнедеятельности северного города, как одного из важнейших факторов обеспечения качества жизни населения, является актуальной задачей, что подтверждается региональными и национальными нормативно-правовыми документами в данной области. Стратегия социально-экономического развития Ханты-Мансийского автономного округа до 2020 года и на период до 2030 года [4] в качестве стратегической цели указывает «повышение качества жизни населения в результате формирования новой модели экономики, основанной на инновациях и глобально конкурентоспособной». При этом и «повышение качества жизни населения», и «обеспечение безопасности граждан» названо в данном документе в числе четырех долгосрочных целей развития. Стратегия научно-технического развития Российской Федерации также рассматривает возможность эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы.

Нашей **целью** явилось рассмотреть на примере некоторых рисков в области пожарной безопасности в строительстве техногенные риски и опреде-

лить условия их минимизации. Это позволит избежать развития ситуации по негативному сценарию, а в случае развития чрезвычайной ситуации существенно сократит материальный ущерб и число жертв.

В условиях жесткой конкуренции регионов за приток квалифицированной рабочей силы, инвестиций, экологически безопасного производства все более актуальной проблемой становится повышение привлекательности региона, а качество жизни становится важным фактором его конкурентоспособности [5].

Материалы и методы исследования. Быстрый рост городских агломераций создает необходимость их оценки с точки зрения качества жизни проживающих в них людей. Согласно ГОСТ Р ИСО 37120-2015 Устойчивое развитие сообщества [6] показатели городских услуг и качества жизни регламентируются стандартизированными показателями оценки качества жизни для целей сравнительного анализа по периодам времени и разным городам. Показатели качества измеряются долевыми оценками. Качество предоставления городских услуг рассматривается как способ оценки качества жизни, при этом вопросам безопасности и минимизированию техногенных рисков в условиях городской застройки не уделяется должного внимания [7].

В методике [8], предложенной С.А. Тимониным, И.В. Гришиной и А.О. Польшевым, суть которой состоит в определении сводного интегрального индекса качества жизни населения, представлены весовые коэффициенты составных блоков сводного интегрального индекса качества жизни. Согласно данной методике, вопросы безопасности в интегральном индексе входят в один из шести параметров, определяющих качество жизни. Актуальность измерения категорий качества жизни существенна, поскольку количественное их представление является целевыми функциями в вопросе действительного повышения качества жизни [9], основанной не на эмоциональной оценке, а на применении математического аппарата, позволяющего определить параметры, отвечающие за повышение качества жизни (например, выбор оптимального расстояния от промышленных предприятий до жилых комплексов с учетом господствующей розы ветров на этапе проектирования, определение оптимального уровня освещенности с учетом энергосбережения и т.д.).

В настоящее время существует небольшое количество работ [10, 11], предлагающих и анализирующих методологии измерения. Проблема качества жизни и рисков является серьезной и трудно решаемой, так как риск неустраним из жизни человека. Поэтому одной из задач должно быть смягчение различных видов рисков путем улучшения качества жизни, что особенно актуально в условиях городской застройки с неблагоприятными климатическими условиями.

Результаты исследования. В проведенных

нами исследования экспериментальным путем были определены условия предотвращения наиболее вероятных техногенных рисков для системы жизнедеятельности северного города. Результаты оценки рисков безопасности соотнесены, в свою очередь, с регламентируемыми показателями, указанными в нормативно-правовых документах (гигиеническим нормативам, требованиям СанПиН, СП,

СНиП и т.д.).

В ходе исследований, проведенных на территории крупнейшего города автономного округа – г. Сургута, – были выявлены следующие, характерные для жизни и безопасности граждан северного города угрозы в области пожарной безопасности в строительстве, результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Наиболее характерные техногенные угрозы в сфере пожарной безопасности г. Сургута

Вид техногенной угрозы	Место расположения	Пути решения
1. Несоответствие расстояния от границ жилых зданий до лесных массивов (расстояние должно составлять не менее 50 м [12, 13].	г. Сургут, ул. Проспект Пролетарский 35; ул. Университетская 31; ул. Проспект Пролетарский 10/1	Вырубка лесного массива
2. Несоблюдение противопожарных расстояний от границ площадок, зданий и сооружений АЗС до границ участков детских дошкольных учреждений, общеобразовательных учреждений, больниц (должны составлять не менее 50 м).	г. Сургут, ул. Игоря Киртбая, 10 ул. Гагарина, 7 Проспект мира, 46 Геологическая, 6 ул. Крылова, 55	Перенос АЗС в промышленную зону
3. Несоблюдение требований пожарной безопасности к покрытиям полов на путях эвакуации, в зданиях классов Ф 1.1–Ф 4.1 допускается применять материалы классов КМ не более: а) в вестибюлях, лестничных клетках, лифтовых холлах – КМ 1; б) общих коридоров, холлов, фойе – КМ 2	В жилых домах 125 серии («трилистник») на путях эвакуации (по улицам Кукуевицкого, Лермонтова, Маяковского)	Смена напольного покрытия на пожаробезопасное, информирование управляющих компаний

Экспериментальным путем количественно измерены уровни опасности некоторых выявленных техногенных рисков.

Проведено исследование и дана оценка вероятности воздействия на человека поражающих факторов, образующихся в результате аварийной разгерметизации резервуара автомобильной цистерны с бензином на автозаправочной станции (АЗС) города Сургута. Разработана бальная система оценки потенциальной опасности АЗС, находящихся на территории города Сургута, которая включает следующие критерии: количество объектов на периферии АЗС; суммарная вероятность поражения человека в области объекта на периферии АЗС; социальное значение объекта на периферии АЗС. По полученным данным для АЗС города Сургута был составлен рейтинг потенциальной опасности АЗС города Сургута.

Согласно полученному рейтингу, наибольшую потенциальную опасность для жителей города Сургута представляют АЗС, располагающиеся по адресам: ул. Игоря Киртбая, 10 (66,78 балла); ул. Гагарина, 7 (49,1 балла); Проспект мира, 46 (47,57 балла); ул. Геологическая, 6 (41,88 балла); ул. Крылова, 55 (41,22 балла). Некоторые АЗС имеют 0 баллов потенциальной опасности, например, АЗС по адресу ул. Аэрофлотская, 17. На периферии АЗС отсутствуют объекты. В том случае, если будет произведена застройка территории вокруг этих АЗС, то возрастет их потенциальная опасность. Создана и используется программа для расчета параметров пожарной опасности технологических процессов согласно методике ГОСТ 12.3.047-2012 [14].

Программа рассчитывает следующие параметры пожарной опасности технологических процессов:

а) максимальные размеры взрывоопасных зон, ограниченных нижним концентрационным пределом распространения (НКПР) пламени газов и паров жидкости, размеров зон поражения при реализации пожара-вспышки; б) интенсивность теплового излучения при пожаре пролива; в) параметры огненного шара; г) параметры ударной волны, образующейся при сгорании взрывоопасной смеси на открытом пространстве; д) параметры испарения горючих нагреваемых жидкостей [15, 16].

Также проведена оценка пожарной опасности напольных покрытий (НП) на путях эвакуации зданий различных классов функциональной пожароопасности, создана программа для поддержки принятия решений при выборе пожаробезопасных НП для жилых зданий на основе полученных экспериментальных и расчетных данных [17]. Рассмотрены свойства материалов на основе поливинилхлорида относительно пожароопасности. Отмечено, что практически все НП на основе поливинилхлорида являются материалами с высокой дымообразующей способностью (D_m более $500 \text{ м}^2/\text{кг}$) [18-20]. НП при возникновении пожара оказываются основным источником опасности для людей ввиду того, что усиленное дымообразование ухудшает видимость на пути эвакуации из помещения. Расчет объективных данных по заданным показателям качества жизни, в число которых входит безопасность жизнедеятельности, позволяет разработать рекомендации для принятия управленческих решений, обеспечивающих эффективное социально-экономическое развитие региона [21].

Выводы. Определенные в ходе исследования технические и социальные условия, позволяют минимизировать или предотвратить развитие вы-

явленных неблагоприятных факторов, создающих угрозу здоровью и жизни населения северного города. Перспективами дальнейшей разработки темы исследования считаем выявление зон риска-вероятности возникновения обстановки, способной породить опасность в условиях городской агломерации на примере определения уровня освещенности, влияющей на качество жизни и безопасность, а также определение реальной возможности реализации опасности и ее восприятие городскими жителями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Потуданская В.Ф. Качество жизни и качество трудовой жизни как среда формирования трудового потенциала / В.Ф. Потуданская, Д.Н. Шайкин // Экономический анализ: теория и практика. 2010. № 25 (190). С. 33–38.
2. Колчина Н.О. Исследование смежных категорий качества: образ жизни, уровень жизни, ощущаемое качество // Вестник торгово-технологического института. 2011. №5. С14–17.
3. ГОСТ Р ИСО 37120-2015 Устойчивое развитие сообщества. Показатели городских услуг и качества жизни. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/411709517> (дата обращения: 19.09.2018).
4. Дегиль О.В. Методика определения качества жизни населения региона на основе комплексного индикатора качества жизни // Глобальный научный потенциал. 2012. № 11 (20). С. 132–138.
5. Ефимова Н.С. Основы психологической безопасности / Н.С. Ефимова. М.: ИД «ФОРУМ», 2010. 188 с.
6. Шевелева А.А., Степанов Б.П., Годовых А.В. Безопасность городской среды как фактор комфорта жизни населения // Материалы VII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум». Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2015/1350/14581> (дата обращения: 11.09.2018).
7. Воробьев А.А. Качество жизни как показатель эффективности государственного управления // Экономические науки. – 2016. – № 6(48). – Ч.1. – С.18–21. Режим доступа: <https://research-journal.org/economical/kachestvo-zhizni-kak-pokazatel-effektivnosti-gosudarstvennogo-upravleniya/> (дата обращения: 11.09.2018).
8. Калайдин Е.Н. Развитие методологии количественного представления показателя качества жизни населения и качества трудовой жизни // Теория и практика общественного развития. 2012. №4. С.271–273.
9. Федоров Ю.В. Принятие решений в управлении социально-экономическом развитии города. М.: ЛКИ, 2007. 187 с.
10. Айвазян С.А. К методологии измерения синтетических категорий качества жизни населения // Экономика и математические методы. 2003. Т. 39. № 2. С. 33–53.
11. СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений: Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* [Текст]: свод правил: утв. Приказом Минрегион России от 28.12.2010 № 820, дата введ. 20.05.2011. М.: Минрегион России, 2011. 110 с.
12. СП 18.13330.2011. Генеральные планы промышленных предприятий: актуализированная редакция СНиП П-89-80* [Текст]: свод правил: утв. Приказом Минрегион России от 27.12.2010 № 790, дата введ. 20.05.2011. М.: Минрегион России, 2010. 45 с.
13. ГОСТ Р 12.3.047-2012 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
14. Мартынова Д.Ю. Проблемы безопасности при размещении АЗС на территории муниципальных образований Север России: стратегии и перспективы развития / Д.Ю. Мартынова, А.А. Воронин / материалы II Всерос. науч.-практич. конф. Сургут, 27 мая 2016 г.: в 4 т. Сургут. гос. ун-т. Сургут: ИЦ СурГУ, 2016. С.285–293.
15. Мартынова Д.Ю. Оценка вероятности воздействия поражающих факторов в условиях аварии на автозаправочных станциях // Д.Ю. Мартынова, Е.А. Белявский/ «Технологии и качество». 2018. №1. С.48–50.
16. Манаева А.Р. Программа поддержки принятия решений при выборе пожаробезопасных напольных покрытий для жилых зданий // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017614077; заявка № 2017611115; дата постановки 13.02.2017 г.; зарег. в Реестре программ для ЭВМ 6.04.2017 г.
17. Манаева А.Р. Анализ пожарной опасности объектов социального назначения с использованием в качестве напольных покрытий линолеумов на основе поливинилхлорида // Качество и жизнь. 2017. № 3 (15). С. 89–92.
18. Исаков Г.Н. Системный анализ вопросов безопасности применения напольных покрытий и математическая модель процессов их терморазрушения / Г.Н. Исаков, А.Р. Манаева // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2015. № 1(29). С. 30–43.
19. Манаева А.Р. Анализ неуправляемой эвакуации обучающихся из образовательных учреждений в условиях задымления и воспламенения напольных покрытий / А.Р. Манаева, Г.Н. Исаков / В сборнике «Проблемы безопасности жизнедеятельности (в сфере образования)»: сборник трудов I научно-практической конференции. – Москва: ВНИИ по проблемам ГО и ЧС МЧС России, 2016. С. 531–540.
20. Вавилина Н.Д. Качество жизни в системе инновационного развития региона. Методология анализа и система показателей качества жизни населения // Мир науки. 2013. № 3. С.1–12. Режим доступа: <http://mir-nauki.com> (дата обращения: 19.09.2018).

