

vek21.penzgtu.ru

18+

ISSN 2221-951X

XXI век : ИТОГИ ПРОШЛОГО И ПРОБЛЕМЫ НАСТОЯЩЕГО

пнчос



2021
№ 1(53) Т. 10



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:

Авrorов Валерий Александрович, доктор технических наук, доцент
Ефремова Сания Юнусовна, доктор биологических наук, профессор
Мотовилов Олег Константинович, доктор технических наук, доцент
Пашенко Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, профессор
Политаева Наталья Анатольевна, доктор технических наук, профессор
Чулков Валерий Александрович, доктор технических наук, доцент

Редакционная коллегия:

Акинин Николай Иванович, доктор технических наук, профессор
Андреев Юрий Александрович, доктор технических наук
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
Голуб Ольга Валентиновна, доктор технических наук, профессор
Громов Юрий Юрьевич, доктор технических наук, профессор
Давыденко Наталия Ивановна, доктор технических наук, доцент
Дмитриев Михаил Сергеевич, доктор технических наук, доцент
Зинкин Сергей Александрович, доктор технических наук, доцент
Квятковская Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор
Косников Юрий Николаевич, доктор технических наук, профессор
Кручинина Наталия Евгеньевна, доктор технических наук, профессор
Мамедова Тарана Аслан кызы, доктор технических наук, профессор
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
Рыбаков Анатолий Валерьевич, 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, доцент
Ципенко Антон Владимирович, доктор технических наук, доцент
Школьникова Марина Николаевна, доктор технических наук, доцент

Ответственный секретарь

Коростелева Анна Владимировна, кандидат технических наук

© ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», 2021

Основан в 2011 г.

18+

Том 10
№ 1 (53)
2021

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:
В.В. Зупарова

Технический редактор:
В.В. Зупарова

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 12.03.2021.
Выход в свет 22.03.2021.
Формат 60X84 1/8
Печать ризография.
Усл. печ. л. 23,2.
Тираж 100 экз. Заказ № 18.

Отпечатано в ПензГТУ,
440039, г. Пенза, проезд Байдукова/
ул. Гагарина, д. 1а/11, тел.: 8(8412) 20-86-39
Цена свободная

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, доцент, 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)

Мотовилов Олег Константинович, доктор технических наук, доцент, руководитель

(Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук,

Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, Россия)

Пашенко Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, профессор, ректор

(Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия)

Политаева Наталья Анатольевна, доктор технических наук, профессор,

профессор Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства

(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:

Акинин Николай Иванович, доктор технических наук, профессор,

заведующий кафедрой «Техносферная безопасность»

(Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия)

Андреев Юрий Александрович, доктор технических наук,

профессор кафедры «Пожарная безопасность» (Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, 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, доцент,

профессор кафедры «Технический сервис машин, оборудования 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 «Экология»

(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)

Голуб Ольга Валентиновна, доктор технических наук, профессор,

профессор кафедры товароведения и экспертизы товаров

(Сибирский университет потребительской кооперации, г. Новосибирск, Россия)

Громов Юрий Юрьевич, доктор технических наук, профессор,

декан факультета «Информационные технологии»

(Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия)

Давыденко Наталия Ивановна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технология и

организация общественного питания», начальник отдела подготовки научных кадров

(Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия)

Дмитриев Михаил Сергеевич, доктор технических наук, доцент,

профессор кафедры автомобильного транспорта, информационных технологий и методики обучения техническим дисциплинам

(Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет)

Зинкин Сергей Александрович, доктор технических наук, доцент,

профессор кафедры «Вычислительная техника»

(Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия)

Квятковская Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор,
директор института информационных технологий и коммуникаций
(Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия)

Косников Юрий Николаевич, доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Информационно-вычислительные системы»
(Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия)

Кручинина Наталия Евгеньевна, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Промышленная экология»
(Российский государственный химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
г. Москва, Россия)

Мамедова Тарана Аслан кызы, доктор технических наук, профессор, 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. Миллионищикова, 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)

Рыбаков Анатолий Валерьевич, доктор технических наук, профессор, начальник лаборатории
информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС
(Академия гражданской защиты МЧС России, г. Москва, 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 государственный технический университет, г. Калининград, Россия)

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

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

Школьникова Марина Николаевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры биотехнологии
(Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Бийск, Россия)

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

АЛГОРИТМ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ФОРМАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СЕМАНТИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ Баранчиков Алексей Иванович, Яковлев Иван Игоревич.....	10
РАЗРАБОТКА СПОСОБА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ТЕРРИТОРИЯМИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ТЕКСТОВ Пилецкий Борис Михайлович, Вицентий Александр Владимирович.....	15
МЕТОД ПОИСКА ЭФФЕКТИВНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ИЗ МНОЖЕСТВА ИСТОЧНИКОВ Блинов Сергей Евгеньевич, Мартышкин Алексей Иванович, Маркин Евгений Игоревич.....	21
ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ВЫПОЛНИМОСТИ УСЛОВИЙ ГАУССА-МАРКОВА ПРИ ПОСТРОЕНИИ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ С ПОМОЩЬЮ ЯЗЫКА R Черемухин Артем Дмитриевич, Шамин Алексей Анатольевич.....	26
О ПРАКТИЧЕСКИХ АСПЕКТАХ СОЗДАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЫ СОВМЕСТНО С РАСПРЕДЕЛЁННЫМ ПРОГРАММНЫМ БРОКЕРОМ СООБЩЕНИЙ <i>APACHE KAFKA</i> Тамбовцев Антон Юрьевич, Смольянов Андрей Григорьевич.....	31
РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ВЫЯВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ Шевелева Ольга Евгеньевна, Бугров Алексей Николаевич.....	35
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗА В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ Павличева Елена Николаевна, Сосенушкин Сергей Евгеньевич, Куприяненко Ирина Александровна.....	40
МОНИТОРИНГ РЕЙТИНГА ИГРОКОВ И КОМАНД ТОП-УРОВНЯ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ ТАКТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ Краев Максим Викторович, Полозов Андрей Анатольевич, Соколовская Лариса Владимировна.....	45
ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ РЕАЛИЗАЦИИ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ВИРТУАЛИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ Терешкин Дмитрий Олегович, Мартышкин Алексей Иванович, Данилов Евгений Александрович.....	51
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ Грачев Михаил Иванович, Бурлов Вячеслав Георгиевич, Чудаков Олег Евгеньевич, Примакин Алексей Иванович.....	57
ВЫБОР КОНЦЕПЦИИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПИСАНИЯ КЕРНА ГОРНЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ ЭМЕРДЖЕНТНЫХ СВОЙСТВ СИСТЕМ Николаев Михаил Юрьевич, Фортен Клеман, Барабощкин Евгений Евгеньевич, Коротеев Дмитрий Анатольевич.....	63
СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА РЕМОНТНЫХ РАБОТ В ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОМ УЧРЕЖДЕНИИ Семин Антон Евгеньевич, Сидорова Маргарита Александровна.....	69
ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД КОНЦЕПТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СОВМЕСТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ Костров Борис Васильевич, Ручкин Владимир Николаевич, Солдатов Григорий Александрович, Григоренко Дмитрий Владимирович.....	75

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ТРЕНЕРОВ ФУТБОЛЬНЫХ КОМАНД ТОП-УРОВНЯ В РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ИТ-АНАЛИТИКИ Краев Максим Викторович.....	82
ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО АСИНХРОННОГО ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКА ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА МАЛОЙ РАЗРЯДНОСТИ Раздобудов Сергей Александрович, Мартышкин Алексей Иванович, Данилов Евгений Александрович.....	89
ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ С УЧЕТОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ Одиноченкова Наталья Викторовна.....	94
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ КЛИЕНТОВ Аксентьев Андрей Александрович.....	98
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ	
ХЛЕБОБУЛОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ НА РЖАНОЙ ЗАКВАСКЕ С ЧЕРЕМУХОВОЙ МУКОЙ Бочкарева Зенфира Альбертовна, Пчелинцева Ольга Николаевна.....	104
ПОЛИФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И АНТИОКСИДАНТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА Праскова Юлия Александровна, Фролова Нина Анатольевна, Шкрабтак Наталья Викторовна, Степакова Наталья Николаевна.....	108
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МУЧНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ДЛЯ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ Фединишина Екатерина Юрьевна, Елисеева Светлана Анатольевна.....	113
ВЫЖИМКИ ЯГОДНОГО СЫРЬЯ КАК ИСТОЧНИК АНТОЦИАНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ Школьникова Марина Николаевна, Аверьянова Елена Витальевна.....	117
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ЖИТЕЛЕЙ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ В ОТНОШЕНИИ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ Фролова Нина Анатольевна.....	122
ИДЕНТИФИКАЦИЯ CO₂-ЭКСТРАКТА <i>SYZYGIUM AROMATICUM L.</i> МЕТОДОМ ВЭЖХ-МС/МС Каленик Татьяна Кузьминична, Сенотрусова Тамара Алексеевна, Моткина Елена Викторовна, Дарвиш Фади, Разгонова Майя Петровна.....	126
ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКА ИЗ ПЛОДОВ БОЯРЫШНИКА В УСЛОВИЯХ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ Гумаров Гали Сагингалиевич, Коновалов Владимир Викторович, Абуова Алтынай Бурхатовна, Сагингалиева Аяжан Галиевна.....	132
ПЕСОЧНЫЙ ПОЛУФАБРИКАТ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ Шабурова Галина Васильевна, Лукина Дарья Евгеньевна.....	140
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНВЕРСИИ КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЕРМЕНТА МИКРОБНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ Брашко Иван Сергеевич, Третьякова Ирина Николаевна, Тихонов Сергей Леонидович, Тихонова Наталья Валерьевна, Мотовилов Олег Константинович.....	146
УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ЗА СЧЕТ ДОБАВЛЕНИЯ ЖМЫХА РАПСА И ПОРОШКА БОЯРЫШНИКА Абуова Алтынай Бурхатовна, Сагингалиева Аяжан Галиевна, Серикбаева Балнур Асылхановна.....	151

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОИ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОЙ ЗАКВАСКИ В ТЕХНОЛОГИИ ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА Коняева Виктория Михайловна, Яковченко Наталья Владимировна, Федорова Рита Александровна.....	156
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕКАРСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ АНТИОКСИДАНТНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ НА ХРАНИМОСПОСОБНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА Тимакова Роза Темерьяновна.....	161
ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОФЛОРЫ ЗАПЕЧЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЯСА ИНДЕЙКИ Моисеева Наталья Сергеевна, Голуб Ольга Валентиновна, Чекрыга Галина Петровна.....	165
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУКИ ИЗ СЕМЯН НУТА В ТЕХНОЛОГИИ ПШЕНИЧНОГО БАТОНА Зуева Елена Александровна, Слугинова Наталья Ивановна, Варламова Елена Николаевна, Погосян Давид Гарегинович	170
<i>БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА</i>	
ИНТЕГРАЦИЯ ВИМ-ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ТРАВМАТИЗМА Нам Галина Евгеньевна.....	174
АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ СТОЧНЫХ ВОД АЗС Полянскова Екатерина Александровна, Парфенова Екатерина Анатольевна, Бодров Алексей Владимирович, Фаюстова Юлия Анатольевна, Красная Елена Геннадьевна.....	180
РАЗРАБОТКА ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ОПОСРЕДОВАННОЙ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА Перятинский Алексей Юрьевич, Свиридова Татьяна Валерьевна, Ильина Оксана Юрьевна.....	185
АНАЛИЗ ПРИЧИН ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В ОАО «РЖД» Тесленко Ирина Михайловна, Скоблецкая Оксана Васильевна, Рапопорт Инна Владимировна, Куленко Елена Александровна.....	191
ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ВОЛОНТЕРОВ-СПАСАТЕЛЕЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ Фролова Нина Анатольевна.....	195
БЫСТРЫЙ МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИАЦИОННЫХ КАРТ ПУТЕМ ИНТЕРПОЛЯЦИИ В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ Юданов Петр Максимович.....	199
ИЗУЧЕНИЕ ПРИЧИН НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОТИВАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА Старостина Наталья Николаевна, Свиридова Татьяна Валерьевна.....	203
ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ СТОЧНЫХ ВОД ПО СОДЕРЖАНИЮ РАСТВОРЕННОГО ЖЕЛЕЗА Фаюстова Юлия Анатольевна, Полянскова Екатерина Александровна, Парфенова Екатерина Анатольевна, Коростелева Анна Владимировна.....	209

CONTENT**INFORMATION SCIENCE, COMPUTING DEVICES AND CONTROLLING**

ALGORITHM FOR COMPARATIVE ANALYSIS OF FORMAL MODELS OF RELATIONAL DATABASES FOR IDENTIFYING SEMANTIC CONTRADICTIONS Baranchikov Aleksey Ivanovich, Yakovlev Ivan Igorevich.....	10
DEVELOPMENT OF A METHOD FOR VISUALIZATION OF SPATIAL DATA TO SUPPORT DECISION-MAKING FOR TERRITORIES MANAGEMENT BASED ON TEXT ANALYSIS Piletskiy Boris Mikhailovich, Vicentiy Alexander Vladimirovich.....	15
METHOD FOR FINDING AN EFFECTIVE REPRESENTATION OF SOCIAL NETWORK OBJECTS BASED ON DATA FROM MULTIPLE SOURCES Blinov Sergey Evgenievich, Martyshkin Alexey Ivanovich, Markin Evgeniy Igorevich.....	21
SATISFACTION OF THE GAUSS-MARKOV CONDITIONS WHEN CONSTRUCTING A LINEAR REGRESSION USING <i>R</i> Cheremuhin Artem Dmitrievich, Shamin Aleksei Anatolievich.....	26
ON THE PRACTICAL ASPECTS OF CREATING MICROSERVICE ARCHITECTURE APPLICATIONS IN CONJUNCTION WITH THE <i>APACHE KAFKA</i> DISTRIBUTED SOFTWARE MESSAGE BROKER Tambovtsev Anton Yurievich, Smolyanov Andrey Grigorievich.....	31
DEVELOPMENT OF A FUNCTIONAL MODEL OF THE SYSTEM FOR INTELLIGENT DETECTION OF DIGITAL COMPETENCIES OF STUDENTS Sheveleva Olga Evgenievna, Bugrov Alexey Nikolaevich.....	35
THE TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE DIGITAL TRANSFORMATION EXPERIENCE OF UNIVERSITY EDUCATION DURING THE COVID-19 PANDEMIC Pavlicheva Elena Nikolaevna, Sosenushkin Sergey Evgenyevich, Kupriyanenko Irina Alexandrovna.....	40
THE RATING MONITORING OF TOP-LEVEL PLAYERS AND TEAMS FOR TACTICAL DECISION-MAKING Kraev Maxim Viktorovich, Polozov Andrey Anatolyevich, Sokolovskaya Larisa Vladimirovna.....	45
RESEARCH OF VARIOUS WAYS TO IMPLEMENT NETWORK INFRASTRUCTURE IN A VIRTUALIZED ENVIRONMENT Tereshkin Dmitry Olegovich, Martyshkin Alexey Ivanovich, Danilov Evgeny Alexandrovich.....	51
SIMULATION MODEL OF EDUCATIONAL MANAGEMENT ORGANIZATION OF HIGHER EDUCATION Grachev Mikhail Ivanovich, Burlov Vyacheslav Georgievich, Chudakov Oleg Evgenievich, Primakin Alexey Ivanovich.....	57
CONCEPT SELECTION OF AUTOMATED ROCK CORE DESCRIPTION SYSTEM BASED ON THE SYSTEMS EMERGENT PROPERTIES Nikolaev Mikhail Yurievich, Fortin Clement, Baraboshkin Evgeny Evgenievich, Koroteev Dmitry Anatolievich.....	63
SYSTEM STRUCTURE OF AUTOMATED REPAIR WORK ACCOUNTING IN MEDICAL INSTITUTION Syomin Anton Evgenyevich, Sidorova Margarita Alexandrovna.....	69
THEORETICAL-MULTIPLE APPROACH OF CONCEPTUAL MODELING OF THE JOINT DESIGN OF HARDWARE AND SOFTWARE Kostrov Boris Vasilievich, Ruchkin Vladimir Nikolaevich, Soldatov Grigory Alexandrovich, Grigorenko Dmitry Vladimirovich.....	75

COMPARISON OF DECISION SUPPORT METHODS FOR TOP-LEVEL FOOTBALL CO-MAND COACHES IN DIFFERENT IT ANALYTICS TECHNOLOGIES Kraev Maxim Viktorovich.....	82
SOFTWARE IMPLEMENTATION OF A UNIVERSAL ASYNCHRONOUS RECEIVER/TRANSMITTER FOR EMBEDDED SYSTEMS BASED ON A LOW-BIT MICROCONTROLLER Razdobudov Sergey Aleksandrovich, Martyshkin Alexey Ivanovich, Danilov Evgeny Alexandrovich.....	89
OPTIMIZATION OF INDUSTRIAL ENTERPRISE MANAGEMENT WITH THE USE OF INFORMATION SYSTEMS Odinochenkova Natalia Viktorovna.....	94
USING FUZZY LINGUISTICS TO DETERMINE CUSTOMER SATISFACTION LEVEL Aksentjev Andrey Alexandrovich.....	98
FOOD TECHNOLOGY	
BAKERY PRODUCTS ON RYE SOURDOUGH WITH BIRD-CHERRY FLOUR Bochkareva Zenfira Albertovna, Pchelinceva Olga Nikolaevna.....	104
POLYPHENOLIC COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT POTENTIAL OF VEGETABLE RAW MATERIALS OF THE FAR EAST Praskova Yulia Alexandrovna, Frolova Nina Anatolievna, Shkrabtak Natalya Viktorovna, Stepakova Natalya Nikolaevna.....	108
DESIGN OF FLOUR SEMI-FINISHED PRODUCTS TECHNOLOGY FOR HEALTH NUTRITION Fedinishnina Ekaterina Yuryevna, Eliseeva Svetlana Anatolevna.....	113
EXTRACTED BERRY RAW MATERIALS AS A SOURCE OF ANTHOCYANIC DYES Shkolnikova Marina Nikolaevna, Averyanova Elena Vitalyevna.....	117
RESEARCH OF CONSUMER PREFERENCES OF THE RESIDENTS OF THE AMUR REGION IN RELATION TO FUNCTIONAL PURPOSE CONFECTIONERY Frolova Nina Anatolievna.....	122
IDENTIFICATION OF CO₂ EXTRACT OF <i>SYZYGIUM AROMATICUM L.</i> USING HPLC-MS/MS METHOD Kalenik Tatiana Kuzminichna, Senotrusova Tamara Alekseevna, Motkina Elena Victorovna, Darwish Fadi, Razgonova Maya Petrovna.....	126
PRODUCTION OF POWDER FROM HAWTHORN FRUIT IN LOW-CAPACITY PROCESSING PLANTS Gumarov Gali Sagingalievich, Konovalov Vladimir Viktorovich, Abuova Altynai Burkhatovna, Sagingalieva Ayazhan Galievna.....	132
SANDED SEMI-FINISHED PRODUCT OF HIGHER NUTRITIONAL VALUE Shaburova Galina Vasilievna, Lukina Daria Evgenievna.....	140
BIOTECHNOLOGICAL METHOD OF CONVERSION OF COLLAGEN-CONTAINING RAW MATERIALS USING AN ENZYME OF MICROBIAL ORIGIN Brasco Ivan Sergeevich, Tretyakova Irina Nikolaevna, Tikhonov Sergey Leonidovich, Tikhonova Natalia Valerievna, Motovilov Oleg Konstantinovich.....	146
IMPROVING THE QUALITY OF FLOUR CONFECTIONERY PRODUCTS BY ADDING RAPESEED CAKE AND HAWTHORN POWDER Abuova Altynai Burkhatovna, Sagingalieva Ayazhan Galievna, Serikbayeva Balnur Asylkhanovna.....	151

USING SOY TO PREPARE A NUTRITIOUS SOURDOUGH IN WHEAT BREAD TECHNOLOGY Koniaeva Viktoriia Mikhailovna, Iakovchenko Natalia Vladimirovna, Fedorova Rita Alexandrovna.....	156
STUDY OF THE EFFECT OF MEDICINAL AND TECHNICAL RAW MATERIALS OF ANTIOXIDANT ORIENTATION ON THE STORAGE CAPACITY OF SUNFLOWER OIL Timakova Roza Temer'janovna.....	161
STUDY OF THE MICROFLORA OF BAKED TURKEY MEAT PRODUCTS Moiseeva Natalia Sergeevna, Golub Olga Valentinovna, Chekryga Galina Petrovna.....	165
THE USE OF FLOUR FROM SEEDS OF CHICKPEA IN WHEAT LOAF TECHNOLOGY Zueva Elena Aleksandrovna, Sluginova Natalia Ivanovna, Varlamova Elena Nikolaevna, Poghosyan David Gareginovich.....	170
<i>HUMAN ACTIVITY SAFERY</i>	
INTEGRATION OF BIM TECHNOLOGIES AND SAFETY MANAGEMENT IN CONSTRUCTION FOR MINIMIZING INJURY Nam Galina Evgenievna.....	174
THE SAFETY ANALYSIS OF GAS STATIONS WASTEWATER Polyanskova Ekaterina Aleksandrovna, Parfenova Ekaterina Anatolyevna, Bodrov Aleksey Vladimirovich, Fayustova Yulya Anatolyevna, Krasnaya Elena Gennadyevna.....	180
DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED INDICATOR OF PRODUCTION PROCESS QUALITY FOR A MEDIATED ASSESSMENT OF LABOR SAFETY Peryatinskiy Aleksey Yuryevich, Sviridova Tatyana Valeryevna, Ilina Oksana Yuryevna.....	185
ANALYSIS OF THE CAUSES OF OCCUPATIONAL INJURIES AT JSCo "RZD" Teslenko Irina Mikhayilovna, Skobletskaya Oksana Vasilyevna, Rapoport Inna Vladimirovna, Kulenko Elena Alkexandrovna.....	191
PSYCHOLOGICAL ASPECTS OF MANAGING THE ACTIVITIES OF VOLUNTEER RESCUERS IN RUSSIA EXTREME AND EMERGENCY SITUATIONS Frolova Nina Anatolievna.....	195
A FAST METHOD FOR SIMULATING RADIATION MAP BY INTERPOLATION IN A VIRTUAL ENVIRONMENT Yudanov Petr Maksimovich.....	199
STUDY OF THE CAUSES OF ACCIDENTS AND THE POSSIBILITY OF USING MOTIVATION TO IMPROVE OCCUPATIONAL SAFETY Starostina Natalia Nikolaevna, Sviridova Tatyana Valerievna.....	203
SAFETY ASSESSMENT OF WASTEWATER ON THE IRON CONTENT Fayustova Yulya Anatolyevna, Polyanskova Ekaterina Aleksandrovna, Parfenova Ekaterina Anatolyevna, Korosteleva Anna Vladimirovna.....	209

УДК 004.652.4

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0001

АЛГОРИТМ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ФОРМАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СЕМАНТИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ

© 2021

Баранчиков Алексей Иванович, доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры электронных вычислительных машин

Яковлев Иван Игоревич, аспирант

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина
(390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1, e-mails: alexib@inbox.ru, ivan.format@gmail.com)*

Аннотация. Рассматривается задача формального описания множеств функциональных зависимостей и использование его в разрабатываемых алгоритмах сравнительного анализа предметных областей. Целью работы является повышение качества работы аналитика за счет выделения участков формальных описаний, имеющих различия между собой. Алгоритм анализа помогает выделить участки взаимных несоответствий, вызванные возможными различиями в описаниях, составленных экспертом, с одной стороны и построенном на схеме реляционной базы данных с другой. Отдельное внимание уделяется взаимному несоответствию описаний, как потенциальному источнику ошибок. Актуальность исследования объясняется критической важностью механизмов оптимизации схем реляционных баз данных при реинжиниринге бизнес-процессов. Выходные данные работы алгоритма формируются путём создания заключения, позволяющего оценить полученные модели с точки зрения взаимного соответствия формальных описаний. Алгоритм сравнительного анализа формальных описаний предметных областей позволяет повысить качество работы аналитика за счет автоматизированного выявления ошибок при помощи выделения различающихся участков, локализовать возможные ошибки, сделать предположения о возможных причинах расхождений, обратить внимание системного аналитика на функциональные зависимости, не нашедшие взаимного соответствия.

Ключевые слова: база данных, реляционная модель, реляционная база данных, формальное описание, предметная область, функциональная зависимость, атрибут, сущность, экспертная оценка, сравнительный анализ, реинжиниринг.

ALGORITHM FOR COMPARATIVE ANALYSIS OF FORMAL MODELS OF RELATIONAL DATABASES FOR IDENTIFYING SEMANTIC CONTRADICTIONS

© 2021

Baranchikov Aleksey Ivanovich, doctor of Technical Sciences, associate Professor,
professor of the Department of Electronic Computing Machines

Yakovlev Ivan Igorevich, postgraduate student

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin
(390005, Ryazan, Gagarina street, 59/1, e-mails: alexib@inbox.ru, ivan.format@gmail.com)*

Abstract. The problem of formal description of sets of functional dependencies and its use in the developed algorithms for comparative analysis of subject areas is considered. The purpose of the work is to improve the quality of the analyst's work by highlighting areas of formal descriptions that have differences between themselves. The analysis algorithm helps to highlight areas of mutual inconsistencies caused by possible differences in the descriptions compiled by an expert, on the one hand, and built on a relational database schema, on the other. Special attention is paid to the mutual inconsistency of descriptions as a potential source of errors. The relevance of the study is explained by the critical importance of mechanisms for optimizing relational database schemas in reengineering business processes. The output data of the operation of the algorithm is formed by creating a conclusion that allows evaluating the resulting models from the point of view of the mutual correspondence of formal descriptions. The algorithm for comparative analysis of formal descriptions of subject areas allows to improve the quality of the analyst's work due to the automated detection of errors by highlighting different areas, to localize possible errors, to make assumptions about possible causes of discrepancies, to draw the attention of the system analyst to functional dependences that have not found mutual correspondence.

Keywords: database, relational model, relational database, formal description, subject area, functional dependence, attribute, essence, expert judgment, comparative analysis, reengineering.

Введение. В настоящее время реляционные системы, теоретические основы которых были заложены Эдгаром Коддом, являются одним из наиболее популярных принципов организации данных. В трудах как зарубежных (Мейер [1], Дейт [2, 3], Дарвен [2], Крэнке [4], Ахо, Хопкрофт, Ульман [5], Конноли, Бэгг, Страчан [6]), так и отечественных (М.П. Малыхина [7], А.Д. Хомоненко [8], Г.В. Преснякова [9]) иссле-

дователей были заложены теоретические и практические основы реляционных баз данных, их проектирования и реализации, структуры и алгоритмы данных. Исследования проблем семантического анализа предметной области, реинжиниринга ключей и атрибутов, синтеза информационных структур и регулярных выражений, сравнения, коррекции и нормализации схем реляционных баз данных (РБД) [10 – 19], заложили

основу разработки алгоритма сравнительного анализа формальных описаний предметных областей [20].

Целью работы является повышение качества работы аналитика за счет выделения участков формальных описаний, имеющих различия между собой. Актуальность исследования объясняется критической важностью механизмов оптимизации схем реляционных баз данных при реинжиниринге бизнес-процессов.

В статье рассматривается алгоритмическое обеспечение работы анализатора, получение результатов анализа формальных описаний предметных областей, устанавливается взаимосвязь моделей в терминах реляционной алгебры и моделей в виде структур данных.

Процесс анализа заключается в рассмотрении данных двух описаний и нахождении их взаимного соответствия и различий, которые позволяют сделать вывод о корректности или ошибочности составленных описаний. Это может помочь работающему с алгоритмом эксперту обратить внимание на критические участки модели данных и позволить составить более рациональную и лаконичную её версию. Это, в свою очередь, приводит к уменьшению затрат и издержек при работе всей РБД. Формальное описание предметной области, с одной стороны, составляется экспертом в данной области, с другой – формируется алгоритмически.

Материалы и результаты исследования. Входные данные для работы алгоритма: в их качестве выступают список функциональных зависимостей (ФЗ), составленный экспертом, и БД, к которой производится подключение в процессе работы алгоритма. Процесс извлечения ФЗ на основе семантического анализа данных рассмотрен в [11], приведём ниже основные условные договорённости, используемые при составлении описания в виде списка ФЗ:

- каждая ФЗ записывается в отдельной строке;
- в качестве разделителя левой и правой частей ФЗ используется символ «»;
- в качестве разделителя между атрибутами используется пробелы.

Сама по себе БД содержит в себе помимо семантической ещё и структурную информацию. В качестве структурной информации рассматриваются:

- количество отношений;
- тип отношений;
- связи «один ко многим» между кортежами.

В качестве семантической информации выступает непосредственно набор ФЗ, существующих между атрибутами.

Рассмотрим отношение R . Множество атрибутов Y функционально зависит от множества атрибутов X (X функционально определяет Y), если в любой момент времени каждому значению X соответствует ровно одно значение Y . ФЗ обозначается $X \rightarrow Y$. Таким образом, если $X \rightarrow Y$ и для любых кортежей $t_1, t_2 \in R$ $t_1(X) = t_2(X)$, то $t_1(Y) = t_2(Y)$ [1].

Рассмотрим далее разработку формальной модели исходных данных и результатов.

Начальными этапами анализа являются чтение входных данных и составление на их основе формальных описаний. Имея два описания, можно судить об их взаимном соответствии или сделать выводы на основе имеющихся между ними различий. Так, на основе данных о количестве ФЗ в каждом из описаний системный аналитик может сделать начальные выводы о том, насколько описаны сущности в каждом из описаний, о возможной неактуальности текущего состояния БД (например, если в ней отсутствуют описания сущностей, не так давно появившихся в предметной области). Так же могут быть диагностированы отклонения от нормальных форм или упущения и потери информации при составлении моделей.

Далее перед анализатором стоит задача найти в описаниях атрибуты, являющиеся одинаковыми по своей природе. Первичный анализ списка атрибутов может быть произведён на основе их имён, но, однако, он не является исчерпывающим, поскольку существует ряд оснований, согласно которым даже атрибуты, являющиеся идентичными по своей сути, могут иметь различные имена. В их числе:

- использование синонимичных и омонимичных слов и выражений;
- использование иностранных слов или транслитерации;
- использование аббревиатур и сокращений;
- наличие грамматических ошибок и опечаток.

Все эти факторы говорят о том, что полностью автоматизированный анализ, позволяющий с высокой долей вероятности утверждать о строгом взаимном соответствии атрибутов, затруднён. В связи с этим на финальных этапах первичного анализа к нему привлекается специалист, производящий корректировку.

Одним из путей снижения риска ошибочного признания атрибутов идентичными является анализ типов атрибутов. Этот способ позволяет снизить вероятность ошибочного сопоставления, но и он не даёт гарантии, поскольку существует ряд причин, не позволяющий машинным анализаторам произвести верное сопоставление типов:

- использование строкового и символьного типов вместо числовых;
- использование целочисленных и вещественных типов и т.д.

Более точные результаты даёт анализ доменов атрибутов. Для каждого имени атрибута может быть представлено всё множество различных значений, которое он принимает. Это множество и является доменом атрибута. Идентичные атрибуты – это атрибуты, относящиеся к одной предметной области и имеющие одинаковые домены [1].

При создании текущего анализатора делается допущение, что идентичные атрибуты в разных описаниях имеют одинаковые имена. Отсюда следует, что если имена атрибутов различны, то они различны по своей сути.

На дальнейших этапах анализатор производит анализ списков атрибутов и по их количеству и степени

взаимного соответствия позволяет аналитику сделать вывод о том, насколько составленные формальные описания соответствуют друг другу.

Для наглядности уйдём от абстракции и рассмотрим пример: два отличающихся формальных описания одной и той же предметной области – продажи автомобилей. Запись будет отображена в виде списка ФЗ, левая и правая части которого разделены вертикальной чертой, атрибуты разделены пробелами, а каждая ФЗ записана в новой строке.

Описание № 1:

№Офиса | ТипОфиса АдресОфиса ТелефонОфиса;
 №Сотрудника | ФИОСотрудника №Офиса Должность ТелефонСотрудника;
 №Завода | НазваниеЗавода АдресЗавода ТелефонЗавода;
 №Комплектации | НазваниеКомплектации Цвет ОбъёмДвигателя;
 IDАвтомобилия | №Завода Модель №Комплектации;
 №Клиента | ФИОКлиента ТелефонКлиента.

описание № 2:

№Офиса IDАвтомобилия НовыйАтрибут | ТипОфиса АдресОфиса ТелефонОфиса;
 №Сотрудника | ФИОСотрудника №Офиса Должность;
 №Завода | НазваниеЗавода АдресЗавода ТелефонЗавода;
 №Комплектации | НазваниеКомплектации Цвет ОбъёмДвигателя;
 IDАвтомобилия | №Завода Модель №Комплектации;
 №Клиента | ФИОКлиента;
 IDАвтомобилия | НовыйАтрибут.

Списки атрибутов в них неидентичны. С одной стороны, в описании № 2 отсутствуют атрибуты *ТелефонКлиента* и *ТелефонСотрудника*, но там же появился *НовыйАтрибут*, отсутствующий в описании № 1. Это будет интерпретировано как результат анализа данных множеств и найдёт свой отражение в выходных данных. Работающий с алгоритмом сравнительного анализа эксперт при обнаружении такого рода несоответствия имеет выбор:

- вернуться к корректировке имеющихся входных данных (напомним: файла с экспертным описанием в виде списка ФЗ или описания БД);
- игнорировать различия множеств атрибутов и продолжить работу анализатора.

Если экспертом будет выбран второй вариант развития событий, то из формальных описаний будут удалены те атрибуты, для которых анализатор не обнаружил взаимного соответствия. Рассмотрим этот случай. Приведём списки атрибутов в том виде, который они приобретут в результате игнорирования различий:

описание № 1:

№Офиса | ТипОфиса АдресОфиса ТелефонОфиса;
 №Сотрудника | ФИОСотрудника №Офиса Должность;
 №Завода | НазваниеЗавода АдресЗавода ТелефонЗавода;
 №Комплектации | НазваниеКомплектации Цвет ОбъёмДвигателя;
 IDАвтомобилия | №Завода Модель №Комплектации;
 №Клиента | ФИОКлиента.

описание № 2:

№Офиса IDАвтомобилия | ТипОфиса АдресОфиса ТелефонОфиса;
 №Сотрудника | ФИОСотрудника №Офиса Должность;
 №Завода | НазваниеЗавода АдресЗавода ТелефонЗавода;
 №Комплектации | НазваниеКомплектации Цвет ОбъёмДвигателя;
 IDАвтомобилия | №Завода Модель №Комплектации;
 №Клиента | ФИОКлиента;
 IDАвтомобилия |

Списки атрибутов являются идентичными, взаимное соответствие восстановлено. Выполняются условия для продолжения работы анализатора.

На следующем этапе работы алгоритма производится анализ полученных описаний предметной области (рис. 1).