*Статья поступила в редакцию 15.09.2018
Статья принята к публикации 26.11.2018*

УДК 378.147

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

© 2018

Андреев Андрей Викторович, кандидат военных наук, директор
Высшей школы техносферной безопасности

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: andreev_av@spbstu.ru)

Бызов Антон Прокопьевич, кандидат технических наук, доцент
высшей школы техносферной безопасности

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: byzov_ap@spbstu.ru)

Гомазов Федор Андреевич, аспирант высшей школы техносферной безопасности

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: gomazov_fa@spbstu.ru)

Аннотация. В настоящее время, технологический прогресс требует особого подхода к обучению студентов. Согласно последним исследованиям среди работодателей, навыки работы в команде, умение управлять проектами и работать в формате проектов в качестве исполнителя выходят на один уровень со знанием предмета и конкретными профессиональными навыками. В ситуации, когда учреждения высшего образования являются исполнителем заказа на подготовку квалифицированных кадров для промышленно-экономического комплекса Российской Федерации, необходимо учитывать требования предприятий данного комплекса. Современные требования, характеризуется изменениями, произошедшими в ходе четвертой промышленной революции, что существенно меняет образовательную парадигму. Техносферная безопасность, как направление подготовки студентов, включает в себя широкий спектр вопросов, связанных с большим количеством других направлений подготовки. Такая ситуация дает как преимущества, выражающиеся в возможности создания кросс-проектов по различным направлениям, так и сложности, связанные с выбором темы, направления работы и формирования у студентов образовательного интереса к выбранному направлению. Концепция модернизации российского образования ставит задачу формировать целостную систему универсальных знаний, умений и навыков, а также самостоятельную деятельность и личную ответственность обучающихся, т.е. ключевые компетентности, определяющие современное качество образования. В свою очередь необходима отработка компетенций, как способности выпускника вуза использовать на практике полученные знания, принимать решения в условиях неопределенности, в ходе образовательного процесса. Предложенная система обучения, помогает студентам овладеть навыками проектной деятельности в ходе обучения по направлению «Техносферная безопасность», включая владение современными системами проектного управления, что позволит успешно решать задачи в ходе работы по полученной специальности.

Ключевые слова: проект, проектная деятельность, техносферная безопасность, научно-исследовательская работа студентов, высшее образование, программное обеспечение, система образования, вовлеченность, выпускная квалификационная работа, студент, преподаватель, публикация, научная работа.

APPLICATION OF PROJECT ACTIVITY IN TEACHING STUDENTS IN THE DIRECTION OF «TECHNOSPHERIC SAFETY»

© 2018

Andreev Andrey Viktorovich, Candidate of Military Sciences,
Director of the Higher School of Technospheric Safety

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnic St., 29, e-mail: andreev_av@spbstu.ru)

Byzov Antoy Prokopievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
of Higher School of Technospheric Safety

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnic St., 29, e-mail: byzov_vg@spbstu.ru)

Gomazov Fedor Andreevich, post-graduate student of higher school of technospheric Safety

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnic St., 29, e-mail: gomazov_fa@spbstu.ru)

Abstract. At present, technological progress requires a special approach to teaching students. According to the latest research among employers, teamwork skills, ability to manage projects and work in the format of projects as an artist go one level with knowledge of the subject and specific professional skills. In a situation where, higher education institutions are executing an order for the training of qualified personnel for the industrial and economic complex of the Russian Federation, it is necessary to consider the requirements of the enterprises of this complex.

The current situation is characterized by changes that occurred during the fourth industrial revolution, which significantly changes the educational paradigm. Technospheric safety, as a direction for preparing students, includes a wide range of issues related to many other training areas. This situation gives both advantages, expressed in the ability to create cross-projects in various areas, and the difficulties associated with the choice of the topic, the direction of work and the formation of students' educational interest in the chosen direction. The concept of modernization of the Russian education sets the task to form an integral system of universal knowledge, skills and abilities, as well as independent activity and personal responsibility of the students; key competences that determine the modern quality of education. In turn, it is necessary to develop competencies, such as a person's ability to use the knowledge that has been obtained in practice, to make decisions in conditions of uncertainty, during the educational process. The proposed training system will allow students to master the skills of the project activity during training in the direction of "Technospheric safety", including the possession of modern systems of project management, which will successfully solve problems during work on the acquired specialty.

Keywords: project, project activity, technospheric safety, research work of students, higher education, software, education system, involvement, final qualification work, student, teacher, publication, scientific work.

Применение принципов проектной деятельности при обучении студентов по направлению «Техносферная безопасность» требует выполнения определенных проектов [1]. Основная трудность и задача заключается в том, что область безопасности является областью повышенной ответственности всех участников процесса обеспечения в данной сфере. Соответственно выбор тем проектов в ходе обучения, должен соответствовать требованиям промышленно-экономического комплекса, однако при этом соответствовать возможностям обучающихся. В существующей системе типологизации проектов, научно-исследовательские проекты являются наиболее важными в ходе обучения. Техносферная безопасность, как направление подготовки, имеет свою специфику, поскольку не является отдельной фундаментальной наукой [2]. Данная специфика заключается в том, что техносферная безопасность представлена во всех сферах жизни человека и поэтому имеет междисциплинарный характер. Применение принципов проектной работы для развития техносферной безопасности, требует углубления в различные отрасли знаний [3]. Например, для моделирования опасных процессов в техносфере требуются знания в области теории надежности технических систем, теории вероятности, а для разработки новых решений в сфере систем противоаварийной или противопожарной защиты требуются знания в области робототехники, физики, гидравлики [4,5]. Для обеспечения безопасности опасных производственных объектов химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности требуются глубокие фундаментальные знания по химии, в области технологий и аппаратов определенной отрасли промышленности [6]. Для совершенствования законодательства или контрольно-надзорных мероприятий в области обеспечения техносферной безопасности требуется знание системы государственного управления, юриспруденции, социологии, статистики.

Большое количество связанных областей знаний, приводят к ситуациям, когда обучающийся не в состоянии качественно освоить как основную программу, так и все связанные разделы в рамках

обучения в бакалавриате [7]. Следовательно, ключевыми умениями и навыками выпускника по направлению «Техносферная безопасность» должны стать: умение поиска, изучения, переработки и генерирования новой информации в разнообразных отраслях научных знаний и навыки социального взаимодействия со специалистами в тех отраслях знаний, которые они необходимы для решения стоящей научной задачи [8].

1. Проектная работа по направлению техносферная безопасность

Для отработки принципов проектной деятельности, за основу взято направление – научно-исследовательская работа студентов [9]. Метод проектов позволяет реализовать свои личностные качества в процессе самостоятельной работы под руководством преподавателя [10]. В роли проекта, в предлагаемом подходе, выступает определенная конференция, к которой необходимо подготовить статью (тезисы) и доклад, включая выступление.

Под задачами проектной работы по направлению «Техносферная безопасность» принимаются:

- 1) получение студентами навыков планирования своей работы;
- 2) обучение поиску и сбору необходимой информации;
- 3) демонстрация полученных результатов на занятиях, научно-практических конференциях;
- 4) обучение работать в команде;
- 5) прививание определенного типа мышления, позволяющего найти связь между направлениями.

Для реализации поставленных задач, целесообразно задействовать студентов старших курсов не только в роли обучаемых, но и в роли организаторов и наставников для студентов младших курсов. С этой целью, создаются молодежные объединения, включающие в себя бакалавров и магистров, связанных общими идеями, интересами и темами научно-практических работ. Данные темы каждого объединения связаны с научной деятельностью конкретного преподавателя высшей школы, который становится консультантом. Множество данных «объединений» образует структуру, управление которой построено на

принципах проектной деятельности, с применением современных систем управления проектами.

На первом этапе, вовлечение студентов в проектную работу проводится из числа заинтересованных в личностном развитии [11,12]. На данном этапе, обучающиеся, согласно своим интересам, делятся по двум направлениям (отделам). Первый отдел – образовательный, направлен на создание вертикали среди преподавателей и студентов как бакалавриата, так и магистратуры, по интересующим их направлениям, в рамках техносферной безопасности. Пример организации работы.

1. Преподаватель, в сферу интересов которого входят определенные направления научной деятельности, готовит бакалавров 4 курса и магистров 2 курса (далее-студенты выпускных курсов) в качестве научного руководителя к выпускной квалификационной работе (ВКР).

2. Студенты выпускных курсов, в рамках образовательного отдела, делятся результатами своей науч-

ной работы со студентами предвыпускных курсов (3 курс бакалавриата, 1 курс магистратуры) совместно с ними обсуждая достигнутые результаты работы.

3. Студенты предвыпускных курсов готовят научные публикации – статьи, с которыми выступают на конференциях. Данный этап работы позволяет им осуществить набор материала и подготовку своей будущей ВКР.

4. Студенты 1-2 курса бакалавриата (за исключением наиболее подготовленных), обучаются принципам проектной деятельности, посещают конференции с целью получения опыта и понимания существующих трендов в данной области.

В результате работы, получается группа студентов из 4-5 студентов каждого из курсов, объединенных одной научной идеей и имеющих научного руководителя – преподавателя, работающая над определенной темой.

Принципиальная структура подобной организации показана рисунке 1.