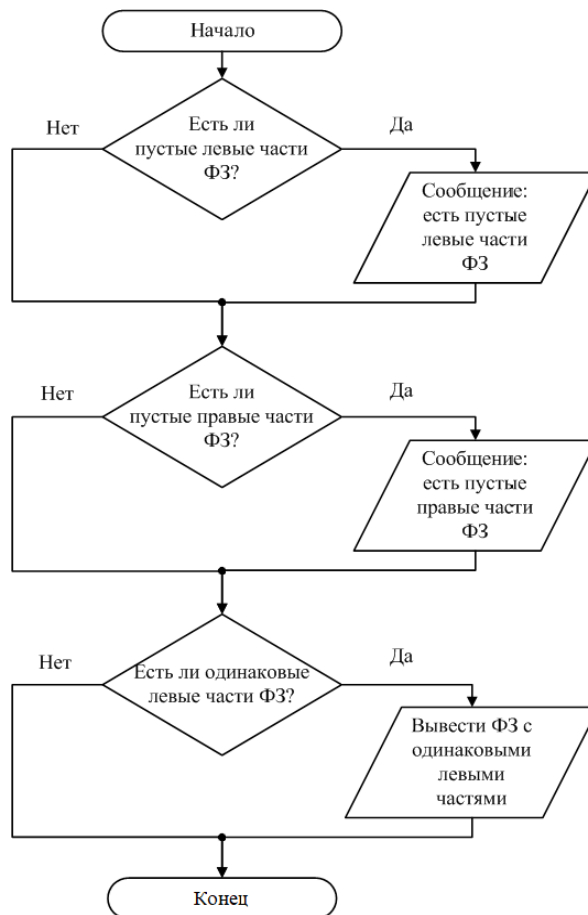


Рисунок 1 – Детализация алгоритма анализа полученных описаний

Подведём краткие итоги предыдущего этапа работы алгоритма сравнительного анализа формальных описаний предметных областей:

- по результатам анализа были отброшены атрибуты, не находящие себе пару в другом формальном описании;
- списки атрибутов стали идентичными.

Слабым местом является то, что неверно игнорировать различия описаний. Но само по себе это различие уже является источником дополнительной информации о формальных описаниях, а отсутствие некоторых атрибутов может сделать его некорректным. Именно таким и является удаление атрибута *НовыйАтрибут*, поскольку ФЗ из описания в экспертной модели:

IDАвтомобилия | НовыйАтрибут

примет вид:

IDАвтомобилия |

ФЗ, состоящая только из левой части, является бессмысленной. Подобная ситуация могла произойти как с правой частью ФЗ (как в рассматриваемом примере),

так и с левой, или же с обеими частями ФЗ. Возможна ситуация, при которой будут утрачены некоторые ФЗ целиком, что является критичным при анализе предметной области. В дальнейшем необходимо разработать механизм обработки таких различий, поскольку в них могут крыться принципиальные различия формальных описаний. На данном этапе ограничимся тем, что эксперту должен выдаваться отчёт о всех подобных прецедентах, который уже сам по себе позволяет ему сделать вывод о степени взаимного соответствия моделей. Также необходимо произвести анализ возможных причин отклонений: пустые части ФЗ могут свидетельствовать о:

- неверном составлении формального описания предметной области экспертом;

- о возможном удалении одной или нескольких частей функциональных зависимостей в при приведении списка атрибутов во взаимное соответствие.

Основные классы возможных ошибок определены, можно приступать к этапу разработки алгоритма оценки полученных моделей.

В ходе разработки алгоритма сравнительного анализа не раз говорилось о том, что формализованные описания представляются в виде множеств ФЗ, которые, в свою очередь, состоят из двух подмножеств – левой и правой частей. Исходя из определения множества, ясно, что порядок следования элементов внутри множества неважен, и в результате перестановки получается то же самое множество. Разрабатываемый алгоритм является индифферентным как к порядку следования атрибутов в левой и правой частях ФЗ, так и к порядку следования самих ФЗ.

Приведём пример: имеем два формализованных описания – описание № 1:

№Офиса | ТипОфиса АдресОфиса ТелефонОфиса;
№Сотрудника | ФИОСотрудника №Офиса Должность ТелефонСотрудника;
№Завода | НазваниеЗавода АдресЗавода ТелефонЗавода;
№Комплектации | НазваниеКомплектации Цвет ОбъёмДвигателя КПП Электропакет;
IDАвтомобиля | №Завода Модель №Комплектации;
№Клиента | ФИОКлиента ТелефонКлиента.

и описание № 2:

№Клиента | ТелефонКлиента ФИОКлиента;
№Комплектации | Цвет Электропакет ОбъёмДвигателя КПП НазваниеКомплектации;
№Офиса | АдресОфиса ТипОфиса ТелефонОфиса;
№ №Завода | ТелефонЗавода НазваниеЗавода АдресЗавода;
IDАвтомобиля | Модель №Завода №Комплектации;
Сотрудника | №Офиса Должность ТелефонСотрудника ФИОСотрудника.

Данные описания являются одинаковыми по своей сути и различаются лишь порядком следования ФЗ и порядком атрибутов в их правых частях. Необходимо учитывать данный аспект при разработке программного обеспечения для реализации алгоритма и при разработке модуля оценки полученной модели.

Целью работы алгоритма является предоставление аналитику, работающему над структурой БД, данных о возможных различиях в формальных описаниях. Из рассмотренного выше примера очевидно, что описания могут не быть идентичными по своей структуре, при этом оставаясь однородными по сути. Имея такие

результаты на данном этапе анализа, с высокой долей вероятности можно утверждать, что оба описания являются верными, поскольку системный аналитик, опирающийся на имеющиеся в предметной области зависимости, составил описание в виде ФЗ, аналогичное тому, что составлено на основе структуры актуальной БД. Однако, если различия будут выявлены, то необходимо, прежде всего, обратить внимание эксперта именно на те участки описаний, где обнаружено взаимное несоответствие.

Основные этапы механизма сравнения описаний имеют следующий вид (рис. 2).

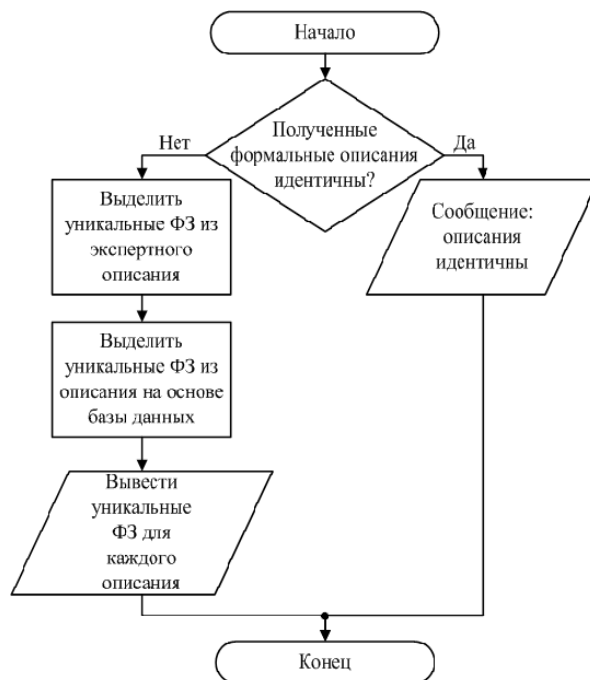


Рисунок 2 – Детализация алгоритма сравнения полученных описаний

Заключение. Разработан алгоритм сравнительного анализа формальных описаний предметных областей, позволяющий:

- повысить качество работы аналитика за счет автоматизированного выявления ошибок при помощи выделения различающихся участков;
- локализовать возможные ошибки;
- сделать предположения о возможных причинах расхождений;
- обратить внимание системного аналитика на ФЗ, не нашедшие взаимного соответствия.

Выходные данные алгоритма формируются в виде диагностического заключения по результатам его работы, что позволяет произвести оценку полученных моделей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мейер Д. Теория реляционных баз данных: Пер. с англ. – М.: Мир. – 1987. – 608 с.
2. Дейт К.Дж., Дарвен Хью. Основы будущих систем баз данных. Третий манифест. Перевод: С. Д. Кузнецов, Т. А. Кузнецова. – М.: Янус-К. – 2004. – 656 с.
3. Дейт К. Руководство по реляционной системе DB2. – М.: Финансы и статистика. – 1988. – 320 с.
4. Крэнке Д. Теория и практика построения баз данных,

8-е изд. – СПб.: Питер. – 2003. – 800 с.

5. Ахо А., Хопкрофт Д., Ульман Д. Структуры данных и алгоритмы: пер. с англ. – М.: Вильямс. – 2000. – 384 с.

6. Коннолли Т., Бэгг К., Страчан А. Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. 2-е изд.: пер. с англ. – М.: Изд. Дом «Вильямс». – 2000. – 1120 с.

7. Малыхина М.П. Базы данных. Основы, проектирование, использование. – СПб.: БХВ-Петербург. – 2004. – 512 с.

8. Хомоненко А.Д. Базы данных. – М.: Бином-Пресс. – 2007. – 736 с.

9. Преснякова Г.В. Проектирование интегрированных реляционных баз данных. – М.: КДУ. – 2007. – 224 с.

10. Баранчиков, А.И. Метод и алгоритм формирования семантического описания предметной области на основе схемы реляционной базы данных / А.И. Баранчиков, Б.В. Костров, А.Ю. Громов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 15 – 21.

11. Баранчикова Е.А. Алгоритм автоматической генерации регулярных выражений для спам-фильтра на основе обучающей выборки // Информационные и телекоммуникационные технологии. Материалы 34-й всероссийской научно-технической конференции. Часть 1. Рязань: РВВКУС. – 2009. – С. 380 – 381.

12. Баранчиков, А.И. Реинжиниринг ключей в отношениях реляционных баз данных / А.И. Баранчиков, А.В. Алпатова // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2008. № 26. С. 58-62.

13. Баранчиков А. И. Синтез информационных структур хранения данных на основе анализа предметных областей. – Рязань: ГУП РО Рязанская областная типография. – 2014. – 231 с.

14. Баранчиков, А.И. Алгоритмы реинжиниринга атрибутов конфиденциальности в реляционных базах данных / А.И. Баранчиков, С.Э. Кухарев // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2011. – № 35. – С. 72 – 75.

15. Баранчиков, А.И. Алгоритм сравнения схем реляционных баз данных на основе анализа семантики предметной области / А.И. Баранчиков, Н.З. Нгуен // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2019. – № 67. – С. 45-49.

16. Баранчиков, А.И. Алгоритм обнаружения закономерностей в данных, позволяющих проверить отсутствие функциональной зависимости / А.И. Баранчиков, Н.З. Нгуен // Cloud of Science. – 2019. – Т. 6. – №. 4. – С. 693 – 700.

17. Kostrov B.V., Khrunichev R.V., Stepanov D.S., Koroleva E.P., Nguen N.Z. Application of probabilistic Approach while Forming Hash-function by Signature in the Process of Domain-specific Local Database Analysis // 7th IEEE Mediterranean conference on Embedded Computing (MECO). – Budva, Montenegro. – 2018. – P. 216 – 220.

18. Filatov V., Semenets V. Methods for Synthesis of Relational Data Model in Information Systems Reengineering Problems // International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T). – 2018. – P. 247 – 251.

19. Filatov V., Semenets V, Zolotukhin O. Synthesis of Semantic Model of Subject Area at Integration of Relational Databases // IEEE 8th International Conference Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL). – 2019. – P. 598-601.

20. Баранчиков, А.И. Алгоритм сравнительного анализа формальных описаний предметных областей / А.И. Баранчиков, А.Ю. Громов, И.И. Яковлев // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2014. – №9-2, – С. 3 – 10.

Статья поступила в редакцию 01.02.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 004.9

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0002

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ТЕРРИТОРИЯМИ
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ТЕКСТОВ**

© 2021

Пилецкий Борис Михайлович, магистрант

Филиал МАГУ в г. Апатиты

(184209, Россия, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Лесная, д. 29, e-mail: gideon.stl@gmail.com)

Вицентий Александр Владимирович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
доцент кафедры «Информатики и вычислительной техники»

ИИММ КНЦ РАН

(184209, Россия, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 24А, e-mail: alx_2003@mail.ru)

Филиал МАГУ в г. Апатиты,

(184209, Россия, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Лесная, д. 29, e-mail: alx_2003@mail.ru)

Аннотация. Разработка эффективных способов визуализации пространственных данных для поддержки принятия решений является актуальной задачей. Для эффективного решения этой задачи требуется создание специализированных информационных технологий для анализа, обработки и представления большого количества разнородной информации. Среди прочего, к таким технологиям относятся и технологии визуализации пространственных данных, извлечённых из текстов на естественном языке. В данной статье описана первая часть комплекса исследовательских работ, направленных на создание методов, технологий и программно-алгоритмического обеспечения для визуализации пространственных данных, извлечённых из текстов на естественном языке. На данном этапе разрабатывается технология извлечения геоданных из массива текстов по арктической тематике, написанных на русском языке. В статье обосновывается перспективность применения создаваемых методов и инструментов для поддержки принятия решений в региональном управлении. Приводится обзор проблематики выявления именованных сущностей на основе анализа научных работ, выполненных в различных областях обработки и анализа текстов. Рассмотрены основные подходы к анализу текстов и наиболее значимые результаты в этой области. Разрабатываемая авторами технология извлечения пространственных данных из текстов для поддержки принятия решений по управлению территориями является частью более крупной системы поддержки социально-экономического развития региона. Эта система ориентирована, прежде всего, на арктические территории Российской Федерации. В статье обосновываются задачи исследования, описываются используемые методы и инструменты, приводятся основные результаты исследования.

Ключевые слова: визуализация пространственных данных, анализ текстов, геокодирование, управление территориями, геовизуализация, интерактивный визуальный анализ, когнитивная геовизуализация, текст на естественном языке, парсер, извлечение геоданных, грамматика.

**DEVELOPMENT OF A METHOD FOR VISUALIZATION OF SPATIAL DATA TO SUPPORT DECISION-
MAKING FOR TERRITORIES MANAGEMENT BASED ON TEXT ANALYSIS**

© 2021

Piletskiy Boris Mikhailovich, master's student

Apatity branch of MASU

(184209, Russia, Murmansk region, Apatity, Lesnaya st., 29, e-mail: gideon.stl@gmail.com)

Vicentiy Alexander Vladimirovich, PhD, senior researcher,
associate Professor of the Department "Computer Science and Computer Engineering"

IIMM KSC RAS

(184209, Russia, Murmansk region, Apatity, Fersman st., 24A, e-mail: alx_2003@mail.ru)

Apatity branch of MASU

(184209, Russia, Murmansk region, Apatity, Lesnaya st., 29, e-mail: alx_2003@mail.ru)

Abstract. The development of effective ways to visualize spatial data for decision support is an urgent task. To effectively solve this problem, it is necessary to create specialized information technologies for the analysis, processing and presentation of a large amount of heterogeneous information. In particular, it is possible to highlight technologies for visualizing spatial data extracted from natural language texts. This paper describes the first part of a series of research works aimed at creating methods, technologies and software and algorithms for visualization of spatial data extracted from natural language texts. At this stage, the technology for extracting geodata from an array of texts on Arctic topics written in Russian is being developed. The paper substantiates the prospects of using the created methods and tools to support decision-making in regional management. An overview of the problems of identifying named entities based on the analysis of scientific works performed in various fields of text processing and analysis is given. The main approaches to the analysis of texts and the most significant results in this area are considered. The technology developed by the authors for extracting spatial data from texts to support decision-making on territorial management is part of a larger

system for supporting the socio-economic development of the region. This system is focused primarily on the Arctic territories of the Russian Federation. The paper describes the formulation of the research problem, describes the methods and tools used, as well as the main results.

Keywords: spatial data visualization, text analysis, geocoding, territory management, geovisualization, interactive visual analysis, cognitive geovisualization, natural language text, parser, geodata extraction, grammar.

Введение. Управление большими пространственно-распределенными био-социо-экономическими системами представляет собой сложную, нетривиальную задачу. В связи с необходимостью учитывать специфические природно-географические особенности Крайнего Севера особую сложность представляет планирование и управление территориями в Арктике [1, 2]. Важность этой задачи обусловлена тем, что арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) является одним из наиболее перспективных источников минерально-сырьевых ресурсов, необходимых для устойчивого социально-экономического развития страны.

Одним из путей снижения сложности задач управления территориями является разработка различных информационных систем поддержки принятия решений (СППР). Для эффективного планирования территорий, строительства, размещения инженерно-технических и энергетических систем необходимо учитывать их географическое положение. Поэтому, разработка подсистем и отдельных модулей визуализации географических данных в рамках систем поддержки принятия решений является актуальной задачей [3]. В данной статье описан первый этап работы по созданию методов и технологий визуализации пространственных данных. Особенностью предлагаемых методов и технологий является извлечение геоданных из текстов, представленных на естественном языке. Для этих целей используется специальный анализатор текстов (парсер), настроенный таким образом, чтобы выявлять в текстах геопривязанную информацию. Результатом применения предложенных методов и технологий является набор слов и словосочетаний, имеющих пространственную привязку. Этот набор является входным набором данных для следующих этапов работы – геокодирования и геовизуализации. Данная статья описывает постановку задачи этапа анализа текстов, основные методы и технологии, результаты анализа, а также планы дальнейшей разработки.

Учитывая тот факт, что в настоящее время более половины всех цифровых данных имеют пространственную привязку [4], использование геоданных для поддержки принятия решений представляется весьма перспективным. С другой стороны, большая часть информации представлена в неструктурированном виде. Чаще всего, это тексты на естественном языке (официальные документы, отчеты, проекты, статьи, посты в социальных сетях, твиты, и так далее). Поэтому для извлечения, хранения и обработки пространственных данных необходимо предпринимать дополнительные усилия.

Пространственные данные – это оцифрованные данные о различных пространственных объектах, в

которые включены сведения об их местонахождении и свойствах, пространственных и непространственных атрибутах. Такие данные состоят из взаимосвязанных частей: позиционных данных (описание пространственного положения) и непозиционных данных (тематическое содержание данных). Таким образом, полное описание пространственных данных состоит из взаимосвязанных описаний топологии, геометрии и атрибутики геообъектов, такие данные с учетом их семантического окружения лежат в основе информационного обеспечения географических информационных систем (ГИС). Концепт пространственных данных может быть расширен если принять во внимание их изменчивость. В этом случае рассматриваются так называемые пространственно-временные данные.

В базах данных атрибуты пространственных данных могут быть представлены в виде реляционной модели. Такая модель обычно называется геореляционной моделью данных. В такую модель включаются все представления, основывающиеся на поддержке атрибутивной части данных. Для определения качества пространственных данных используются следующие критерии: точность, надежность, достоверность, полнота и непротиворечивость. Также следует отметить, что на множестве таких данных могут быть определены различные операции. В частности, это экспорт, импорт, операции ввода, обмена, предобработки, обработки, анализа, вывода, визуализации и прочие, реализуемые в рамках функциональных возможностей современных ГИС.

Высокая важность использования пространственных данных для управления территориями отмечается многими современными авторами. Так, в статьях [5, 6] анализируется использование пространственной информации как фактора управления и поддержки принятия решений, а также описываются существующие экономико-статические методы моделирования с учётом геоданных. В этих работах особое внимание уделяется синергетическому эффекту применения пространственной информации для управления экономической деятельностью. Широкое применение геоинформационный подход находит в задачах управления различными видами транспорта. В работах [7 – 9] анализируются процессы управления распределенными транспортными потоками и системами, предлагаются подходы к решению задач управления маршрутизацией транспорта, рассматриваются различные подходы к мультимодальным перевозкам в условиях АЗРФ и описываются основные составляющие пространственного управления транспортом. В работах [10, 11] геоданные рассматриваются как основной ресурс ведения кадастра, организации кадастровых систем и различных методов оценки земель. Описана

стратификация геоданных используемых для решения задач кадастра. Цифровые карты рассматриваются в качестве основного инструмента визуализации геоданных при ведении кадастра. Таким образом, можно утверждать, что применение пространственных данных позволяет успешно решать различные прикладные и научные задачи, связанные с управлением пространственно распределенными объектами и системами. При этом многие современные географические информационные системы и системы поддержки принятия решений не имеют стандартных средств обработки текстов для выявления геоданных. В ГИС и СППР как правило отсутствуют инструменты автоматического выявления, структурирования, хранения, и визуализации геоданных, полученных при анализе текстов на естественном языке. В связи с этим создание метода, технологии и программно-алгоритмического обеспечения извлечения геоданных из текстов на естественном языке для их последующей гео-визуализации является актуальной научно-прикладной задачей.

Задача извлечения геоданных из текстов относится к классу задач обработки естественного языка (*Natural Language Processing, NLP*). В работе [12] *NLP* описывается как совокупность искусственного интеллекта и лингвистики, предназначенная для того, чтобы компьютеры понимали утверждения или слова, написанные на естественном языке.

Обработка естественного языка позволяет облегчить работу пользователя и вести общение с компьютером на естественном языке. В обзоре *NLP* [13] процесс анализа естественного языка рассматривается как последовательность нескольких уровней обработки. Основными уровнями являются: синтаксис, морфология, семантика, прагматика.

Более общими классами задач по отношению к *NLP* являются класс задач распознавания именованных сущностей (*Named-Entity recognition, NER*) и класс задач автоматического извлечения содержимого (*Automatic Content Extraction, ACE*). Различные системы распознавания именованных сущностей предназначены для поиска и классификации упоминаемых именованных сущностей в неструктурированных или полуструктурированных текстах. Для повышения качества распознавания используются заранее заданные категории сущностей. В качестве таких категорий могут выступать, например, названия организаций, геобъектов, различные топонимы и т.д. [14].

Одной из основных проблем, возникающих при выявлении топонимов и других геобъектов, является проблема неоднозначности. Для решения этой проблемы предлагаются различные подходы. В частности, в работах [15, 16] предлагается использование так называемых «влиятельных терминов» (*«influential terms»*). Для обнаружения влиятельных терминов в тексте необходимо учитывать как тип геобъекта, так и тип описания географической привязки объекта. Типом геобъекта может являться, например, город или область. При анализе текстов используется иерархия ти-

пов геобъектов. Для определения геопривязки могут использоваться почтовые индексы, номера телефонов или географические названия. Необходимо отметить, что при таком подходе влиятельный термин может ссылаться на несколько геобъектов одновременно.

Необходимо отметить, что эффективность работы того или иного метода анализа текстов часто зависит от типа этих текстов. Так методы, которые хорошо работают для относительно длинных текстов (законы, указы, книги, статьи и т.д.) могут, плохо работать для текстов, полученных из социальных сетей и мессенджеров. Для социальных сетей, мессенджеров и блогов характерны тексты небольшого объема, написанные с использованием неформальных сокращений, неологизмов и подобных проявлений неформального языка. При работе с такими текстами возникают трудности связанные с низким объемом контекста и распознаванием отдельных слов [17]. Поэтому анализ текстов из социальных сетей и микроблогов часто выделяют в отдельную задачу.

В рамках подхода *Automatic Content Extraction* решаются задачи извлечения информации из различных текстовых источников, а также мультимедиа. В *ACE* выделяют три основных задачи: 1) выявление сущностей, упомянутых в тексте; 2) выявление отношений между сущностями; 3) выявление событий, упомянутых в тексте. В работах [18, 19] описывается метод для извлечения событий из текстов новостей социальных сетей, основанный на использовании словарей и онтологии предметной области. В качестве основной структуры события авторы предлагают использовать структуру вида субъект – глагол – объект (*Subject – Verb – Object, SVO*). Извлечению темпоральных выражений из текстов посвящена работа [20]. Отдельного упоминания заслуживает алгоритм решения задачи связывания именованных сущностей в цепочки, описанный в [21]. Этот алгоритм в процессе тестирования показал лучшие результаты, чем такие системы, как *DBpediaSpotlight, Dexter, Babefly*. Однако скорость работы алгоритма в некоторых задачах оказалась недостаточной.

В большинстве современных подходов к извлечению информации из текстов на естественном языке на первом этапе обработки текста происходит синтаксический анализ (парсинг) текста. Парсинг, как правило, выполняется с помощью специальной программы, называемой парсером. Более подробно с возможностями различных парсеров и программных продуктов для анализа текстов на естественном языке можно ознакомиться в работе [22]. Среди прочих авторы рассматривают возможности Томита парсера [23], который мы используем в этой работе.

В данной статье описана первая часть большого комплекса исследовательских работ, направленных на создание методов, технологий и программно-алгоритмического обеспечения для визуализации пространственных данных, извлеченных из текстов на естественном языке. На данном этапе работ была поставлена задача создания технологии извлечения гео-

данных из массива текстов по арктической тематике. В качестве источника информации для анализа был выбран набор текстов на русском языке. Другие языки не поддерживаются текущей версией технологии. Поддержка анализа текстов на других языках будет реализована по мере развития технологии, если в этом возникнет необходимость.

При разработке технологии было установлено несколько требований и ограничений. Одно из наиболее существенных требований связано с необходимостью использования для анализа уже готовых парсеров или специализированных программных библиотек, позволяющих быстро создать и настроить анализатор текстов. Такое требование связано с ограниченностью материальных и временных ресурсов, выделяемых на реализацию проекта. Другое требование связано с языком и форматом представления текстов. Это значит, что все тексты должны быть представлены на естественном русском языке в формате, допускающем их обработку парсером.

Материалы и результаты исследования. В качестве основного метода в данной работе был выбран метод синтаксического анализа текста (парсинг). В качестве инструмента парсинга был выбран готовый программный продукт Томита парсер от компании Яндекс. На сегодняшний день код Томита парсера открыт и выложен для общего доступа в *GitHub* [24]. Парсер распространяется по лицензии *MPL 2.0* и может быть использован для научных и учебных целей без каких-либо ограничений.

В качестве материалов для анализа был использо-

ван корпус текстов по арктической тематике. Значительная часть текстов была собрана на предыдущем этапе комплекса исследовательских работ по созданию методов, технологий и программно-алгоритмического обеспечения для визуализации пространственных данных, извлеченных из текстов на естественном языке [9]. В рамках данной работы корпус был дополнен различными текстами, связанными с Мурманской областью Российской Федерации. При отборе текстов предпочтение отдавалось текстам, связанным с описанием транспортно-логистической инфраструктуры региона, планам, проектам и программам социально-экономического развития Мурманской области и другим подобным текстам.

Для работы Томита парсера необходимо создать словари ключевых слов (газеттиры), а также контекстно-свободные грамматики. Создание газеттиров и грамматик является основной задачей исследователя. В общем виде, контекстно-свободная грамматика – это система вида: $G = \langle VT, VN, R, s \rangle$, где VT – множество терминальных символов грамматики, VN – множество нетерминальных символов грамматики, R – множество правил вывода на элементах грамматики, s – стартовая аксиома из множества нетерминальных символов грамматики. Важно отметить, что от качества созданных исследователем газеттиров и грамматик зависит общая эффективность работы парсера.

Для применения Томита парсера с целью извлечения пространственных данных из текстов была создана общая схема связи необходимых для анализа файлов (рис. 1).

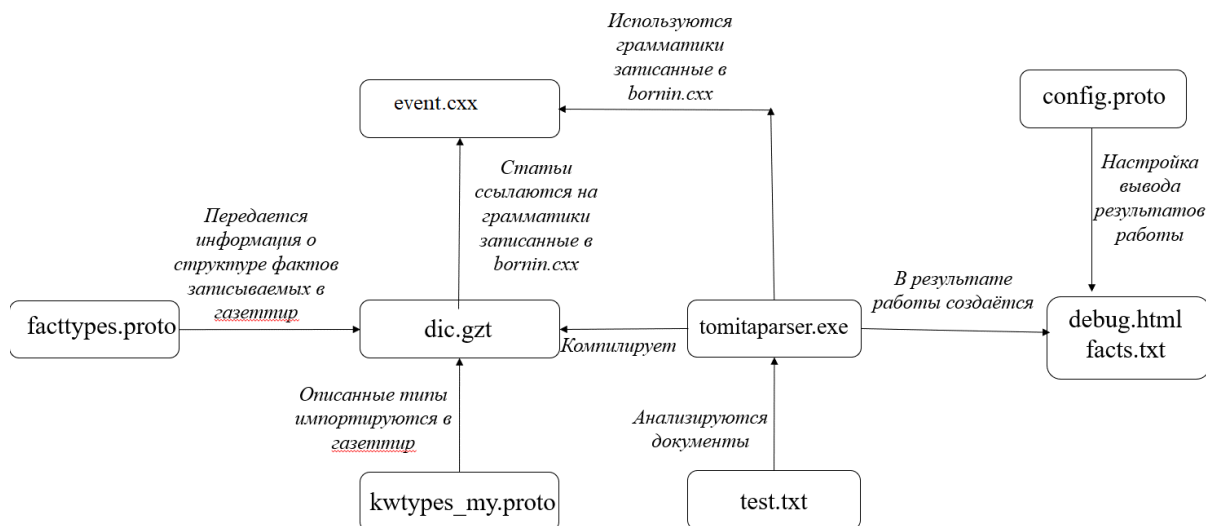


Рисунок 1 – Обобщенная схема связи основных файлов Томита парсера

В состав файлов, необходимых для анализа текстов, входит непосредственно сам файл парсера (*tomitaparser.exe*). Этот файл обеспечивает анализ текстов в соответствии с подключенными словарями и грамматики. Газеттир (*dic.gzt*) – это особый словарь, который содержит ключевые слова для анализа. Ключевые слова из газеттира используются контекстно-свободными грамматиками (*event.cxx*) для осу-

ществления вывода. Статьи, входящие в состав этого газеттира, задают различные множества слов (словосочетаний), имеющих общие свойства. Например, одним из таких множеств может быть множество, которое можно назвать как «топонимы Мурманской области». Общие свойства слов используются при анализе текстов. Например, при использовании грамматики можно применить свойство «является топоним»

мом Мурманской области». Входящие в состав таких множеств слова (словосочетания) могут быть заданы явно в формате списка либо на основе использования специальных функций. Для использования функционального подхода необходимо создать грамматику, которая описывает необходимую цепочку слов. Такими цепочками могут быть представлены, например, адреса геообъектов. После создания цепочки можно использовать ее в качестве маркера для выделения различных городских событий, то есть конкретных фактов, описанных в тексте.

Необходимо отметить, что в газеттире помимо ключевых слов могут быть указаны специальные леммы. Использование лемм облегчает вывод результатов анализа текстов и повышает эффективность парсинга. В частности, путем использования лемм осуществляется учет синонимов слов, а также приведение различных форм записи слова к единому стандарту записи. Другим примером использования лемм является обработка аббревиатур в текстах. Например, аббревиатура «МТУ» может быть выведена как «Мурманский транспортный узел».

Файлы грамматик представлены в формате правил, написанных на языке контекстно-свободных грамматик. Эти правила собираются в множества. Множества правил описывают синтаксическую структуру цепочек слов, которые выделяются при анализе текстов. В процессе анализа множества терминальных символов грамматики отображаются на предложение или отдельные слова текста. При этом, одно и то же слово может быть сопоставлено нескольким терминальным символам. В процессе анализа текста на вход парсера последовательно подаются множества терминальных символов. Например, при использовании трех терминов глагол (*verb*), прилагательное (*adjective*) и существительное (*noun*) предложение «Чибис посетил Кольскую АЭС» будет разобрано парсером как список: {*noun – verb – adjective – noun*}. В этом случае на выход подаётся цепочка слов, полученная в результате распознавания такой грамматики.

Факты, выявленные в тексте, описываются в табличной форме. Каждый столбец этой таблицы является полем факта. Заполнение этих столбцов осуществляется парсером в процессе анализа предложений. В каждом отдельном случае необходимо указывать специфику заполнения таблицы фактов в грамматике. После получения данных в табличной форме можно преобразовать файл с таблицей в файл базы данных или другой формат, удобный для последующей обработки.

Интерпретация является последним этапом процесса анализа текстов. Этот процесс позволяет распределить подцепочки слов из выделенной грамматикой цепочки по полям факта. В результате проведения процедуры интерпретации древесная синтаксическая структура отображается во множество линейно организованных фактов. Список основных файлов, использованных при анализе текстов с помощью Томи-та парсера приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Таблица основных файлов для анализа текста в Tomita Parser

Название файла / описание файла	Формат файла	Комментарий
<i>Kwtypes_my.proto</i> / содержит описание типов ключевых слов	<i>protobuf</i>	Этот файл необходим для создания новых типов ключей
<i>Facttypes.proto</i> / содержит описание типов фактов	<i>protobuf</i>	Этот файл необходим для создания фактов в процессе работы парсера
<i>Dic.gzt</i> / содержит все используемые в проекте словари и грамматики	<i>protobuf / gazetteer</i>	Это корневой словарь - обязательный файл проекта.
<i>Event.cxx</i> / грамматика	<i>язык описания грамматик</i>	Этот файл необходим для использования грамматики. Таких файлов может быть несколько.
<i>Config.proto</i> / содержит информацию для парсера о путях к остальным файлам и прочие настройки парсера	<i>protobuf</i>	Этот файл необходим для сохранения настроек парсера

Заключение. Извлекаемые из текстов на естественном языке пространственные данные могут быть использованы для визуализации и поддержки принятия решений по управлению территориями. Использование средств геоинформационных систем при решении управленческих задач может быть эффективным инструментом для принятия решений при реализации проектов в сфере энергетики, строительства, при освоении месторождений полезных ископаемых, и решении других задач. Также пространственные данные позволяют лучше оценивать уровень социально-экономического развития региона, распределение населения и промышленности по территории.

В результате рассмотрения проблематики извлечения именованных сущностей из текстов на естественном языке и изучения инструментария для непосредственного получения геоданных из текстов был выбран Томи-та парсер, который лёг в основу разрабатываемой технологии. Таким образом, основными результатами данного этапа исследований являются следующие:

1. Сформирована структура файлов для использования Томи-та парсера с целью извлечения пространственных данных из текстов для поддержки принятия решений по управлению территориями. Предложенная структура позволяет проводить анализ текстов арктической тематики. Для анализа необходимо подать на вход парсера корпус анализируемых текстов. Дальнейший анализ выполняется в автоматическом режиме.

2. Создан словарь ключевых слов (газеттир) на примере Мурманской области. Газеттир позволяет выявлять топонимы при анализе текстов на естественном языке, при этом, поддерживается корректная идентификация синонимов, аббревиатур и неформальных названий геообъектов Мурманской области.

3. Создана грамматика для выделения фактов из текстов. Сформировано несколько типовых структур фактов, которые могут быть использованы в дальнейших исследованиях по анализу текстов на

естественном языке.

4. Проведено несколько испытаний предлагаемой структуры, газеттира и грамматики на ограниченных наборах текстов. Точность выявления геообъектов в настоящее время находится на уровне около 80–85 %.

Полученные на данном этапе результаты авторы считают удовлетворительными, хотя требуются дополнительные усилия для увеличения точности выявления геообъектов. Для повышения точности планируется, прежде всего, расширить газеттир и дополнить грамматику. Также предполагается дополнить технологию возможностью анализа текстов на английском языке. Возможно, для этого необходимо будет использовать другой парсер или другие методы анализа текстов на естественном языке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Bolsunovskaya Y., Volodina D., Sentsov A. Allowable and critical risks of the Arctic development in terms of global climate change // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2016. - №43.
2. Vicentiy A. V. Development of methods and tools to support regional management in the Arctic zone of the Russian Federation based on cognitive interfaces // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Institute of Physics Publishing. - 2019. Vol. 302, № 1. 012139.
3. Vicentiy A., Vicentiy I. The method of dynamic visualization of spatial data for cognitive interfaces of information systems supporting regional management // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. International Multidisciplinary Scientific Geoconference. - 2019. Vol. 19, № 2.1. P. 667–672.
4. Hahmann S., Burghardt D. How much information is geospatially referenced? Networksandcognition // International Journal of Geographical Information Science. - 2013. - №27. - P. 1171-1189.
5. Bakhareva N. Spatial information as a management factor // Slavic forum. - 2014. - №1. - P. 25-32.
6. Markelov V. Spatial information as a management factor // State Advisor. - 2013. - №4. - P. 34-38.
7. Tsvetkov V., Alpatov A. Management of distributed transport streams // State Advisor. - 2014. - №3. - P. 55-60.
8. Rosenberg I. Spatial management in the field of transport // Slavic Forum. - 2015. - №2. - P. 268-274.
9. Vicentiy A. V., Dikovitsky V. V., Shishaev M.G. Automated Extraction and Visualization of Spatial Data Obtained by Analyzing Texts About Projects of Arctic Transport Logistics Development // Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer. - 2019. Vol. 1046. P. 419–433.
10. Bakhareva N. Decision support in land valuation // State Advisor. - 2015. - №1. - P. 50-56.
11. Bakhareva N. Geodata in the land registry // Educational resources and technologies. - 2016. - №3. - P. 69-79.
12. Khurana D., Aditya K., Kiran K. Natural Language Processing: State of The Art, Current Trends and Challenges // - 2017. - P. 1-2.
13. Reshamwala A., Pawar P. Review on natural language processing // Engineering Science and Technology: An International Journal. - 2013. - №3. - P. 113-115.
14. European Handbook of Crowdsourced Geographic Information web site. – Режим доступа: <https://www.jstor.org/stable/j.ctv3t5r09>
15. Campelo E., Baptista C. Model for Geographic Knowledge Extraction on Web Documents // Advances in Conceptual Modeling - Challenging Perspectives. - 2009. - №9. - P. 317-326.
16. Campelo E., Baptista C. Mining Influential Terms for Toponym Recognition and Resolution // Brazilian Journal of Cartography. - 2016. - №68. - P. 1123-1132.
17. Marrero M. Named Entity Recognition: Fallacies // Challenges and Opportunities, Computer Standards & Interfaces. - 2013. - №35. - P. 482-489.