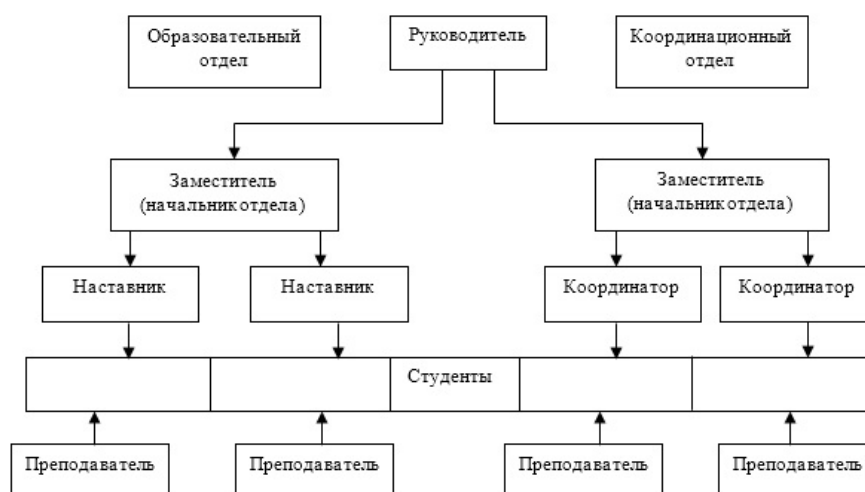


Рисунок 1 – Схема организации работы

В задачу координационного отдела входит организация работы всей системы, поиск конференций, в которых можно принять участие, а также сбор и систематизация всей информации, полученной в ходе работы. Пример работы системы в целом:

1. При появлении конференции по направлению подготовки «Техносферная безопасность», а также смежным направлением, решение об участии в конференции принимается совместно с руководителем.

2. Руководитель ставит задачу начальнику координационного отдела – принять конференцию в разработку.

3. Начальник координационного отдела формирует задания для работников своего отдела и выставляет сроки их выполнения. Задания включают в себя: поиск информации о конференции, требования к материалам, основные сроки, особенности регистрации, стоимость.

4. Координаторы, собирают информацию и представляют ее начальнику отдела.

5. Начальник отдела вносит информацию в систему проектного управления (trello, bitrix, и т.д.), выставляет сроки и передает информацию в образовательный отдел.

6. Начальник образовательного отдела распространяет информацию среди студентов и преподавателей, используя социальные сети, личные встречи, объявления в высшем учебном заведении.

7. Преподаватели, для каждой из своих групп, формируют темы.

8. Студенты разрабатывают темы, готовят статью к отправке, согласно требованиям [13].

9. Наставники помогают студентам младших курсов, передавая им полученный ранее опыт.

10. Начальник образовательного отдела собирает статьи и передает их в координационный отдел

11. Начальник координационного отдела, при необходимости, выдает задания работникам своего отдела на подготовку сопутствующих документов (например – экспертных заключений) и формирования заявки.

12. Получив сформированную заявку и пакет необходимых документов, начальник координационного отдела передает информацию руководителю.

13. Руководитель организации передает общую заявку в организационный комитет.

Применение подобной структуры, позволяет студентам проявить свои личностные качества, а также получить опыт работы, в качестве руководителя отдела или работника отдела [14,15].

2. Организация проектной работы

Полученный в ходе работы опыт, будет являться ценным и актуальным, только в том случае, если он будет полезен в дальнейшей работе, как по выбранному направлению, так и в целом, что является основной целью компетентностного подхода [16,17]. Для этого необходимо использовать реальные существующие системы проектного управления.

Для организации проектной деятельности хорошо подходит группа приложений для управления проектами, основанная на принципе «канбан», что переводится с японского как «точно в срок».

Из преимуществ данного принципа следует выделить такие, как равномерная нагрузка между работниками, а также полную прозрачность всего процесса работы, для всех участников. Также возможно применение приложений на основе диаграммы Ганта, что позволяет визуализировать процесс работы над проектом [18].

В ходе работы, целесообразно менять приложения (не чаще 1 раза в год), чтобы обеспечить актуальность формируемого опыта и получение дополнительных навыков. Также, допустимо вести работу над проектами на английском языке, что прививает навыки работы на иностранном языке и позволяет студентам быть конкурентоспособными и на мировом рынке труда, в международных компаниях.

Пример построенной работы в системе управления проектами Trello (рисунок 2).

На данном рисунке показана карточка конференции, находящаяся в процессе разработки, а также, планы на дальнейшую работу. При рассмотрении карточки «в процессе», видно, как организован процесс работы внутри организации (рисунок 3).

Также данная карточка содержит в себе чек-лист, который показывает, какие задания уже были выполнены, а также ответственных за них участников (рисунок 4).

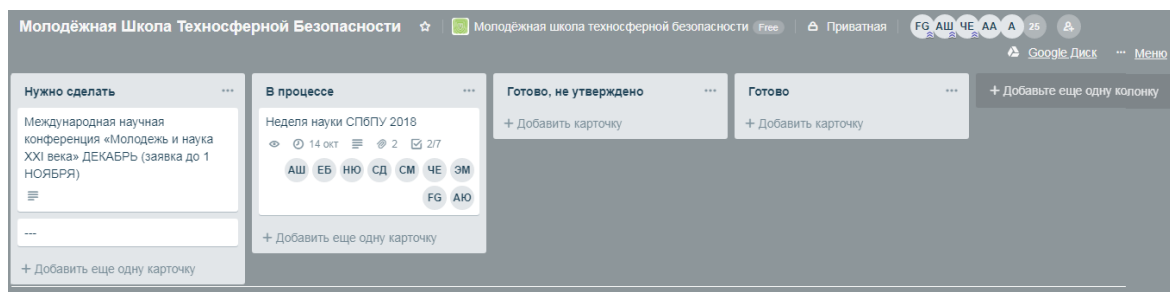


Рисунок 2 – Пример организации в системе Trello

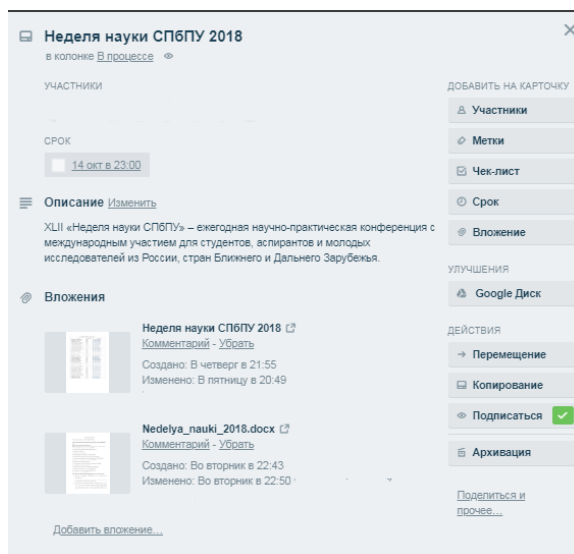


Рисунок 3 – Конференция «в процессе»

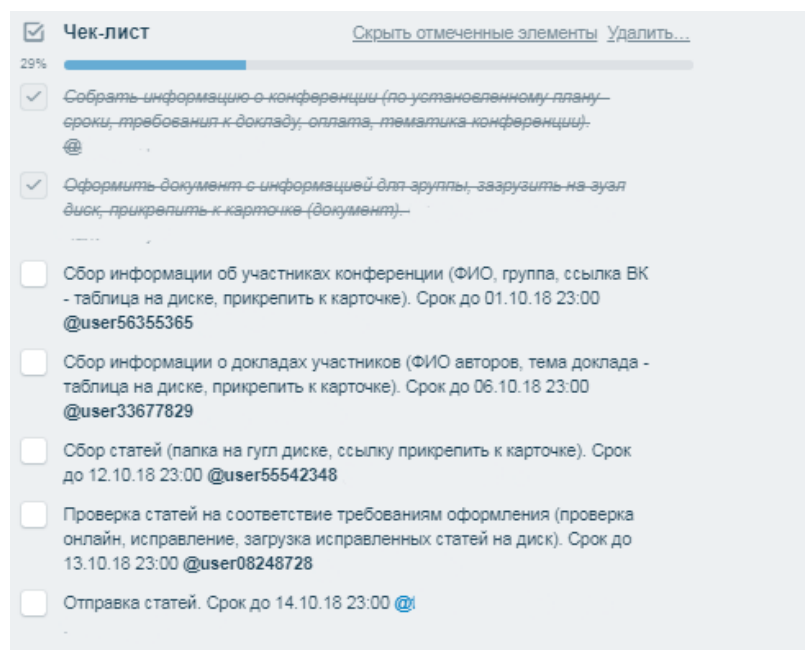


Рисунок 4 – Чек-лист

По результатам работы, студенты, задействованные в проекте, как руководители отделов, работники отделов или участники конференции, получают опыт, публикации и необходимые навыки, для работы по специальности, по завершении обучения.

3. Выводы

Построение образовательного процесса является сложной, комплексной задачей управления, поскольку содержит в себе значительное количество факторов [19,20]. Предлагаемый проект отвечает этому требованию, а именно:

- 1) обеспечивает взаимодействие в формате студент-научный руководитель, что позволит к выпускному курсу подготовить качественную выпускную квалификационную работу;
- 2) повышает вовлеченность студентов в научно-исследовательскую деятельность;
- 3) обучает студентов принципам проектной деятельности, которые будут полезны в ходе дальнейшей работы на предприятиях промышленно-экономического комплекса;
- 4) повышает качество образования по направлению «Техносферная безопасность».

Данный проект имеет перспективы к масштабированию на различные направления подготовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ефремов С.В. Проблемы подготовки специалистов по техносферной безопасности // В сборнике: Совершенствование технологии горных работ и подготовка кадров для обеспечения техносферной безопасности в условиях северо-востока России. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием,

посвященной 80-летию доктора технических наук, профессора, действительного члена Академии горных наук РФ Чемезова Егора Николаевича. 2018. – С. 452–456.

2. Аладышкин И.В., Ефремов С.В. Проблемы безопасности в современном мире техногенных угроз / Аладышкин И.В., Ефремов С.В. // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Гуманитарные и общественные науки. 2017. Т. 8. № 4. – С. 56–67.

3. Бурлов В.Г., Магулян Г.Г., Матвеев А.В. Общий подход к моделированию систем обеспечения безопасности. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2011. Т. 5. № 133. С. 73–76.

4. Фидарова М.Г. Модель организации проектной деятельности студентов при компетентностном подходе // Дискуссия. 2014. №6 (47).

5. Терентьев Константин Юрьевич Высшее образование в структуре образовательных и профессиональных стратегий молодежи // Непрерывное образование: XXI век. 2014. №2 (6).

6. Бурлов В.Г., Грачев М.И., Примакин А.И. Многоуровневый подход в подготовке и переподготовке кадров в сфере безопасности информационных технологий. Региональная информатика и информационная безопасность сборник научных трудов. Санкт-Петербургское Общество информатики, вычислительной техники, систем связи и управления. 2017. С. 185–189.

7. Болотов В.А., Сериков В.В. Компетентностная модель: от идеи к образовательной программе // Педагогика. 2003. № 10. С. 8–14.

8. Гузеев В.В. и др. Консультации: метод проек-

тов / В.В. Гузеев, Н.В. Новожилова, А.В. Рафаева, Г.Г. Скоробогатова // Педагогические технологии. – 2007. – № 7. – С. 105–114.