18. Wu S., Tsai T., Hsu W. Domain event extraction and representation with domain ontology // In Proceedings of the IJCAI-03 Workshop on Information Integration on the Web. - 2003. - P. 33-38.

19. Hanova A., Grigoryeva I. Subject ontology as a way of forming a semantic model of knowledge of a cargo port // Vestnik of Astrakhan State Technical University. - 2009. - №1. - P. 2-3.

20. Lando N. Modern methods of automatic analysis of temporal expressions in natural language texts // Program systems: theory and applications. - 2015. - №6. - P. 419-439.

21. Panteleev M., Samarev R. An Algorithm for Binding Named Entities // Science and Education, Moscow State Technical University named after N.E. Bauman. electron. Journal. - 2017. - №7. - P. 248-261.

22. Bolshakova E., Efremova N., Sharikov G. Tools for developing systems for extracting information from Russian-language texts // New information technologies in the automated systems. - 2015. - P. 533-543.

23. Official Tomita parser website. – Режим доступа: <https://yandex.ru/dev/tomita/>

24. Official Tomita parser github. – Режим доступа: <https://github.com/yandex/tomita-parser/>

Статья поступила в редакцию 28.12.2020

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 316.472.45

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0003

МЕТОД ПОИСКА ЭФФЕКТИВНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ИЗ МНОЖЕСТВА ИСТОЧНИКОВ

© 2021

Блинов Сергей Евгеньевич, инженер-программист 2 категории, НТЦ-2,
Акционерное общество «НПП «Рубин»
(440000, Россия, Пенза, ул. Байдукова, 2, e-mail: sergey_blinov_1986@mail.ru)
Мартышкин Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»
Маркин Евгений Игоревич, аспирант кафедры
«Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11,
e-mails: alexey314@yandex.ru, evgeniymarkin1@gmail.com)

Аннотация. В статье предложен метод поиска латентного пространства для представления данных, полученных из множества источников, с использованием частичного обучения. Из известных подходов для решения аналогичных задач ни один не обладает необходимыми возможностями, что порождает задачу разработки нового метода, удовлетворяющего приведенным требованиям. Цель статьи – создание метода поиска эффективного представления объектов на основе данных из множества источников, имеющего низкую размерность и описывающего элементы пространства обучения наиболее полным способом. Предлагаемый метод предоставляет возможность указывать ограничения на множество объектов, влияющих на расположение элементов в получаемом пространстве, что позволит вносить поправки в работу методов классификации, согласно предоставленным сведениям. Представлено описание метода поиска латентного пространства на основе данных из множества источников. Поиск производится при помощи модифицированного алгоритма спектральной кластеризации. Описанный алгоритм применим в качестве подготовительного преобразования данных высокой размерности, полученных из множества источников. Модификация метода, способная работать с многослойными данными, является эффективным способом объединения источников информации для совместной работы. Использование дополнительных сведений для наложения ограничений на пары объектов, состоящих в выборке, позволяет значительно повысить качество получаемых предсказаний. Совместное использование метода поиска латентного пространства на основе многослойных данных с техникой применения ограничений дает ощутимый выигрыш по сравнению с существующими подходами решения задачи классификации. В заключение приведены основные выводы по работе.

Ключевые слова: алгоритм, данные, информация, кластеризация, латентное пространство, машинное обучение, многослойные данные, сообщество, социальная сеть, социальный граф, учет ограничений, функционал.

METHOD FOR FINDING AN EFFECTIVE REPRESENTATION OF SOCIAL NETWORK OBJECTS BASED ON DATA FROM MULTIPLE SOURCES

© 2021

Blinov Sergey Evgenievich, software engineer of the 2nd category, NTC-2
Joint-stock company "NPP "Rubin"
(440000, Russia, Penza, st. Baydukov, 2, e-mail: babichmj@mail.ru)
Martyshkin Alexey Ivanovich, candidate of technical sciences, docent,
associate Professor of sub-department «Computers and systems»
Markin Evgeniy Igorevich, postgraduate of sub-department «Computers and systems»
Penza state technological University
(440039, Russia, Penza, BaydukovProyezd / Gagarin Street, 1a/11,
e-mails: alexey314@yandex.ru, evgeniymarkin1@gmail.com)

Abstract. The article proposes a method for searching the latent space for the representation of data obtained from multiple sources using partial learning. Of the known approaches for solving similar problems, none has the necessary capabilities, which gives rise to the task of developing a new method that meets the above requirements. The purpose of the article is to create a method for finding an effective representation of objects based on data from a variety of sources, which has a low dimension and describes the elements of the learning space in the most complete way. The proposed method provides an opportunity to specify restrictions on a set of objects that affect the location of elements in the resulting space, which will allow you to make corrections to the work of classification methods, according to the information provided. A method for searching for a latent space based on data from multiple sources is described. The search is performed using a modified spectral clustering algorithm. The described algorithm is applicable as a preparatory transformation of high-dimensional data obtained from a variety of sources. A modification of the method that can work with multi-layer data is an effective way to combine information sources for collaboration. Using additional information

to impose constraints on the pairs of objects in the sample can significantly improve the quality of the predictions obtained. The combined use of the method of searching for a latent space based on multi-layer data with the technique of applying constraints gives a tangible advantage over existing approaches to solving the classification problem. In conclusion, the main conclusions of the work are presented.

Keywords: algorithm, data, information, clustering, latent space, machine learning, multi-layer data, community, social network, social graph, constraint accounting, functionality.

Введение. Сегодня мы являемся свидетелями бурного развития социальных ресурсов, доступных в сети Интернет. Люди с нарастающими темпами размещают колоссальное количество информации, делая ее публичной и доступной для других пользователей сети. Размещаемые данные могут быть представлены в различном виде: текст, изображения, видео, географическое положение и т.д.

Сбор и анализ содержимого онлайн-ресурсов – востребованная и сложная задача. Каждое сообщение, опубликованное в социальной сети (СС), несет в себе информацию об авторе, опубликовавшем то или иное сообщение. Большой объем и разнообразие доступной информации порождает множество проблем научного и практического анализа данных. Техники машинного обучения, оперирующие медиа данными, зачастую страдают от переобучения и, как следствие, низкой производительности. Данная проблема обычно вызвана так называемым «проклятием размерности», которое заключается в высокой размерности данных, участвующих в обучении. Ситуация становится только хуже при попытке использования данных из нескольких источников.

Проблема высокой размерности пространства обучения, как правило, решается проецированием данных в латентное пространство [1], имеющее меньшую размерность, и в дальнейшем использующееся для представления объектов при тренировке моделей машинного обучения. Однако, это не помогает избежать смещения в данных, что приводит к потере качества предсказаний. Решением возникшей проблемы может служить использование дополнительных знаний о предметной области в процессе обучения в качестве контролирующей меры.

Целью, которая была поставлена при подготовке работы, является создание метода поиска эффективно представления объектов на основе данных из множества источников, имеющего низкую размерность и описывающего элементы пространства обучения наиболее полным способом. Для достижения и реализации поставленной в работе цели необходимо решить следующие задачи:

1) *Интеграция данных.* Метод обучения должен быть способен объединять содержимое, получаемое из различных источников, без потери информации, оставляя размерность данных в приемлемых границах.

2) *Внедрение дополнительных знаний о предметной области.* Метод поиска латентного пространства должен быть способен учитывать предоставленную дополнительную информацию о предметной области.

Материалы и результаты исследования. Сегодня широкий пласт населения планеты разного возраста

использует социальные сообщества для общения друг с другом, чтения актуальных новостей, развлечения и т.д. СС и всевозможные онлайн-ресурсы стремительно развиваются, о чем говорит стабильный рост численности их аудитории. Так, с 2005 года доля жителей США, активно участвующих в социальных медиа, выросла с 5% до 69% [2]. Существуют техники анализа данных, размещаемые пользователями в сети, для решения конкретных задач, среди которых поиск групп [3], определение характеристик пользователей по демографическим критериям [4], обнаружение влиятельных источников [5] и др. Извлекаемая статистика помогает при формировании маркетинговых кампаний и бизнес-стратегий [6].

Задача классификации – одна из, главная проблема машинного обучения сегодня –. Опубликованные работы по данной тематике, показывают эффективность методов классификации, применительно к проблемам медицины [7], обработки текста [8] и других областей, среди которых фильтрация спама [9], классификация трафика [10] и создание чат-ботов [11].

В статье показана классификация пользователей СС на основе данных, размещаемых онлайн, а также связей, которые представляются в виде отношений «подписка» и «дружба». Те пользователи, которые зарегистрированы сразу в нескольких СС, ранжируются на основе открытых данных, доступных для просмотра.

При использовании только одной СС для извлечения информации о пользователе существует риск получения смещенных данных, специфичных для рассматриваемого ресурса [12]. Каждая СС имеет свой набор отличительных особенностей и типов информации, публикуемой пользователями. Также может отличаться модальность размещаемых данных, в зависимости от рассматриваемой СС. Для получения полного несмещенного описания личностей, необходимо использовать всю доступную для обработки информацию: стоит задача совмещения неоднородных данных различной модальности, получаемой из различных источников, для наиболее точного признакового описания пользователей.

Мерой оценки эффективности работы методов предобработки данных в работе принята $F1$ -мера [13], вычисляемая для полученных результатов конкретного метода классификации. Выбранная метрика – наиболее популярный способ измерения качества работы алгоритмов классификации. Она основана на двух метриках (точность и полнота), отражающих эффективность исследуемой модели.

При двоичной классификации выделенного объекта, для которого известна истинная метка класса, исход работы может быть одним из нижеследующих:

истинно-положительный (*True-Positive, TP*); истинно-отрицательный (*True-Negative, TN*); ложно-положительный (*False-Positive, FP*); ложно-отрицательный (*False-Negative, FN*). Первые два пункта соответствуют верной классификации, последние два – неверной. Исходя из числа результатов каждого из типов для выбранного класса на всей тестовой выборке, точность (P) и полнота (R) определяются в соответствии с выражением 1.

$$P = \frac{TP}{TP + FP}; R = \frac{TP}{TP + FN}. \quad (1)$$

Для получения значений точности и полноты, характеризующих качество работы для обоих классов, использовалось макро-усреднение, которое можно определить согласно выражения 2.

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2}; R = \frac{R_1 + R_2}{2}. \quad (2)$$

где P_1 и R_1 – точность и полнота, рассчитанная для первого класса, а P_2 и R_2 – для второго.

Макро-усредненная по двум классам $F1$ -мера определяется как среднее гармоническое этих двух величин согласно выражению 3.

$$\bar{F}_1 = 2 \cdot \frac{\bar{P} \cdot \bar{R}}{\bar{P} + \bar{R}}. \quad (3)$$

Приведенные выше определения и выражения расширяются на любое число классов естественным образом.

Описание метода. Имея содержимое учетных записей пользователей СС и дополнительные знания о предметной области, предлагаемый метод должен способствовать проведению преобразования изначального пространства данных для получения представления, учитывающего всю предоставленную информацию и имеющего необходимую и приемлемую размерность.

Для приведения способа представления данных к общему виду, должны быть использованы техники извлечения признаков. Предлагаемый инструмент поиска латентного пространства предполагает, что данные пользователей представлены в виде точек в векторном пространстве.

$$\chi = \{x_1, \dots, x_n\}, \quad xi = \begin{pmatrix} x_i^1 \\ \mathbf{M} \\ x_i^m \end{pmatrix}, \quad x_i^j \in R^{d_j} \quad (4)$$

где n – число пользователей, m – число источников данных, d_j – размерность j -го слоя. Каждое x_i соответствует человеку, у которого есть учетные записи в m СС одновременно.

Предлагаемый метод использует графы для представления объектов. Набор пользователей одной СС можно представить в виде графа $G = \{V, E, \omega\}$, где V – вершины, E – множество ребер между вершинами, веса которых заданы функционалом ω . В случае нескольких СС, метод оперирует множеством графов $\{G_i\}_{i=1}^m$, каждый из которых соответствует отдельно слою данных. Для создания графа из векторного

представления данных, необходимо произвести «взвешивание» ребер между вершинами так, что ребра, соединяющие наиболее близкие по характеристикам вершины, получают наибольшие веса. Для достижения данного свойства веса приписываются в соответствии с гауссовым ядром.

$$K(x_1, x_2) = \exp\left(-\frac{\|x_1 - x_2\|^2}{2\sigma^2}\right). \quad (5)$$

где $\|\cdot\|$ соответствует евклидовой норме, σ – положительный параметр, влияющий на ширину окрестности точек, ребра к которым получают значительный вес.

Для представления дополнительных сведений об области применения, в описываемом методе используется модель ограничений на близость, или обязательных связей [14]. Ограничения на обязательные связи содержат информацию об объектах, которые должны находиться вблизи друг от друга в результирующем пространстве после проецирования. Набор ограничений может быть обозначен как множество пар $M = \{(x_i, x_j)\}$.

Внедрение знаний о предметной области в процесс обучения производится путем модификации весов ребер графов, представляющих данные, в соответствии с имеющимися ограничениями. Разработанный метод увеличивает веса ребер между вершинами, имеющими связи между собой, а также вершинами, лежащими в их окрестности. Данная модификация приводит к изменению взаимного расположения объектов в результирующем пространстве, объединяя пары компактно расположенных групп точек. Такое преобразование может отражать дополнительное знание о смещенности искомого решения и неявной связанности объектов, несмотря на различия в признаковом описании. Задача описанных изменений состоит в том, чтобы сделать множество объектов, участвующих в обучении, более разделимым и повысить точность работы методов классификации, оперирующих получаемым представлением данных.

Описываемый метод модификации графов состоит из трех частей:

- построение транзитивного замыкания множества ограничений;
- модификация весов ребер согласно полученному транзитивному замыканию;
- увеличение весов ребер между парами вершин, лежащих в окрестности объектов, ограниченных связями.

Первый шаг основан на наблюдении о том, что ограничение на близость объектов является транзитивным, т.е. в случае, если $(x_i, x_j) \in M$ и $(x_j, x_k) \in M$, то x_i и x_k также должны быть связаны ограничением на близость. Вторым шагом производится модификация графа путем присваивания некоторого фиксированного значения весам ребер, соединяющих вершины, связанные ограничениями на близость. Завершающим этапом работы алгоритма является распространение ограничений на вершины, принадлежащие окрест-

ностям объектов, связанных между собой. Для этого происходит поиск ближайших соседей для вершин, связанных ограничениями. После этого пересматриваются веса ребер, соединяющих объекты, находящиеся в окрестности связанных вершин.

Для поиска способа представления данных, отражающего всю предоставленную информацию, и имеющего низкую размерность, в описываемом методе используется модификация алгоритма спектральной кластеризации [15]. Этот алгоритм предоставляет способ приближенного решения задачи поиска минимального нормализованного разреза

$$Ncut(A_1, \dots, A_k) = \sum_{i=1}^k \frac{cut(A_i, V \setminus A_i)}{vol(A_i)} \quad (3)$$

Благодаря тому, что алгоритм спектральной кластеризации оперирует графами, так же, как и метод применения ограничений, данные два подхода могут быть использованы совместно. Модификация графов в соответствии с множеством ограничений производится на этапе подготовки данных перед спектральной кластеризацией, что позволяет использовать различные множества ограничений для каждого слоя данных.

Получаемое представление данных может быть использовано в качестве признакового описания объектов для тренировки и использования алгоритмов машинного обучения. В ходе экспериментов показано превосходство разработанного метода над существующими подходами к предобработке данных.

Проведение экспериментов. Показателем качества получаемого латентного пространства естественным образом может выступать точность работы алгоритмов машинного обучения, использующих его для представления объектов, участвующих в обучении. В ходе экспериментов применены открытые наборы данных *NUS-MSS* [12] и *Twitter* [16], содержащие признаковые описания пользователей СС, с указанием того, какие именно онлайн аккаунты принадлежат одному хозяину. Наборы данных содержат открытую доступную информацию, собранную из СС *Twitter*, *Instagram* и *Foursquare*. Каждой из СС соответствует своя неоднородность данных. Сообщения в сети *Twitter* представляют текстовый тип содержимого, *Instagram* – визуальный тип, а *Foursquare* – геолокацию. Отличия по типу содержимого каждого из источников порождает необходимость применения методов, способных обрабатывать с многослойные данные.

Набор данных *NUS-MSS* содержит открытые данные пользователей трех англоговорящих городов. Из числа упомянутых пользователей выбраны пользователи с аккаунтами во всех трех СС. Для них получено распределение по городам: Сингапур – 6845 пользователей; Нью-Йорк – 6593 пользователя; Лондон – 4191 пользователь. В наборе данных *Twitter* представлено 968 пользователей, у которых есть учетные записи в рассматриваемых СС и которые не разделены по региональному признаку. Для учета культурных особенностей населения разных городов, пользовательские группы обрабатывались отдельно. Итак, проверка эф-

фективности работы каждого из тестируемых методов производилась на четырех выборках. Затем описанные наборы данных были дополнены сведениями о связях между пользователями, к исходным наборам добавлен еще один – граф социальных связей. Существующие способы представления графов имеют весьма высокую размерность, что не дает возможность применять их в качестве одного из слоев данных. По этой причине полученный граф использовался косвенным образом – для построения множества ограничений, отражающих дополнительную информацию о предметной области.

В качестве определяемых атрибутов пользователей (из набора данных *NUS-MSS*) задействованы пол и возраст. Для пользователей из набора данных *Twitter* производилось определение пола как единственного доступного целевого атрибута. Чтобы дать возможность алгоритмам машинного обучения обрабатывать полученные данные, необходимо получить их векторное представление при помощи техник извлечения признаков. Для каждой из СС применен свой набор алгоритмов извлечения признаков (текстовые [17], визуальные [18] и географические [19]).

Кроме традиционных векторов характеристик используются сведения о подписках между пользователями в каждой из СС. Эта информация использована для наложения ограничений на пары объектов, которые должны находиться в близости в результирующем проекционном пространстве. Для этого проведен анализ распределения по меткам классов среди подписчиков популярных учетных записей. Среди всех учетных записей, на которые подписано значительное число пользователей, выбраны те, у которых преобладает некоторое конкретное значение определяемого атрибута. Подписчики выбранных учетных записей, обладающие соответствующими метками классов, связывались ограничениями с аккаунтами, на которые они подписаны. В случае с определением пола у пользователей, выяснено, что подавляющим большинство читателей новостных страниц в *Twitter* про футбол и политику являются мужчинами. Одновременно, среди читателей порталов о красоте и косметике в большинстве оказались женщины. Найденные учетные записи связаны ограничениями со своими подписчиками соответствующего пола. Результатом работы описанного алгоритма является такое представление данных, в котором связанные объекты находятся в непосредственной близости, что позволяет проводить более простые разделяющие поверхности.

Анализ эффективности предлагаемого метода. Описываемый в данной работе метод поиска латентного пространства протестирован применительно к задаче классификации пользователей СС. Сведения, извлеченные из множества источников, поданы на разработанный алгоритм для получения представления низкой размерности, которое в дальнейшем использовалось алгоритмом классификации для определения пола пользователей, состоящих в тестовом наборе.

Оценка эффективности каждого анализируемого в статье метода разделяется на два этапа: тренировку,

в ходе которой происходит подбор параметров модели на основе доступных данных и тестирование. Во избежание переобучения на тренировочной выборке, подбор параметров производился с применением скользящего контроля [20]. В случае малого числа подбираемых параметров выполнялась оптимизация по сетке. Для моделей, имеющих высокую размерность пространства параметров, тренировка производилась при использовании метода спуска со случайными перезапусками. Среди конфигураций модели выбиралась та, которой соответствует наибольшее значение макро $F1$ -меры.

Процесс оценки эффективности модели содержит следующие шаги:

- а) извлечение признаков;
- б) модификация представления данных; в) классификация;
- г) подсчет метрик.

Извлечение признаков производилось один раз для всей выборки объектов в начале работы. В качестве моделей классификации использовались метод опорных векторов [21] и *Random Forest* [22].

Проведены эксперименты с использованием данных из каждого источника по отдельности. Метод преобразования данных, используемый спектральной кластеризацией, сам по себе не уступает по эффективности методу главных компонент. Модификация данного алгоритма, учитывающая наложенные ограничения, позволяет существенно улучшить качество классификации, т.к. модель использует более полные сведения, участвующие в представлении объектов.

Заключение. В статье описан и протестирован метод поиска латентного пространства, способный работать на основе множества источников информации и учитывать дополнительные знания о предметной области. Этот метод вносит вклад в развитие методов поиска латентного пространства и уменьшения размерности данных по ряду направлений: модификация метода спектральной кластеризации применена совместно с методами классификации; предложен способ объединения данных из множества источников, результатом работы которого является представление объектов в новом пространстве низкой размерности; предложен способ модификации графов, используемых для описания близости между объектами, согласно дополнительным сведениям о предметной области. Описана процедура составления множества ограничений на основе данных о пользователях СС. Выигрыш в качестве предсказаний при использовании множества источников данных показывает необходимость в анализе наиболее полной информации для достижения наилучших результатов. Приведенный метод позволяет использовать все доступные сведения, при этом избегая переобучения.

Для повышения удобства использования на практике возможна доработка описанного метода для возможности инкрементальной обработки объектов. Для этого необходимо расширение алгоритма применения ограничений для возможности модификации объектов, не состоящих в начальной выборке. В качестве

инкрементального расширения спектральной кластеризации может выступать подход, описанный в работе [23].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Hoff P. D., Raftery A. E., Handcock M. S. Latent space approaches to social network analysis // Journal of the American Statistical Association. – 2002. – Vol. 97, no. 460. – PP. 1090–1098.
2. Social Media Fact Sheet. – URL: <http://www.pewinternet.org/fact-sheet/social-media/> (Дата обращения: 22.01.2021).
3. Xie J., Szymanski B. K. Towards linear time overlapping community detection in social networks // Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. – Springer. 2012. – PP. 25–36.
4. Singla P., Richardson M. Yes, there is a correlation: -from social networks to personal behavior on the web // Proceedings of the 17th international conference on World Wide Web. – ACM. 2008. – PP. 655–664.
5. Rad A. A., Benyoucef M. Towards detecting influential users in social networks // International Conference on E-Technologies. – Springer. 2011. – PP. 227–240.
6. Liu B. Sentiment analysis and opinion mining // Synthesis lectures on human language technologies. – 2012. – Vol. 5, no. 1. – PP. 1–167.
7. Machine learning and its applications to biology / A. L. Tarca [et al.] // PLoS Comput Biol. – 2007. – Vol. 3, no. 6. – P. 116.
8. Sebastiani F. Machine learning in automated text categorization // ACM computing surveys (CSUR). – 2002. – Vol. 34, no. 1. – PP. 1–47.
9. Guzella T. S., Caminhas W. M. A review of machine learning approaches to spam filtering // Expert Systems with Applications. – 2009. – Vol. 36, no. 7. – PP. 10206–10222.
10. Auld T., Moore A. W., Gull S. F. Bayesian neural networks for internet traffic classification // IEEE Transactions on neural networks. – 2007. – Vol. 18, no. 1. – PP. 223–239.
11. Chattrack: Chat room topic detection using classification / J. Bengel [et al.] // International Conference on Intelligence and Security Informatics. – Springer. 2004. – PP. 266–277.
12. Harvesting multiple sources for user profile learning: a big data study / A. Farseev [et al.] // Proceedings of the 5th ACM on International Conference on Multimedia Retrieval. – ACM. 2015. – PP. 235–242.
13. Van Rijsbergen C. J. Information retrieval. – 1979.
14. Wagstaff K. L. Intelligent clustering with instance-level constraints: PhD thesis / Wagstaff Kiri Lou. – Cornell University, 2002. – 140 p.
15. Von Luxburg U. A tutorial on spectral clustering // Statistics and computing. – 2007. – Vol. 17, no. 4. – PP. 395–416.
16. Verhoeven B., Daelemans W., Plank B. Twisty: a multilingual twitter stylometry corpus for gender and personality profiling // 10th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2016). – 2016. – PP. 1632–1637.
17. Blei D. M., Ng A. Y., Jordan M. I. Latent dirichlet allocation // Journal of machine Learning research. – 2003. – Vol. 3, Jan. – PP. 993–1022.
18. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks // Advances in neural information processing systems. – 2012. – PP. 1097–1105.
19. Foursquare. – URL: <https://foursquare.com/> (Дата обращения: 22.01.2021).
20. A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection / R. Kohavi [et al.] // IJcai. Vol. 14. – Stanford, CA. 1995. – PP. 1137–1145.
21. Cortes C., Vapnik V. Support-vector networks // Machine learning. – 1995. – Vol. 20, no. 3. – PP. 273–297.
22. Liaw A., Wiener M. Classification and regression by randomForest // R news. – 2002. – Vol. 2, no. 3. – PP. 18–22.
23. Incremental spectral clustering by efficiently updating the eigen-system / H. Ning [et al.] // Pattern Recognition. – 2010. – Vol. 43, no. 1. – PP. 113–127.

Статья поступила в редакцию 10.02.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 004.9

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0004

ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ВЫПОЛНИМОСТИ УСЛОВИЙ ГАУССА-МАРКОВА ПРИ ПОСТРОЕНИИ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ С ПОМОЩЬЮ ЯЗЫКА R

© 2020

Черемухин Артем Дмитриевич, старший преподаватель кафедры «Физико-математические науки»

Шамин Алексей Анатольевич, кандидат экономических наук,

доцент кафедры «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Нижегородский государственный инженерно-экономический университет

(606340, Россия, Нижегородская область, Княгинино, улица Октябрьская, 22а,

e-mails: ngie.u.cheremuhin@yandex.ru, ngiei-spo@mail.ru)

Аннотация. Использование любых математических методов требует тщательного изучения области его применимости. Это относится и к линейной регрессии, которая часто используется в экономических исследованиях в качестве инструмента формализации существующих зависимостей между переменными. При этом, анализ большого числа отечественных и зарубежных исследований в области сельского хозяйства выявил, что в них при построении модели линейной регрессии не проверяется выполнимость условий Гаусса-Маркова, что потенциально может привести к смещенности полученных коэффициентов и ошибочной интерпретации их значений. В статье проведены исследования зависимости некоторых финансовых показателей сельскохозяйственных организаций от количества их ресурсов. Были построены 5 уравнений множественной линейной регрессии, с помощью алгоритма, реализованного в пакете *glvma* для языка R показано, что построенные модели не отвечают условиям Гаусса-Маркова, и, следовательно, оценки их коэффициентов могут быть смещены, а сами они не могут быть использованы для описания исследуемых закономерностей. В заключении сделан вывод о необходимости проверки моделей регрессии на выполнимость предпосылок Гаусса-Маркова, предложены некоторые способы работы с такими моделями, намечены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: линейная регрессия, предпосылки Гаусса-Маркова, метод наименьших квадратов, гетероскедастичность, асимметрия, эксцесс, мультиколлинеарность, отбор признаков, экономика сельского хозяйства

SATISFACTION OF THE GAUSS-MARKOV CONDITIONS WHEN CONSTRUCTING A LINEAR REGRESSION USING R

© 2020

Cheremuhin Artem Dmitrievich, assistant professor of the chair «Physics and Mathematics »

Shamin Aleksei Anatolievich, PhD,

associate professor of the chair «Infocommunication technologies and communication systems»

Nizhniy Novgorod state engineering-economic university, Knyaginino (Russia)

(606340, Russia, Knyaginino, street Oktyabrskaya 22a, e-mails: ngie.u.cheremuhin@yandex.ru, ngiei-spo@mail.ru)

Abstract. The use of any mathematical method requires a thorough study of the area of its applicability. This also applies to linear regression, which is often used in economic research as a tool to formalize existing relationships between variables. At the same time, the analysis of a large number of domestic and foreign studies in the field of agriculture revealed that they do not check the satisfaction of the Gauss-Markov conditions when constructing a linear regression model, which can potentially lead to bias in the obtained coefficients and erroneous interpretation of their values. The article studies the dependence of some financial indicators of agricultural organizations on the amount of their resources. Five equations of multiple linear regression were constructed, using the algorithm implemented in the *glvma* package for the R language it was shown that the constructed models do not meet the Gauss-Markov conditions, and, therefore, the estimates of their coefficients can be biased, and they themselves cannot be used for descriptions of the studied patterns. In conclusion, it is concluded that it is necessary to test the regression models for the feasibility of the Gauss-Markov assumptions, some ways of working with such models are proposed, and directions for further research are outlined.

Keywords: linear regression, Gauss-Markov assumptions, least squares method, heteroscedasticity, asymmetry, kurtosis, multicollinearity, feature selection, agricultural economics.

Введение. В условиях появления большого количества различных математических методов работы с большими данными разных типов и форматов актуализируются проблемы адекватного их применения, в том числе и при работе с экономическими данными, в процессе проведения экономических исследований.

Один из самых популярных и часто используемых простых математических методов исследования – метод линейной регрессии. В разных исследованиях,

связанных с экономикой сельского хозяйства, он используется для:

- оценки связи между рентабельностью сельскохозяйственного производства в районе и внесением минеральных удобрений, количеством работников в сельском хозяйстве [1];
- исследования динамики доли убыточных сельскохозяйственных организаций [2];
- оценки параметров связи между величиной ос-

новых фондов, затрат на заработную плату, стоимостью внесения минеральных удобрений и урожайностью зерновых и зернобобовых культур [3];

- анализа влияния расхода кормов на 1 голову на молочную продуктивность коров [4];

- анализа влияния удельного веса активной части основных фондов, фондообеспеченности и энергооборуженности на выручку от реализации продукции в расчете на 1 га сельскохозяйственных угодий [5];

- оценки влияния количества работников с высшим профильным образованием на рост прибыли до налогообложения, чистую прибыль, выручку от продаж, выпуск продукции сельского хозяйства, рентабельность [6];

- построения уравнений динамики урожайности различных культур [7];

- оценки состава влияющих факторов на величину коэффициента финансовой независимости [8];

- анализа влияния доли субсидий в выручке от реализации молока и молочных продуктов, производительности труда, продуктивности коров, уровня товарности молока, величины среднегодового поголовья коров на прибыль от реализации молока и молочных продуктов с учетом субсидий в расчете на 1 корову [9];

- построения модели влияния различных генетических факторов, и показателей оценки здоровья коров на их продуктивность [10];

- определения влияния убеждений руководителей животноводческих организаций на показатели прибыльности организации [11];

- исследования связи между производительностью труда и различными экономическими показателями организации [12];

- анализа влияния различных производственных показателей на результативность производства в отрасли молочного животноводства [13];

- выявления предикторов, отвечающих за принятие решений о сдаче неиспользуемой земли фермерами в аренду [14];

- прогнозирования влияния предполагаемых изменений климата на производительность сельскохозяйственных организаций [15];

- оценки эффективности мероприятий по сохранению сельских территорий и изменению эффективности деятельности фермеров [16].

При этом не всегда применение данного метода оправдано.

Общепринято, что при исследовании экономических процессов с помощью линейной регрессии, выводятся не только полученные значения коэффициентов, но и p -оценки их значимости, а также коэффициент детерминации и значения F -критерия Фишера.

В большей части программных продуктов по умолчанию используется метод наименьших квадратов для получения оценок линейной регрессии. При этом, МНК дает эффективные оценки только при выполнении условий Гаусса-Маркова. Однако, стандартный алгоритм проверки значимости коэффициентов регрессии и модели не предполагает изучение выпол-

нимости этих условий [17].

Невыполнение данных условий приводит к различным негативным эффектам [18], главным из которых является смещенность оценок коэффициентов даже при условии их статистической значимости и значимости модели регрессии.

Обычные методы проверки выполнимости условий МНК достаточно разнородны – существует много статистических тестов, определяющих мультиколлинеарность [19], для проверки остатков на нормальность часто используют графические методы. Однако, в 2006 году была разработана методика проверки выполнимости условий Гаусса-Маркова для модели линейной регрессии на основе проверки соответствующих статистических гипотез [20].

Она предполагает проверку четырех предположений (линейность, гомоскедастичность, некоррелированность, нормальность распределения остатков) с помощью соответствующего статистического теста и проверку общей гипотезы о выполнимости этих предпосылок. Компьютерная реализация данной методики представлена в работе [21], и выполнена в пакете *ghma* для языка *R*.

Целью данной работы является выявление наиболее статистически значимых закономерностей деятельности сельскохозяйственных организаций Нижегородской области, и проверка коэффициентов полученных уравнений регрессии на смещенность путем определения выполнимости предпосылок Гаусса-Маркова.

Материалы и результаты исследования. В качестве информационной базы выступали данные годовой бухгалтерской отчетности сельскохозяйственных организаций Нижегородской области за 2014-2017 гг., содержащие следующие переменные (табл. 1).

Таблица 1 – Описание отобранных для исследования переменных

№	Переменная	Единица измерения
1	Количество работников	Человек
2	Заработная плата	Рублей
3	Величина пашни	Гектар
4	Условное поголовье	Голов
5	Общая мощность техники	Лошадиных сил
6	Стоимость основных средств	Тысяч рублей
7	Заготовлено грубых и сочных кормов	Центнеров кормовых единиц
8	Полная себестоимость продукции растениеводства	Тысяч рублей
9	Полная себестоимость продукции животноводства	Тысяч рублей
10	Себестоимость продукции	Тысяч рублей
11	Выручка от реализации	Тысяч рублей
12	Прибыль от реализации	Тысяч рублей

В качестве зависимых переменных выступали переменные 8-12, в качестве независимых были выбраны переменные 1-7.

Поскольку в качестве независимых переменных выступают семь переменных, возникает проблема правильного определения состава влияющих переменных для каждой модели.

Единого решения данной задачи нет, проблема отбора признаков в модель остается актуальной, появляются новые решения [22], однако мы остановимся на применении классического метода *step-wise* регрессии, описанном в [23].

Для достижения поставленной цели предлагается использование следующего алгоритма расчетов по каждой зависимой переменной:

1. Применяя алгоритм *stepwise*-регрессии, получаем наиболее значимую модель согласно информационному критерию Акаике

2. Анализируем значимость коэффициентов регрессии и его самого выбранной в п.1 модели

3. Анализируем выполнимость предпосылок Гаусса-Маркова

Таким образом, в результате применения описанного выше алгоритма были получены 5 уравнений линейной регрессии, описывающих зависимости финансовых показателей деятельности сельскохозяйственных организаций Нижегородской области от количества ресурсов в них. Их описание приведено в таблицах 2-6.