9. Киргуева Ф.Х. Концептуальные подходы к решению вопросов развития высшего образования // Профессиональное образование в современном мире. – Т.11, № 4. – С.55–59.

10. Антюхов Андрей Викторович Проектное обучение в высшей школе: проблемы и перспективы // Высшее образование в России. 2010. №10.

11. Колесникова И.А., Горчакова-Сибирская М.П. Педагогическое проектирование: учебное пособие для высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 312 с.

12. Сафонова К.И., Подольский С.В. Проектная деятельность студентов в вузе: принципы отбора проектов и критерии формирования проектных групп // Общество: социология, психология, педагогика. 2017. №9.

13. Полевой В.Г., Пономарёв А.И., Рыбаков А.В., Мазаник А.И. Методические рекомендации для разработки и представления к публикации научной статьи. «Научные и образовательные проблемы гражданской защиты». 2016. № 1 (28). С. 94–102.

14. Пак Виктория Вячеславовна Метод проектов как способ формирования обобщенных проектных умений студентов инженерных вузов // Педагогическое образование в России. 2016. №1.

15. Казун Антон Павлович, Пастухова Лариса Сергеевна Практики применения проектного метода обучения: опыт разных стран // Образование и наука. 2018. №2.

16. Разуваева Т.А. Компетентностный подход к образованию: краткий теоретический анализ // Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. 2010. Т. 16, № 1. С. 266–269.

17. Эльконин Б.Д. Понятие компетентности с позиций развивающего обучения // Современные подходы к компетентностно-ориентированному образованию. Красноярск, 2002. 267 с.

18. Юрловская И.А. Проектные технологии в реализации стандартов высшего профессионального образования третьего поколения [Электронный ресурс] // Науковедение: интернет-журнал. 2014. Вып. 2. Март – апрель. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/127PVN214.pdf> (дата обращения: 28.09.2018).

19. Постановление Правительства Российской Федерации от 23 мая 2015 г. № 497 «О Федеральной целевой программе развития образования на 2016–2020 годы».

20. Дохоян Анна Меликсовна Интерактивное обучение в высшей школе – требования ФГОС-3 // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2014. №5–2.

Статья поступила в редакцию 02.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 635.928+027.32/33

СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИЯ СКОШЕННОЙ ГАЗОННОЙ ТРАВЫ

© 2018

Куликова Евгения Геннадьевна, кандидат биологических наук, доцент,
доцент кафедры «Селекция, семеноводство и биология растений»
Пензенский государственный аграрный университет

(440014, Россия, г. Пенза, улица Ботаническая, 30, e-mail: kuleg@mail.ru)

Ефремова Сания Юнусовна, доктор биологических наук, профессор,
профессор кафедры «Биотехнологии и техносферная безопасность»

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: s_sharkova@mail.ru)

Пonomарева Галина Евгеньевна, магистрант

Пензенский государственный аграрный университет

(440014, Россия, г. Пенза, улица Ботаническая, 30, e-mail: kuleg@mail.ru)

Аннотация. Основной проблемой всех спортивных объектов, созданных или реконструированных к ЧМ 2018 по футболу, является утилизация скошенной газонной травы. За одно скашивание с футбольного поля площадью 8200 м² в летние месяцы образуется до 600 кг зеленой массы, за сезон - около 20 т. Основной способ ее утилизации – вывоз на полигон ТБО. Между тем скошенная газонная трава содержит много питательных элементов, в ней отсутствуют патогенные объекты, и поэтому данный вид отходов может представлять интерес в сельскохозяйственном производстве. Наиболее оптимальным способом ее утилизации по-нашему мнению является гранулирование, что снижает объем и влажность травы, повышает ее транспортабельность и сроки хранения. В качестве связующего звена при грануляции использовались различные добавки, в зависимости от назначения конечного продукта: использования в качестве удобрения для растений или в качестве корма для домашних животных. Для получения органоминерального удобрения грануляцию травы проводили со связующими материалами, повышающими ценность удобрения: опилками, известью и азотным удобрением карбамид в соотношении 1:2:1:0,3. Для того чтобы узнать, пригодна ли скошенная газонная трава для скармливания животным, после грануляции, была определена в областной ветеринарной лаборатории общая токсичность. В качестве связующего звена при грануляции и компонента, повышающего ценность корма, использовали пшеницу в соотношении 1:1. Общая токсичность полученных зернотравяных гранул не обнаружена. Стоимость вывоза образующихся объемов скошенной газонной травы с одного только футбольного поля за сезон на исследуемом объекте составила около 40 тысяч рублей, что сопоставимо со стоимостью мини гранулятора. Полученные гранулы различного назначения могут принести дополнительный доход их производителю. Малые объемы полученного продукта не позволяют их рекомендовать для промышленного использования, но могут пользоваться спросом в личных подсобных хозяйствах.

Ключевые слова: отходы, утилизация, скошенная газонная трава, гранулирование, мини гранулятор, органоминеральные и зернотравяные гранулы.

METHODS OF DISPOSAL OF MOWN TURF GRASS

© 2018

Kulikova Yevgeniya Gennadyevna, candidate of biological sciences, associate professor,
associate professor of the Department of plant breeding, seed production and plant biology
Penza State Agrarian University

(440014, Russia, Penza, Batanichskaj St.,30, e-mail: kuleg@mail.ru)

Efremova Saniya Yunusovna, doctor of biological sciences, Professor,
Professor of the Department “Biotechnologies and tehnosfere safety”

Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, proyezd Baydukova/Gagarina St., 1A/11, e-mail: s_sharkova@mail.ru)

Ponomareva Galina Yevgenyevna, undergraduate

Penza State Agrarian University

(440014, Russia, Penza, Batanichskaj St.,30, e-mail: kuleg@mail.ru)

Abstract. The main problem of all sports facilities created or reconstructed for the 2018 FIFA world Cup is the disposal of mowed lawn grass. For one mowing a football field with an area of 8200 m² in the summer months produces up to 600 kg of green mass per season - about 20 T. the Main method of disposal – removal to landfill. Meanwhile, mowed lawn grass contains many nutrients, there are no pathogenic objects, and therefore this type of waste may be of interest in agricultural production. The most optimal way of its utilization in our opinion is gran-

ulation, which reduces the volume and humidity of the grass, increases its transportability and shelf life. Various additives were used as a binder for granulation, depending on the purpose of the final product: use as a fertilizer for plants or as a feed for Pets. To obtain organic-mineral fertilizer, granulation of grass was carried out with binding materials that increase the value of fertilizer: sawdust, lime and nitrogen fertilizer urea in a ratio of 1:2:1:0.3. In order to find out whether the mowed lawn grass is suitable for feeding animals, after granulation, General toxicity was determined in the regional veterinary laboratory. Wheat in the ratio of 1:1 was used as a binder for granulation and a component that increases the value of feed. The total toxicity of the obtained grain-grass granules was not detected. The cost of export of the formed volumes of the mowed lawn grass from only one football field for a season on the studied object made about 40 thousand rubles that is comparable to the cost of the mini granulator. The resulting granules for various purposes can bring additional income to their manufacturer. Small volumes of the received product do not allow to recommend them for industrial use, but can be in demand in private farms.

Keywords: waste, utilization, mowed lawn grass, granulation, mini granulator, organo-mineral and grain-grass granules.

Введение. В разных странах земного шара проблема сбора и переработки бытовых отходов стоит достаточно остро, но развитые страны ее активно пытаются решить, прибегая к самым различным методам. В Европе постоянно вводятся новые, более рациональные технологии его переработки.

В России с 1 января 2019 года заработает новая система обращения с бытовыми отходами: их планируется перерабатывать, а не просто вывозить на полигоны и свалки. Для защиты окружающей среды необходимо проводить качественную утилизацию всех типов отходов, которые образуются в промышленной деятельности в различных сферах [16, 18].

В рамках проведения в 2018 году чемпионата мира по футболу, на территории России было заново построено или реконструировано в соответствии с требованиями ФИФА 64 тренировочных площадок и 12 стадионов. Одним из таких объектов в

Пенза является тренировочная площадка на базе стадиона «Зенит».

Уход за полями с натуральным покрытием, созданными к чемпионату, осуществляется в соответствии с международными стандартами. Оборудование для ухода за ними соответствует предоставленной FIFA для соблюдения технической спецификации [4]. Каждое поле должно быть оборудовано функциональной трубопроводной дренажной системой для активного отвода избыточной влаги от игровой поверхности в приспособленный для этого водоприемник. Система закрывается на поверхности 150-миллиметровым слоем смеси крупнозернистого песка или грунта (рисунок 1).

Такие особенности устройства футбольных полей в России являются уникальными и требуют особого ухода и внимания за натуральным покрытием.

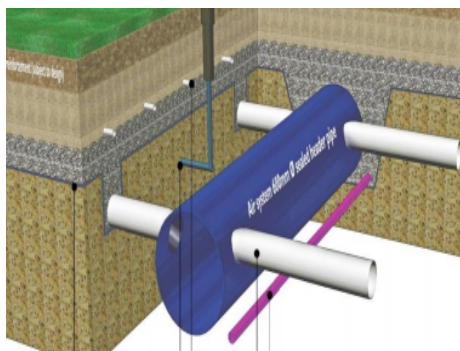


Рисунок 1 – Профиль поля с натуральным покрытием

На каждом Чемпионате мира FIFA используется особый состав газонной травы. В частности, в смеси для ЧМ-2018 в России преобладающими являлись *Poa pratensis* (мятлик луговой) и *Lolium perenne* (плевел многолетний) [4]. Несмотря на разные мнения о зимостойкости плевела многолетнего (райграса пастбищного) и возможности его включения в состав травосмесей в средней полосе России [1, 2, 5, 7-10], он показал при надлежащем уходе отличные результаты в результате эксплуатации футбольных полей.

Высота травостоя после стрижки строго регла

ментирована ФИФА, не выше 3,5 см. Высота стрижки должна соответствовать виду травы и времени года.

Таким образом, устройство всех вновь созданных или реконструированных 18 полей с натуральным покрытием, перечень техники и уходные мероприятия отличается незначительно.

Основной проблемой всех этих объектов является утилизация скошенной газонной травы, относящейся к отходам 5 класса опасности. За сезон (с мая по октябрь) проводится около 40 скашиваний (рисунок 2).

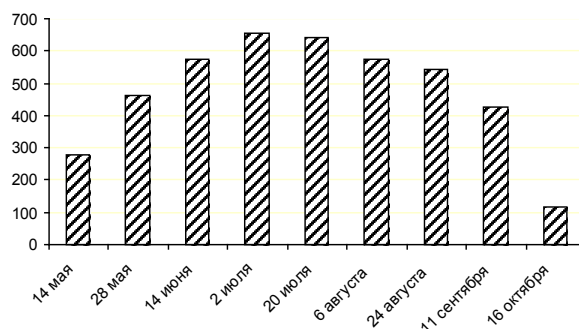


Рисунок 2 – Динамика образования массы скошенной газонной травы за сезон, кг

Основной особенностью стрижки футбольных полей является использование газонокосилок с бункерами, т.к. остатки скошенной травы на футбольных полях не допускаются. Регулярные стрижки футбольного поля способствуют усилению кушению газонных злаков и оказывают при рациональной интенсивности и высоте скашивания благоприятное воздействие на дерн и его долголетие [11]. Поэтому скошенная трава представлена в основном листовой массой, имеет негрубую слегка перемятую структуру с максимальным размером 2-3 см (рисунок 3 а).

За одно скашивание с футбольного поля площадью 8200 м² в летние месяцы образуется до 600 кг скошенной зеленой массы, за сезон – около 20 т. Основной способ ее утилизации – вывоз на полигон ТБО. Использование отходов 5 класса опасности – серьезная задача, решением которой должны заниматься не только перерабатывающие предприятия, а целое государство. Переработка промышленного и бытового мусора важна не только для сохранения окружающей среды. Этот процесс имеет определенную ценность, так, во время сжигания или сбраживания органических веществ образуется энергия и сырье для производства компостов, строительных материалов и т.д. [6, 17].

Скошенная газонная трава содержит много питательных элементов, в ней отсутствуют патогенные объекты, так как за футбольными полями осуществляется тщательный уход, и поэтому данный вид отходов может представлять интерес в сельскохозяйственном производстве. Поэтому поиск рациональных приемов утилизации данного вида отходов является актуальным.

Целью наших исследований являлось изучение способов использования скошенной газонной травы в сельском хозяйстве.

Материалы и результаты исследований. В связи с тем, что скошенная газонная трава из-за высокой влажности (до 80 %) не может долго храниться, приобретая неприятный запах и доставляет особые неудобства в прилегающих зонах, требуется вывоз на полигоны хранения отходов или утилизация в кратчайшие сроки. Наиболее оптимальным способом ее утилизации по-нашему мнению явля

ется гранулирование, что снижает объем и влажность травы, повышает ее транспортабельность и сроки хранения.

В своих исследованиях мы использовали мини гранулятор матричного типа с редукторной подачей мощностью 3 кВт, производительностью 100-120 кг/час. Диаметр получаемой гранулы от 2-12 мм в зависимости от установленной матрицы. Принцип действия гранулятора: продукт подается в засыпной бункер и при помощи двух вращающихся валцов продавливается через радиальные отверстия матрицы в результате чего образуется гранулят. Гранулы выдавленные из отверстий попадают при выходе из гранулятора на неподвижный нож и отсекаются. Обломанные гранулы падают вниз и через патрубок кожуха выводятся из пресса [15].

Однако в чистом виде скошенную газонную траву на используемом аппарате загранулировать не удалось. Поэтому в качестве связующего звена нами использовались различные добавки, в зависимости от назначения конечного продукта: использования в качестве удобрения для растений или в качестве корма для домашних животных.

В первом случае – скошенная газонная трава может быть использована в качестве зеленого удобрения – сидерата. Но из-за невозможности ее длительного хранения доставить траву до конечного пункта внесения не всегда представляется возможным. Грануляцию травы проводили со связующими материалами, повышающими ценность удобрения: опилками, известью и азотным удобрением карбамид в соотношении 1:2:1:0,3.

Опилки являются общедоступным отходом деревопереработки, но применение их в чистом виде в качестве удобрения недопустимо, поэтому этот связующий компонент был дополнен азотным удобрением, которое активизирует жизнедеятельность микроорганизмов, расщепляющих целлюлозу. Известь также является необходимым дополнением, не только как связующее звено, но и снижает кислотность удобрения, а в дальнейшем и почвенного раствора. Полученные гранулы размером 1-3 см, диаметром 0,4-0,5 см имеют плотную структуру и относятся к разряду органоминеральных удобрений (рисунок 3 б).

Для получения гранул в кормовых целях в качестве связующего звена при грануляции и компонента, повышающего ценность корма, использовали пшеницу в соотношении 1:1.

Вместе с тем необходимо было установить пригодность полученных гранул для скармливания животным. Ведь в условиях интенсивных нагрузок на футбольные поля, существование их, восстановление от износа и поддержание устойчивого роста невозможно без внесения достаточного количества питательных веществ. Необходимы питательные элементы в соответствующем количестве и пропорциях, способствующие оптимальному росту и развитию травы [3, 12-14]. Также в целях защиты

от болезней, вредителей и сорняков применяются соответствующие приемы обработки зарегистрированными препаратами для ухода - пестицидами 3 класса опасности. Поэтому после грануляции, была определена в областной ветеринарной лаборатории общая токсичность.

Проведенный анализ полученных зернотравяных гранул в соответствии с ГОСТ 31674-2012 (Экспресс-методы определения общей токсичности биотестированием кормов на стиломатиях, *Paramecium caudatum* (парамеции каудатум), *Tetrahymena pyriformis* (тетрахимена пириформис) и колподах) показал, что токсичность в них не обнаружена (рисунок 3 в).



Рисунок 3 – Образцы отходов (исходный материал и продукты переработки)
а) скошенная газонная трава; б) органоминеральные гранулы; в) зернотравяные гранулы

Плата за вывоз мусора на полигон ТБО составляет в среднем по России около 350 руб/м³. Вывоз образующихся объемов скошенной газонной травы с одного только футбольного поля за сезон на исследуемом объекте обходится в 40 тысяч рублей, что сопоставимо со стоимостью мини гранулятора. Полученные гранулы различного назначения могут принести дополнительный доход их производителю. Малые объемы полученного продукта не позволяют их рекомендовать для промышленного использования, но могут пользоваться спросом в личных подсобных хозяйствах.

Выводы. Таким образом, данный способ утилизации скошенной газонной травы путем гранулирования с различными компонентами может решить проблему хранения или вывоза отходов на спортивных и других объектах. Предложенная технология может быть дополнена или усовершенствована в зависимости от возможностей и желания производителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Абрамшвили Г.Г. Уход за газоном / Г.Г. Абрамшвили // Цветоводство. – 2001. – №2. – С.21.
2. Аксенов В.В. Изучение состояния почв и газонов городских экосистем / В.В. Аксенов, Е.Г. Куликова Е.Г. // Материалы 49-й научно-практической конференции студентов агрономического факультета.

та. - Пенза: РИО ПГСХА, 2010. – С. 275.

3. Арефьев Н.Н. Влияние удобрений на газонные травостой различного сортового состава / Н.Н. Арефьев, Е.Г. Куликова // В сборнике: Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы Материалы XIII Международной научно-практической конференции. 2017. С. 8-10.

4. Коул, Энди Требования к футбольным полям конструкция, характеристики и обслуживание / Энди Коул, BSc Hons.- MBPR STRI LTD. – 68 с.

5. Куликова, Е.Г. Агроэкологическая оценка роли райграса пастбищного в фитоценозах различного назначения / Е.Г. Куликова, А.А. Галиуллин // Нива Поволжья. – 2018. – № 2(47). – С. 87–94.

6. Куликова Е.Г. Биодеструкция отходов производства вешенкой лимонношляпковой / Е.Г. Куликова // Материалы XI международной научной конференции «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК» / Брянск. Изд-во Брянской ГСХА, 2014.– С. 280–282.

7. Куликова Е.Г. Использование газонных трав голландской селекции в условиях Пензенской области / Е.Г. Куликова // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2006. – № 4. – С. 18.

8. Куликова Е.Г. Проблемы создания и устройства городских газонов / Е.Г. Куликова // Материалы международной научно-практической конференции

«Экологические проблемы субъектов экономики». – Пенза: Изд-во Пензенского ГТУ, 2015. – С. 166–170.

9. Лаптев А.А. Газоны / Лаптев А.А. – Киев: Наукова думка, 1983. – 243 с.

10. Пономарева Г.Е. Роль райграса пастбищного в газонных фитоценозах / Г.Е. Пономарева, Е.Г. Куликова // Материалы международной научно-практической конференции «Инновационные идеи молодых исследователей для АПК России». Том 1. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – С. 24–28.

11. Правила по уходу за газоном футбольного поля ООО «Гринпитч» <http://www.gr-com.ru>

12. Сигалов Б.Я. Долголетние газоны / Б.Я. Сигалов – М.: Наука, 1971.

13. Тюльдюков В.А. Газоноведение и озеленение населенных территорий / В.А. Тюльдюков, И.В. Кобозев, Н.В. Парахин; Под. Ред. В.А. Тюльдюкова. – М.: КолосС, 2002. – 264с.

14. Хессайон Д.Г. Все о газоне / Д.Г. Хессайон / пер. с англ. О.И.Романовой – М.: «Кладезь-букс», 2003, 125 с.

15. <https://tiu.ru/p276335054-mini-granulyatory-dlya.html>.

16. https://finance.rambler.ru/money/41011717/?utm_content=rfinance&utm_medium=read_more&utm_source=copylink.

17. <http://fb.ru/article/180278/othodyi-klassa-opasnosti-perechen-utilizatsiya>.

18. Шарков Т.А., Ефремова С.Ю. Управление экологической безопасностью в области снижения образования отходов производства // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2012. № 29. С. 405–407.

Статья поступила в редакцию 12.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018

УДК 005

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И КАЧЕСТВО ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ

© 2018

Разикова Наталья Игоревна, кандидат химических наук, доцент кафедры инноватики и интеллектуальной собственности Физико-технологического института
Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина
(620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, e-mail: n.i.razikova@urfu.ru)

Кочегарова Ксения Алексеевна, студентка бакалавриата направления «Социальная работа» кафедры инноватики и интеллектуальной собственности Физико-технологического института
Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина
(620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, e-mail: k.a.kochegarova@urfu.ru)

Патраков Эдуард Викторович, кандидат педагогических наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией кафедры инноватики и интеллектуальной собственности Физико-технологического института
Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина
(620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, e-mail: e.v.patrakov@urfu.ru)

Аннотация. В статье описано влияние различных видов энергетики на экологическую безопасность и опосредованно – на качество жизни населения. Также описаны негативные тенденции от деятельности предприятий т.н. традиционной энергетики (угольная, газовая, нефтяная отрасли промышленности). Основными тенденциями являются: загрязнение воздуха, почвы и водных ресурсов. Раскрыты преимущества и недостатки атомной энергетики во влиянии на жизнедеятельность общества. Представлен обзор исследований о проблеме отношения общества к атомной энергетике и сопоставлены результаты исследований современных ученых. Приведены причины неоднозначного отношения общества ко всему, что связано с ядерными технологиями. Также произведено сравнение экономических показателей разных видов энергии (традиционной, ядерной и альтернативной). Описаны индикаторы качества жизни, наиболее значимые для населения в условиях радиационных рисков.

Ключевые слова: атомная энергетика, экологическая ситуация, качество жизни населения, энергетическая безопасность.