Таблица 2 – Результаты модели регрессии себестоимости произведенной продукции растениеводства от количества ресурсов сельскохозяйственных организаций

Наименование независимой переменной	Значение коэффициента	p-значение
Свободный член	-5846	< 2e-16
Величина пашни	4.138	< 2e-16
Общая мощность техники	0.443	2.71e-10
F-критерий Фишера	415	< 2.2e-16
Коэффициент детерминации		0.3769
Скорректированный коэффициент детерминации		0.376
Глобальная статистика невыполнимости условий Гаусса-Маркова в модели	57871.37	0
Статистика гипотезы наличия асимметричности распределения ошибок	2637.41	0
Статистика гипотезы наличия отличий распределения ошибок от нормального	55083.51	0
Статистика гипотезы нарушения предпосылки линейности	58.89	1.665e-14
Статистика гипотезы наличия гетероскедастичности	55.55	9.104e-14

Анализ модели, описанной в таблице 2, позволяет сделать вывод о том, что обнаруженная зависимость, несмотря на общую значимость модели и отдельных коэффициентов в целом, всего на 37,7 % объясняет дисперсию зависимой переменной; кроме того, углубленный анализ показывает, что ни одна из предпосылок Гаусса-Маркова не выполняется, следовательно, полученные коэффициенты смещены и использовать данную модель для экономического анализа нельзя.

Это демонстрируется статистиками достоверности гипотез о невыполнимости предпосылок регрессии. Все они значимы на уровне, значительно меньшем 0.01. Кроме того, невыполнимость предпосылки о линейности моделей показывает необходимость модификации спецификации модели. Рассмотрим следующую модель.

Таблица 3 – Результаты модели регрессии себестоимости произведенной продукции животноводства от количества ресурсов сельскохозяйственных организаций

Наименование независимой переменной	Значение коэффициента	p-значение
Свободный член	-11390	0.000616
Количество работников	718.8	< 2e-16
Общая мощность техники /	-2.971	1.58e-15
Стоимость основных средств	0.3544	< 2e-16
Условное поголовье	-11.42	1.49e-13
Величина пашни	-7.153	< 2e-16
Заработная плата	1.529	4.45e-09
Заготовлено грубых и сочных кормов	-1.092	< 2e-16
F-критерий Фишера	1366	< 2e-16
Коэффициент детерминации		0.8749
Скорректированный коэффициент детерминации		0.8743
Глобальная статистика невыполнимости условий Гаусса-Маркова в модели	99470	0
Статистика гипотезы наличия асимметричности распределения ошибок	5.236	0.021
Статистика гипотезы наличия отличий распределения ошибок от нормального	88441	0
Статистика гипотезы нарушения предпосылки линейности	976.6	0
Статистика гипотезы наличия гетероскедастичности	47.23	6.287e-12

Анализ модели, описанной в таблице 3, позволяет сделать вывод о том, что обнаруженная зависимость, несмотря на общую значимость модели и отдельных коэффициентов в целом, то, что она объясняет 87,5 % дисперсии зависимой переменной, имеет смещенные коэффициенты (поскольку ни одна из предпосылок Гаусса-Маркова не выполняется), следовательно, и использовать данную модель для экономического анализа нельзя. Кроме того, невыполнимость предпосылки о линейности моделей показывает необходимость модификации спецификации модели. Рассмотрим следующую модель в таблице 4.

Анализ модели, описанной в таблице 4, позволяет сделать вывод о том, что обнаруженная зависимость, несмотря на общую значимость модели и отдельных коэффициентов в целом, то, что она объясняет 90 % дисперсии зависимой переменной, имеет смещенные коэффициенты (поскольку ни одна из предпосылок Гаусса-Маркова не выполняется), следовательно, и использовать данную модель для экономического анализа нельзя. Кроме того, большое значение статистики гипотезы о нарушении предпосылки линейности моделей показывает необходимость модификации спецификации модели. Рассмотрим следующую модель.

Анализ модели, описанной в таблице 5, позволяет сделать вывод о том, что обнаруженная зависимость, несмотря на общую значимость модели и отдельных коэффициентов в целом, то, что она объясняет 88 % дисперсии зависимой переменной, имеет смещенные коэффициенты (поскольку ни одна из предпосылок Гаусса-Маркова не выполняется), следовательно, и использовать данную модель для экономического ана-

лиза нельзя. Кроме того, большое значение статистики гипотезы о нарушении предпосылки линейности моделей показывает необходимость модификации спецификации модели. В таблице 6 рассмотрим следующую модель.

Таблица 4 – Результаты модели регрессии общей себестоимости произведенной продукции от количества ресурсов сельскохозяйственных организаций

Наименование независимой переменной	Значение коэффициента	p-значение
Свободный член	-20530	1.78e-14
Количество работников	566.7	< 2e-16
Общая мощность техники	-1.385	2.73e-06
Стоимость основных средств	0.3295	< 2e-16
Условное поголовье	-13.94	< 2e-16
Величина пашни	-1.881	0.000454
Заработная плата	1.993	< 2e-16
Заготовлено грубых и сочных кормов	-0.78	< 2e-16
F-критерий Фишера	1757	< 2e-16
Коэффициент детерминации		0.9
Скорректированный коэффициент детерминации		0.8994
Глобальная статистика невыполнимости условий Гаусса-Маркова в модели	43726	0
Статистика гипотезы наличия асимметричности распределения ошибок	14.33	1.536e-04
Статистика гипотезы наличия отличий распределения ошибок от нормального	42933	0
Статистика гипотезы нарушения предпосылки линейности	730.7	0
Статистика гипотезы наличия гетероскедастичности	48.96	2.617e-12

Таблица 5 – Результаты модели регрессии общей выручки сельскохозяйственной организации от количества ее ресурсов

Наименование независимой переменной	Значение коэффициента	p-значение
Свободный член	-24710	4.47e-11
Количество работников	794.5	< 2e-16
Общая мощность техники	-2.55	8.90e-10
Стоимость основных средств	0.414	< 2e-16
Условное поголовье	-27.07	< 2e-16
Величина пашни	-2.36	0.00173
Заработная плата	2.538	1.02e-15
Заготовлено грубых и сочных кормов	-1.075	< 2e-16
F-критерий Фишера	1434	< 2e-16
Коэффициент детерминации		0.8802
Скорректированный коэффициент детерминации		0.8795
Глобальная статистика невыполнимости условий Гаусса-Маркова в модели	81741	0
Статистика гипотезы наличия асимметричности распределения ошибок	114.8	0
Статистика гипотезы наличия отличий распределения ошибок от нормального	80729	0
Статистика гипотезы нарушения предпосылки линейности	844.3	0
Статистика гипотезы наличия гетероскедастичности	52.7	3.846e-13

Анализ модели, описанной в таблице 6, позволяет сделать вывод о том, что обнаруженная зависимость, несмотря на общую значимость модели и отдельных коэффициентов в целом, то, что она объясняет 71,5

% дисперсии зависимой переменной, имеет смещенные коэффициенты (поскольку ни одна из предпосылок Гаусса-Маркова не выполняется), следовательно, и использовать данную модель для экономического анализа нельзя. Кроме того, большое значение статистики гипотезы о нарушении предпосылки линейности моделей показывает необходимость модификации спецификации модели.

Таблица 6 – Результаты модели регрессии общей прибыли сельскохозяйственной организации от количества ее ресурсов

Наименование независимой переменной	Значение коэффициента	p-значение
Свободный член	-5081	0.000142
Количество работников	230.3	< 2e-16
Общая мощность техники	-1.249	3.59e-16
Стоимость основных средств	0.083	< 2e-16
Условное поголовье	-13.33	< 2e-16
Заработная плата	0.37	0.000699
Заготовлено грубых и сочных кормов	-0.3	3.67e-10
F-критерий Фишера	574.1	< 2.2e-16
Коэффициент детерминации		0.7157
Скорректированный коэффициент детерминации		0.7145
Глобальная статистика невыполнимости условий Гаусса-Маркова в модели	131499	0
Статистика гипотезы наличия асимметричности распределения ошибок	1527.2	0
Статистика гипотезы наличия отличий распределения ошибок от нормального	129244	0
Статистика гипотезы нарушения предпосылки линейности	615.6	0
Статистика гипотезы наличия гетероскедастичности	112.1	0

Заключение. Анализ моделей, описанных в таблицах 2-6, показывает, что:

- возможно построить модели, описывающие зависимость себестоимости, выручки, прибыли, полученной сельскохозяйственными организациями, от количества ресурсов в них;

- во всех полученных моделях наблюдается невыполнимость хотя бы одной предпосылки Гаусса-Маркова, что говорит о смещенности коэффициентов и невозможности использования данных, полученных из них, для объяснения соответствующих экономических явлений.

Таким образом, очевидна необходимость изучения выполнимости предпосылок Гаусса-Маркова при построении уравнений линейной регрессии и оценке ее коэффициентов с помощью метода наименьших квадратов.

Идея данного исследования может быть развита:

- в части продолжения верификации часто используемых моделей линейной регрессии в экономике, например, применительно к производственным функциям;

- оценке применимости разных модификаций МНК и других методов (например, максимального правдоподобия, квантильной регрессии) для получения значений коэффициентов данных моделей, исследования вариации данных коэффициентов;

- в области применимости разных способов пре-

образования зависимых и независимых переменных модели для улучшения ее достоверности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Волков, И. В., Тогашов, Д. А. Исследование факторов, влияющих на развитие предпринимательства в аграрном секторе экономики / Азимут научных исследований: экономика и управление. 2017. Т. 6. № 1 (18). С. 53-57.
2. Генералов, И. Г. Зависимость убыточности сельскохозяйственных организаций от устойчивости урожайности зерна / Вестник НИИЭИ. 2020. № 5 (108). С. 50-62.
3. Никульчев, А. А. Оценка эффективности расширенного воспроизводства в сельском хозяйстве Волгоградской области / Бизнес. Образование. Право. 2018. № 3 (44). С. 244-248.
4. Кремьянская, Е. В., Кремьянский, В. Ф., Кремьянский, В. В. Об эффективности организации кормовой базы молочного скотоводства в Краснодарском крае / Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 4. С. 66-71.
5. Сенникова, А. Е., Бондарь, А. М. Корреляционно-регрессионный анализ эффективности использования основных производственных фондов / Заметки ученого. 2020. № 5. С. 161-164.
6. Шелковников, С. А., Кузнецова, И. Г. Влияние уровня развития человеческого капитала на эффективность сельскохозяйственного производства / Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. 2019. № 6. С. 105-113.
7. Парамакли, Д. М., Шамин, А. Е., Сулов, С. А., Волостнов, Н. С. Методические особенности анализа продуктивности земли / Вестник НИИЭИ. 2020. № 8 (111). С. 60-80.
8. Савченко, А. С. Моделирование оценки финансового состояния сельскохозяйственных организаций Алтайского края / Алтайский вестник государственной и муниципальной службы. 2020. № 18 (18). С. 94-96.
9. Трусова, Н. А. Оценка факторов эффективности переработки молока в сельскохозяйственных организациях / Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (51). С. 248-253.
10. Robichaud, M. V., Rushen, J., de Passille, A. M., Vasseur, E., Haley, D., Orsel, K., Pellerin, D. Is the profitability of Canadian freestall farms associated with their performance on an animal welfare assessment? / Journal of Dairy Science. 2018. № 101. P. 2350-2358.
11. O'Leary, N. W., Bennett, R. M., Tranter, R. B., Jones, P. J. The extent that certain dairy farmer attitudes and behaviors are associated with farm business profitability / Journal of Dairy Science. 2018. № 101. T. 3. P. 2350-2358.
12. Deming, J., Kinsella, J., O'Brien, B., Shalloo, L. An examination of the effects of labor efficiency on the profitability of grass-based, seasonal-calving dairy farms / Journal of Dairy Science. 2019. № 102. T. 9. P. 8341-8440.
13. Ma, W., Renwick, A., Zhou, X. The relationship between farm debt and dairy productivity and profitability in New Zealand / Journal of Dairy Science. 2020. № 103. T. 9. P. 8251-8256.
14. Bradfield, T., Butler, R., Dillon, E. J., Hennessy, T. The factors influencing the profitability of leased land on dairy farms in Ireland / Land Use Policy. 2020. № 95. 104649.
15. Kolberg, D., Persson, T., Mangerud, K., Riley, H. Impact of projected climate change on workability, attainable yield, profitability and farm mechanization in Norwegian spring cereals / Soil & Tillage Research. 2019. № 185. P. 122-138.
16. Schilling, B. J., Attavanich, W., Sullivan, K. P., Marxen, L. J. Measuring the effect of farmland preservation on farm profitability / Land Use Policy. 2014. № 41. P. 84-96.
17. Занин, А. В., Квасов, И. Н. Моделирование парной регрессии и проверка ее качества на основе анализа / Транспортное дело России. 2017. № 6. С. 21-24.
18. Схведиани, А. Е. Основные предпосылки классической линейной регрессии и последствия их нарушений / Инновации и инвестиции. 2020. № 8. С. 38-42.
19. Орлова, И. В. Анализ инструментов языка R для решения проблемы мультиколлинеарности данных / Современные наукоемкие технологии. 2018. № 6. С. 129-137.
20. Pena, E. A., Slate, E. H. Global validation of linear model assumptions / Journal of the American Statistical Association. 2006. № 101. P. 341-354.
21. Medina, L., Kreutzmann, A.-K., Rojas-Perilla, N., Castro,

- P. The R package trafo for transforming linear regression models / The R Journal. 2019. № 11/2. P. 99-123.
22. Базилевский, М. П. Сведение задачи отбора информативных регрессоров при оценивании линейно-регрессионной модели по методу наименьших квадратов к задаче частично-булевого линейного программирования / Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2018. Т. 6. № 1 (20). С. 108-117.
 23. Venables, W. N., Ripley, B. D. Modern Applied Statistics with S. 2002 Fourth edition. Springer. ISBN 978-0-387-21706-2

Статья поступила в редакцию 28.12.2020

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 004.42

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0005

О ПРАКТИЧЕСКИХ АСПЕКТАХ СОЗДАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЫ СОВМЕСТНО С РАСПРЕДЕЛЁННЫМ ПРОГРАММНЫМ БРОКЕРОМ СООБЩЕНИЙ *APACHE KAFKA*

©2020

Тамбовцев Антон Юрьевич, магистрант

Смолянов Андрей Григорьевич, кандидат физико-математических наук, доцент,
заведующий кафедрой фундаментальной информатики

*Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва
(430005, Россия, г. Саранск, улица Большевикская, д. 68,
e-mails: grafvector725@gmail.com, mgutech@mail.ru)*

Аннотация. В настоящее время большое развитие получила идея микросервисной архитектуры. В статье обсуждаются вопросы организации обмена сообщениями между сервисами в микросервисной экосистеме при помощи брокера сообщений Apache Kafka и распределенного хранилища Apache Zookeeper. В контексте микросервисов, сервис - это не какой-то класс или функция, а изолированное приложение, которое отвечает на запросы. Оно способно также отправлять запросы, иметь свою собственную базу данных и необходимый набор библиотек и фреймворков. Сервис не должен быть зависим от конкретного языка программирования, он должен предоставлять интерфейс для обращения к нему, это и есть изолированность, то есть для каждого сервиса можно подобрать тот стек технологий, который подходит для решения задач данного сервиса. Принято создавать сервисы максимально компактными (отсюда и название – «микросервис»), которые решают конкретные бизнес-задачи. В статье рассматривается реализация простого приложения, написанного на языках Java с использованием фреймворка Spring Boot и Golang вместе с пакетом kafka-go. Данные стек технологий сегодня самый популярный в контексте высоконагруженных и распределенных систем, как вместе, так и по отдельности. Так же показывается независимость приложения от конкретного языка программирования. Демонстрируются идеи построения масштабируемых приложений на абстракциях и подходах. Исследование показало полезность и популярность брокеров сообщений и самой идеи обмена сообщениями между сервисами посредством рассмотренного подхода.

Ключевые слова: микросервис, брокер сообщений, распределенная система, веб-сервис, подписчик, порт, канал связи.

ON THE PRACTICAL ASPECTS OF CREATING MICROSERVICE ARCHITECTURE APPLICATIONS IN CONJUNCTION WITH THE *APACHE KAFKA* DISTRIBUTED SOFTWARE MESSAGE BROKER

©2020

Tambovtsev Anton Yurievich, master's student

Smolyanov Andrey Grigorievich, candidate of Physical and Mathematical Sciences,
head of the Department of Fundamental Informatics

*National Research Mordovia State University named after N.P. Ogarev
(430005, Russia, Saransk, street Bolshevik, 67, e-mails: grafvector725@gmail.com, mgutech@mail.ru)*

Abstract. Currently, the idea of microservice architecture has received a lot of development. This article discusses how to organize messaging between services in a microservice ecosystem using Apache Kafka message broker and Apache Zookeeper distributed storage. In the context of microservices, a service is not a class or function, but a sandboxed application that responds to requests. It can also send requests, have its own database and the necessary set of libraries and frameworks. The service should not be dependent on a specific programming language, it should provide an interface for accessing it, this is isolation, that is, for each service, you can choose the technology stack that is suitable for solving the tasks of this service. It is customary to create services as compact as possible (hence the name - "microservice") that solve specific business problems. The article discusses the implementation of a simple application written in Java using the Spring Boot framework and Golang along with the kafka-go package. These technology stacks are the most popular today in the context of high-load and distributed systems, both together and separately. The independence of the application from a specific programming language is also shown. The ideas of building scalable applications on abstractions and approaches are demonstrated. The study showed the usefulness and popularity of message brokers and the very idea of messaging between services through the considered approach.

Keywords: microservice, message broker, distributed system, web service, subscriber, port, communication channel.

Введение. Современные технологии разработки распределенных систем предложили программистам специальные инструменты – брокеры сообщений, предназначенные для обмена данными микросерви-

сов между собой [1]. Обсудим идеи их применения. Как известно, микросервисы должны быть изолированы друг от друга [2]. По этой причине возникает необходимость в каком-то протоколе, к примеру, *http*,

который позволил бы сервисам обмениваться между собой сообщениями [3]. Возникает вопрос: как быть, если сервис, на который послано сообщение, в данный момент занят и не может обработать посланное сообщение? Одно из решений – где-то временно его разместить. Здесь и оказывается полезен брокер сообщений. Таким образом, в качестве цели работы можно обозначить исследование методов построения микросервисных приложений с помощью брокера сообщений. Задачей исследования была разработка простого микросервисного приложения с использованием *Apache Kafka* и языков программирования *Java* и *Golang*.

Материалы и результаты исследования. Напомним, что брокер сообщений – архитектурный паттерн в структуре распределенной системы. Это приложение, которое преобразует в соответствии с некоторым протоколом сообщение от приложения-источника в сообщение протокола приложения-приемника, выступа-

ющая между ними посредником.

Кроме преобразования сообщений из одного формата в другой, в задачи брокера сообщений также входят следующие функции:

- 1) проверка сообщений на ошибки;
- 2) маршрутизация сообщений конкретным приемникам;
- 3) разбиение сообщения на несколько частей, агрегирование ответов приемников и отправка результата источнику;
- 4) сохранение сообщений в базе данных;
- 5) вызов веб-сервисов;
- 6) рассылка сообщений подписчикам, если используются шаблоны типа «издатель-подписчик» [4].

Кратко обсудим идеи построения микросервисного приложения с использованием *Spring Boot*, *Golang* и *Apache Kafka* [5, 6]. Упрощенная структура общения сервисов через *Apache Kafka* показана на рисунке 1.

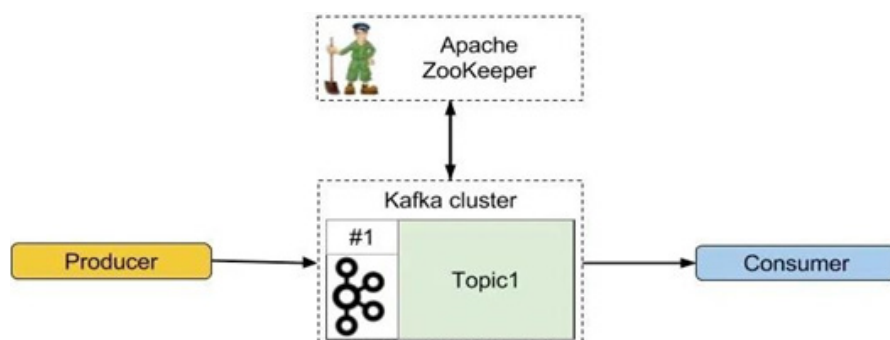


Рисунок 1 – Структура общения сервисов посредством брокера Apache Kafka

Как видно из рисунка 1, на схеме присутствует еще один сервис – *Apache Zookeeper* [7].

Это некое хранилище объектов типа $\{key: value\}$ [8]. Он будет использоваться для хранения наших тем.

Здесь уместно напомнить ряд важных для исследования терминов:

- Тема (*topic*) – некий канал связи, к которому подключаются сервисы и через него передают сообщения;
- Подписчики (*consumer*) – это те, кто будет принимать сообщения из темы;
- Издатель (*producer*) – сервис, который посылает сообщения;
- Группа (*group*) – группа подписчиков;
- Раздел (*partition*) – группа тем;
- Потоки (*streams*) – инструменты для тем.

```
/usr/bin/java
Zookeeper JMX enabled by default
Using config: /home/ramfan/study/kafka_broker/zookeeper/bin/./conf/zoo.cfg
Starting zookeeper ... STARTED
```

Проверить работоспособность сервиса можно следующей командой [10]:

```
echo ruok | nc localhost 2181
```

Если в ответ пришло *imok*, значит, все прошло хорошо.

Следующий этап – поднятие самого брокера *Apache Kafka*.

Реализация поставленной задачи потребует вернуть среду *Apache Kafka*. В первую очередь нам потребуется «поднять» хранилище объектов. В файле конфигураций *Zookeeper* минимальное, что требуется сделать, указать порт, на котором будет запущен экземпляр хранилища и путь к папке, в которую будут направляться данные [9]. Время, через которое хранилище будет искать *JVM* машины в нашей системе, указывается в миллисекундах:

```
tickTime=2000
clientPort=2181
dataDir=/var/zookeeper
```

Старт сервиса *Zookeeper*:

```
./zookeeper/bin/zkServer.sh start.
```

Если все прошло успешно, то пользователь увидит сообщение типа:

```
./kafka_2.12-2.6.0/bin/kafka-server-start.sh
./kafka_2.12-2.6.0/config/ server.properties
Теперь создадим topic с названием message:
/kafka_2.12-2.6.0/bin/kafka-topics.sh
--create
--zookeeper localhost:2181
--replication-factor 1
```

```
--partitions 1
--topic message
```

Теперь можно приступать к написанию микросервисного приложения.

Создадим *Java*-проект и подключим в нем фреймворки *Spring Boot* и *Spring Kafka* [11, 12].

Наши сервисы могут быть либо подписчиками, либо издателями. По этой причине сервис нужно сконфигурировать либо под подписчика, либо под издателя [13].

```
@Configuration
public class KafkaConsumerConfiguration {
    @Bean
    public KafkaListenerContainerFactory<?>
kafkaListenerSingleFactory() {
        ConcurrentKafkaListenerContainerFactor
y<Long, AbstractDto> factory =
            new ConcurrentKafkaListenerContain
erFactory<>();
        factory.setConsumerFactory(kafkaConsum
erProprieties());
        factory.setBatchListener(false);
        factory.setMessageConverter(stringJson
MessageConverter());
        return factory;
    }
    @Bean
    public StringJsonMessageConverter
stringJsonMessageConverter() {
        return new StringJsonMessageConverter();
    }
    @Bean
    public DefaultKafkaConsumerFactory<Long
, AbstractDto>
kafkaConsumerProprieties() {
        Map<String, Object> proprieties = new
HashMap<>();
        proprieties.put(ConsumerConfig.GROUP_ID
_CONFIG, «server.broadcast»);
        proprieties.put(ConsumerConfig.ENABLE_AU
TO_COMMIT_CONFIG, true);
        proprieties.put(ConsumerConfig.Bootstra
pServersConfig, «localhost:9092»);
        proprieties.put(ConsumerConfig.KEY_DESE
RIALIZER_CLASS_CONFIG,
            StringDeserializer.class);
        proprieties.put(ConsumerConfig.VALUE_DE
SERIALIZER_CLASS_CONFIG,
            StringDeserializer.class);
        return new DefaultKafkaConsumerFactor
y<Long, AbstractDto>(proprieties);
    }
}
```

В данной конфигурации нам нужно указать сериализаторы и десериализаторы для перевода сообщения из строки в объект и наоборот [14]. Так же нужно указать адрес, на котором работает сам брокер.

Создадим фабрику подписчиков – *kafkaListenerSingleFactory* [15]. Проинициализированная нужными нам свойствами, она в дальнейшем будет служить стандартной фабрикой подписчиков. Здесь устанавливается *factory.setBatchListener(false)*, то есть данная фабрика будет использоваться исключительно для приема одиночных сообщений. Если же нам потребуется получать списки таких сообщений, как массив *JSON*-объектов, то нам будет нужна другая фабрика, но уже со свойством *factory.setBatchListener(true)*. Это один из ключевых моментов в конфигурации подписчиков. Далее в

классе-сервисе, который будет обрабатывать полученные сообщения, укажем название данного метода – *kafkaListenerSingleFactory*.

kafkaConsumerProprieties – это просто список конфигураций. Здесь указываем адрес сервера, группу и десериализаторы.

Опишем класс-сервис, который будет прослушивать нашу тему *gateway_topic*.

```
@Service
@Slf4j
public class MessageManagerServiceImpl
implements MessageManagerService {
    private final KafkaTemplate<Long, Messa
geDto>
        starshipDtoKafkaTemplate;
    private final ObjectMapper objectMapper;
    private final Logger log;
    @Autowired
    public MessageManagerServiceImpl(Kafka
Template
        <Long, MessageDto>
kafkaStarshipTemplate,
        ObjectMapper objectMapper,
        Logger log) {
        this.starshipDtoKafkaTemplate = kafka
Star shipTemplate;
        this.objectMapper = objectMapper;
        this.log = log;
    }
    @Override
    @KafkaListener(id = "MessageManager", to
pics = {"message"},
        containerFactory = "kafkaLi
stenerSingleFactory")
    public void consume(MessageDto dto) {
        log.info("=> consumed {}", writeValue
AsString(dto));
    }
    private String writeValueAsString(Message
Dto dto) {
        try {
            return objectMapper.writeValueAs
String(dto);
        } catch (JsonProcessingException e) {
            e.printStackTrace();
            throw new RuntimeException
                ("Writing value to JSON fai
led: " + dto.toString());
        }
    }
}
```

Заметим, что код

```
@KafkaListener(id = "MessageManager",
    topics = {"message"},
    containerFactory = "kafkaListe
ner SingleFactory")
```

говорит о том, какую тему прослушивает метод, и какая фабрика при этом будет использоваться [16].

Перейдем к рассмотрению второго сервиса.

Для примера был использован другой язык программирования – *Go* [17]. Здесь использовалась библиотека для конфигурации *Apache Kafka*, *kafka-go* [18, 19]. Данный сервис будет издателем. Функция *createProducer* фактически является конфигурацией

издателя. Она возвращает указатель на функцию *Writer* библиотеки [20]. Можно заметить значительное сокращение кода.

```
func createProducer() *kafka.Writer {
    producer := &kafka.Writer{Addr:
kafka.TCP("localhost:9092"),
    Topic: "gateway_topic", Balancer:
&kafka.LeastBytes{}}
    return producer
}
type MessageDTO struct {
    ID int `json:"id"`
    Action string `json:"actionType"`
    Payload interface{} `json:"payload"`
}
func main() {
    kafkaProducer := createProducer()
    for i:=0; i++ {
        messageBody := &MessageDTO{ID: i,
Action: "SEND_MESSAGE_ACTION",
        Payload: nil}
        messageBodyAsJson, err := json.
Marshal(messageBody)
        if err != nil {
            fmt.Println(err)
        }
    }
}
```

```
.ServiceApplication : <= sending {"id":41249944,"payload":null,"actionType":"SEND_MESSAGE_ACTION"}
.ServiceApplication : <= sending {"id":41252946,"payload":null,"actionType":"SEND_MESSAGE_ACTION"}
.ServiceApplication : <= sending {"id":41255947,"payload":null,"actionType":"SEND_MESSAGE_ACTION"}
.ServiceApplication : <= sending {"id":41258949,"payload":null,"actionType":"SEND_MESSAGE_ACTION"}
.ServiceApplication : <= sending {"id":41261950,"payload":null,"actionType":"SEND_MESSAGE_ACTION"}
```

Рисунок 2 – Результат отправки сообщений

```
.ServerApplication : => consumed {"id":41249944,"payload":null,"actionType":"SEND_MESSAGE_ACTION"}
.ServerApplication : => consumed {"id":41252946,"payload":null,"actionType":"SEND_MESSAGE_ACTION"}
.ServerApplication : => consumed {"id":41255947,"payload":null,"actionType":"SEND_MESSAGE_ACTION"}
.ServerApplication : => consumed {"id":41258949,"payload":null,"actionType":"SEND_MESSAGE_ACTION"}
.ServerApplication : => consumed {"id":41261950,"payload":null,"actionType":"SEND_MESSAGE_ACTION"}
```

Рисунок 3 – Результат приема сообщений из темы

Заключение. Рассмотренные в настоящем материале программные инструменты продемонстрировали технологию взаимодействия микросервисных приложений. Показаны способы организации взаимо-

```
msg := kafka.Message{
    Key: []byte(fmt.Sprintf("Key-
%d", i)),
    Value: []byte(fmt.Sprintf("string(messageBodyAsJson))),
}
err = kafkaProducer.WriteMessages(
context.Background(), msg)
if err != nil{
    fmt.Println(err)
}
time.Sleep(322000)
}
defer kafkaProducer.Close()
}
```

действия микросервисных приложений посредством брокера сообщений. Разработанный в рамках настоящего исследования программный код показал свою корректность и работоспособность.

Результат работы программного обеспечения показан на рисунках 2 и 3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Распределенная система [Электронный ресурс] // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Распределенная_система (дата обращения: 12.01.2021).
2. Микросервисная архитектура [Электронный ресурс] // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Микросервисная_архитектура (дата обращения: 12.01.2021).
3. Microservices [Электронный ресурс] // URL: <https://martinfowler.com/articles/microservices.html> (дата обращения: 12.01.2021).
4. Брокер сообщений [Электронный ресурс] // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Брокер_сообщений (дата обращения: 12.01.2021)
5. Documentation. Kafka 2.6 Documentation [Электронный ресурс] // URL: <https://kafka.apache.org/documentation> (дата обращения: 12.01.2021)
6. Spring Boot Reference Documentation [Электронный ресурс] // URL: <https://docs.spring.io/spring-boot/docs/current/reference/htmlsingle> (дата обращения: 12.01.2021)
7. ZooKeeper 3.6 Documentation [Электронный ресурс] // URL: <https://zookeeper.apache.org/doc/r3.6.2/index.html> (дата обращения: 12.01.2021)
8. Распределенное хранилище [Электронный ресурс] // URL: https://ru.qaz.wiki/wiki/Distributed_data_store (дата обращения: 12.01.2021).
9. ZooKeeper Getting Started Guide [Электронный ресурс] // URL: <https://zookeeper.apache.org/doc/r3.1.2/zookeeperStarted.html> (дата обращения: 12.01.2021).
10. Netcat [Электронный ресурс] // URL: https://docs.oracle.com/cd/E36784_01/html/E36870/netcat-1.html (дата обращения: 12.01.2021).
11. Spring for Apache Kafka [Электронный ресурс] // URL:

<https://docs.spring.io/spring-kafka/reference/html> (дата обращения: 12.01.2021).

12. Building an Application with Spring Boot [Электронный ресурс] // URL: <https://spring.io/guides/gs/spring-boot/> (дата обращения: 12.01.2021).
13. Spring Bean Annotations [Электронный ресурс] // URL: <https://www.baeldung.com/spring-bean-annotations> (дата обращения: 12.01.2021).
14. Сериализация [Электронный ресурс] // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Сериализация> (дата обращения: 12.01.2021).
15. Фабричный метод (шаблон проектирования) [Электронный ресурс] // URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Фабричный_метод_\(шаблон_проектирования\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Фабричный_метод_(шаблон_проектирования)) (дата обращения: 12.01.2021).
16. Using Kafka with Spring Boot [Электронный ресурс] // URL: <https://reflecting.io/spring-boot-kafka/> (дата обращения: 12.01.2021).
17. Using Kafka with Spring Boot [Электронный ресурс] // URL: <https://reflecting.io/spring-boot-kafka/> (дата обращения: 12.01.2021).
18. Golang documentation [Электронный ресурс] // URL: <https://golang.org/doc/> (дата обращения: 12.01.2021).
19. Package kafka // URL: <https://godoc.org/github.com/segmentio/kafka-go> (дата обращения: 12.01.2021).
20. Getting Started with Kafka in Golang // URL: <https://yusufs.medium.com/getting-started-with-kafka-in-golang-14ccab5fa26> (дата обращения: 12.01.2021).

Статья поступила в редакцию 25.01.2021
Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 303.732.4

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0006

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ВЫЯВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

© 2021

Шевелева Ольга Евгеньевна, аспирант

Бугров Алексей Николаевич, кандидат физико-математических наук,

доцент кафедры «Системного анализа и управления»

Государственный университет «Дубна»

(141980, Россия, Дубна, улица Университетская, дом 19, e-mails: olga431531@yandex.ru, bugrov2004@mail.ru)

Аннотация. На современном этапе информационные технологии проникают во многие сферы жизни человека, изменяют ее и создают новые вызовы. Благодаря информационным технологиям некоторые профессии уходят в прошлое и возникают новые, требующие от специалистов новых компетенций, в частности цифровых. Главным институтом по формированию компетенций является система образования, перед которой ставятся новые проблемы и задачи. В работе выделены и обоснованы проблемы недостаточного уровня развития цифровых компетенций студентов высшей школы и отсутствия инструмента выявления уровня цифровых компетенций, показана прямая взаимосвязь выделенных проблем. Для адекватной оценки и выбора наиболее подходящих методов, моделей развития цифровых компетенций необходимы инструменты, позволяющие оценить эффективность предлагаемых моделей и методов. В статье предложен вариант решения выдвинутых проблем и поставлена цель разработать функциональную модель системы интеллектуального выявления цифровых компетенций студентов. Для решения поставленной цели используются методы анализа и функционального моделирования. В работе описана функциональная модель системы интеллектуального выявления цифровых компетенций студентов, в том числе представлена детализированная функциональная модель. Описано внутреннее взаимодействие и пути передачи информации между объектами предложенной системы.

Ключевые слова: цифровая экономика, цифровая грамотность, цифровые компетенции, формирование цифровых компетенций, интеллектуальное управление, выявление уровня цифровых компетенций, функциональная модель системы выявления уровня цифровых компетенций.

DEVELOPMENT OF A FUNCTIONAL MODEL OF THE SYSTEM FOR INTELLIGENT DETECTION OF DIGITAL COMPETENCIES OF STUDENTS

© 2021

Sheveleva Olga Evgenievna, postgraduate student

Bugrov Alexey Nikolaevich, candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate Professor

of the Department of "System Analysis and Management"

State University "Dubna"

(141980, Russia, Dubna, Universitetskaya street, 19, e-mails: olga431531@yandex.ru, bugrov2004@mail.ru)

Annotation. At the present stage, information technologies penetrate into many areas of human life, change it and create new challenges. Thanks to information technology, some professions are becoming a thing of the past and new ones appear, requiring new competencies from specialists, in particular digital ones. The main institution for the formation of competencies is the education system, which is faced with new problems and tasks. The paper highlights and substantiates the problems of the insufficient level of development of digital competencies of higher school students and the absence of a tool for identifying the level of digital competencies, and shows a direct relationship of the identified problems. For an adequate assessment and selection of the most appropriate methods, models for the development of digital competencies, tools are needed to assess the effectiveness of the proposed models and methods. The article proposes a solution to the problems raised and the goal is to develop a functional model of a system for the intelligent identification of students' digital competencies. To solve this goal, methods of analysis and functional modeling are used. The paper describes a functional model of the system for the intelligent identification of digital competencies of students, including a detailed functional model. The internal interaction and ways of transferring information between the objects of the proposed system are described.