ATOMIC ENERGY AND QUALITY OF POPULATION LIFE

© 2018

Razikova Natalia Igorevna, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Innovation and Intellectual Property of the Physico-Technological Institute
Ural Federal University of the first President of Russia B.N. Yeltsin
(620002, Russia, Yekaterinburg, Mira, 19, e-mail: n.i.razikova@urfu.ru)

Kochegarova Ksenia Alexeyevna, student of the bachelor's degree in the direction "Social Work" of the Department of Innovation and Intellectual Property of the Physico-Technological Institute
Ural Federal University of the first President of Russia B.N. Yeltsin
(620002, Russia, Yekaterinburg, Mira, 19, e-mail: k.a.kochegarova@urfu.ru)

Patakov Eduard Viktorovich, Candidate of Pedagogical Sciences, Head of the Research Laboratory of the Department of Innovation and Intellectual Property of the Physico-Technological Institute
Ural Federal University of the first President of Russia B.N. Yeltsin
(620002, Russia, Yekaterinburg, Mira, 19, e-mail: e.v.patrakov@urfu.ru)

Abstract. The article describes the influence of various types of energy on the ecology and on the quality life of the population. Also describes negative trends from the activities of traditional energy companies (coal, gas, oil industries). The main trends are: air pollution, soil pollution and pollution of water resources. Also in article it is written about influencing advantages and disadvantages of nuclear energy on the society. A review of the research on the problem of the attitude of society to nuclear energy is presented, and the results of studies of modern scientists are compared. The reasons for the ambiguous attitude of society to everything connected with nuclear technologies are given. Also, economic indicators of different types of energy (traditional, nuclear and alternative) were compared. Describes the indicators of the quality life, most relevant for population living in the nuclear – risks territory.

Keywords: nuclear power, ecological situation, quality life of the population, energy security.

Введение. На протяжении длительного времени экологических последствий, которые отмечены в внимание исследователей привлечено к вопросу безопасности энергетики в целом и атомной экологическое неблагополучие, источником энергетики в частности. Эта тема актуальна которого являются предприятия т.н. традиционной в связи с глобальным характером негативных энергетики (угольная, газовая, нефтяная отрасли

промышленности), исследователи отмечают следующие негативные тенденции.

Загрязнение воздуха. В составе дымовых уходящих газов топливосжигающих установок основными загрязнителями атмосферного воздуха являются оксиды углерода (до 50%), оксиды серы (до 20%), оксиды азота (до 8%), углеводороды (до 20%), сажа, оксиды и производные минеральных включений и примесей углеводородного топлива [1]. Вместе с уходящими выхлопными и отработавшими газами в атмосферу сбрасывается в виде горячих газов и паров воды около 60-80% всей полученной при сжигании углеводородного топлива теплоты, что приводит к тепловому загрязнению атмосферы [2].

Загрязнение почвы. Основными загрязнителями почв при использовании нефти и газа являются: жидкости (нефтяные углеводороды, минерализованные пластовые воды, химерагенты, буровые растворы) и газы (попутный и природный газ и продукты его сгорания). Химическое загрязнение почвы негативно влияет на ее физические, химические, ионообменные свойства и биологическую активность. Показатели изменения этих свойств почвы целесообразно использовать в качестве признаков ее деградации (ухудшается плодородие почвы, вымирают растения, и т.д.) [3]. По химическому составу в почве наблюдается пониженное рН до величин <4,5 мг/л, и повышенное содержание таких элементов как, кадмий (>0,001 мг/л), свинец (>0,03 мг/л), железо (>0,3 мг/л), марганец (>0,1 мг/л), и медь (>1,0 мг/л) [4].

Загрязнение водных ресурсов. В многих промышленных регионах России наблюдается загрязнение рек нефтепродуктами. Например, поверхностные воды Урала активно загрязняются нефтепродуктами. В результате, средний показатель загрязненности уральских речных вод намного превышает предельно допустимый уровень. Только в окрестностях Екатеринбурга ежегодно в реку сбрасывается около 150 тонн нефтепродуктов [5]. Наиболее загрязнённой рекой Свердловской области является река Исеть [1,7].

Неизбежным следствием перечисленных тенденций является плохое качество пищи. Одной из основных причин неизбежности содержания примесей вредных веществ в продуктах питания является загрязнение сельскохозяйственного сырья в результате промышленных выбросов [7]. Особую тревогу в этой связи вызывает проблема ухудшения здоровья детей и подростков, а также приобретённые уже с возраста новорожденности аллергии, астма и другие хронические заболевания [5,6].

На данном этапе развития промышленности возникает острая проблема негативного влияния экологической обстановки на здоровье не одной нации, а всего человечества. И в данном случае, чтобы избежать самого худшего сценария (экологического кризиса, экологической катастрофы, вымирание

живых организмов), необходимо развивать использование относительно новых видов энергии, которые несут меньший вред окружающей среде. Вопрос о необходимости снижения факторов загрязнения окружающей среды начали активно поднимать еще в конце прошлого века [8,9,10] и на протяжении всего времени ученые пытаются найти решение данного вопроса [11,12]. И одним из вариантов решения проблемы является развитие атомной энергетики, как наносящей относительно минимальный вред окружающей среде.

Задачи исследования. Наша задача заключается в анализе достоинств и недостатков атомной энергетики, в контексте качества жизни населения, а также в выделении наиболее важных индикаторов качества жизни, как инструментария, для выявления характера влияния атомной энергетики на качество жизни населения.

Результаты и обсуждение. В данной статье представлен анализ как современной, так и советской научной литературы, т.к. данная проблема не теряет свою актуальность уже несколько десятилетий. К советским ученым, которые занимались проблемой экологического кризиса можно отнести Кульпина Э.С., Жукову Э.Д., Бенина В.Л., а к современным – Гольцова В.А., Рыжову М.С., Сеникова А.Д., Слонич К.А., Рыбакову Д.А., Жеребцова А.А., Кузнецова Е.А., Апинина К.А., Лунина С.В. Анализ научных статей данных авторов был произведен при помощи качественного контент-анализа, результаты которого представлены ниже.

Достоинства и недостатки атомной энергетики. Говоря об экологических последствиях атомной энергетики, необходимо рассматривать их в двух аспектах: штатной работы атомных объектов и поставарийных периодов. Атомная энергетика не потребляет кислорода, не выбрасывает в атмосферу и водоемы вредных химических веществ, она существенно экономит расходование органического топлива, запасы которого достаточно ограничены. Экологически чистым районом Европы называют Францию, где выработка электроэнергии на атомных электростанциях (АЭС) превышает 70 % от общей выработки [2]. Учитывая, что на сегодня мощности возобновляемой энергетики недостаточно для обеспечения потребностей промышленного производства [13], необходимо признать целесообразным всё более широкое применение атомной энергии как альтернативной для большинства отраслей не только экономики. Так, например, медицина использует радиоактивные изотопы для постановки точного диагноза. Медицинские изотопы имеют малый период полураспада, и не представляет собой опасности, как для окружающих, так и для пациента. Еще одно применение ядерной энергии в медицине было открыто совсем недавно. Это позитронно-эмиссионная томография. С ее помощью можно обнаружить злокачественную опухоль на ранних

стадиях [14]. Использование ядерных излучений, не имеющих прямого отношения к медицинским исследованиям или к диагностике и лечению болезней, также обогащает медицину. Установлено, что микробы гибнут под влиянием облучения большими дозами гамма-лучей. Такое «холодное» обеззараживание предметов медицинского назначения – расходных материалов, некоторых лекарств и хирургических приборов – может оказаться весьма удобным, а в некоторых случаях единственно возможным. Заметим, что в настоящее время основным способом обеззараживания продолжает оставаться нагревание и пропаривание под давлением. Но намечаются и новые пути. Очевидно, недалеко время, когда стерилизовать будет не пар, а атомная энергия. Перспективными направлениями применения атомной энергетики являются также опреснение соленых вод; решение задач селекции и помощь в борьбе с вредителями; повышение чувствительности химических реагентов, используемых для производства удобрений.

Несмотря на наличие данных, убедительно доказывающих несомненную пользу ядерных технологий, в государстве и обществе существует неоднозначное отношение ко всему, что с ними связано. Негативный полюс отношения обусловлен вполне объективными причинами в России (авариями на ФГУП ПО «Маяк» и Чернобыльской АЭС), в США и в Японии и является результатом гипертрофированных, непрофессиональных оценок их последствий и политизации всей проблемы. Объективные научные оценки последствий Чернобыльской катастрофы показывают, что на современном этапе поставарийного периода, то есть, спустя 30 лет после аварии, наибольшую опасность для внешнего облучения всё ещё представляют цезий-137 (период полураспада 30 лет), его наибольшая концентрация наблюдается в поверхностном слое почвы, и стронций-90 (период полураспада 29,1 года). Легкоплавкий и летучий, радионуклид цезий-137 распространился на большие расстояния [15]. Но на формирование доз внутреннего облучения людей влияет ещё тип почвы. Высок коэффициент перехода этих изотопов в продукты сельскохозяйственного производства в лёгких почвах (легкосуглинистых и дерновоподзолистых песчаных). А в тяжёлых глинистых и чернозёмных – низок. Указанные изотопы характеризуются длительной миграцией между компонентами экосистем и пищевыми цепочками. Долгоживущие изотопы, такие как плутоний-239 (период полураспада 24110 лет) и америций-241 (период полураспада 432 года), присутствуют в почве в незначительных количествах. Безусловно, отдалённые последствия такой масштабной радиационной катастрофы влияют на жизнь продолжительностью в целое поколение (70-80 лет), при этом почти 5% коллективной дозы

приходится на тех, кто родился уже после аварии. Однако, понимание механизмов влияния радиации на биологические процессы, протекающие в экосистемах, частью которых является человек, помогает в существенной мере обезопасить себя от влияния опасных факторов [16]. Большое значения для сохранения здоровья населения имеет также и наличие или отсутствие радиофобии. Мнения исследователей по вопросу динамики развития радиофобии существенно разнятся. Так в работе Заворотного А.Г. указывается, что во всех странах мира подавляющее большинство населения испытывает радиофобию, преувеличивая опасное воздействие радиации. При этом исследователь отмечает, что это характерно даже для образованных людей [17]. В то же время, по данным ВЦИОМ, опасения по поводу радиоактивных загрязнений в апреле 2016 г. (6% опрошенных) оказалась значительно ниже, чем 26 лет назад (30 % опрошенных) [18]. Подробный обзор противоречивых мнений россиян по вопросу об отношении к атомной энергетике в целом и её развитию в частности приведён в коллективной монографии под редакцией Михайленко Е.Б. [19]. Там же приведены результаты исследования, показывающие, что для населения современной России, в целом, вопросы ядерной энергетики не являются важными. Авторы подчёркивают, что население не обеспокоено даже в том случае, когда ядерные объекты расположены неподалеку. Эти выводы более оптимистичны по сравнению с выводами исследования самочувствия населения на территориях радиационного риска Урала, опубликованных в 2011 и 2014 и 2018 [20, 21, 22], в которых отмечается, что около половины населения обеспокоены радиационной обстановкой и вероятностью повторения катастроф. По-видимому, формирование субъективного мнения в существенной мере зависит: от степени радиационного поражения самого респондента и его близких, от временной удалённости событий и формирования эффекта привыкания к проживанию на радиационно-загрязнённых территориях, от образованности человека, его мировоззрения и многих других факторов, в числе которых немаловажную роль играют правовые. Среди них – отсутствие федерального закона о предоставлении компенсации за причинение вреда здоровью по причине поражения не только короткоживущими, но и долгоживущими изотопами; а также снятие с рассмотрения в парламенте проекта Федерального закона «О гражданско-правовой ответственности за причинение ядерного вреда и ее финансовом обеспечении».