Keywords: digital economy, digital literacy, digital competencies, formation of digital competencies, intelligent management, identification of the level of digital competencies, functional model of the system, identification of the level of digital competencies.

Введение. Начиная с конца прошлого века информационные технологии (ИТ) интенсивно распространяются по всему земному шару, сменяют друг друга и совершенствуются. Такое стремительное развитие ИТ влияет не только на локальные процессы, но и на глобальные, такие как развитие экономики государств;

начинается переход от индустриальной к цифровой экономике (ЦЭ). В результатах исследования всемирного банка утверждается, что именно эффективное использование ИТ будет определять в ближайшем будущем конкурентоспособность как отдельных компаний, так и стран в целом [1]. Для многих развитых

стран, таких как США, Германия, Великобритания, Япония и др., переход к ЦЭ является одним из приоритетных направлений [2]. В Российской Федерации (РФ) переход к новому типу экономики также является одной из приоритетных целей национального развития. Данные цели и задачи обозначены в указе № 203, подписанном президентом РФ в 2017 г. «О Стратегии развития информационного общества в РФ на 2017 - 2030 годы» [3], а также в указе № 204, подписанном в 2018 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [4]. По мере цифровизации происходит совершенствование, усложнение и автоматизация технологических процессов, доля рутинных умственных и физических задач в экономике снижается, а процент не рутинных аналитических и интерактивных задач возрастает, что приводит к исчезновению ряда традиционных профессий и становлению новых [1,5]. Как итог, формируется новая кадровая политика на рынке труда, требующая от специалистов новых компетенций, одними из которых являются цифровые компетенции (ЦК).

ЦК являются одной из составляющих цифровой грамотности (ЦГ). На данный момент не установлено единого толкования понятий ЦГ и ЦК. В данной работе мы будем пользоваться следующими определениями:

Цифровая грамотность – набор знаний и умений, которые необходимы для безопасного и эффективного использования цифровых технологий и ресурсов интернета. Цифровая грамотность включает в себя: цифровое потребление; цифровые компетенции; цифровую безопасность [6].

Цифровая компетентность – «готовность и способность личности применять инфокоммуникационные технологии уверенно, эффективно, критично и безопасно в разных сферах жизнедеятельности» [7].

С точки зрения концепции управления (рис.1), уровень цифровой компетенции можно ввести в качестве показателя, который, следуя определению, будет включать в себя следующее:

- коэффициент эффективности применения инфокоммуникационных технологий (ИКТ);
- коэффициент критичности;
- коэффициент безопасности.

Объект управления в данной концепции – это процесс, осуществляющий оценку личности на достигнутый уровень компетенции. В качестве личности выступает студент.

Субъект управления – осуществляет сравнение достигнутого уровня компетенции с требуемым и в случае несоответствия формирует управляющее воздействие, которое гарантированно устранит нежелательное отклонение.

В качестве управляющего воздействия выступают перечень плановых мероприятий, рекомендации, дополнительные материалы, мотивационные рекомендации и т.д. Сформированные управляющие воздействия передаются исполнительным органам объекта управления. В качестве исполнительных органов выступают студенты, преподаватели.

Ограничениями данной системы являются:
– инструмент–инфокоммуникационная среда;
– различные сферы жизнедеятельности.



Рисунок 1 – Общая схема управления

Основным институтом по формированию новых актуальных компетенция является система образования, перед которой на данный момент поставлены новые задачи. Настоящий социальный заказ учебным заведениям нацелен на формирование ЦК студентов [8]. Однако, проведенный исследователями анализ подготовки бакалавров IT-направлений, демонстрирует подавляющее сохранение традиционной системы обучения [9-11]. Результаты работы, опубликованной в 2020 году, по диагностике ИКТ-компетенций студентов, позволили сделать вывод о низком уровне сформированности ИКТ-компетенций [13]. Более того, существует проблема противоречий между системой обучения студентов в высших учебных заведениях и реальными запросами предприятий [9,14]. Учитывая результаты многочисленных исследований, можно сформулировать проблему, что несмотря на стремительное развитие информационных технологий и повышение общей ЦГ населения, тем не менее остается необходимость в создании и совершенствовании методов формирования ЦК.

Одновременно с проблемой формирования цифровых компетенций возникает другая не менее важная, а именно – задача определения уровня ЦК. Поиск технологии, позволяющий определить уровень ЦК, является актуальной задачей для учебных заведений в целях дальнейшего формирования адекватной стратегии развития ЦГ и ЦК у учащихся. Определение уровня ЦК также актуально для работодателей, рекрутеров, менеджеров и др. для принятия решений о приеме на работу, повышения квалификации персонала и решения задач цифровизации бизнеса. Традиционная характеристика качества полученных знаний теряет актуальность [7]. Сложившаяся градация для оценки сформированности ЦК не представляется возможной. Несмотря на попытки повысить и определить уровень ЦК специалистов [9,10,13-20], тем не менее существует потребность в совершенствовании и развитии инструментов, позволяющих выявить и оценить данный уровень [6,21]. В данный момент поставлена задача поиска достаточно обобщенных и количественно измеримых критериев сформированности ЦК [22].

Проблемы разработки, модификации методов формирования ЦК и инструментов, позволяющих оценить уровень ЦК, тесно взаимосвязаны. Для адекватной оценки и выбора наиболее подходящих методов, моделей развития ЦК необходимы инструменты, позволяющие оценить эффективность предлагаемых

моделей и методов. Адекватные инструменты выявления уровня ЦК позволят ранжировать существующие и перспективные модели и методы развития ЦК и решить проблему принятия или отказа от тех или иных предлагаемых методов и моделей совершенствования ЦК.

Целью работы является разработать функциональную модель системы интеллектуального выявления цифровых компетенций студентов.

Материалы и результаты исследования. Авторами в статье используются аналитический метод для выявления потребности в развитии ЦК студентов высшей школы, выявляются проблемы и описывается взаимосвязь выявленных проблем. Предложенное авторами решение представлено с использованием методики функционального моделирования.

Для решения проблем совершенствования методов формирования ЦК и развития инструментов, позволяющих выявить и оценить уровень ЦК, была поставлена цель разработать функциональную модель системы интеллектуального управления для оценки и визуализации динамики ЦК студентов высшей школы различных направлений. Для реализации цели были поставлены 4 задачи.

1. Анализ существующих методов оценивания

компетенций и выбор предпочтительных.

Перечень существующих методов оценивания компетенций, посредством парного сравнения будет выбран предпочтительный метод оценивания компетенций.

2. Разработка требований к системе. Исходя из списка групп гипотетических пользователей системы, посредством их опроса будет сформирован список требований к системе.

3. Выбор инструмента для реализации системы.

Из перечня инструментов, посредством которых может быть разработана система, с использованием метода сравнения, будет выбран один инструмент, с учетом списка требований, который будет сформирован в задаче №4.

4. Создание модели системы.

С учетом разработанных требований и выбранного инструмента реализации, с использованием метода моделирования будет создана модель системы интеллектуального выявления ЦК студентов высшей школы различных направлений.

На рисунках 2,3 представлены функциональная модель этапов создания интеллектуальной системы выявления ЦК студентов и подготовительные функции.

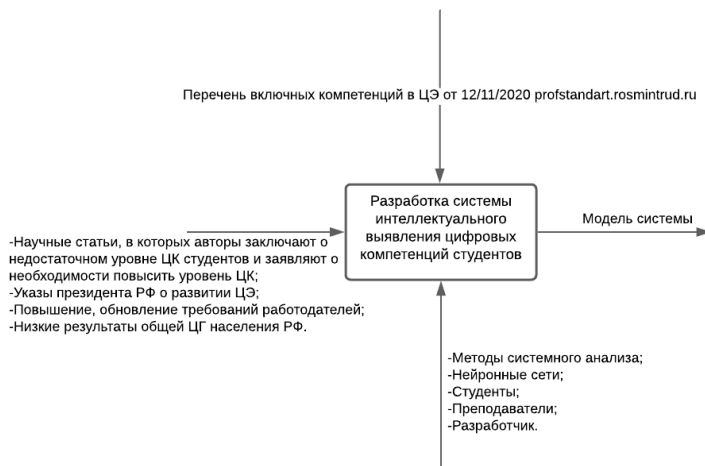


Рисунок 2 – Функциональная модель системы

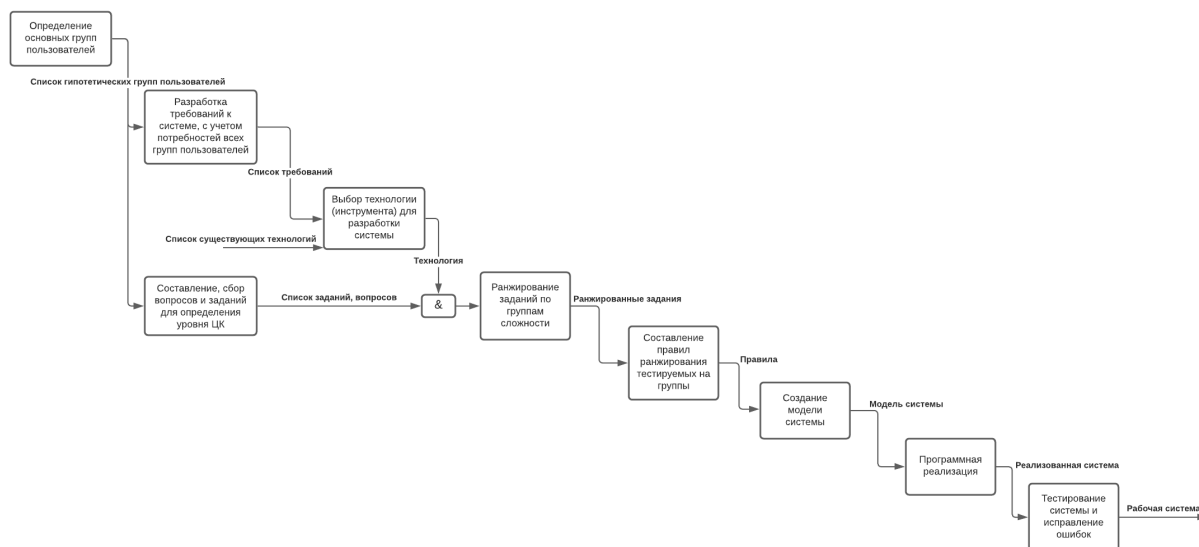


Рисунок 3 – Детализированная функциональная модель системы

Первым этапом в модели является определение групп пользователей. Предполагаемыми пользователями системы являются: студенты, преподаватели, администраторы, руководство университета. В перспективе, категории пользователей могут быть расширены. Руководство университета будет иметь возможность отслеживать траектории развития ЦК как отдельных студентов, так и определенных групп студентов, что позволит разрабатывать, модифицировать стратегии развития ЦГ, ЦК учащихся. Для преподавателей данная система может служить дополнительным инструментом оценивания успеваемости, цифрового развития студентов. У студентов появится возможность включать информацию об уровне ЦК в резюме, что может быть полезным при устройстве на практику, работу. Определение уровня ЦК в том числе актуально для работодателей и некоторых групп сотрудников (менеджеры, сотрудники отдела кадров и др.), как средство, представляющее данные об уровне ЦК, что может быть полезно для принятия решений о приеме на работу, повышения квалификации персонала и решения задач цифровизации бизнеса. На следующем этапе будут разрабатываться требования к системе, с учетом потребностей всех групп пользователей. Учитывая выявленные требования, происходит выбор инструмента реализации, составление правил работы системы, ее моделирование и программная реализация.

Определение уровня ЦК является задачей классификации со слабо структурируемыми данными на входе. Система должна быть способна классифицировать вопросы и задачи, которые будут применяться на входе тестирования студентов, а также производить дальнейшую классификацию студентов на классы по результатам тестирования. Классификация заданий и студентов не может быть выполнена в четких интервалах, что делает задачу творческой, сложной для формализации. Подобные классы задач могут быть решены с использованием систем искусственного управления, которые способны обучаться, обрабатывать большой объем слабо структурируемых данных и делать сложные выводы. Еще одним важным преиму-

ществом использования интеллектуальных технологий для подобного рода систем является возможность адаптации к изменениям окружающей среды, систему можно переучить.

В условиях мировой цифровизации быстрыми темпами появляются новые задачи, решение которых может потребовать новых, ранее не выделяемых в литературе ЦК, что приведет к расширению круга ЦК и потребует модифицировать систему (добавить новые вопросы и задачи, провести повторную классификацию и т.д.)

Система интеллектуального выявления цифровых компетенций учащихся, разработанная посредством нейронных сетей, будет способна определять уровень ЦК студентов высшей школы различных направлений, а также визуализировать тренд уровня ЦК тестируемых и сигнализировать при снижающемся тренде. Система позволит руководству университета и преподавателям отслеживать тренд изменения уровня ЦК как отдельных студентов, так и ранжировать данные по группам таким как: направлениям подготовки, номеру курса и полу тестируемых.

На первом этапе будет формироваться перечень вопросов и заданий и ранжирование части заданий (обучающая выборка) по уровню сложности. Вопросы и задания будут выбираться как уже существующие, так и создаваться новые, специфичные. Задания должны в себя включать как вопросы с вариантами ответа и без, так и сложносоставные творческие кейс задания. Определение требований к проведению оценки ЦК (время проведения, формат, % соотношение вопросов определенной сложности). Экспертами, выполняющими сбор, составление и ранжирование заданий будут выступать специалисты из областей информационных технологий, социальных и педагогических наук. В систему на основе нейронных сетей будут загружаться обучающая выборка из ранжированных по уровням сложности экспертами заданий, а также контрольная. Далее будет происходить обучение системы ранжированию заданий по уровням сложности. Параллельно с перечисленными процессами планируется набор группы респондентов.

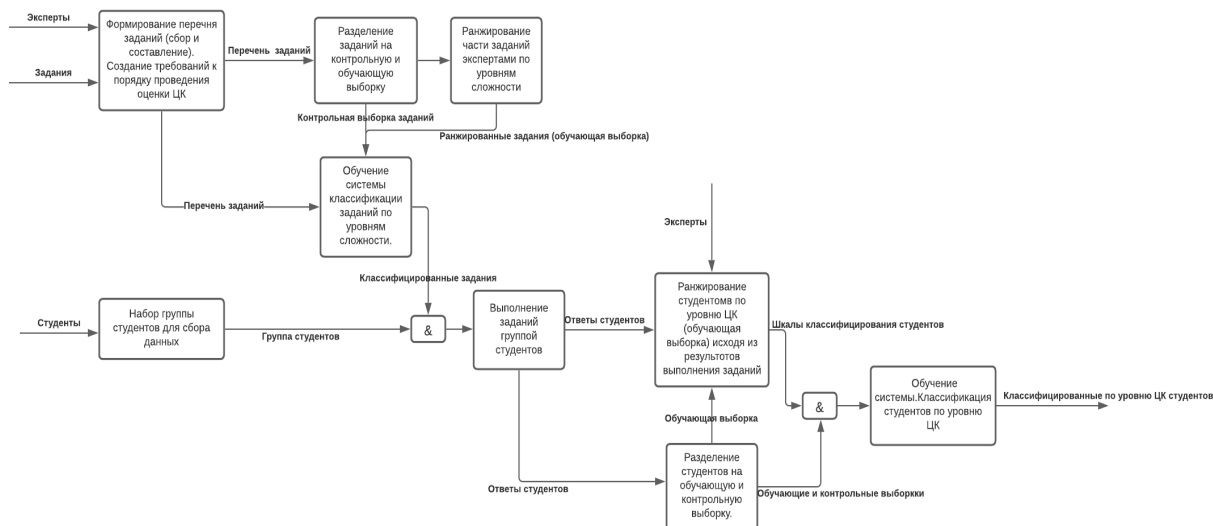


Рисунок 4 – Взаимодействие и пути передачи информации между элементами системы

Респондентами будут являться студенты высших учебных заведений различных направлений подготовки. Следующий этап – выполнение студентами заданий, подготовленных экспертами. Далее происходит разделение студентов на выборки: обучающая и контрольная. Результаты выполненных заданий обучающей выборки проверяются и оцениваются экспертами. Создание правил ранжирования студентов по уровням компетенций, ранжирование обучающей выборки студентов по уровням ЦК. Далее происходит загрузка данных контрольной, обучающей выборки и осуществляется обучение системы. По итогу прохождения всех процессов, проиллюстрированных на рис.4, разрабатываемая система должна обладать функционалом, позволяющим выявлять уровень ЦК студентов, основываясь на результаты выполнения заданий.

Заключение. В ходе работы была предложена и описана функциональная модель системы интеллектуального выявления цифровых компетенций студентов. Предложенная система может использоваться как один из возможных инструментов, позволяющих выявлять уровень ЦК учащихся и отслеживать их тренд. Данное предложение позволит решить проблему выбора стратегии, модели развития ЦГ в целом и ЦК в частности, и повысить общий уровень ЦГ выпускников высших учебных заведений, как того требует новая кадровая политика рынка труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Развитие цифровой экономики в России // Доклад Всемирного банка. Официальный сайт: <https://www.vsemirnyjbank.org/> / [Электронный ресурс] // URL:<https://www.vsemirnyjbank.org/ru/events/2016/12/20/developing-the-digital-economy-in-russia-international-seminar-1> (дата обращения: 11.12.2020).
2. Сценарии роста российской экономики с учетом вклада человеческого капитала: Доклад к XX апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества, 9–12 апреля 2019 года / Н. В. Акиндинова, Е. Г. Ясин, Д. А. Авдеева, М.Б. Денисенко. – М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2019. – 50 с.
3. Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы» [Электронный ресурс] // URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201705100002/> (дата обращения: 12.12.2020)
4. Указ Президента РФ от 07.05.2018 N 204 (ред. от 21.07.2020) «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс] // URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201805070038/> (дата обращения: 12.12.2020)
5. Двенадцать решений для нового образования: Доклад Центра стратегических разработок и Высшей школы экономики / Я. И. Кузьминов, И. Д. Фрумин. – М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2018. – 105 с.
6. Цифровая грамотность РФ // Тренды развития цифровой грамотности. Официальный сайт: <https://цифроваяграмотность.рф/> / [Электронный ресурс] // URL: <https://xn--d1achkm1a.xn--80aaefw2ahcfbneslds6a8jyb.xn--p1ai/mindex/2018/> (дата обращения: 10.11.2020)
7. Солдатова Г. У. Цифровая компетентность детей и взрослых: проблемы и перспективы: презентация // Фонд развития Интернет. Официальный сайт: <http://www.fid.su/> / [Электронный ресурс] // URL: <http://files.runet-id.com/2015/riw/presentations/23oct.r1w15-next3-2--soldatova.pdf> (дата обращения: 7.02.2021)
8. Ткаченко, А. О. Анализ возможностей оценки сформированности цифровых компетенций обучающихся. Актуальные вопросы образования / А. О. Ткаченко // Актуальные вопросы образования. – 2019. – №3. – С. 117-120
9. Привалов А.Н. Инжиниринговый центр как инновационный компонент профессиональной подготовки бакалавров IT-направлений / А. Н. Привалов, Ю. И. Богатырева, В. А. Романов // Образование и наука. – 2019. – №7. – С. 90-112
10. Родин А. А. Из опыта подготовки квалифицированных кадров в области IT-технологий в соответствии с требованиями мировых стандартов / А. А. Родин, Е. И. Минайлова // Педагогический поиск. – 2017. – №7. – С. 34-37
11. Шкарбан Ф. В. Особенности практической подготовки будущих инженеров-программистов / Ф. В. Шкарбан // Информационно-компьютерные технологии в экономике, образовании и социальной сфере. – 2016. – №2 (12). – С. 89-106
12. Шкарбан Ф. В. Особенности обучения дисциплин цикла компьютерных наук в вузах России и за рубежом / Ф. В. Шкарбан // Информационно-компьютерные технологии в экономике, образовании и социальной сфере. – 2016. – №3 (13). – С. 129-136
13. Развитие личности в условиях цифровой трансформации: Материалы V Международной научно-практической конференции / Е. А. Немкова Е.А, И. А. Деменёва, И. А. Пономарева. – Куртамыш: Челябинский институт развития профессионального образования, 2020. – 3 с.
14. Проектирование и реализация образовательного процесса на основе ФГОС ВО: материалы XLIII учебно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, магистрантов, соискателей ТГПУ им. Л. Н. Толстого. Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого. / А. Н. Привалов, Ю. И. Богатырева. – Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, 2016. – 3 с.
15. Сейдаметова С. Современные технологии обучения при подготовке инженеров-программистов / С. Сейдаметова, У. Б. Асанова, Э. А. Бекирова // Информационно-компьютерные технологии в экономике, образовании и социальной сфере. – 2016. – №1. – С. 45-50
16. Милютин А.А. Анкета по определению уровня сформированности медиакомпетенций обучающихся / А. А. Милютин, Е. Ю. Никитина // Глобальный научный потенциал. – 2019. – №8 (101). – С. 65-71
17. Ячина Н.П. Развитие цифровой компетентности будущего педагога в образовательном пространстве ВУЗа / Н. П. Ячина, О. Г. Фернандез // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Проблемы высшего образования. – 2018. – №1. – С. 134-138
18. Дворяткина С.Н. Концептуальные положения фрактального развития вероятностного стиля мышления в обучении математике и инструменты их реализации / С. Н. Дворяткина, С. В. Щербатых // Перспективы науки и образования. – 2020. – №2 (44). – С. 195-209
19. Соболева Е.В. Особенности подготовки будущих учителей к разработке и применению мобильных игровых приложений с обучающим контентом / Е. В. Соболева, М. С. Перевозчикова // Перспективы науки и образования. – 2019. – №5 (41). – С. 428-440
20. Дергаева С.С. Цифровые видеоигры как инструмент формирования коммуникативной компетенции студентов / С. С. Дергаева // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2019. – №3 (28). – С. 93-96
21. Малахова Ю. В. Технологии оценивания компетенций: обзор проблем / Ю. В. Малахова, В. В. Хохлова // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2014. – №1 (57). – С. 215-220
22. Петрова В.С. Измерение уровня сформированности цифровых компетенций / В. С. Петрова, Е. Е. Щербик // Московский экономический журнал. – 2018. – №5 (3). – С. 34

Статья поступила в редакцию 18.01.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 303.732

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0007

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗА В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ

© 2021

Павличева Елена Николаевна, кандидат технических наук, доцент, начальник управления
по развитию новых образовательных технологий,

Сосенушкин Сергей Евгеньевич, кандидат технических наук, заместитель начальника
управления по развитию новых образовательных технологий

Куприяненко Ирина Александровна, ведущий инженер управления
по развитию новых образовательных технологий,

*Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»
(127095, Россия, Москва, Вадковский переулок, 3А, email: e.pavlicheva@stankin.ru)*

Аннотация. В статье рассмотрены технологические аспекты цифровой трансформации университетов, проблемы, связанные с информатизацией, различными уровнями развития информационной инфраструктуры и автоматизированных информационных систем управления образовательными организациями. Затронут вопрос внедрения электронного и смешанного обучения, в том числе с применением исключительно дистанционных образовательных технологий. Рассмотрены аспекты организации учебного процесса, с которыми образовательным организациям высшего образования пришлось столкнуться в период пандемии *Covid-19*. Особое внимание уделено опыту организации и сопровождения образовательного процесса в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», приобретенному в 2020 году в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции. Описаны вызовы, с которыми столкнулся университет в 2020 году, такие как проблема масштабирования электронной образовательной среды, а также способы их преодоления. Рассмотрены методики и подходы к организации работы университета в дистанционном режиме, сопровождения образовательного процесса, включая аттестационные процедуры, создание цифрового образовательного контента, обеспечения синхронного и асинхронного взаимодействия между обучающимися и профессорско-преподавательским составом, а также опыт и результаты, достигнутые университетом в этих направлениях.

Ключевые слова: электронное обучение, дистанционные образовательные технологии, образование в период пандемии *Covid-19*, электронная образовательная среда, масштабирование, балансировка нагрузки, разработка электронного образовательного контента, автоматизация управления процессами образовательной деятельности.

THE TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE DIGITAL TRANSFORMATION EXPERIENCE OF UNIVERSITY EDUCATION DURING THE COVID-19 PANDEMIC

© 2021

Pavlicheva Elena Nikolaevna, ph.D., associate professor, e-learning department head,

Sosenushkin Sergey Evgenyevich, ph.D., e-learning department vice-head,

Kupriyanenko Irina Alexandrovna, e-learning department lead engineer

*Moscow State University of Technology "STANKIN"
(127095, Russia, Moscow, Vadkovsky Lane, 3A, email: e.pavlicheva@stankin.ru)*

Abstract. The article focuses on the technological aspects of the university digital transformation, digitalization-related problems, variable development levels of digital infrastructure and of the enterprise automated information systems for educational organizations. It discusses e-learning and blended learning implementation, including pure distant learning. New aspects of educational management are considered, that educational organizations had to face during the *Covid-19* pandemic. Special attention is drawn to the experience, that Federal State Budget Educational Organization for Higher Education "Moscow State University of Technology "STANKIN" has gained in 2020 under the pandemic circumstances. The paper also describes the new challenged, that the university had to face in 2020, such as the learning management system scaling, and the solutions to these challenges. University distance working management methods and approaches are considered, e.g. assessment, digital content production, synchronous and asynchronous interaction between the student and the teaching staff, as well as the experience and the results, that the university was able to achieve in these directions.

Keywords: e-learning, distance learning technologies, *Covid-19* pandemic, learning management system, scaling, load balancing, digital learning content production, education management automation.

Введение. В сфере образования задолго до 2020 года сформировался устойчивый тренд на расширение использования возможностей информационных технологий, нашедший отражение как в научной среде

(появление профильных научных изданий, появление специализированных секций на научно-практических конференциях и даже отдельных конференций), так и в нормативной правовой базе и требованиях регулято-

ров (ФЗ 273 «Об образовании в Российской Федерации»), федеральные государственные образовательные стандарты и т.п.). Термины «электронное обучение» и «дистанционные образовательные технологии» прочно вошли в обиход работников образовательных организаций, появились электронные информационно-образовательные среды, автоматизированные системы управления процессами образовательной деятельности и много другое. И всё же электронная компонента взаимодействия обучающегося и преподавателя оставалась дополнительным, опциональным инструментом, доведением к традиционному очному формату взаимодействия. В отдельных случаях говорили о смешанном обучении, в то время как отрасль в целом не была к нему готова [1-2]. Не смотря на то, что вопросы информатизации, а далее и цифровизации университетов поднимаются уже не первый год. Система высшего образования на начало 2020 года имела очень пеструю картину по уровню информатизации университетов в стране. От начального уровня информатизации вуза, до университетов, которые уже вошли в цифровую трансформацию, причем абсолютно не зависимо от региона, в котором образовательные организации находятся. Мы знаем целый ряд региональных университетов, которые являются флагманами цифровизации (УрФУ, ТГУ, ТПУ, НГУ и др.), а также, ряд университетов Москвы и Санкт-Петербурга, которые только решают проблемы информатизации, не до конца интегрировав информационные системы, сопровождающие образовательную и научную деятельность, и обеспечив все бизнес-процессы цифровыми сервисами.

Помимо этого, практически у каждого вуза есть свое видение на реализацию дистанционного обучения, различные подходы и методы смешанного обучения, не говоря уже об инструментариях решения данных процессов и используемых информационных системах. Не меньшую задачу по сложности образовательные организации решали с образовательным контентом, предоставляемом в системах дистанционного обучения. Используя от курсов, размещенных на платформах открытого образования, например, таких как *openedu.ru*, *coursera.org*, *stepik.org*, *pushkininstitute.ru*, до курсов созданных преподавателями университета [3-5].

То есть, нет единого рецепта и сценария информатизации и цифровой трансформации университетов, естественно приходится опираться на тот фундамент, который уже был заложен ранее, на финансовые и организационные возможности, учитывать специфику региона и отрасли экономики, для которой вуз готовит высококвалифицированных кадры [6-10].

Однако, особым стимулом и вехой в развитии процессов цифровой трансформации университетов послужили события, обусловленные пандемией *Covid-19* и государственной политикой, направленной на её сдерживание.

Все образовательные организации высшего образования одновременно вступили в эпоху полного

дистанционного обучения. И основной задачей вузов стало обеспечение качественного уровня образования в условиях полного дистанта. Все вузы столкнулись с целым рядом проблем: от нехватки серверных мощностей для обеспечения нагрузок связанных с одновременным подключением большого количества пользователей, до необеспеченности образовательных контентом в цифровом формате.

В данной работе рассмотрены примеры методики и подходов к организации работы университета в дистанционном режиме, а также опыт и результаты, достигнутые в этом направлении ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН».

Материалы и результаты исследования. *Цифровизация образовательной деятельности до пандемии.* Цифровизация процессов образовательной деятельности началась в МГТУ «СТАНКИН» задолго до пандемии. К началу 2020 года в университете была создана электронная информационно-образовательная среда (далее – ЭИОС) в составе нескольких интегрированных между собой информационных систем, включая систему электронного документооборота, автоматизированную систему (далее – АИС) управления процессами образовательной деятельности, системы бухгалтерского и кадрового учета и другие. Общая архитектура ЭИОС представлена на рисунке 1. Подробнее её особенности, цели, задачи, а также процессы её формирования описаны и обоснованы в [11-15].

Ключевым элементом рассмотренной ЭИОС является электронная образовательная среда (далее – ЭОС) на платформе *Moodle*. Созданная в 2015 году, она реализует мировой стандарт де-факто для систем такого класса [16-17]. В системе созданы личные кабинеты для всех пользователей (преподавателей и обучающихся), а также электронные курсы по всем дисциплинам, настроены связи с учебными планами, хранящимися в других АИС.

ЭОС МГТУ «СТАНКИН» была наполнена контентом, который в полном объеме мог сопровождать образовательную деятельность, однако в условиях полного дистанционного обучения данного уровня стало недостаточно. Таким образом, активно началась разработка образовательного контента, позволяющего качественно реализовывать дистанционное обучение. На первых порах образовательный процесс фактически дублировался в цифровом формате, то есть лекции и практические занятия проводились также очно по расписанию, только с использованием видеоконференции. Вся коммуникация между преподавателями и студентами велась через площадку ЭОС.

Однако, учитывая тенденции современного образования и сложившейся эпидемиологической ситуации, остро встал вопрос разработки высококачественного образовательного контента электронных курсов. Принимая во внимание бурное развитие массовых отрывных онлайн-курсов и открытых образовательных онлайн-платформ, было принято решение о разработке собственных курсов такого класса. В целях обе-

спечения их конкурентоспособности в университете была оборудована специализированная студия видеозаписи, представленная на рисунке 2.

Её ключевым элементом является прозрачная сенсорная доска, перед которой находится рабочее место преподавателя. Доска предназначена для управления презентацией, которая автоматически накладывается на изображение с камеры. За доской расположен экран и несколько мониторов, на которых преподаватель видит результирующее изображение так, как его увидит

зритель. Данная методика позволяет в кратчайшие сроки выпускать качественный контент.

Студия показала себя как эффективный инструмент разработки конкурентоспособного образовательного контента. К настоящему моменту, несмотря на ограничения, обусловленные пандемией, завершена запись учебных материалов в объеме 78 академических часов. Более 20 программ дополнительного образования обеспечены современным востребованным контентом.

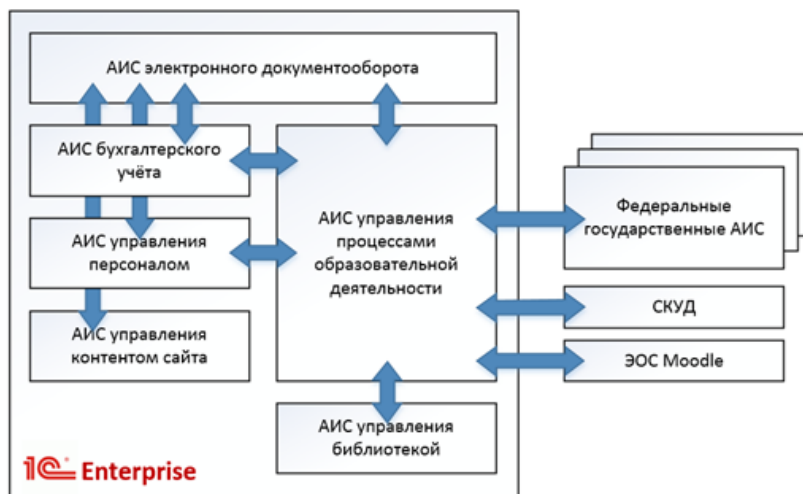


Рисунок 1 – Архитектура ЭИОС МГТУ «СТАНКИН»

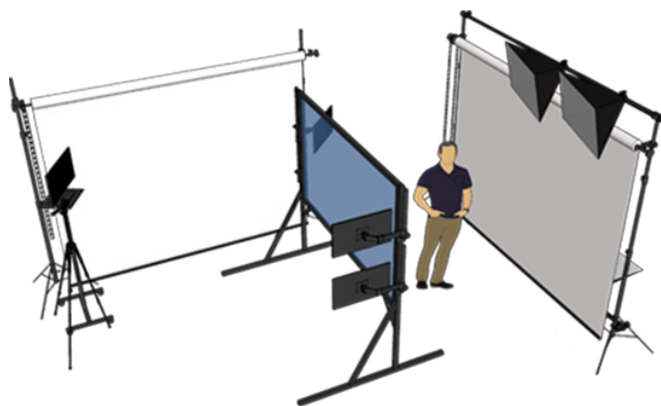


Рисунок 2 – Студия видеозаписи онлайн-курсов [18]

В марте 2020 года на основании соответствующих распоряжений регуляторов и руководства университета, весь учебный процесс был полностью переведен в дистанционный формат. Единственным доступным средством взаимодействия участников образовательного процесса стали дистанционные образовательные технологии. В МГТУ «СТАНКИН» основой такого взаимодействия стала ЭОС университета в сочетании с различными средствами видеоконференцсвязи. Заранее проработанная архитектура и наполнение среды, а также заблаговременно созданные личные кабинеты позволили оперативно организовать такую связь для преподавателей и обучающихся. Было организовано экстренное обучение для профессорско-преподавательского состава, разработаны соответствующие инструкции, методические рекомендации и памятки.

Проблема масштабирования ЭОС. Однако с первых дней дистанционной работы стало очевидно, что ЭОС не готова к многократно возросшей нагрузке. На тот момент среда рассматривалась в первую очередь как платформа информационной поддержки аудиторного обучения. Среднесуточное количество уникальных пользователей колебалось вокруг значения 500, количество одновременных подключений в пике не превышало 300. Начиная с 17 марта среднесуточное количество уникальных подключений держится в учебные дни на уровне 3000. Графики соответствующих величин изображены на рисунках 3 и 4.

Как позднее выяснилось, с проблемой масштабирования в указанный период столкнулось подавляющее большинство АИС электронного обучения, не только вузовские, но и на уровне среднего образова-

ния, в т.ч. региональные (например, Московская электронная школа – МЭШ) и коммерческие (например, образовательная платформа Учи.ру).

Решение проблемы масштабирования ЭОС потребовало применения комплексного решения, сочетающего несколько подходов. Среди них: кратное

увеличение ресурсов серверного оборудования, на котором размещена ЭОС; повышение эффективности работы системы на основе тонкой настройки серверного окружения; замена наиболее ресурсоемких компонентов системы альтернативными инструментами. Рассмотрим каждый из них подробнее.