На наш взгляд, позитивными тенденциями последних лет являются: систематизация информации и организация просветительской работы с населением по вопросам радиационной безопасности в регионах реализации мероприятий ФЦП «Обеспечение ядерной и радиационной

безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2030 года; реализация политики социальной ответственности промышленных предприятий [23, 24,]. Интересен также опыт Госкорпорации Росатом по привлечению молодежи к информационной работе в интересах атомной энергетики [25].

Становится явным то, что с помощью атомной энергетики можно влиять на качество жизни населения. Развивая атомную промышленность, как в чистом виде, так и использование ее в других сферах жизнедеятельности (медицине, легкой промышленности), становится реальным снижение темпов ухудшения экологической ситуации, а значит и повышение качества жизни населения (улучшение условий окружающей среды, повышение качества медицинских услуг), что ведет к здоровьесбережению, повышению продолжительности жизни, снижению количества различных забо-

леваний.

Подводя итог вышесказанному, можно заключить, что существуют как субъективные, так и объективные оценки последствий деятельности энергетической отрасли. Субъективные – не однозначны, однако, в последнее время наметилась тенденция к снижению радиофобии у населения России. Объективные данные убедительно доказывают, что наименьшие негативные последствия имеет атомная энергетика, безусловно, при обеспечении штатных режимов работы атомных объектов. Сравнительный анализ использования в экономике различных видов энергии представлен в таблице 1. Необходимо отметить, что, несмотря на перспективы использования альтернативных видов энергии (ветра, солнца и воды), они не способны в настоящее время удовлетворить потребности в энергии промышленной и бытовой сферах.

Таблица 1 – Сравнительная таблица экономических показателей разных видов энергии

Показатели	Традиционные виды энергии (уголь, газ, нефть) – ТЭ		Атомная энергия – АЭ		Альтернативные виды энергии (энергия солнца, ветра)	
	преимущества	недостатки	преимущества	недостатки	преимущества	недостатки
Затраты на выработку электроэнергии		Дороговизна (до 145 долл./МВт.ч) Зависимость себестоимости от удорожания от природных ресурсов	Относительная дешевизна (95 долл./МВт.ч) Слабая зависимость себестоимости от стоимости природных ресурсов		Слабая зависимость себестоимости от стоимости природных ресурсов	Дороговизна (до 240 долл./МВт.ч.)
Дополнительные расходы		Необходимость постоянного усовершенствования ТЭС увеличивает затраты в 2-3 раза		Возрастание затрат на дополнительные меры безопасности АЭС	Отсутствие дополнительных расходов	
Энергоемкость	Способность удовлетворить потребности в энергии в экономике и бытовой сфере	Исчерпаемые источники энергии	Способность удовлетворить потребности в энергии в экономике и бытовой сфере	Использование исчерпаемых источников, но с перспективными разработками по созданию атомной энергетики замкнутого цикла	Использование неисчерпаемых источников энергии	Неспособность удовлетворить потребности в энергии в экономике и бытовой сфере

Исследователи утверждают, что современная атомная энергетика с реакторами на тепловых нейтронах использует только около 3% доступного природного урана и при этом может работать около ста лет. Если будет достигнуто 60%-ное использование урана, ресурс увеличится в 20 раз, то есть до двух тысяч лет [15]! А это означает, что в перспективе можно создавать принципиально новые энергоёмкие технологии и ещё в большей степени развивать энергосбережение, что и предусматривают основные положения Концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 года [26]. Развитие атомной энергетики

неизбежно, но в современных условиях активное внедрение в нашу жизнь ядерных технологий может побудить социальные волнения и социальную нестабильность общества. Поэтому столь же неизбежной должна быть забота о безопасной жизни населения. Увеличение масштабов грамотного, безаварийного использования атомной энергетики снизит негативное влияние неблагоприятной экологической обстановки на человека и природу, а, значит, повысится уровень удовлетворения витальных потребностей населения и качество жизни в целом.

При обобщении показателей качества жизни

населения в условиях развития атомной энергетики нами были выделены основные индикаторы качества жизни, представленные в таблице 2.

За основу была взята структура качества жизни [27, 28]: объективные показатели и субъективная оценка. При объективном подходе качество жизни определяют через параметры объективных условий

и процессов жизнедеятельности населения, а при субъективном подходе качества жизни определяют на основе социологических опросов. Индикаторы были описаны для исследования качества жизни населения, проживающего на территории с повышенным радиационным фоном.

Таблица 2 – Основные индикаторы качества жизни населения, актуальных при рассмотрении перспектив развития атомной энергетики

Индикаторы качества жизни	Содержание индикатора	Назначение индикатора
Уровень жизни	Структура расходов и цен по потреблению электро- и теплоэнергии, затрат населения на компенсацию вреда здоровью нынешнего и будущих поколений	Расчет цен на электро- и теплоэнергию при источнике газа, нефти и угля, и при использовании атомов, разработка методики оценки вреда здоровью от воздействия долгоживущих изотопов
Экологическое состояние жизненной среды	Загрязнение воздуха, поверхностных и подземных вод, почвы и как следствие снижение уровня безопасности продуктов питания	Обзор количественных и качественных показателей нанесенного ущерба природе и сельскохозяйственной продукции
Состояние здоровья	Средняя продолжительность жизни, доля здорового населения, количество обращений в больницу на 1000 жителей, доступность здравоохранения	Выявление уровня здоровья населения
Личная безопасность	Расчет вероятностей аварий на каждой АЭС, выбросов всех допустимого нормы, неправильного захоронения ядерных отходов; выявление отношения людей к атомной энергетике	Угроза от потенциальных негативных факторов от АЭС
Демографическая ситуация	Численность населения по половозрастным группам, коэффициент естественного прироста, индекс старения населения, сальдо миграции и т.д.	Выявление численности группы риска (инвалиды, беременные, дети, люди с хроническими заболеваниями)

Отдельным вопросом в этом ряду стоит проблема энергетической безопасности, которая является не столько атрибутом самой энергетики, сколько всей экономики, общества, государства в целом. Можно утверждать, что энергетическая безопасность – это преимущественно эколого-экономическая и политическая категория, однако для перспективного развития атомной энергетики, а также строительства и успешного безаварийного функционирования ее новых объектов немаловажным является осознание населением энергетической безопасности и принятие атомной энергетики, как фактора повышения качества жизни населения.

Заключение. Для комплексного исследования субъективных и объективных компонентов качества жизни населения в условиях повышенного радиационного риска, необходимо совершенствование уже существующих методик проведения исследования качества жизни населения [29].

Разработка количественного выражения содержания индикаторов – актуальная задача современных прикладных наук, которая должна быть решена в процессе междисциплинарного взаимодействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Рыбакова Д.А., Романченко В.С. Регионы России: влияние различных факторов на здоровье населения // Вестник МИЭП. 2014. №4 (17). С. 41–53.

2. Дубровин Е., Дубровин И. Проблемы загрязнения атмосферы продуктами сгорания // Энергетика и промышленность России: Новые технологии № 14 (106) июль 2008.

3. Жеребцов А.А., Кузнецова Е.Л., Апинян К.А. Загрязнение почвы химическими соединениями и их очистка // Материалы VI Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» Режим доступа: http://www.scienceforum.ru/2014/458/1650 (дата обращения: 20.05.2018).

4. Лукин С.В. Содержание свинца, кадмия, ртути и мышьяка в агроландшафтах Белгородской области // Достижение науки и техники АПК, 2008, С. 39–41.

5. Доклад Правительства Свердловской области «Об экономической ситуации в Свердловской области в 2015 году» // Официальный сайт Правительства Свердловской области http://www-new.midural.ru/news/on_the_eve/document85105/18.

6. Гужавина Т.А., Ластовкина Д.А., Озерова О.Ю. Качество жизни в оценках населения региона // Проблемы развития территории. – 2016. – №2(82). – С. 98–111. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=25781388> (дата обращения: 22.05.2018).

7. Абакумова Ю.В. Вредные пищевые факторы // Практическая диетология. 2012. № 1 (5). URL: <http://praktik-dietolog.ru/article/24.html> (дата обращения: 18.06.2018).

УДК 504.06

ОЦЕНКА СЕЗОННОГО ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОДАХ

© 2018

Каргин Святослав Юрьевич, аспирант*Пензенский государственный технологический университет**(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: svyatoslavkargin@gmail.com)***Таранцева Клара Рустемовна**, доктор технических наук, профессор*Пензенский государственный технологический университет**(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: krtar2018@bk.ru)*

Аннотация. Проведена оценка сезонного изменения содержания нефтепродуктов в городских сточных водах в зависимости от объема сбрасываемых сточных вод и количества автотранспорта в городе. Для анализа были использованы данные территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Пензенской области, а также лабораторные данные очистных сооружений г. Пензы. В результате анализа еженедельных значений были получены среднегодовые показатели концентрации нефтепродуктов в сточных водах и визуализированы в виде графика. Выявлена устойчивая тенденция к росту нефтепродуктов в сточных водах при наблюдаемом снижении объема сброса сточных вод. Проанализирована среднемесячная температура воздуха двух весенних месяцев: март и апрель, в период 2007-2015 гг. Показано, что максимальное содержание нефтепродуктов в сточных водах, поступающих на очистные сооружения, наблюдается на протяжении ряда лет в весенний период, т.е. в период паводка. Также выявлено, что к увеличению содержания нефтепродуктов в сточных водах приводит увеличение количества автотранспорта в городе за исследуемый период. Даны рекомендации и предложены наиболее эффективные методы по уменьшению содержания нефтепродуктов в городских сточных водах.

Ключевые слова: нефтепродукты, сточные воды, загрязняющие вещества, автотранспорт, сезон, рекомендации.

ASSESSMENT OF SEASONAL CHANGES IN THE CONTENT OF PETROLEUM PRODUCTS IN URBAN WASTE

© 2018

Kargin Svyatoslav Yurievich, graduate student*Penza State Technological University**(440039, Russia, Penza, Baidukov Passage / Gagarin St., 1a / 11, e-mail: svyatoslavkargin@gmail.com)***Tarantseva Klara Rustemovna**, doctor of technical sciences, Professor*Penza State Technological University**(440039, Russia, Penza, Baidukov passage / Gagarin St., 1a / 11, e-mail: krtar2018@bk.ru)*

Abstract. An assessment of the seasonal change in the content of petroleum products in municipal wastewater was investigated, depending on the volume of discharged wastewater and the number of vehicles in the city. For the analysis, data were used from the territorial division of the Federal State Statistics Service in the Penza Region, as well as laboratory data from the wastewater treatment plant in Penza. As a result of analyzing the weekly values, the average annual concentration of oil products in the wastewater was obtained and visualized as a graph. Revealed a steady upward trend in the growth of petroleum products in wastewater with an observed decrease in the volume of wastewater discharge. The average monthly air temperature of the two spring months: March and April, in the period 2007-2015, is analyzed. It is shown that the maximum content of petroleum products in wastewater entering the treatment plant is observed over a number of years in the spring, i.e. during the flood period. It was also found that an increase in the content of petroleum products in wastewater is caused by an increase in the number of vehicles in the city during the study period. Recommendations are made and the most effective methods for reducing the content of petroleum products in urban wastewater are proposed.

Keywords: oil products, wastewater, pollutants, vehicles, season, recommendations.

Введение. Удаление нефтепродуктов из сточных вод является важной задачей, обеспечивающей нормальное функционирование жизнедеятельности современного человека. Содержание нефтепродуктов в сточных водах современных городов зависит от многих причин, в том числе от работы коммунальных служб, занимающихся уборкой снега и очисткой сточных вод.

Цель работы. Целью проводимой работы является анализ количественной оценки загрязнения

сбрасываемых сточных вод для выявления основных факторов загрязнения среды, их анализа и поиска эффективных путей ликвидации источников загрязнения.

Методы и материалы. Для получения качественной и количественной оценки загрязнения городских сточных вод нефтепродуктами был проведён анализ о концентрации среднемесячных, среднеквартальных и среднегодовых значениях проб нефтепродуктов в сточных водах, поступающих

на 1 и 2 очереди очистных сооружений г. Пензы и области в период с 2007 по 2015 годы [1]. Эти очистные сооружения однотипны, автономны и территориально разделены [7].

В таблице представлены, соответственно, общий объем и доля загрязнённых сточных вод, поступивших на 1 и 2 очереди очистных сооружений (таблица 1).

Таблица 1 – Общий объем и доля загрязнённых сточных вод, поступивших на I и II очереди очистных сооружений г. Пензы и области

Год	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Объем, млн м ³	256.29	266.1	258.49	236.43	243.4	216.89	196.82	188.68	169.39
%	49.89	46.76	45.01	46.56	44.45	48.49	51.06	50.56	54.32

Из приведённых данных видно, что общий объем сточных вод, поступивших на очистные сооружения города за исследуемый период, снизился примерно на 34%, однако доля загрязнённых сточных вод увеличилась.

Результаты. Анализ содержания нефтепродуктов в сточных водах показал, что концентрация их также увеличилась за исследуемый период (рисунок 1).

Тенденция к росту выше на второй очереди очистных сооружений, что связано, прежде всего, с большей урбанизацией территории, с которой на

нее поступают сточные воды [14-20].

При дальнейшем анализе были рассмотрены среднеквартальные значения проб нефтепродуктов в сточных водах, поступающих на 1 и 2 очереди за 2007 – 2015 годы.

Выявлено, что пиковые значения концентрации нефтепродуктов в сточных водах приходится на конец первого и начало второго кварталов 2007-2015 гг., т.е. на весенний период, когда среднемесячная температура достигает положительных значений (таблица 2).

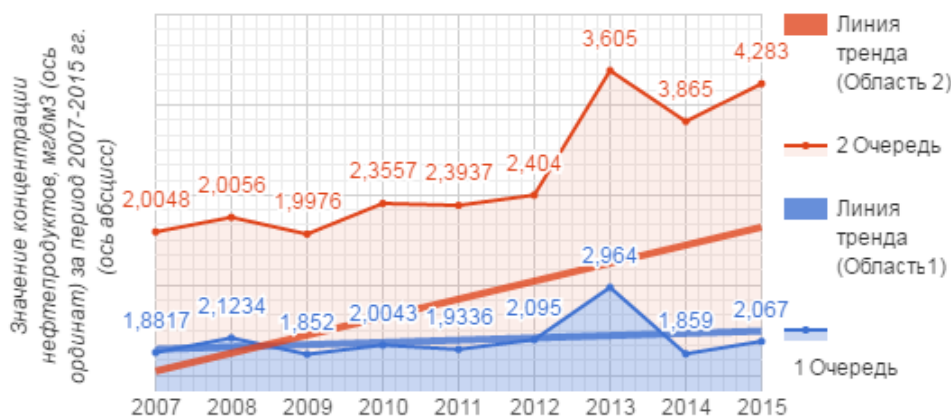


Рисунок 1 – Среднегодовая концентрация нефтепродуктов в пробах сточных вод поступивших на очистные сооружения Пензы

Таблица 2 – Среднемесячная температура воздуха, °С

Год	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Март	2	1	2	-3	-5	-4	-6	-2	-3
Апрель	10	5	5	8	6	13	8	6	6

Именно в этот период установилась плюсовая температура в течение суток, что привело к интенсивному таянию снега и попаданию накопившихся в нем за осенне-зимний период нефтепродуктов в сточные воды. В летний и зимний периоды содержание нефтепродуктов в сточных водах существенно ниже, тем не менее, в исследуемый период 2007-2015 гг. наблюдается общее увеличение концентрации нефтепродуктов в сточных водах.

Выводы. Общее увеличение концентрации

нефтепродуктов позволяет сделать вывод, что не только сезонные колебания температуры оказывают влияние на содержание нефтепродуктов в сточных водах, но и постоянно увеличивающееся количество выбросов от стационарных и передвижных источников [9,11].

С 2007 по 2015 годы в Пензе количество сброшенных от стационарных источников углеводородов без летучих соединений составило 98,72 тысяч тонн [2,11], количество автотранспорта увеличилось в 2,5 раза [8,10,12].

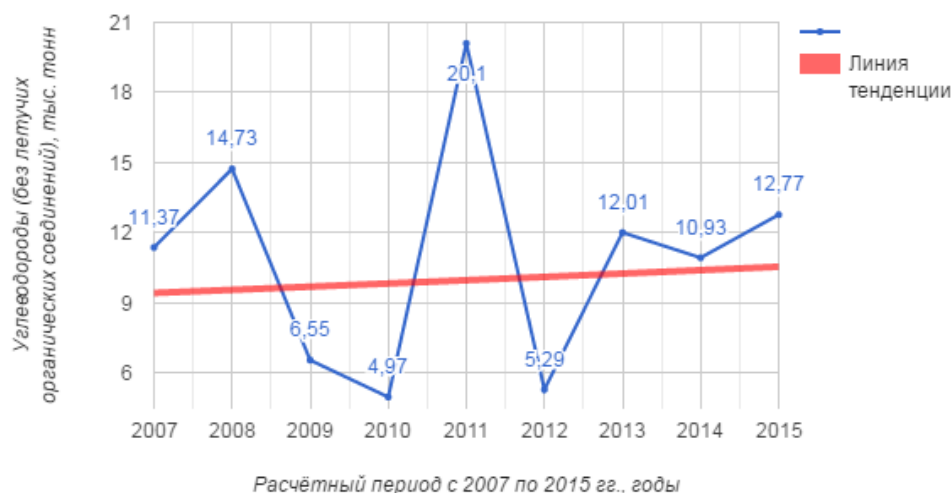


Рисунок 2 – Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников

В связи с этим необходима разработка стратегии на уровне города и муниципалитета по снижению нагрузки на окружающую среду [3,4,14,15]. Одной из таких мер по снижению вредного воздействия автотранспорта является повышение экологических характеристик топлива и масел [18,19,20], используемых при эксплуатации автомобилей [13]. Другая действенная мера – наращивание мощностей и усовершенствование работы снегоплавильных станций, что позволит снизить нагрузку на окружающую среду [16,17].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Официальная статистика территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Пензенской области [Электронный ресурс] http://pnz.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/pnz/resources/832d8c804f1d25969d6a9d149d0ea7d8/2tpvodhoz2.xls.
2. Созинова Т. В., Носова Е. В., Шишелова Т.Н., Носов А. В. Методы по снижению воздействия автотранспорта на окружающую среду // *Фундаментальные исследования*. 2005. №1. С.56–57; [Электронный ресурс] <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=5636> (дата обращения: 13.10.2016).
3. Таранцева К.Р., Красная Е.Г., Коростелева А.В., Лебедев Е.Л. Анализ техногенного воздействия промышленных предприятий г. Пензы на гидросферу // *Экология и промышленность России*. 2010. № 12. С. 40–45.
4. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пензенской области / Официальная статистика/ Окружающая среда / Динамические таблицы [Электронный ресурс] http://pnz.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/pnz/resources/2816a9804f1d26fe9daf9d149d0ea7d8/2tpvodhoz1.xls
5. Фелленберг Г. Загрязнение природной сре-

ды. М.: Мир. 1997. 232 с.

6. Новосад Е. В. Загрязнение Волги в период становления нефтяной промышленности в России - Вопросы истории естествознания и техники / Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН (Москва); 13940. Москва: Наука, 2006. С. 61–72.

7. Таранцева К. Р., Мызников А. О., Логвина О. А., Марынова М. А. Моделирование состава сточных вод, поступающих на очистные сооружения // *Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского*. 2011. №26. С. 677–681.

8. Сулова А.Н., Таранцева К.Р. Комплексная оценка загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом города Пензы // *Инновационные пути решения актуальных проблем природопользования и защиты окружающей среды: сб. докл. Международной науч.-техн. Конф.* Белгород. 2018. С. 128–133.

9. Мирзоева Ф.М., Шекихачева З.З. Проблемы экологической обстановки на автомобильном транспорте в Российской Федерации // *Фундаментальные исследования*. 2014. №11–12. С. 2665–2668.

10. Шумилин А.Д., Вершинин Н. Н., Авдонина Л.А. Мониторинг и прогнозирование влияния автомобильного транспорта на воздушный бассейн города Пенза // *Надёжность и качество сложных систем*. 2016. №2(14). С. 97–103.

11. Симакова Н.А. Региональные особенности транспорта Пензенской области в составе транспортного комплекса Приволжского федерального округа // *Известия ППГУ им. В.Г. Белинского*. 2009. № 14 (18). С.118–122.

12. Проект администрации города Пенза: Об утверждении программы комплексного развития транспортной инфраструктуры муниципального образования города Пензы на 2017–2026 годы; Разработчик проекта – управление экономического раз-

вительства администрации г. Пензы, 2017 г.

13. Таранцева К.Р., Ветошкин А.Г. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы). Москва, 2015, 362 с.

14. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды. Учебник. Москва, 2016.

15. Кукин П.П., Пономарев Н.Л., Таранцева К.Р. Основы токсикологии. Учебное пособие. Москва, 2012.

16. Tarantseva K.R., Tarantsev K.V. Influence of electric field frequency on the process of destruction of water-oil emulsions in electric dehydrators // Chemical and Petroleum Engineering. 2017. Т. 53. № 7–8. С. 515–518.

17. Таранцева К.Р., Фирсова Н.В., Марынова М.А. Биотестирование, как инструмент принятия экологически обоснованных технологических решений // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2011. № 25. С. 596–600.

18. Tarantseva K.R., Rasstegaev A.N. Investigation of the non-oxidative pyrolysis of formaldehyde-containing wastes // Chemical and Petroleum Engineering. 2016. Т. 52. № 7–8. С. 496–501.

19. Tarantseva K.R., Rasstegaev A.N. Research of regularities of medium-temperature nonoxidizing pyrolysis of oily waste // Chemical and petroleum engineering. 2017. т. 52. № 9–10. С. 630–635.

20. Vetoshkin A.G., Tarantseva K.R. Evaluating technical safety // Chemical and petroleum engineering. 2003. Т. 39. № 1–2. С. 51–54.

Статья поступила в редакцию 16.10.2018

Статья принята к публикации 26.11.2018