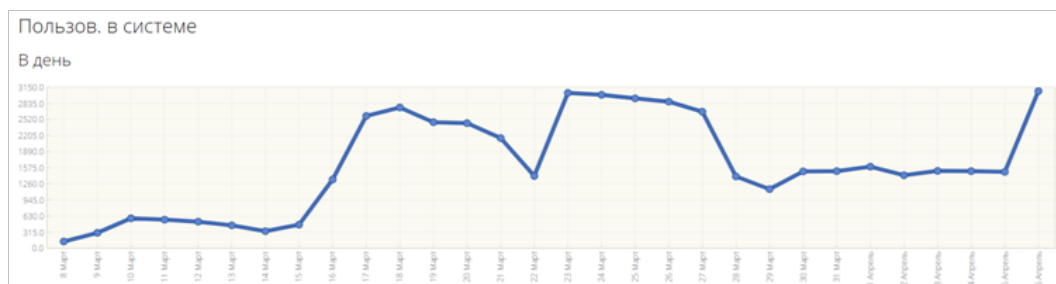


Рисунок 3 – Среднесуточное количество уникальных пользователей в ЭОС, март 2020

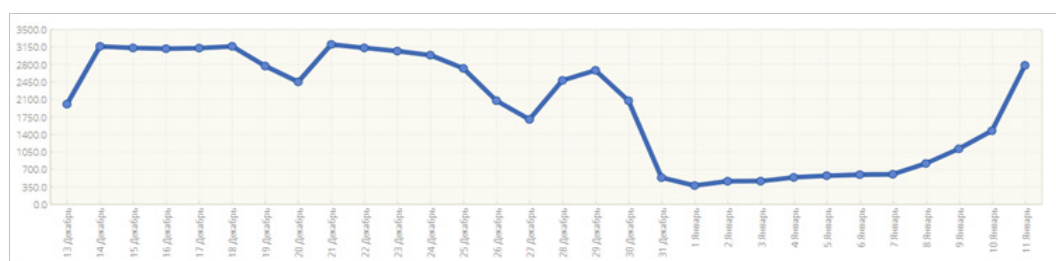


Рисунок 4 – Среднесуточное количество уникальных пользователей в ЭОС, декабрь 2020

Кратное увеличение количества одновременных подключений к ЭОС привело к кратному же росту нагрузки на оборудование. Превышение допустимых значений нагрузки приводило к ошибкам и даже отказам в обслуживании. Решение этой проблемы было невозможно без увеличения мощности серверного оборудования ЭОС. Выполненное увеличение производительности сервера (с: *RAM 8Gb, CPU 3x2560 MHz* до: *RAM 128Gb, CPU 24x2400 MHz*) позволило преодолеть постоянную перегрузку, однако пиковые нагрузки по-прежнему вызывали недопустимые задержки и потребовали дополнительных мер, таких как: программная настройка серверного окружения (регулировка лимитов выполнения запросов и скриптов), а также установка балансирующего сервера *NGINX*. Стабильность работы системы повысилась. Для окончательного решения проблемы масштабирования было принято решение об отключении наиболее ресурсоемких модулей ЭОС, не критичных для полноценной работы системы – интерактивного элемента курса «Чат» и блока «Последние события» [19]. В совокупности эти меры позволили добиться стабильной и устойчивой работы сервиса со средней загрузкой процессоров в пределах 30% (до 65% в пике). Решение проблем заняло около двух недель.

Организация синхронного взаимодействия. Другим важным аспектом организации учебного процесса в дистанционном режиме работы стала необходимость организации синхронного взаимодействия обучающихся и преподавателей. Многообразие доступных решений на рынке систем видеоконференцсвязи (далее – ВКС) и их бурное развитие позволили опреде-

лить открытый перечень рекомендованных к использованию систем ВКС, включающий системы *Zoom, Cisco Webex, Discord, Microsoft Teams*. Одновременно проведены работы по развертыванию собственного сервиса ВКС на открытой платформе *BigBlueButton* и её бесшовной интеграции с ЭОС. В совокупности с соответствующей адаптацией внутренней нормативной базы, использование систем ВКС позволило провести промежуточную и итоговую аттестацию уже в весеннем семестре 2020 года в полном объеме.

Прокторинг. Ввиду отсутствия личных контактов возникла еще одна новая задача: подтверждение личности обучающегося. И если на обычных учебных занятиях вопрос контроля посещаемости и дисциплины, в принципе, не требует обязательного решения (если предположить, что ценность знаний, получаемые в вузе, выше ценности оценок), но на этапе аттестации он становится более острым. Единого отраслевого стандарта прокторинга на данный момент не существует, рынок предлагает множество технологических решений, но все они связаны со значительными расходами на внедрение. Промежуточным этапом может быть нормативное закрепление аутентификации пользователя в различных информационных системах (в т.ч. в ЭОС) как подтверждения соответствия при проведении текущего и промежуточного контроля. Другим подходом может быть личная визуальная идентификация обучающихся в режиме ВКС. Возможен также и комбинированный подход с использованием всех перечисленных методов.

Заключение. Пандемия 2020 изменила мир, и сфера образования не стала исключением. Непростой

опыт 2020 года показал, что глобальные вызовы, такие как пандемия, могут и должны быть преодолены. В весеннем семестре изменение условий работы оказалось для большинства образовательных организаций обстоятельством с непреодолимой силой и вызвало затруднения различного масштаба. Однако серьезный цифровой задел, принятие верных и своевременных решений, как административных (полный переход на ДОТ с сохранением расписания), так и технологических (масштабирование серверных ресурсов, тонкая настройка параметров ЭОС), позволило оперативно преодолеть временные трудности и уже к весенней сессии подстроиться под новые условия работы в полном объеме.

То, что высшее образование уже не будет прежним ясно уже всем и наша задача сделать выводы и внедрять, расширять успешные практики и решения этого непростого периода. Использование систем ВКС, массовые открытые онлайн-курсы, стирание границ между аудиторными и дистанционными занятиями, прокторинг – всё это позволит повысить качество и доступность образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Неделькин А.А. Российские университеты в условиях цифровой трансформации // Научно-аналитический журнал Наука и практика Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2018. Т. 10. № 1(29). С. 73 - 77.
2. Кадеев Д.Н., Фролова Ю.Д. Общесистемные вопросы цифровой трансформации университета // Электронное обучение в непрерывном образовании 2019: сб. науч. тр. VI Международной научно-практической конференции, посвященной памяти А.Н. Афанасьева. 2019. С. 124 - 127.
3. Русецкая М.Н., Ельникова С.И., Павличева Е.Н., Рублева Е.В. Дистанционное образование в обучении русскому языку как иностранному: положительный опыт использования ресурсов портала «Образование на русском» // Русский язык за рубежом. 2017. № 4(264). С. 6 - 11.
4. Айрапетян Е.А., Павличева Е.Н. Опыт разработки ЭОР по дисциплине «информационные технологии в профессиональной деятельности» // Информатика и образование. 2016. № 2(271). С. 35 - 41.
5. Павличева Е.Н., Баранникова Н.А., Рублёва Е.В. Дистанционное образование для различных групп пользователей в условиях индивидуализации обучения // Динамика языковых и культурных процессов в современной России. 2016. № 5. С. 1296 - 1299.
6. Romashkova O.N., Pavlicheva E.N. Resource management in distance and mobile education systems. В сборнике: CEUR Workshop Proceedings 9. Sep. "Selected Papers of the Proceedings of the 9th International Conference Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems, ITTMM 2019". 2019. С. 102 - 108.
7. Орехова Е.В., Ромашкова О.Н., Павличева Е.Н. Автоматизированное управление организацией и поддержкой непрерывного и открытого образования // Естественные и технические науки. 2019. № 8(134). С. 153 - 158.
8. Ponomareva, L.A., Romashkova, O.N., Pavlicheva, E.N. Automation of the Process a Comprehensive Assessment of Educational Organization // Lecture Notes in Electrical Engineering, 2020 Volume 641 LNEE, 2020. P. 912 - 922.
9. Makarova, A.S., Pavlicheva, E.N. Development of Information Resources to Ensure Continuing Education and Knowledge Transfer in Chemical Universities // Chemical Engineering Transactions. 2020. Vol. 81. P. 1279 - 1284.
10. Гололобова Т.Е., Чискидов С.В., Павличева Е.Н. Актуальные вопросы автоматизации деятельности учебного отдела вуза на примере ИМИИЕН ГАОУ ВО МГПУ // Информационные ресурсы России. 2017. № 2. С. 24 - 28.
11. Сосенушкин С.Е., Харин А.А. Модель электронной

информационно-образовательной среды образовательной организации // Новые информационные технологии в образовании: сб. науч. тр. 19-й международной научно-практической конференции; под общ. ред. Д.В. Чистова. 2019. С. 36 - 39.

12. Харин А.А., Родюков А.В., Сосенушкин С.Е. Модель электронной информационно-образовательной среды образовательной организации на базе платформы «1С:Предприятие 8» // Информатика и образование. 2019. № 3(302). С. 27 - 32.

13. Пятибратова С.А., Резвова З.А., Сосенушкин С.Е., Харин А.А. Об автоматизации процессов управления технологической деятельностью в ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН» // Новые информационные технологии в образовании. Инновации в экономике и образовании на базе технологических решений 1С: сб. науч. тр. 17-й Международной научно-практической конференции. 2017. С. 348 - 352.

14. Родюков А.В., Сосенушкин С.Е., Харин А.А. Перспективы автоматизации управления деятельностью образовательных организаций // Новые информационные технологии в образовании: применение технологий 1С для развития компетенций цифровой экономики: сб. науч. тр. 18-й международной научно-практической конференции; под ред. Д.В. Чистова. 2018. С. 20 - 23.

15. Родюков А.В., Ермилов С.В., Сосенушкин С.Е., Харин А.А. Внедрение автоматизированной информационной системы управления как основы создания электронной информационно-образовательной среды в современном университете // Информатика и образование. 2016. № 3(272). С. 4 - 8.

16. Глобальная статистика зарегистрированных сайтов на платформе Moodle [Электронный ресурс]. - URL: <https://stats.moodle.org> (дата обращения: 12.01.2021).

17. Тихомирова В.Д., Левин М.В., Сосенушкин С.Е. О развитии национальной и международной стандартизации в области электронного обучения // Вестник МГТУ «Станкин». 2015. № 1(32). С. 97 - 102.

18. Jalinga studio – о студии [Электронный ресурс]. - URL: <https://ukrtb.ru/jalinga> (дата обращения: 12.01.2021).

19. Сообщество Moodle – вопросы производительности [Электронный ресурс]. - URL: <https://moodle.org/mod/forum/discuss.php?d=37979> (дата обращения: 12.01.2021).

Статья поступила в редакцию 19.01.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 004.021 + 336.717.061.1 + 004.93

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0008

МОНИТОРИНГ РЕЙТИНГА ИГРОКОВ И КОМАНД ТОП-УРОВНЯ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ ТАКТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

© 2021

Краев Максим Викторович, аспирант, преподаватель,

Полозов Андрей Анатольевич, доктор педагогических наук, доцент,

профессор кафедры физической культуры

Уральский федеральный университет

(620078, Россия, Екатеринбург, ул. Коминтерна 14, e-mails: Kraev.antooz@yandex.ru, A.A.Polozov@mail.ru)

Соколовская Лариса Владимировна, кандидат педагогических наук, доцент

Сургутский государственный педагогический университет

(628417, ХМАО – Югра, г. Сургут, ул. 50 лет ВЛКСМ, д.10/2 e-mail: sokolovskaya_surgpu@mail.ru)

Аннотация. Перед тренером команды топ-уровня всегда стоит задача выиграть предстоящий матч. Однако статистика предыдущего матча не может быть им использована непосредственно. Она носит косвенный характер в связи с тем, что следующий матч будет с другой командой. Фирмы ИТ аналитики (*Instat*, *Wyscout* и др.) предоставляют тренеру статистическую справку по предыдущим матчам его команды. Сформировать модель предстоящего матча должен сам тренер. Таким образом, не существует ИТ-сервиса для решения данной проблемы. Тем более не существует ИТ-сервиса для формирования управленческих решений тренера команды топ-уровня. Сервис *ra-first.com* осуществляет мониторинг результатов команд топ-уровня (Российская Премьер Лига, Английская Премьер Лига и др.) по игровым видам спорта во всем мире. Необходимые данные для формирования рейтинга берутся с сайтов *myscore.ru*, *flashscore.ru* и других. Полученные данные преобразуются в матричную форму с последующим решением системы линейных уравнений, результатом которого являются рейтинги команд. Поскольку в основе лежит создаваемая командой разность забитых и пропущенных голов, то это позволяет разложить эту разность на соответствующие показатели игроков. Рейтинг игрока имеет прямую связь с рейтингом его команды. Рейтинг игрока также распадается на различные показатели по компонентам игры (обыгрывание, передача за спину и др.). Это позволяет сравнивать игроков в предстоящем матче с учетом числа выигранных единоборств в различных игровых ситуациях. Такая математическая модель позволяет переносить статистические данные на предстоящий матч, прогнозируя его итог. Технология моделирования предстоящего матча в спортивных играх, называемая *PIRS* (*Polozov Information Rating System*), ранее была создана д.п.н. А.А. Полозовым, которым, в частности, было показано, что ресурс игры реализуется обычно только на 2/3. В «*PIRS*» структурированы виды *TTE* (технично-тактические единоборства), рейтинг команд считается через решение *СЛУ* (система линейных уравнений), рейтинг игрока экспоненциально убывает от числа *TTE* и т.д. Подтверждением эффективности модели «*PIRS*» с предложенными изменениями может служить устойчивость рейтинга игроков от матча к матчу, расчетное значение корреляции между ожидаемым рейтингом игрока и фактически измеренным его значением составило $r = 0,8$ для 10 команд топ-уровня в сезоне 18/19 года.

Ключевые слова: поддержка принятия решений, математическая модель управления, рейтинг, алгоритм, автоматизация принятия решений, информационная система.

THE RATING MONITORING OF TOP-LEVEL PLAYERS AND TEAMS FOR TACTICAL DECISION-MAKING

© 2021

Kraev Maxim Viktorovich, postgraduate student, lecturer

Polozov Andrey Anatolyevich, doctor of Pedagogy, associate Professor, professor of the Department physical culture

Ural Federal University

(620078, Russia, Yekaterinburg, Komintern street, 14, e-mails: Kraev.antooz@yandex.ru, A.A.Polozov@mail.ru)

Sokolovskaya Larisa Vladimirovna, candidate of Pedagogical Sciences, associate Professor

Surgut State Pedagogical University

(628417, KMAO - Yugra, Surgut, street 50 years of the VLKSM, 10/2 e-mail: sokolovskaya_surgpu@mail.ru)

Abstract. A top-notch team coach is always challenged to win the upcoming match. However, the statistics of the previous match cannot be used directly by him. This is indirectly due to the fact that the next match will be with a different team. Information analytics firms (*Instat*, *Wyscout*, etc.) provide the coach with statistical information on the previous matches of his team. The coach himself should form the model of the upcoming match. Thus, there is no IT service to solve this problem. Moreover, there is no IT service for the formation of management decisions of a top-level team coach. The *ra-first.com* service monitors the results of top-level teams in team sports around the world. The necessary data to form the rating is taken from the sites *myscore.ru*, *flashscore.ru* and others. The data obtained is converted into a solution to a system of linear equations. The result is team ratings. Since it is based on the difference between goals scored and conceded, created by the team, this allows us to decompose this difference into the corresponding indicators of the players. A player's rating is directly related to the rating of his team. The player's rating is similarly divided into

similar indicators for the components of the game (beating, passing behind the back, etc.). This allows you to compare the players in the upcoming match, count the number of won single combats in various exchanges. Such a mathematical model allows the transfer of statistics to the upcoming match. A technology for simulating an upcoming match in sports games, called PIRS, was previously created by Ph.D. A.A. Polozov. In particular, it was shown that the resource of the game is realized only on 2/3. In PIRS, the types of TTE are structured, the rating of the teams is calculated through the solution of the SLU, the player's rating decreases exponentially from the number of TTE, etc. The effectiveness of the PIRS model with the proposed changes can be confirmed by the stability of the players' rating from match to match. Correlation between the expected player rating and the actual obtained $r = 0.8$ for the top 10 teams in the 18/19 season.

Keywords: decision support, mathematical model of control, rating, algorithm, decision support automation, Information system.

Введение. Информационные технологии изменяют содержание работы тренеров команд топ-уровня. Существует не менее 15 международных компаний игровой аналитики, таких как *InStat* и *Wyscout* [1, 2]. Они традиционно считают ТТД (техничко-тактические действия) и предоставляют тренеру только статистическую справку о ранее сыгранном матче, оставляя за ним решение проблемы организации игры в предстоящем матче [3-5]. Коэффициент корреляции интегрального показателя из уравнения регрессии использованных *InStat* ТТД (техничко-тактических действий) с процентом набранных за 3 сезона очков команд топ-уровня равен $r = 0,36$. Интегративный показатель компании *InStat* имеет отрицательную корреляцию с результатами игр. Аналогичный показатель компании *Wyscout* между преимуществом в счете для чемпионатов Англии, Испании, России 2018-2019 года (140 игр) и преимуществом в сумме ТТД (техничко-тактических действий) = -0,06. Коэффициент корреляции между набранным в личной встрече числом очков для чемпионатов Англии, Испании, России 2018-2019 (140 игр) и преимуществом в сумме ТТД $r = -0,052$. Резкое увеличение числа индикаторов создает низкую достоверность полученных цифр и говорит о бесполезности поставляемой *InStat* и *Wyscout* информации.

Исходя из вышеизложенных фактов, можно сделать вывод, что информация, которую предоставляют компании спортивной аналитики, создает информационный шум.

Целью настоящей работы является обоснование практического применения технологии «PIRS» в управлении спортивной командой и демонстрация ее преимуществ в сравнении с конкурирующими технологиями *InStat* и *Wyscout*.

Методы и материалы исследования. Методика формирования рейтинговой оценки по балансу забитых и пропущенных мячей неоднократно публиковалась А.А. Полозовым [6-10]. Ее основное содержание представлено в таблице 1, где использовались следующие обозначения: Rt – рейтинг, Co , Bo , Ao – коэффициенты, $\Delta = Rt1 - Rt2$, $3/n$ – заработная плата, n число участников (игроков), I – команда, j - игрок.

Имеет существенно значение число последних туров команд (интервал), которое участвует в формировании такой СЛУ. Рейтинг участника в ходе сезона может существенно изменяться. Мы можем сопоставить интервал в виде числа последних туров для расчета рейтинга и точностью прогноза. Слишком малый

интервал приводит к большой погрешности из-за дефицита результатов. Слишком большой интервал дает много устаревших данных. Как видно, наилучшая точность прогноза на предстоящий матч из рейтинга будет при получении СЛУ по 8 последним результатам в футболе.

Таблица 1 – Основные показатели информационной модели управления

Показатель	Формула, обозначение (описание)
Система линейных уравнений (СЛУ) для расчета рейтингов команд	$Rt1 = \sum_{j=1}^n \delta_j \times Rt_j \text{cop} + \Delta I$ $Rt \text{ сред} = \left(\frac{1}{n}\right) \times \sum_{i=1}^n Rt_i$
Форма СЛУ для расчета рейтингов команд с учетом фактора своего и чужого поля	$Rt_i = \sum_{j=1}^n \delta_{ij} \times Rt_j + \Delta_i$ $Rt_j = \sum_{i=1}^k \delta_{ji} \times Rt_i + \Delta_j$
Рейтинг тренера	$Rt_{\text{тренера}} = Rt_{\text{факт}} - Rt_{\text{бюджет}}$
Линейная связь между рейтингом и преимуществом в счете	$Rt1 - Rt2 = \Delta = 1000 \cdot (3 - \Pi) / (3 + \Pi)$ $3 = 0,5 \times (3 + \Pi) \times (1000 + (Rt1 - Rt2)) / 1000$ $\Pi = 0,5 \times (3 + \Pi) \times (1000 - (Rt1 - Rt2)) / 1000$
Форма логистической зависимости с наименьшей дисперсией с экспериментальными точками процента выигранных матчей от преимущества $\Delta = Rt(1) - Rt(2)$.	$\% = Co \times Bo \times \exp(-\Delta/Ao) / (Co + Bo \times (\exp(-\Delta/Ao) - 1))$
Зависимость значений зарплат игроков от их общего рейтинга	$3/\pi = 1,558 + 0,000331 \times Rt$

Алгоритм работы системы *first* [11]:

- парсеры собирают результаты всех профессиональных команд с основных ресурсов мира с сайтов *myscore.ru*, *flashscore.ru*, *UEFA.com*, *FIFA.com* и др.;
- полученные результаты вносятся в базу данных *SQL*;
- формируется система линейных уравнений из данных последних 8 игр команды. Система линейных

уравнений решается методом Гаусса;

- формируются рейтинги команд в футболе, футзале, баскетболе, хоккее, гандболе. Отдельно для мужчин и женщин, а также рейтинги как клубных команд, так и сборных;
- формируются рейтинги тренеров команд по ожидаемому уровню команды, исходя из ее бюджета и

фактического уровня игры;

- формируются версии рейтингов на русском и английском языках;
- вносятся данные по бюджетам клубов, по которым рассчитываются рейтинги тренеров.

Программный код с использованием языков программирования *PHP, JavaScript, css, html* (рис. 1).

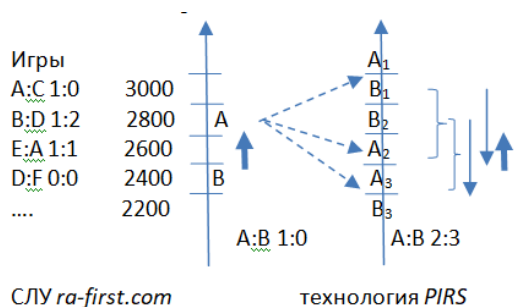
```

1 <?php
2
3 //include 'lib/parser.php';
4
5 define('JS_ROW_END', '-');
6 define('JS_INDEX', '+');
7 define('JS_CELL_END', '-');
8
9
10 /*
11  * Извлечение данных со страницы сайта muscore.ru.
12  * Сыгранные и будущие матчи выводятся на разных страницах.
13  * Для получения сыгранных матчей к url будет добавляться "results/",
14  * для получения будущих матчей к url будет добавляться "fixtures/".
15  *
16  * @param string $url адрес страниц
17  *
18  * @return array массив объектов.
19  * Поля объекта:
20  * - string team_1;
21  * - string team_2;
22  * - int score_1 - если матч еще не состоялся равно -1;
23  * - int score_2 - если матч еще не состоялся равно -1;
24  * - string date - формат даты: "YYYY-mm-dd HH:ii:ss";
25  */
26
27 function myscore_parser($url, $prefix) {
28
29     $table = array();
30
31     $table_data = myscore_get_table($url, 'results', $prefix);
32
33     if (is_array($table_data))
34         $table = $table_data;
35
36     unset($table_data);
37     sleep(15);
38
39     $table_data = myscore_get_table($url, 'fixtures', $prefix);

```

Рисунок 1 – Фрагмент написанного программного кода *www.ra-first.ru*

Практическое использование созданной информационной модели показано на примере сотрудничества со сборной России по мини-футболу на протяжении 10 лет и на примере участия сборной России по футболу на Чемпионате Мира 2018.



СЛУ *ra-first.com*

технология *PIRS*

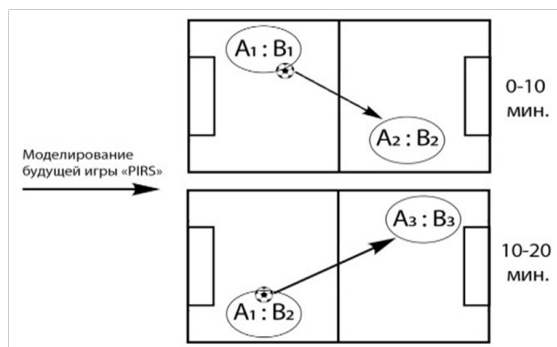


Рисунок 2 – Упрощенная схема работы информационной модели управления

А.А. Полозов [10] объединил компоненты игры в футбол в систему моделирования предстоящего матча под названием «*PIRS*». Некоторые тезисы этой технологии сводятся к следующему Тактика – это способность перераспределить нагрузки в пользу более сильных партнеров на позиции наиболее слабых оппонентов (в том же компоненте).

Рейтинг игрока составляет часть рейтинга команды, который в ходе матча экспоненциально падает в зависимости от числа единоборств с разной скоростью для разных компонентов. Для распределения матчевой нагрузки среди игроков используют т.н. эквивалентный режим, в котором более сильному игроку адресуют больше число единоборств, пока его уровень не сравняется с уровнем остальных партнеров. Для оценки давления на выбранную позицию используется усредненная «маска» предшествующих игр, в которой показана доля единоборств с каждой другой позицией в каждом компоненте. Игроки подбираются на позиции так, чтобы общая доля выигранных ими единоборств была максимальной. Под каждую из таких расстановок может быть выбрана наиболее «проходная» комбинация.

На рисунке 2 видно, что сервис *ra-first.com* собирает результаты матчей всех профессиональных команд мира и с помощью СЛУ отображает позицию команды на единой рейтинговой шкале. С помощью авторской методики *PIRS* рейтинг команды распадается на рейтинги игроков. Использование рейтингов игроков

по компонентам игры позволяет выявить среди множества разменов наиболее выгодные с точки зрения результата будущего матча. Учет суммы выгодных

разменов при планировании тактики игровой борьбы повышает шансы на выигрыш в поединке с более сильным соперником (рис. 3).

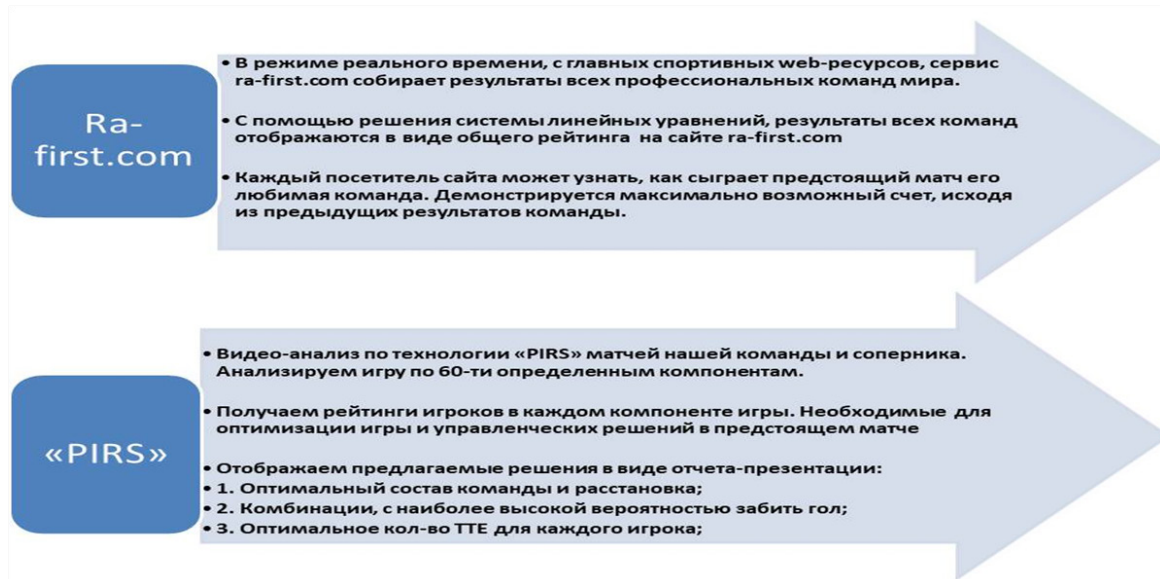


Рисунок 3 – Схематическое сопоставление First и PIRS

Результаты исследования. Экспериментальная часть. Исследования для РФС к ЧМ-2018.

Информационные технологии изменяют содержание работы тренеров команд топ-уровня. Существует не менее 15 международных компаний игровой аналитики, таких как *InStat* и *Wyscout*. Коэффициент корреляции интегрального показателя из уравнения регрессии использованных ТТД с процентом набранных за 3 сезона очков команд топ уровня равен $r = 0,36$. Аналогичный показатель для *Wyscout* между преимуществом в счете для чемпионатов Англии, Испании, России сезона 2018 – 2019 года (140 игр) и преимуществом в сумме ТТД = $-0,06$. Резкое увеличение числа

индикаторов чревато низкой достоверностью полученных цифр и свидетельствует о бесполезности предоставляемой *InStat* и *Wyscout* информации.

Рейтинг тренеров рассчитывается из баланса ожидаемого от бюджета и фактически полученного значений рейтинга (рис. 4). Такая методика неудобна тем, что клубы с очень небольшим бюджетом могут обнаружить несуществующие преимущества из-за нелинейности модели.

Тем не менее, в рамках линейной модели осуществляется мониторинг успешности тренеров. Отметим, что сложно разделить показатели успешности работы тренера и менеджера клуба.

ИФФЭУ руб. тренера	Тренер	ИИ	ИИ команда	Клуб	Страна	Бюджет
1107	Маккарони Жозе Рикарду	3780	2673	Фламенго	Бразилия	93
971	Гастрелли Джакомо	3480	2509	Аталанта	Италия	13
895	Silvestre Juanjo Soriano	3502	2607	Севилья	Испания	61
828	Спандорф Вальтер	3378	2511	Кайзерслаутерн	Германия	14
798	Иларио Казима	3311	2513	Коринтианс	Бразилия	15
768	Лауренду Регинальду	3291	2523	Аль-Иттихад	Саудовская Аравия	20
725	Томашек Сергей	3258	2533	Копенгаген	Дания	25
719	Sava Radulovic	3228	2509	Реддинг	Англия	13
711	Алфонсо Рубио	3267	2556	Атлетико Паранансе	Бразилия	36
709	Саванто Гальдерано	3302	2593	Бока Хуниорс	Аргентина	54
708	Шивал Алекс	3313	2605	Палмейрас	Бразилия	60

Рисунок 4 – Рейтинг тренеров в футболе

Далее на основе технологии *PIRS* проведен анализ показателей сборной России по футболу. Данное исследование основано на мониторинге игр РПЛ сезонов 16/17 и 17/18 годов, а также результатов матчей национальных сборных России, Саудовской Аравии и Уругвая. На первом этапе с помощью *web*-сервиса *ra-first.com* были рассчитаны рейтинги команд РПЛ, после чего с помощью технологии *PIRS* произведен анализ видеозаписи сыгранных матчей с участием команд РПЛ. В итоге получена сводная таблица рейтин-

гов всех игроков РПЛ, по которой составлен экспериментальный состав сборной России, представленный в таблице 2.

По итогам жеребьевки на ЧМ-2018 соперниками сборной России на групповом этапе оказались сборные Египта, Уругвая и Саудовской Аравии. Согласно официальному данным ФИФА на май 2018 года сборная России занимала 66 строчку рейтинга сборных команд мира, в то время как наши соперники находились на 17-ой (Уругвай) 46 (Египет) и 67 (Саудов-

ская Аравия) позициях. Из игр этих четырех команд сформирована модель игры с наилучшим результатом национальной команды. Путем моделирования оптимального состава сборной России на матч со сборной Уругвая получен стартовый состав на предстоящий матч (табл. 3).

Таблица 2 – Экспериментальный состав сборной России сезона 2017/18

Фамилия	Кол-во единоборств в атаке	Кол-во единоборств в защите
Алан Дзагоев	25	21
Виктор Васин	4	33
Владислав Игнатьев	27	34
Дмитрий Комбаров	28	25
Денис Глушаков	27	22
Александр Кокорин	14	25
Антон Миранчук	22	31
Артем Дзюба	9	34
Алексей Миранчук	34	33
Дмитрий Полоз	6	17
Георгий Джикия	36	7
Федор Смолов	35	4
Далер Кузиев	28	23
Игорь Денисов	33	15
Игорь Смольников	31	26

Таблица 3 – Стартовый состав экспериментальной сборной России на матч со сборной Уругвая.

Рейтинг	№	Игрок	Клуб	Позиция
3495	23	Комбаров Дмитрий	Спартак	4
3006	5	Васин Виктор	ЦСКА	3
3107	8	Глушаков Денис	Спартак	7
2993	22	Дзюба Артем	Арсенал (Тула)	10
3315	13	Георгий Джикия	Спартак	2
2992	59	Миранчук Алексей	Локомотив	6
3123	10	Федор Смолов	Краснодар	11
2998	60	Миранчук Антон	Локомотив	9
3170	9	Кокорин Александр	Зенит	8
3468	20	Игнатьев Владислав	Локомотив	5

Результаты моделирования для матчей сборной России со сборными Уругвая и Саудовской Аравии на ЧМ-2018 сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Рекомендуемый баланс TTE для игроков сборной России.

Игрок	Рейтинг в РПЛ	Рекомендовано ед-в в атаке			Фактически			Отклонение	сумма	Компонент №3 рекомендовано			Комп 33 рекомендовано			Комп 33 факт
		Фактически	Реком. в обороне	Фактически	Фактически	Фактически	Фактически			Фактически	Фактически	Фактически	Фактически			
Дзагоев	3784	22,6	25	18	21	-5,4	43,5	6,1	6	0,0	10					
Головин	3456	22,2	39	16	22	-22,8	40,9	2,3	8	11,0	4					
Игнатьев	3575	11,1	27	23	34	-26,9	39,2	0,0	8	14,0	16					
Комбаров	3656	17,8	28	11	25	-24,2	39,0	0,5	5	6,0	9					
Глушаков	3283	14,5	30	16	17	-16,5	38,7	1,6	4	1,0	1					
Ан. Миранчук	3209	21,4	22	37	31	5,4	33,3	2,6	3	4,0	5					
Дзюба	3209	18,2	9	22	34	-2,8	33,1	1,7	2	14,0	18					
Ал. Миранчук	2948	17,2	34	25	33	-24,8	30,2	0,0	11	4,0	7					
Полоз	3323	16,2	6	5	17	-1,8	29,4	1,9	1	0,0	3					
Смолов	3514	12,4	35	5	4	-21,6	28,8	1,2	4	1,0	1					
Кузиев	3378	16,4	30	4	19	-28,6	27,4	1,9	2	1,0	1					
Денисов	3640	13,9	33	20	15	-14,1	22,9	2,1	20	14,0	3					

Как видно из таблицы 4, лидеры своих клубов имеют больше нагрузки в клубе, чем в сборной. Также для каждого игрока приведено рекомендуемое количество единоборств в каждом компоненте игры.

Для каждого игрока персонально были оценены численные показатели его игры. В качестве примера в таблице 5 представлены рекомендации по количеству единоборств в компонентах игры в матче Россия – Уругвай для А. Головина, опирающиеся на его данные в матче ЦСКА – Локомотив.

Таблица 5 – Рекомендации по TTE А Головина на матч с Уругваем

Номер компонента	1	2	3	16	17	21
Фактич. число ед-в	5	13	8	4	3	3
Рейтинг	3607,11	3440,29	3618,74	3384,85	3219,01	3536,80
Коэффициент убывания	-0,07	-0,02	-0,05	-0,03	0,06	-0,033
Рекомендовано Ned в игре	1,62	3,09	2,35	1,99	2,86	3,02

Разность в рейтинге команд составляет более 1000 пунктов, что подразумевает итог игры 0:3 и т.п. При такой разности рассчитывать на победный исход матча для сборной России невозможно. С помощью технологии «PIRS» большую часть этой разности можно нивелировать. За счет определения оптимального количества TTE для каждого игрока команды и использования комбинаций, с наибольшей вероятностью забить. Потенциально возможный счет в матче между Сборной России и Уругвая может быть 1,6 : 3,3 в пользу сборной Уругвая. Оказалось что выиграть у столь сильного соперника при большой разности в уровне игры невозможно.

Заключение. Перед тренером команды топ-уровня всегда стоит задача выиграть предстоящий матч. Однако статистика предыдущего матча не может быть им использована непосредственно, поскольку следующий матч будет уже с другой командой. Фирмы ИТ аналитики (*Instat, Wyscout* и др.), которые работают с ведущими клубами мира, не располагают математической моделью, способной экстраполировать данные на предстоящий матч. Они лишь представляют тренеру статистическую справку по предыдущим матчам его команды. Сформировать модель предстоящего матча должен сам тренер. Таким образом, не существует ИТ-сервиса для решения данной проблемы, тем более не существует ИТ-сервиса для формирования управленческих решений тренера команды топ-уровня. Большинство предоставляемых существующими сервисами критериев (их больше 100) не имеют корреляции с результатами игр для близких по силам соперников. Таким образом, вместо информации тренеру поставляется информационный «шум»

Сервис *ra-first.com* осуществляет мониторинг результатов команд топ-уровня (суперлига, высшая лига) по игровым видам спорта во всем мире. Необходимые данные для формирования рейтинга берутся с сайтов *myscore.ru, flashscore.ru* и других. Полученные данные преобразуются в табличные формы, обеспе-

чивающие решение системы линейных уравнений. В результате получают рейтинги команд. Поскольку в основе расчетов лежит создаваемая командой разность забитых и пропущенных голов, то это дает возможность разложить эту разность на соответствующие показатели игроков. Рейтинг игрока имеет прямую связь с рейтингом его команды. Рейтинг игрока распадается аналогично на различные показатели по компонентам игры (обыгрывание, передача за спину и др.). Это позволяет сравнивать возможности игроков в предстоящем матче, прогнозировать число выигранных единоборств в различных разменах. Такая математическая модель позволяет сформировать статистические данные и выработать рекомендации тренеру на предстоящий матч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Официальный сайт компании Instat.com
2. Официальный сайт компании Wyscout.com
3. Mat, H. Machine learning in men's professional football: Current applications and future directions for improving attacking play / Mat Herold // International Journal of Sports Science & Coaching. – 2019. – №2. – P. 2-20.
4. Rein, R., Memmert, D. Big data and tactical analysis in elite soccer: future challenges and opportunities for sports science / Robert Rein // SpringerPlus – 5, 1410 (2019).
5. Mathematical and software of the distributed computing system work planning on the multiagent approach basis / S.A. Oleinikova, O.Ya. Kravets, E.B. Zolotukhina et al. // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016. – Vol. 11, no. 4. – P. 2872–2878.
6. Полозов, А.А. Существует ли предельное значение результата команды в матче? / А.А. Полозов / Теория и практика физической культуры. – 2018. - №12. – С. 88-91.
7. Карминский, А.М. Энциклопедия рейтингов: экономика, общество, спорт / А.М. Карминский, А.А. Полозов, С.П. Ермаков. – М.: Издательский дом «Экономическая газета», 2011. – 349 с.
8. Полозов, А.А. Психологические портреты персонала спортивного клуба. / А.А. Полозов / Спортивный психолог. – 2005. -№3. – С. 22-27.
9. Полозов, А.А. Тактический эффект / А.А. Полозов // Теория и практика физической культуры. – 2002. №7. – С. 36-40.
10. Полозов, А.А. Предстоящий матч. Компьютерная версия / А.А. Полозов // Теория и практика физ. культуры. – 1997. – №3. – С. 41-42.
11. Официальный сайт технологии «PIRS» - <http://ra-first.com/ru>
12. Andreff, W., Szymanski, S. Handbook on the Economics of Sport - 2016. - №5. – P. 17 – 38.
13. Теория систем и системный анализ / С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, П.Н. Курочка, В.О. Скворцов. – Воронеж: Научная книга, 2009. – 625 с.
14. Галлямов, Е.Р. Компьютерная реализация операций с нечеткими числами / Е.Р. Галлямов, В.И. Ухоботов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Вычислительная математика и информатика». – 2014. Т. 3, № 3. – С. 97–108.
15. Эффективное управление организационными и производственными структурами: монография / О.В. Логиновский, А.В. Голлай, О.И. Дранко и др.; под ред. О.В. Логиновского. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 450 с.
16. Oleinikova, S.A. Mathematical and software of the distributed computing system work planning on the multiagent approach basis / S.A. Oleinikova, O.Ya. Kravets, E.B. Zolotukhina et al. // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016. – Vol. 11, no. 4. – P. 2872–2878.

Статья поступила в редакцию 21.01.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 004.946.

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0009

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ РЕАЛИЗАЦИИ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ВИРТУАЛИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

© 2021

Терешкин Дмитрий Олегович, аспирант кафедры «Вычислительные машины и системы»

Мартышкин Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»

Данилов Евгений Александрович, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11,

e-mails: madcore23@gmail.com, alexey314@yandex.ru, danilov@penzgtu.ru)

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы исследования различных способов реализации сетевой инфраструктуры в виртуализированной среде. Приведена краткая теоретическая информация об основах виртуализации, в том числе виртуализации сети, ее истории, а также рассмотрены положительные и отрицательные аспекты использования виртуализации. Перечислены существующие виды организации сети, их особенности и реализации. Описаны наиболее часто используемые гипервизоры. Проведен анализ различных видов организации сети в виртуализированной среде. Выделены несколько основных типов организаций сетевой инфраструктуры, позволяющие объединять вычислительные машины как друг с другом, так и с хостовой машиной. Описаны и построены стенды, сконфигурированные для экспериментов и построенные с использованием различных гипервизоров и различных хостовых систем. В ходе проведения экспериментов выполнено измерение производительности сети при передаче файлов малого, среднего и большого размера с использованием буферов различного размера и с различным количеством виртуальных машин при разных способах организации сети в виртуализированной среде. На основе измерений были построены графики-диаграммы.

Ключевые слова: аппаратное обеспечение, виртуализация, виртуальная машина, виртуальное устройство, вычислительная система, инфраструктура, коммутатор, операционная система, программное обеспечение, управление ресурсами, хост.

RESEARCH OF VARIOUS WAYS TO IMPLEMENT NETWORK INFRASTRUCTURE IN A VIRTUALIZED ENVIRONMENT

© 2021

Tereshkin Dmitry Olegovich, postgraduate of sub-department «Computers and systems»

Martyshkin Alexey Ivanovich, candidate of technical sciences, docent,

associate Professor of sub-department «Computers and systems»

Danilov Evgeny Alexandrovich, candidate of technical sciences,

associate Professor of sub-department «Computers and systems»

Penza state technological University

(440039, Russia, Penza, BaydukovProyezd / Gagarin Street, 1a/11,

e-mails: madcore23@gmail.com, alexey314@yandex.ru, danilov@penzgtu.ru)

Abstract. The article deals with the research of various ways of implementing network infrastructure in a virtualized environment. A brief theoretical information about the basics of virtualization, including network virtualization, its history, as well as the positive and negative aspects of using virtualization are considered. The existing types of network organization, their features and implementations are listed. The most commonly used hypervisors are described. The analysis of various types of network organization in a virtualized environment is carried out. There are several main types of network infrastructure organizations that allow combining computing machines with each other and with the host machine. Stands configured for experiments and built using various hypervisors and various host systems are described and constructed. In the course of the experiments, the network performance was measured when transferring small, medium and large files using buffers of different sizes and with different numbers of virtual machines with different ways of organizing the network in a virtualized environment. Graphs-diagrams were constructed based on the measurements.

Keywords: hardware, virtualization, virtual machine, virtual device, computing system, infrastructure, switch, operating system, software, resource management, host.

Введение. Сегодня виртуальная инфраструктура активно развивается и является приоритетным направлением. Значительное количество ресурсов вкладываются ИТ-компаниями в исследования и развитие данной сферы, а компании-потребители активно переводят свою инфраструктуру из небольших и затратных

дата-центров в облачные платформы. Ввиду активного развития технологий виртуализации необходимо понимать, какое влияние оказывает абстракция сетевого оборудования на скорость передачи данных и какие вычислительные элементы инфраструктуры стоит виртуализировать [1-4]. Основным аспектом виртуа-

лизации являются сетевые интерфейсы, а важнейшим этапом на построении виртуальной среды – виртуализация сети [5-7].

Главной **целью**, которая ставится в статье, является проведение анализа производительности и функционала сетевой подсистемы наиболее распространенных гипервизоров. Для достижения указанной цели в работе поставлены и решены задачи, среди которых:

1. Провести обзор общих способов организации сети в рамках гипервизора, обеспечивающих связь виртуальной машины (ВМ) с хостовой системой, с другими ВМ или с внешними сервисами.
2. Обеспечить возможность и настроить окружение для установки гипервизоров, установить гипервизоры.
3. Создать экспериментальный стенды для демонстрации нескольких способов организации сети на разных платформах виртуализации.
4. Провести измерение производительности компьютерных сетей на предложенных стендах.
5. Произвести анализ полученных результатов производительности различных способов организации сети.

Материалы и результаты исследования. Виртуализация – предоставление набора вычислительных ресурсов или их логического объединения, абстрагированное от аппаратной реализации, и обеспечивающее при этом логическую изоляцию вычислительных процессов, выполняемых на одном физическом ресурсе [8-10]. Вообще виртуализация означает создание имитированной (виртуальной) вычислительной среды вместо физической версии. Виртуализация, как правило, содержит в себе версии аппаратных средств, операционных систем (ОС), устройств хранения и др.,

что позволяет предприятиям и организациям распределить ресурсы одного компьютера или сервера на несколько ВМ, каждая из которых функционирует независимо, выполняя разные ОС или приложения, при этом совместно используя ресурсы одного хост-компьютера. Сам замысел виртуализации появился в 1960-х годах в компании *IBM*.

Одним из типов виртуализации является виртуализация сети (ВС), которая классифицируется двумя видами: как внешняя виртуализация, связывающая множество сетей или частей сетей в виртуальное устройство, и как внутренняя виртуализация, предоставляющая функциональность сети для контейнеров программного обеспечения на одном сетевом сервере.

Виртуализация имеет следующие положительные качества:

- возможность осуществить выполнение нескольких ОС на одном хосте [11].
- разделение аппаратных ресурсов между ВМ [12].
- сокращение затрат на оборудование.
- изоляция неисправностей и сбоев любой из гостевых ОС.
- повышения уровня производительности благодаря расширенным средствам управления ресурсами [13-16].
- возможность полного сохранения состояния ВМ в виде файла.
- повышения уровня платформонезависимости благодаря использованию гипервизора.

Отрицательным качеством виртуализации являются накладные расходы.

Чтобы понять, как развивалась ВС, необходимо рассмотреть классическую среду, где необходимые приложения находятся на физических серверах (рис. 1).

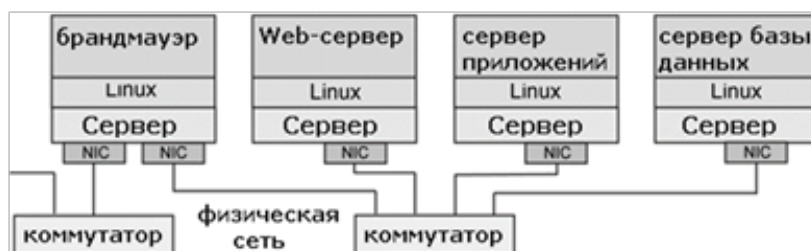


Рисунок 1 – Классическая сетевая инфраструктура

Главным новшеством явилось объединение серверов, которое позволяет нескольким ОС и приложениям вместе использовать одно физическое аппаратное обеспечение – гипервизор. Каждая ОС с набором приложений (ВМ) воспринимает базовое аппаратное обеспечение как используемую в монопольном режиме структуру несмотря на то, что отдельные ее части могут быть общими для нескольких ВМ, либо могут вовсе отсутствовать.

Один из видов организации сети в гипервизоре – с помощью виртуального сетевого адаптера (vNIC) [17] (рис. 2).

Монитор ВМ способен организовать и поддерживать более одного виртуального сетевого адаптера

(VSA) для каждой ВМ. Сама ВМ будет видеть указанные VSA как физические, хотя реально они будут только предоставлять интерфейс к существующему физическому сетевому адаптеру. Для организации настраиваемого взаимодействия между конечными точками ВМ, гипервизор способен динамически организовать и поддерживать виртуальную сеть с виртуальными коммутаторами, а также позволяет осуществлять коммуникацию с инфраструктурой физической сети через подключение своей логической инфраструктуры и физических сетевых адаптеров сервера, из-за чего становятся возможным взаимодействие ВМ друг с другом в рамках гипервизора и с внешней сетью.

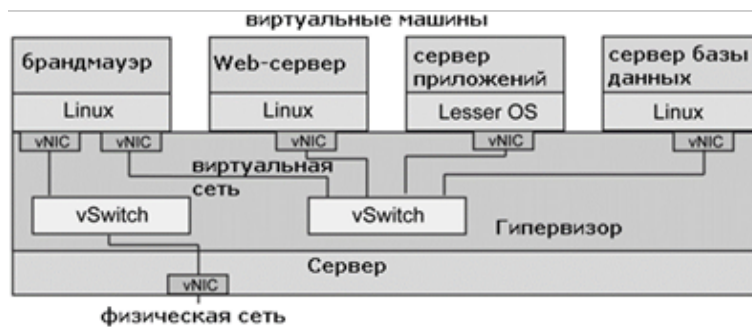


Рисунок 2 – Виртуализированная сетевая инфраструктура

Один из видов организации виртуализированной сети – использование виртуального адаптера. Такая организация позволяет ВМ общаться между собой и с хостовой машиной.

Имеется ряд причин, по которым применение технологии сквозного доступа является предпочтительным. Во-первых, это увеличение производительности, во-вторых, предоставление индивидуального доступа к устройству, ограничивающее использование только одной машиной.

Когда ВМ разнесены по разным хостам, целесообразно использовать подход к построению виртуализированной сети с использованием маршрутизации IP-пакетов на уровне хостовой системы. IP-пакеты, исходящие из ВМ, подвергаются IP-маршрутизации, затем могут передаваться на другой хост по сети, таким образом добираются до узла назначения. IP-Маршрутизация – процесс, при котором для пакета, передающегося по сети, определяется маршрут его передвижения от узла к узлу. Маршрутом называется последовательность узлов сети (маршрутизаторов), через которые необходимо пройти пакету для того, чтобы быть переданным от узла-отправителя к узлу-назначению. IP-маршрутизатор – устройство, целью которого является объединение сетей, а также формирование маршрута передвижения пакетов в сети. На каждом маршрутизаторе может быть как один, так и несколько IP-интерфейсов. Эти интерфейсы могут быть подключены к одной или нескольким сетям. Для каждого интерфейса назначен уникальный номер – IP-адрес. Использование пакетного форматирования позволяет передавать по сети длинные сообщения более надежно и эффективно.

Вначале узел-отправитель маршрутизирует отправляемый IP-пакет, после чего, аналогичные действия повторяют все узлы-маршрутизаторы на пути следования данного пакета. Механизм маршрутизации выглядит следующим образом. Узел-отправитель перед отправлением пакета при помощи маски подсети выделяет из IP-адреса узла-получателя и собственного адреса номера подсетей. При совпадении полученных номеров, пакет просто перенаправляется к узлу-получателю, так как они находятся в одной подсети. Иначе, если номера сетей отличаются, то пакет передается соседнему маршрутизатору, адрес которого указан в таблице маршрутизации.

Для определения узла, на который необходимо

переслать пакет, используются данные из таблицы маршрутизации – таблицы, которая сопоставляет IP-адреса подсетей адресам соседних маршрутизаторов, на которые необходимо переслать пакет для того, чтобы он дошел в указанную сеть. Для маршрутизации пакетов в сети, о которых нет информации в таблице маршрутизации, существует специальная запись, которая описывает маршрут по умолчанию. Эта запись используется в том случае, если ни одна другая запись в таблице не будет соответствовать необходимой подсети. Благодаря наличию такой записи, нет необходимости прописывать все возможные пути от каждого узла сети до любого другого. Маршрутизирующие таблицы могут составляться администратором вручную или динамически, на основе обмена информацией, осуществляемого маршрутизаторами по протоколам [18-20].

Из наиболее известных и часто используемых гипервизоров следует отметить *VirtualBox (Oracle VM VirtualBox)*, *KVM (Kernel-based Virtual Machine)*, *Microsoft Hyper-V* и *VMware Workstation* [21]. Из возможностей *VirtualBox* можно отметить такие, как кроссплатформенная поддержка, модульная структура, поддержка 64-разрядных гостевых систем, поддержка аппаратного ускорения (*OpenGL, DirectX 8/9*), возможность использования образов жестких дисков *VMDK (VMware)* и *VHD (Microsoft Virtual PC)*, различные виды сетевых адаптеров (*NAT, Bridged, Internal*). К основным возможностям *KVM* можно отнести то, что эмуляция не выполняется за счет *KVM*. Для этого применяется интерфейс */dev/kvm*. Работающая в пользовательском пространстве программа использует интерфейс, чтобы настроить адресное пространство гостевой ВМ. Этот же интерфейс необходим для эмуляции устройства ввода-вывода и видеоадаптера. У каждой ВМ имеется личное виртуальное аппаратное обеспечение, среди которого сетевые и видеокарты, диски и другие устройства. В гипервизоре *Microsoft Hyper-V* появляется понятие раздела – логической единицы разграничения, поддерживаемой гипервизором, в котором работают ВМ. Родительский раздел запускает стек виртуализации и предоставляет доступ к аппаратным устройствам. Затем создаются дочерние разделы, где находятся ВМ. Дочерний раздел может создавать свои дочерние разделы, создающиеся родительским посредством вызова *API* гипервизора, представленного в *Hyper-V*. Все запросы на обраче-

ние к виртуальным устройствам пересылаются на устройства родительского раздела, где запрос обрабатывается. Из достоинств *VMware Workstation* стоит отметить следующее: сетевой адаптер хоста может быть соединен с ВМ посредством моста, кроме того, поддерживаются разделяемые каталоги с ВМ. Для хранения виртуальных жестких дисков используются *.vmdk*- файлы.

Проведение экспериментов. Во всех выбранных гипервизорах поддерживаются все рассматриваемые организации сети с небольшими отличиями в реализации. Для экспериментов подготовлен стенд для IP-маршрутизации (рис. 3).

Для этого стенда использован гипервизор *VmWare*,

установленный на машину под управлением ОС *Windows 10*. Затем был установлен образ ВМ *Ubuntu Server*, выбранный по причине малого резервирования места на диске, быстроты развертывания и минимального набора средств, достаточных для проведения экспериментов. После создания ВМ произведена ее настройка и проверка, после чего она была клонирована, а это в свою очередь позволило оперативно создать рабочие копии уже настроенной ВМ, которые можно использовать сразу, без дополнительных действий. Итак, на одном хосте организованы три ВМ. Также реализован стенд на базе машины с установленной ОС *Ubuntu 14.10*, где осуществлен проброс сетевой карты в ВМ (рис. 4).

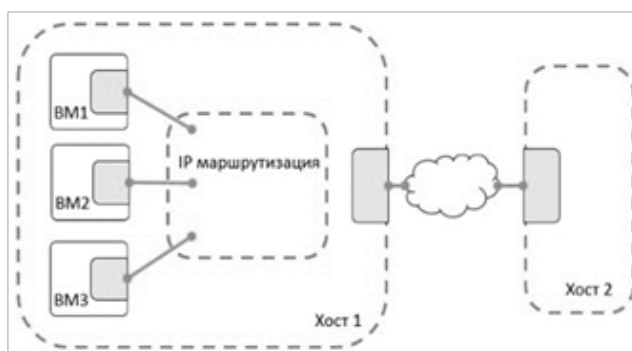


Рисунок 3 – Тестовый стенд для варианта организации сети – IP маршрутизация

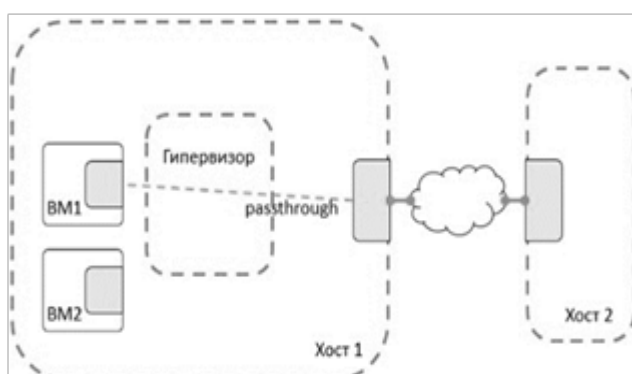


Рисунок 4 – Тестовый стенд для варианта организации сети – проброс устройства

Измерение производительности. После подготовки стендов проведены эксперименты по измерению производительности сети. Проводилось исследование зависимости скорости передачи данных от объема буфера и от числа ВМ, параллельно передающих данные, а также измерялись задержки при передаче пакетов. Для проведения эксперимента был организован процесс передачи сетевого трафика трех типов:

1. Маленький файл (10 Кб). Такие файлы имитируют малые файлы (например, конфигурационные файлы).

2. Средний файл (10 Мб). Такому размеру соответствуют разнообразные файлы (например, файлы в формате *docx*, *pdf*, аудиофайлы, изображения).

3. Большой файл (100 Мб). Файлы такого объема имитируют передачу мультимедиа файлов высокого качества.

В экспериментах использованы пять размеров

буфера для передачи данных: 1 Кб, 16 Кб, 64 Кб, 128 Кб, 256 Кб. Измерения осуществлялись в различных видах организации сети для гипервизоров *VMware*, *KVM*, *Hyper-V*, *VirtualBox*. Исследования производились утилитой *Iperf* – кроссплатформенной программой, что делает ее универсальной и позволяет использовать практически на любой ОС. Программу можно применять для генерации *TCP* и *UDP* трафика при тестировании производительности сети. На компьютере, выполняющем роль сервера, программа запускалась командой *iperf -s -l 64K*. Применяемая опция для режима «сервер»: *s* – запускает программу в качестве сервера. На клиентской стороне программа запускалась с ключами: *iperf -c 10.0.0.1 -l 64K -n 100M -f t*. Используемые опции для режима «клиент»: *c* – позволяет запустить программу, как клиента; *d* – позволяет проводить двунаправленный тест; *n* – указывает какой количество байт необходимо передать; *r* – дву-

направленное тестирование; t – задает время теста в секундах; F – позволяет использовать файл, в качестве входных данных; P – задает количество параллельных потоков для запуска клиента. Используемые общие опции: f – $[KmKM]$ формат для отчета: Кбит, Мбит, Кбайт, Мбайт; h – помощь; i – задает интервал в секундах между отчетами пропускной способности; l – задает размер буфера чтения/записи; m – отображает максимальный размер сегмента (MTU); o – позволяет сохранить отчет в файл; p – задает порт на котором ожидаются подключения; u – указывает использовать UDP (по умолчанию TCP); w – задает размер окна; M – позволяет изменить максимальный размера сегмента (MTU); v – информация о версии утилиты; V – использование протокола $IPv6$; y – использовать CSV формат для вывода данных. Каждая серия опытов состояла из ста измерений.

В ходе проведения экспериментов измерялась производительность сети при передаче файлов малого, среднего и большого размера с использованием различных по объему буферов и с разным числом ВМ при отличающихся способах организации сети в виртуализированной среде.

По итогам проведенного исследования и соответствующих измерений получены диаграммы, показанные на рисунках 5 и 6.

По рисунку 5а видна динамика, которая заклю-

чается в следующем: с увеличением размера буфера увеличивается и скорость передачи данных. В свою очередь содержимое графика, представленного на рисунке 5б говорит нам о том факте, что увеличение числа ВМ, способных параллельно передавать пакеты, приводит к снижению скорости передачи данных, по всей видимости, это явление есть следствие того, что физический интерфейс хоста ВМ разделяется, а это влечет за собой возникновение накладок во время одновременной передачи информационных пакетов.

Полученные в ходе исследования технологии проброса устройств результаты отражены на рисунке 6, содержимое диаграмм которого говорит о том, что для подобной организации сети и скорость передачи данных и задержки ниже, причем разница проявляется по той причине, что при пробросе устройства появляется возможность передавать $L2$ трафик, обрабатывающийся быстрее [20].

Итак, по полученным наглядным результатам можно резюмировать, что в случае, если требуется максимальная производительность, целесообразно применять прямой доступ к устройству. При таком решении наращивать систему можно будет, добавляя новые устройства.

В масштабных сетях наиболее предпочтительнее будет IP маршрутизация, конечно, уступающая по производительности.

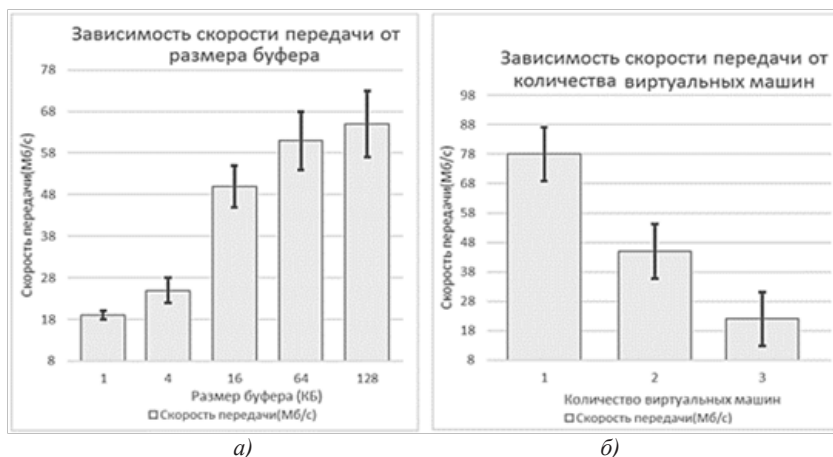


Рисунок 5 – Результат исследования зависимости скорости передачи от размера буфера (а); результат исследования зависимости скорости передачи от количества виртуальных машин (б)

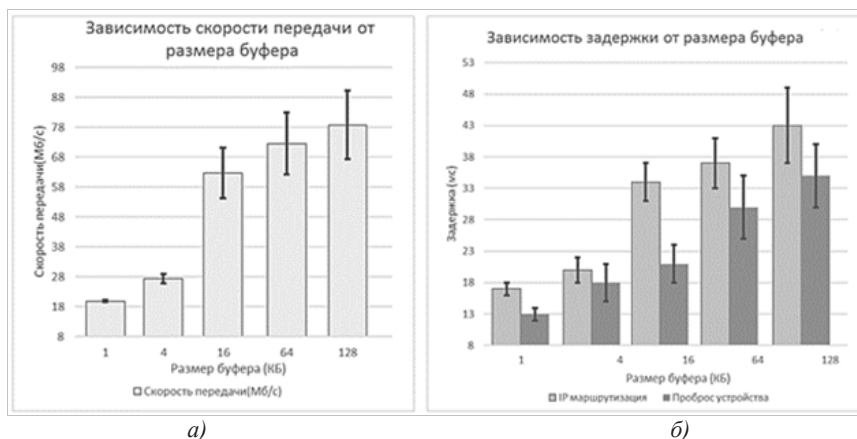


Рисунок 6 – Результат исследования: скорости передачи от размера буфера (а); задержки от размера буфера (б)

Заключение. Приведем основные полученные в работе результаты. Проведен анализ различных видов организации сети в виртуализированной среде для различных гипервизоров. Выделены основные типы организаций сетевой инфраструктуры, позволяющие объединять ВМ как друг с другом, так и с хостовой машиной. Способы организации сети разделены по функциональному признаку. Разработаны тестовые стенды для экспериментов по измерению характеристик выбранных способов организации сети. Собраны статистические данные о скорости передачи и задержках, которые проанализированы и представлены в виде диаграмм. На основе данных сделаны выводы о производительности и масштабируемости рассматриваемых организаций сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Анника Бланк, Пол Кифер, Карлос Сальвае, мл., Герардо Валенсия, Джез Вейн, Армин М. Варда, "Технология Advanced POWER Virtualization в IBM System p5", Перевод А. Казаков, И. Легостаев, Д. Миронов, Москва, 2007.
2. Porek, 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
3. Черняк Л. Ренессанс виртуализации - вдогонку за паровозом // *Открытые системы*, №02, 2007 – С. 26-35.
4. Леандро Карвальо, Windows Server 2012 Hyper-V. Книга рецептов: Пер. с англ. Слинкина А.А. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 302 с.
5. Олифер В., Олифер Н., Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 5-е изд. – СПб.: Питер, 2016. – 992 с.
6. Елена Смирнова, Павел Козик, Технологии современных сетей Ethernet. Методы коммутации и управления потоками данных: Учебное пособие - СПб.: Изд-во БХВ-Петербург, 2012 – 272 с.
7. Куроуз, Джеймс, Компьютерные сети: Нисходящий подход, 6-е изд. – Москва: Издательство "Э", 2016. – 921 с.
8. 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/PR OCES-WP007A-EN-P.pdf> (Дата обращения: 11.01.2021).
9. Tulloch M. Understanding Microsoft Virtualization Solutions, Microsoft Press, 2010. 464 p. (Second Edition)
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: 11.01.2021).
11. Терешкин Д.О., Мартышкин А.И. Управление ресурсами и рабочей нагрузкой в адаптивных моделях вычислительных систем // *Научное обозрение. Педагогические науки*. – 2019. – № 3-2. – С. 96-100.
12. Романова А.О. Виртуализация в высокопроизводительных вычислительных системах // *Наука и образование: электронное научно-техническое издание*. – 2011. – №. 03. – С. 1-29.
13. 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.
14. Валова О.О., Мартышкин А.И. Разработка, исследование и применение моделей вычислительных систем с виртуализацией // *Современные информационные технологии*. – 2014. – № 20. – С. 50-57.
15. Мартышкин А.И. Основные направления и пути развития современных встраиваемых операционных систем // *Современные информационные технологии*. – 2018. – № 27 (27). – С. 63-69.
16. 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.
17. 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.
18. Vagmo M., Wustefeld P. Advanced POWER Virtualization on IBM System p5: Introduction and Configuration, 2007. – 488 p.
19. 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.
20. Куликова Д.Д. Сравнение различных способов реализации сетевой инфраструктуры в виртуализированной среде // *Сборник трудов VIII Конгресса молодых ученых*. – 2019. – С. 221-225.
21. Виртуализация KVM: характеристики, сравнительные особенности, цены – Market.CNews: [Электронный ресурс]. 16.04.2020. URL: https://market.cnews.ru/news/top/2020-04-08_virtualizatsiya_kvм_harakteristiki (Дата обращения: 12.01.2021).

Статья поступила в редакцию 10.02.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 004

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0010

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

© 2021

Грacheв Михаил Иванович, старший инженер информационного центра

Санкт-Петербургский Университет МВД России

(198206, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Летчика Пилютова, 1, e-mail: mig2500@mail.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)

Чудаков Олег Евгеньевич, доктор технических наук,

профессор кафедры специальных информационных технологий

Примакин Алексей Иванович, доктор технических наук, профессор,

начальник кафедры специальных информационных технологий

Санкт-Петербургский Университет МВД России

(198206, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Летчика Пилютова, 1,

e-mails: oechuda@yandex.ru, a.primakin@mail.ru)

Аннотация. Повсеместное внедрение информационных технологий в жизнь человека, затрагивает все его стороны деятельности, в том числе эти изменения мы можем увидеть в социальных и экономических системах (СЭС), таких как образование, здравоохранение, право, охрана природы. Современные требования к образовательным системам и образовательным организациям высшего образования (ООВО) требуют от руководителя ООВО или лица, принимающего решения (ЛПР) соответствовать нормативно-правовым документам, иметь современную полигонную базу для обучения. Деструктивное воздействие приводит к нарушению нормальной работы ООВО, что в свою очередь делает необходимости иметь у ЛПР математическую модель решения возникшей проблемной ситуации. В известной литературе данные математические модели не представлены, что делает данную работу актуальной. Не менее важной рассматриваемой в данной работе задачей является эффективность управления ООВО. Для достижения целей функционирования системы наибольшее значение имеет анализ выполнения основных функций в процессе управления. Для исследования системы мы рассмотрим функциональную модель системы управления ВУЗом, отражающую основные, обобщенные функции управления. Построение имитационной модели было произведено в системе имитационного моделирования *AnyLogic* с использованием стандартных визуальных компонентов. С целью отражения отдельных компонентов (объектов) функциональной модели использован агентный подход к моделированию. В качестве агентов рассматриваются основные элементы функциональной модели. Рассмотренная функциональная модель показывает основные функциональные элементы системы управления ООВО, что может быть положено в основу построения исследовательских моделей для оценки функционирования системы управления ООВО в целом.

Ключевые слова: математическая модель, web-технологии, управленческие решения, образовательная организация высшего образования, лицо принимающее решения, система имитационного моделирования *AnyLogic*.

SIMULATION MODEL OF EDUCATIONAL MANAGEMENT ORGANIZATION OF HIGHER EDUCATION

© 2021

Grachev Mikhail Ivanovich, senior information center engineer

St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia

(198206, Russia, St. Petersburg, Pilot Pilyutova St., 1 e-mail: mig2500@mail.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)

Chudakov Oleg Evgenievich, doctor of Technical Sciences,

professor of the Department of Special Information Technologies

Primakin Alexey Ivanovich, doctor of Technical Sciences, professor,

head of the Department of Special Information Technologies

St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia

(198206, Russia, St. Petersburg, Pilyutov st., 1, e-mails: oechuda@yandex.ru, a.primakin@mail.ru)

Abstract. The widespread introduction of information technologies into human life affects all aspects of human activity, including these changes we can see in social and economic systems (SES), such as education, health, law, and nature protection. Modern requirements for educational systems and educational organizations of higher education

(OVE) require the head of the OVE or the decision-maker (LPR) to comply with regulatory documents, to have a modern training ground base. Destructive influence leads to a violation of the normal operation of the OSO, which in turn makes it necessary to have a mathematical model for solving the problem situation that has arisen. These mathematical models are not presented in the known literature, which makes this work relevant. An equally important task considered in this paper is the effectiveness of OSO management. To achieve the goals of the system functioning, the analysis of the performance of the main functions in the management process is of the greatest importance. To study the system, we will consider a functional model of the university management system that reflects the main, generalized management functions. The simulation model was built in the *AnyLogic* simulation system using standard visual components. In order to reflect the individual components (objects) of the functional model, an agent-based approach to modeling is used. The main elements of the functional model are considered as agents. The considered functional model shows the main functional elements of the OSO management system, which can be used as a basis for building research models for evaluating the functioning of the OSO management system as a whole.

Keywords: mathematical model, Web-technologies, management decisions, higher education institution, synthesis, decision maker.

Введение. Внедрение современных информационных технологий в процессы управления в СЭС, таких как ООВО являются сложным процессом, требующим от ЛППР иметь модель управленческого решения для достижения цели управления.

В исследуемой литературе практически не приводятся математические модели управленческого решения, а лишь приводится аналитика действий ЛППР для дальнейшей выработки команды по задействованию имеющихся ресурсов, таких как: аппаратно-программные комплексы (АПК) и кадровый ресурс, которым располагает руководитель подразделения.

Вопросы автоматизации и моделирования математических систем, применения программных методов на основе проводимого анализа в СЭС рассматривали такие отечественные и зарубежные учёные как: А.Ф. Долгополова, Т.А. Гулай, Д.Б. Литвин [1], А.Н. Колмогоров [2], Гуд Г.Х., Маккол Р.Э. [3], Дж. Форестер [4], Н.Е. Жигалова, А.А. Заборских [5], А. С. Мараховский, Н. В. Ширяева, Т. В. Таточенко [6], В.В. Андреев, Е.А. Васильева [7], С.А. Гречаный, Ю.В. Горшков, В.С. Струков [8], Г.В. Егорова [9], Х.Х. Калажиков [10], С.Н. Кузьмина [11], Р.В. Бадараева, А.Д. Бадараев [12], О.Н. Кунгурова, Л.А. Палкина [13], А.А. Соляникова, А.А. Андреева [14], Ю.С. Гусынина [15], О.Д. Казаков [16].

В работах приведенных авторов используются различные методы математического моделирования СЭС но вопросы касающиеся системы образования не затрагиваются, что подтверждает актуальность проводимой работы. Только в трудах Новикова Д.А. [17-19] приводится последовательность исследования образовательной системы (ОС) в которой после проведенного анализа исследуемой ОС необходимо проводить её имитационное моделирование. В продолжение развития данной теории в нашей работе проведено имитационное моделирование на базе современного программного обеспечения *AnyLogic* позволяющего оценить нашу исследуемую СЭС в виде ООВО.

Целью проводимого исследования является разработка обобщенной модели функциональной модели процессов приёма и обработки информации при управлении ООВО и последующего проведения эксперимента для получения вероятностно-временных

характеристик функционирования обобщенной модели в различных условиях, которые позволяют оценить управление высшим учебным заведением (ВУЗом) ЛППР для дальнейшего увеличения эффективности принимаемых управленческих решений.

1. Основные показатели функционирования ООВО. В современном мире всё большее количество информационных и *web*-технологий находят своё применение в жизнедеятельности человека, в том числе и в образовательных технологиях образуя сложные человеко-машинные системы.

Не менее важной проблемой современного ООВО является эффективное управление им. Но как правило при разработке сложных систем взаимодействия человека и программного комплекса сам человеческий фактор не принимают в расчет, что является не правильным. Чем большая система исследуется тем выше влияние человеческого фактора (ЧФ) на систему.

Особенно важным значением учета ЧФ является учет всего кадрового ресурса задействованного в процессе выполнения работы. Большее количество задействованных кадров связанных между собой и выполняющих определенную задачу будут определять совокупные временные затраты.

Описанное выше предполагает вывод о том, что предварительное моделирование функционирования системы представляется только путем оценки взаимодействия АПК и ЧФ не только важным, но и необходимым для получения оценок эффективности функционирования таких систем.

Основными показателями взаимодействия человека и системы АПК в реальном времени в соответствии с ГОСТ В 29.08.002-84 [20] являются:

- время выполнения возложенных на систему функций (включая оператора);
- вероятность выполнения функций за заданное время.

Приведенные показатели отражают основные свойства систем общего назначения, где оперативность выполнения поставленной задачи с заданной вероятностью является наиболее важной [21].

Временные затраты на выполнение функций задаются в виде закона распределения. Поскольку отсутствуют сведения о законе распределения функций

в модели принят треугольный закон распределения, который характеризуется минимальным, максимальным и средним значениями времени выполнения этих функций. В ГОСТ как раз определены эти параметры как основные показатели функционирования человеко-машинных систем. Именно поэтому выбран и пакет моделирования, который позволяет получить оценки этих параметров.

Таким образом, в качестве одних из основных показателей функционирования системы обработки информации при освещении вопросов обстановки являются вероятность обработки информации за заданное время и время обработки информации.

Вследствие того, что процесс обработки представляет собой совокупность сложных и взаимосвязанных процессов, аналитическое описание их представляет собой практически не решенную в настоящее время задачу. В таких условиях получение указанных оценок функционирования системы обработки информации при использовании различных средств обработки информации, определяемых различными технологиями обработки информации, которые реализуются в виде математического обеспечения средств автоматизации, могут быть получены с использованием современных средств имитационного моделирования, например с использованием программного обеспечения *AnyLogic*.

2. Разработка обобщенной функциональной модели процессов обработки информации при управлении ООВО. Несомненно, что ООВО представляет собой сложную организационно-техническую си-

стему, управление в которой осуществляется как на основе бумажных документов, так и на основе информации, которая обрабатывается и хранится в информационной системе. Следует отметить также, что в современных условиях даже использование бумажных документов основано на активном использовании информационных систем при их подготовке.

В общем случае для любой сложной системы управления осуществляемой с применением средств автоматизации, с учётом того, что при управлении реализуются следующие основные обобщенные функции:

1. Планирование;
2. Учет;
3. Контроль;
4. Оперативное управление (регулирование).

С точки зрения достижения целей функционирования системы, наибольшее значение имеет анализ выполнения основных функций в процессе управления.

Таким образом, для исследования системы целесообразно рассмотреть функциональную модель системы управления ООВО, отражающую основные, обобщенные функции управления.

Построение функциональной модели будем делать с применением технологии *!DEF0* и с использованием пакета *CA AllFusion Process Modeller*.

Использование данной технологии предполагает декомпозицию функций, начиная с топовой модели, которая может быть представлена как показано на рисунке 1.

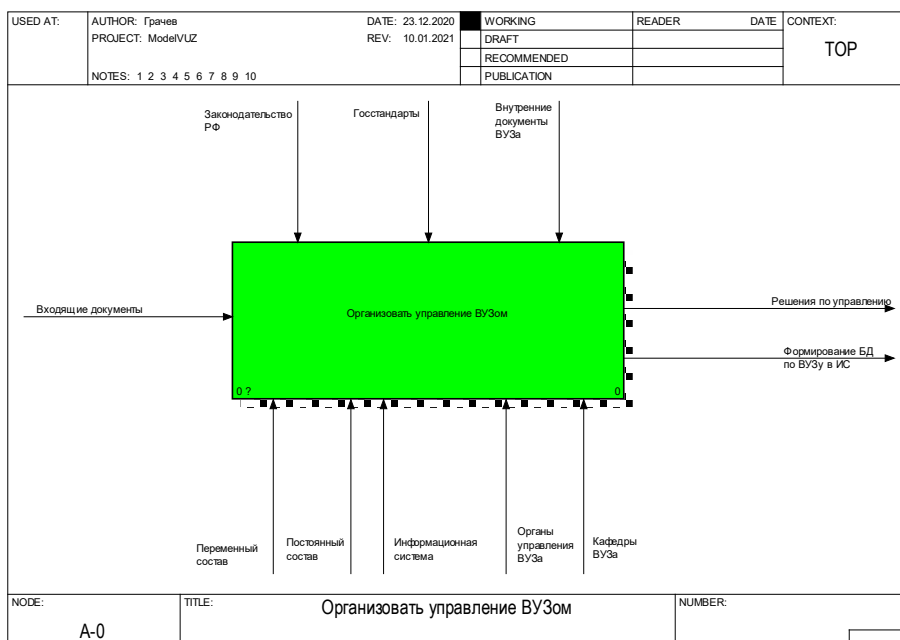


Рисунок 1 – Топовая модель системы управления ООВО

Топовая модель определяет основную функцию управления – организовать управление ООВО. Кроме того, в топовой модели отражены входные (слева), выходные (справа), управляющие (сверху) и обеспечивающие (ресурсы) элементы в виде соответствующих стрелок.

Управление осуществляется на основании требо-

ваний законодательства, Госстандартов и внутренних документов, что отражено в модели стрелками сверху. Эти элементы модели включают в себя всю совокупность управляющих параметров без излишней детализации.

Входными параметрами модели являются поступающие документы различного назначения. Эти доку-

менты могут поступать как в бумажном виде, так и в электронном виде.

Современные системы управления ООВО подразумевают в том числе оцифровку и бумажных документов для дальнейшего их использования в автоматизированном управлении.

В качестве основных ресурсов, используемых при управлении ООВО используются:

- переменный состав, постоянный состав;
- органы управления ООВО;
- кафедры ООВО как основные подразделения, обеспечивающие реализацию образовательного процесса.

Необходимо отметить, что все остальные обеспечивающие ресурсы могут быть включены в показанные выше мероприятия.

Одним из основных ресурсов в настоящее время является информационная система, обеспечивающая автоматизированную обработку, хранение информации, формирование рекомендаций на принятие решений по управлению, доведение управляющих воздействий до подчиненных подразделений.

При построении модели рассматривались обобщенные (укрупненные) функции, выполняемые обра-

зовательным учреждением.

3. Проведение численного эксперимента с использованием имитационной модели процессов управления ООВО. Поскольку с точки зрения задачи диссертационного исследования главной задачей является анализ функционирования системы управления ООВО в различных условиях, целесообразно в основу разработки имитационной модели положить разработанную выше обобщенную функциональную модель.

Имитационная модель разработана в системе имитационного моделирования *AnyLogic* с использованием стандартных визуальных компонентов. С целью отражения отдельных компонентов (объектов) функциональной модели использован агентный подход к моделированию. В качестве агентов рассматриваются основные элементы функциональной модели.

С точки зрения исследования целесообразно хотя бы в общем виде оценить влияние различных угроз для функционирования исследуемой системы на временные характеристики системы управления ООВО. В связи с этим в модель введены агенты «Генератор отказов», «Анализ угроз», «Устранение угроз».

Вид обобщенной имитационной модели приведен на следующем рисунке 2.

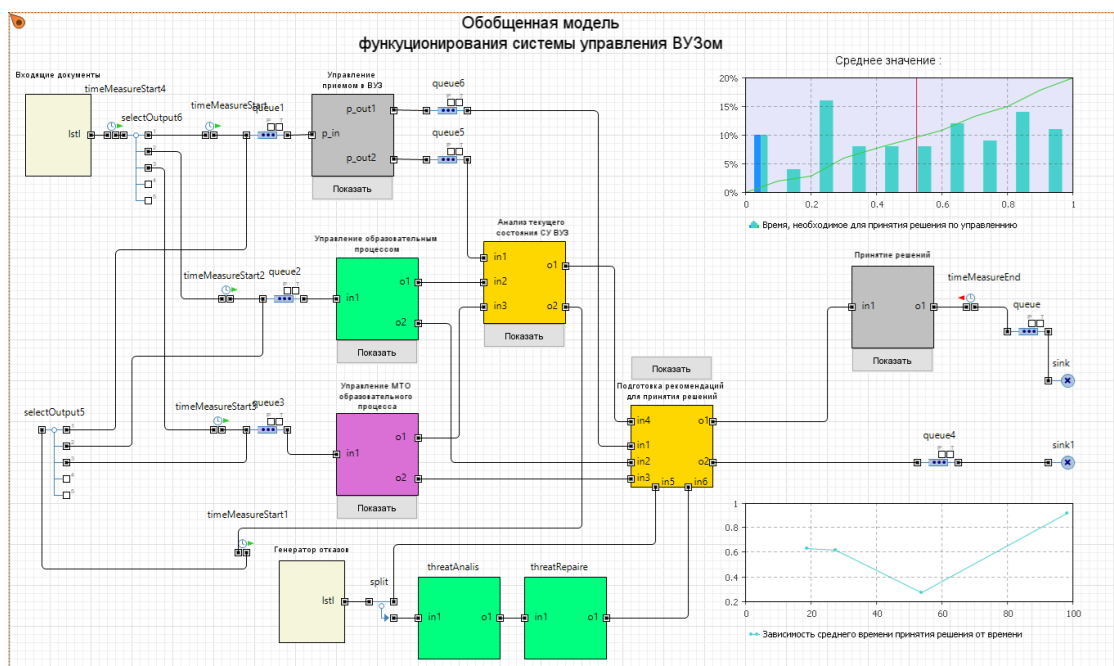


Рисунок 2 – Структура обобщенной модели

Варьирование свойствами агентов, показанных на рисунке 2, позволяет получить сравнительные характеристики влияния тех или иных компонентов технологических средств программной реализации функций управления при обработке информации на всех этапах.

Имитационная модель позволяет проводить эксперименты двух видов:

1. Простой эксперимент (одиночный), реализующий одну реализацию поступающих потоков входных данных.
2. Статистический эксперимент, позволяющий по-

лучить оценки параметров по заданному количеству реализаций методом Монте-Карло.

Суть простого эксперимента состоит в однократном прогоне модели с заданным масштабом времени.

Таким образом, простой эксперимент служит прежде всего для отладки модели, а также для получения предварительных результатов моделирования отдельных функций.

При большом времени прогона фактически могут быть получены и статистические оценки исследуемых параметров системы.

Отработанная имитационная модель дальше мо-

жет быть использована и для проведения статистического эксперимента, которая обеспечивает получение оценок функций распределения времени обработки информации отдельными функциями, группами функций и в целом системой обработки информации.

Для проведения исследования на данной модели рассмотрим два основных варианта функционирования системы:

1. Нормальная работа модели при отсутствии угроз информационной системе при высокой скорости обработки документов:

а) низкой интенсивности потока входных документов;

б) при высокой интенсивности потока входных документов.

2. Нормальная работа модели при отсутствии

угроз информационной системе при малой скорости скорости обработки документов:

с) низкой интенсивности потока входных документов;

д) при высокой интенсивности потока входных документов.

Таким образом, варианты для моделирования вариантов 1,2 с перечнем исходных данных можно представить в виде таблицы 1.

Цветовое обозначение показывает, какие параметры отличаются от других вариантов (варианта 1 от варианта 2). Пример функционирования модели для одного из вариантов приведен на рисунке 3.

Статистические параметры функционирования модели приведены на рисунке и могут быть представлены в виде таблицы 2.

Таблица 1 – Варианты моделирования исследуемой системы

Наименование агента	Наименование параметра	Вариант 1а			Вариант 1б			Вариант 2а			Вариант 2б		
		Минимальное значение	Значение параметра	Максимальное значение	Минимальное значение	Значение параметра	Максимальное значение	Минимальное значение	Значение параметра	Максимальное значение	Минимальное значение	Значение параметра	Максимальное значение
Documents	Source		0,1			0,8			0,1			0,8	
Priem	delayUPR	0,5	1	1,5	0,5	1	1,5	0,5	5	15	0,5	5	15
Educate	delayUOP	0,5	1	1,5	0,5	1	1,5	0,5	10	30	0,5	10	30
mto	delayMTO	0,5	1	1,5	0,5	1	1,5	0,5	5	20	0,5	5	20
Analis	delayANA	0,5	3	5	0,5	3	5	0,5	8	15	0,5	8	15
	selectOutputANA		0,5			0,5			0,5			0,5	
	delayMPPR	5	10	20	5	10	20	10	30	50	10	30	50
	delayAPPR	0,5	1	1,5	0,5	1	1,5	0,5	3	7	0,5	3	7
	Delay	0,5	1	1,5	0,5	1	1,5	0,5	1	1,5	0,5	1	1,5



Рисунок 3 – Пример моделирования

Таблица 2 – Результаты моделирования для приведенных исходных данных

Вариант ПО	Полученные оценки				
	Среднее значение	Миним. значение	Макс. значение	СКО	Довер. инт
Вариант 1а	7.43	2.1	37.97	6.77	0.75
Вариант 1б	45.78	2.1	370.74	71.06	7.99
Вариант 2а	124.64	8.29	375.66	102.22	22.74
Вариант 2б	309.55	5.59	947.98	313.65	35.43

Они позволяют сделать вывод о том, что результаты моделирования имеют тенденцию к сходимости для заданных условий, о чем свидетельствует стабилизация доверительного интервала.

Для варианта автоматизированной обработки (вариант 1) при увеличении количества входящих документов существенно расширяется диапазон времени реакции системы и увеличивается среднее время принятия решений (с 7.43 до 45.78).

Для варианта, связанного с ограниченными возможностями автоматизированной обработки информации (вариант 2):

Даже при небольшой интенсивности поступления входных документов (заявок) (0.1) временные характеристики закона распределения времени принятия решения существенно изменяются резко увеличивается среднее время принятия решений (124,64) и разброс времени принятия решений (от 8.29 до 375.66).

Увеличение интенсивности поступления документов до 0.8 приводит к существенному увеличению как среднего времени функционирования системы при принятии решений, так и увеличение разброса времени принятия решений (от 5.59 до 947.98).

Заключение. Полученные результаты в определенной степени могут характеризовать адекватность построенной модели, поскольку полученные результаты согласуются с общими представлениями о влиянии приведенных исходных данных на временные характеристики функционирования системы при принятии решений.

Таким образом, разработанная имитационная модель позволяет проводить исследования функционирования системы управления ВУЗом при задании различных исходных данных, характеризующих законы распределения выполнения обобщенных функций для получения численных статистических характеристик времени принятия решений в системе управления в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Долгополова А.Ф., Гулай Т.А., Литвин Д.Б. Математическое моделирование социально-экономических систем. Учетно-аналитические и финансово-экономические проблемы развития региона. 2012. С. 283-286.
2. Гуд Г.Х., Маккол Р.Э. Системотехника: введение в проектирование больших систем. М. Советское радио. 1962. – 383 с.
3. Анохин П. К. Системные механизмы высшей нервной деятельности. М. Наука. 453 с.

4. Форрестер Дж. Мировая динамика. М. ООО «Издательство АСТ». 2003. 384 с.
5. Жигалова Н.Е., Заборских А.А. Математическое моделирование социально-экономических систем. Вестник Волжской Государственной Академии Водного Транспорта. 2014. № 40. С. 195-199.
6. Мараховский А. С., Ширяева Н. В., Таточенко Т. В. Математическое моделирование оптимального управления в социально-экономических системах. Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2014. № 2 (41). С. 274-279.
7. Андреев В.В., Васильева Е.А. Математическое моделирование и исследование динамики социально-экономической системы России. Известия Российской академии естественных наук. Дифференциальные уравнения. 2009. № 14. С. 27-40.
8. Гречаный С.А., Горшков Ю.В., Струков В.С. Математическое моделирование социально-экономических систем. Управление социально-экономическим развитием регионов: проблемы и пути их решения. Материалы международной научно-практической конференции. 2011. С. 47-49.
9. Егорова Г.В. Использование методов экономико-математического моделирования развития социально-экономических систем. Научная мысль. 2014. № 3. С. 87-97.
10. Калажиков Х.Х. Концептуальные вопросы экономико-математического моделирования развития социально-экономической системы региона. Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2015. № 1 (63). С. 32-41.
11. Кузьмина С.Н., Андросенко Н.В. Использование методов математического моделирования и инструментов экономики качества для обеспечения устойчивого развития социально-экономических систем. Интернет-журнал Науковедение. 2014. № 6 (25). 147 с.
12. Бадараева Р.В., Бадараев А.Д. Теоретические аспекты применения математического моделирования в управленческих процессах социально-экономических систем. Современные тенденции в экономике и управлении: Новый взгляд. 2015. № 33. С. 8-14.
13. Кунгурова О.Н., Палкина Л.А. Математическое моделирование социально-экономических систем в среде AnyLogic. Фундаментальные проблемы науки и образования. 2014. С. 362-363.
14. Соляникова А.А., Андреева А.А. Экономико-математическое моделирование социально-экономических систем (на примере рынка). Социально-экономические проблемы инновационного развития в исследованиях молодых ученых и студентов. 2015. С. 331-335.
15. Гусынина Ю.С. Математическое моделирование социально-экономических систем с использованием вероятностного подхода. Новые информационные технологии и системы. 2015. С. 52-55.
16. Казаков О.Д. Экономико-математическое моделирование синергетических аспектов управления социально-экономическими системами. Актуальные проблемы социально-гуманитарных исследований в экономике и управлении. 2015. С. 138-142.
17. Новиков Д. А. Структура теории управления социально-экономическими системами. Управление большими системами. Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН. 2009. № 24. С. 216-257.
18. Новиков Д.А. Введение в теорию управления образовательными системами. М. Эгвес. 2009. 46 с.
19. Новиков Д. А. Теория управления образовательными системами. Народное образование. 2009.
20. ГОСТ В 29.08.002-84. Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения. Показатели качества деятельности операторов. Номенклатура. Москва. 1984.
21. Захаров И.С., Куватов В.И., Чудаков О.Е. Технология исследования сложных систем на основе современных Case-средств. Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2016. № 3 (71). С. 156-162.

Статья поступила в редакцию 03.02.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 303.732.4

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0011

ВЫБОР КОНЦЕПЦИИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПИСАНИЯ КЕРНА ГОРНЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ ЭМЕРДЖЕНТНЫХ СВОЙСТВ СИСТЕМ

© 2021

Николаев Михаил Юрьевич, аспирант космического центра

Фортен Клеман, доктор философии в области машиностроения, профессор космического центра

Барабоскин Евгений Евгеньевич, аспирант центра добычи углеводородов

Коротеев Дмитрий Анатольевич, кандидат физико-математических наук,

доцент центра добычи углеводородов

Сколковский институт науки и технологий

(121205, Россия, Москва, Большой Бульвар, 30 стр. 1,

e-mails: Mikhail.Nikolaev@skoltech.ru, c.fortin@skoltech.ru, Evgenii.Baraboshkin@skoltech.ru, d.koroteev@skoltech.ru)

Аннотация. Данная статья посвящена системно-инженерному исследованию в применении к отдельному случаю принятия решений в области нефтегазового инжиниринга. В нефтегазовой промышленности из недр Земли извлекают образцы горных пород цилиндрической формы, называемых керном, и используют их для лабораторного анализа: литологических, петрофизических или химических исследований. Одним из основных видов этого анализа, проводимого на его начальной стадии, является описание керна горной породы. Для улучшения качества описания керна предложена инновационная автоматизированная система на основе оригинального системно-инженерного подхода к принятию решений, названного авторами «эмерджентным подходом». Эмерджентный подход учитывает среди прочих характеристик инженерных систем свойства, не вытекающие из свойств составляющих их элементов. В настоящей работе обосновывается необходимость учёта эмерджентных свойств инновационных инженерных систем при выборе их концепций и доказывается на примере системы автоматизированного описания керна.

Ключевые слова: системная инженерия, принятие решений, проектное решение, выбор концепции, инновационная инженерная система, эмерджентность, эмерджентные свойства систем, автоматизированное описание керна.

CONCEPT SELECTION OF AUTOMATED ROCK CORE DESCRIPTION SYSTEM BASED ON THE SYSTEMS EMERGENT PROPERTIES

© 2021

Nikolaev Mikhail Yurievich, PhD student of Skoltech Space Center

Fortin Clement, PhD in Mechanical Engineering, professor of Skoltech Space Center

Baraboshkin Evgeny Evgenievich, PhD student of Skoltech Center for Hydrocarbon Recovery

Koroteev Dmitry Anatolievich, candidate of physical and mathematical sciences,

associate professor of Skoltech Center for Hydrocarbon Recovery

Skolkovo Institute of Science and Technology (Skoltech)

(121205, Russia, Moscow, Bolshoy Boulevard, 30 bld. 1,

e-mails: Mikhail.Nikolaev@skoltech.ru, c.fortin@skoltech.ru, Evgenii.Baraboshkin@skoltech.ru, d.koroteev@skoltech.ru)

Abstract. This article is devoted to systems engineering research applied to a particular case of decision-making in the domain of petroleum engineering. In the oil and gas industry, cylindrical rocks, called cores, are extracted from the bowels of the Earth and used for laboratory analysis: lithological, petrophysical, and chemical investigations. One of the essential types of this analysis is the rock core description conducted at its initial stage. For improving the quality of rock core de-scription, an innovative automated system based on the original systems engineering approach to decision making was introduced and entitled “an emergence approach” by the authors. Among other characteristics of engineering systems, the emergence approach considers properties that do not come from their constituting entities. The necessity to consider emer-gent properties of innovative engineering systems at their concept selection is substantiated in the present paper and proved on the use case of the automated rock core description system.

Keywords: systems engineering, decision making, design decision, concept selection, innovative engineering system, emergence, systems emergent properties, automated rock core description.

Введение. На сегодняшний день во многих официальных правительственных документах подчёркивается важность инновационной политики для стратегического развития Российской Федерации. Инновации в инженерно-технической области предполагают возникновение «новаторских» характеристик систем [1, 2], к системам с новыми свойствами применимо определение «инновационные инженерные систе-

мы». Примером подобной системы является система автоматизированного описания керна горных пород (САОК). Керном называются цилиндрические образцы горных пород, извлекаемые из подземных пластов при бурении скважин и представляющие собой первейший и достоверный источник геологической информации [3]. Лабораторное изучение керна, как-то: литологические, петрофизические и химические ис-

следования – являются одним из ключевых аспектов геологических изысканий в нефтегазовой промышленности, а описание керна относится к его начальному этапу. В настоящее время в основном практикуется «ручное» описание керна геологами, которое занимает много времени, результат его субъективен и зависит от квалификации специалиста. САОК использует методы машинного обучения, машинного зрения для анализа фотографий керна, и лишь на конечном этапе результаты машинного анализа контролируются геологом, что позволяет сократить затраты времени и ограничить влияние «человеческого фактора» на конечный результат.

При проектировании любых инженерных систем, в том числе и САОК, наиболее ответственным этапом является выбор концепции будущей системы [4 – 7], решению этой задачи способствуют системная инженерия и системный анализ [8, 9]. Основной вопрос, определяющий общую проблему исследования, можно сформулировать так: «Какой подход к принятию проектных решений окажется оптимальным для выбора концепции проектируемой инновационной инженерной системы?» Актуальность темы настоящего исследования объясняется ростом в современных условиях числа разрабатываемых инновационных инженерных систем и одновременным повышением их сложности. Рассматриваемую в качестве примера САОК можно отнести к простой системе или к системе средней сложности в зависимости от подхода к декомпозиции её элементов.

Целью работы является обоснование и апробация нового подхода к принятию решений при выборе концепций инновационных инженерных систем с позиций системной инженерии и системного анализа. Для этого выполнению подлежат следующие задачи:

1) аналитический обзор существующих подходов к принятию решений в системной инженерии, выделение наиболее эффективных из них;

2) определение возможностей совершенствования эффективного подхода к принятию решений, обоснование на его основе нового подхода и определение инструментов его реализации;

3) апробация нового подхода к принятию решений путём его применения к выбору концепции инновационной инженерной системы на примере САОК.

Материалы и методы исследования. Исследование проводилось согласно методологии научных исследований в области проектирования Л. Блессинг и А. Чакрабарти [10], включающей:

1) уточнение цели и задач научного исследования: определение существующих подходов к принятию решений в системной инженерии и возможного пути модификации одного из них для улучшения принятия проектных решений;

2) первичное изучение описательного характера: описание того, каким образом первоначально проводился процесс выбора концепции САОК;

3) изучение предписывающего характера: формулирование нового подхода к выбору концепции САОК

и пути его реализации;

4) вторичное изучение описательного характера: апробация предложенного подхода путём его применения для выбора концепции САОК.

САОК представляет собой программно-аппаратный комплекс, в основе которого лежит применение методов машинного зрения и машинного обучения для классификации фотографий керна или ящиков керна (разрешение не менее 100 DPI) [11, 12]. Вначале в системе выполняется обработка фотографий керна, затем их автоматизированное описание. В случае использования фотографий ящиков керна дополнительно производится извлечение отдельных сегментов керна из фотографии и последующая их классификация. Извлечение керна происходит со скоростью, равной не менее одного ящика за 15 секунд, в то время как оператору требуется не менее 5 минут на обработку одной фотографии. Описание керна занимает не более 5 секунд на 1 метр керна в масштабе 1:10 вне зависимости от гетерогенности горных пород (обычно на описание 1 метра у специалиста уходит не менее 1 минуты). Система позволяет в автоматическом режиме создавать описание заранее определённых классов [13], что позволяет ускорить работу эксперта-геолога или петрофизика и повысить точность описания, что увеличивает эффективность процесса описания керна и является «новаторскими» характеристиками этой инновационной системы.

Системная инженерия на сегодняшний день представляет собой западный аналог получивших развитие в СССР и Российской Федерации дисциплин «Системотехника» и «Системный анализ» [8, 14, 15] – тесно связанную с системным анализом область знаний [9]. Значительная часть публикаций по теме принятия проектных решений в инновационных инженерных системах была освещена в обзорной статье [16]. Путём расширения области поиска и анализа информации по примерно 600 дополнительным публикациям из различных реферативных баз данных (*Scopus, Web of Science, Design Society, One Petro, IEEE, e-library*) удалось выделить наиболее существенные литературные источники, описываемые ниже.

До 1992 г. при принятии проектных решений для инженерных систем широко использовался подход *AFT* (англ. *alternative-focused thinking* – обдумывание с основным упором на альтернативы), когда в процессе принятия решений первоначально формировался список альтернативных вариантов решения, или альтернатив, а анализ этих альтернативных вариантов уже проводился на основе заданных критериев: типов ценностей, технических параметров и т.д. [17]. В 1992 г. Р. Кини сформулировал новый подход к принятию решений, получивший название *VFT* (англ. *value-focused thinking* – обдумывание с основным упором на ценность), подразумевающий первоначальное определение типов ценностей системы и их дальнейшее использование для определения альтернатив [18]. Новый подход был признан более эффективным, его эффективность была доказана применением в *NASA*

для принятия проектных решений при работе над новыми инженерными системами космических миссий [5, 19]. Ф. Пететен успешно использовал подход *VFT* при разработке модели принятия решений на основе ценностей систем для прорывных технологических инноваций [20]. В общем виде процесс принятия решений на основе подхода *VFT* имеет следующие этапы (адаптировано с [16]):

- 1) постановка задачи для принятия решения;
- 2) определение ценностей альтернатив по типам (знание, стоимость, технические параметры и т.д.);
- 3) определение альтернатив по типам ценностей и их оценка с помощью инструментов принятия решений;
- 4) оценка рисков и неопределённостей (опционально);
- 5) принятие решения (выбор альтернативы) и его валидация (подтверждение достоверности).

Основной упор при анализе особенностей инновационных инженерных систем для принятия проектных решений делается на необходимости учёта неопределённостей, привносимых инновационным характером новых систем, и связанных с этим технологических и рыночных рисков. Это предполагает дальнейшее развитие подхода *VFT* по направлению улучшения процедур оценки неопределённостей и рисков с помощью адаптируемых математических алгоритмов на уровне процессов, моделей и инструментов принятия решений, а также систем поддержки принятия решений. Однако увеличение сложности математического аппарата ведёт к усложнению понимания процедуры принятия проектных решений всеми участниками процесса принятия решения (среди них могут быть представители нетехнических специальностей, как-то: экономисты, менеджеры высшего звена и т.п.), что нежелательно для выработки решений на уровне концепции.

Ниже анализируется возможность улучшения качества принятия проектных решений для выбора концепций инновационных инженерных систем путём использования фундаментальной характеристики систем.

Результаты исследования. В существующих литературных источниках не рассматривается возможность учёта эмерджентности систем для принятия

решений, что представляется значительным упущением особенно в случае анализа инновационных инженерных систем. Во-первых, эмерджентность – это возникновение у системы свойств, которые не присущи её отдельным элементам. Эмерджентность систем определяет переход количественных изменений (функциональность и другие свойства отдельных элементов системы) в качественные (целостная функциональность системы, общие свойства) [21]. Во-вторых, согласно принципу эмерджентности по Э. Кроули и др., эта характеристика описывается эмерджентными свойствами систем – свойствами, характеризующими всю систему в сравнении с суммой её элементов. Эмерджентные свойства систем же, в свою очередь, определяют их эффективность. Система эффективна, если реализуются её ожидаемые эмерджентные свойства [4]. В-третьих, эмерджентность и эмерджентные свойства систем приводят к возникновению так называемого «эмерджентного поведения», которое не может быть определено только лишь анализом её отдельных элементов [7]. В случае инновационных инженерных систем, эмерджентное поведение является отображением их новаторских характеристик на системном уровне. Таким образом, принимая во внимание эмерджентные свойства систем, можно учесть новаторские характеристики инновационных инженерных систем. Такой подход к принятию решений можно назвать «эмерджентным».

На рисунке 1 приведена онтологическая модель эмерджентных свойств, построенная на основе системного подхода к построению архитектур инженерных систем [22]. Под архитектурой понимается подробное отображение концепций систем с отдельными функциональными элементами и связями, техническими деталями [4]. Системный подход применяется к начальному, концептуальному этапу проектирования инженерных систем. К сожалению, этим же этапом ограничивается и использование эмерджентных свойств, что сужает возможности их применения для принятия проектных решений выбором концепций и архитектур инженерных систем. Тем не менее, возможность улучшения выбора концепции с учётом эмерджентных свойств, как одного из самых критичных проектных решений, даёт значительные преимущества.



Рисунок 1 – Онтологическая модель эмерджентных свойств на основе системного подхода [22]

Как видно из рисунка 1 [22], эмерджентные свойства разделены на стратегический и инженерный уровни и имеют связь с различными типами ценностей. К верхнему уровню относятся получение выгоды, знаний и элегантности системы, связанные с ценностями стратегического уровня (экономическая, образовательная, совокупная). Под элегантностью понимается ощущение эстетики, качества и кажущейся невысокой сложности систем. К нижнему уровню относятся функция и производительность, «илиты» и стоимость, неожиданность (аварийные и нештатные ситуации), связанные с ценностями инженерного уровня (оперативная, получаемая за период эксплуатации, неожиданная) [4]. «Илиты» (англ. *ilities*) – применяемое в западной терминологии общее название для таких атрибутов, как удобство использования (*usability*), ремонтпригодность (*maintainability*) и т.д., представляющее собой вторую часть этих слов [23]. Поскольку эмерджентные свойства связаны с ценностями системы и, по сути, привносят их, то новый эмерджентный подход к принятию решений не является чем-то принципиально иным, а представляет собой адаптацию или улучшение подхода *VFT*. Использование онтологической модели эмерджентных свойств (рис. 1) для принятия проектных решений по выбору концепций инновационных инженерных систем является перспективным направлением, поскольку учитывает аспекты эмерджентного поведения и, следовательно, «новаторские» характеристики инновационных инженерных систем. Кроме того, возможна декомпозиция типов ценностей с помощью эмерджентных свойств в случаях, когда ценность представляет собой сложный, комплексный параметр. Остановимся подробнее на использовании эмерджентного подхода для улучшения принятия проектного решения для выбора концепции САОК.

В начале 2018 г. в Центре добычи углеводородов Сколтеха была начата работа по проектированию и дальнейшей разработке САОК. Работа началась с выбора концепции будущей системы и использования «ценностно-ориентированного» системно-инженерного подхода *VFT* для принятия решения. После постановки задачи для принятия решения (необходимость выбора концепции САОК) были сформулированы ценности будущей системы: скорость и точность описания, «гибкость» и доступность системы, уровень автоматизации. Затем по ним в ходе информационного поиска и последующего анализа с учётом дополнительных инновационных возможностей определены альтернативные варианты концепций (табл. 1) [12, 13].

В таблице 1 представлены семь различных вариантов концепций САОК, или альтернатив, шесть из которых (альтернативы *A1 – A6*) требуют первоначального фотографирования керна и дальнейшего анализа фотографий с помощью машинного зрения, машинного обучения и глубокого обучения в различных вариациях, последний же вариант – традиционный – ручное описание керна. Машинное и глубокое обучение могут осуществляться «с учителем» и без (альтернативы

A2 – A5), возможен также вариант дополнительного управления оператором (альтернативы *A2 – A3*). Операторами могут выступать как геологи, так и петрофизики. Для дальнейших сопоставлений использовалась матрица принятия решений, представленная в таблице 2 [24].

Таблица 1 – Таблица альтернативных вариантов концепций САОК

№	Индекс	Вариант концепции
1	A1	Фотографирование керна, машинное зрение, управление оператором
2	A2	Фотографирование керна, машинное обучение (без «учителя»), управление оператором
3	A3	Фотографирование керна, машинное обучение (с «учителем»), управление оператором
4	A4	Фотографирование керна, машинное обучение (с «учителем»)
5	A5	Фотографирование керна, глубокое обучение (с «учителем»)
6	A6	Фотографирование керна, ручное описание геологом
7	A7	Ручное описание керна геологом

Таблица 2 – Матрица принятия решений для выбора концепции САОК

N	Тип ценности	Вес, <i>W</i>	Альтернативные варианты концепций						
			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
1	Скорость описания	1,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,00	0,00	0,00
2	«Гибкость» системы	0,75	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	Уровень автоматизации	0,50	0,25	0,50	0,75	1,00	1,00	0,50	0,00
4	Точность описания	1,00	1,00	0,50	0,75	0,75	1,00	0,50	0,50
5	Доступность системы	1,00	0,75	0,75	0,75	0,75	0,50	0,75	1,00
	Оценка вероятности успешного описания керна, <i>P</i>		0,50	0,10	0,50	0,10	0,10	0,50	0,50
	Расчётный числовой показатель решения, <i>DV</i>		1,34	0,26	1,69	0,38	0,38	1,13	1,13
	Приоритет		2	5	1	4	4	3	3

Матрица принятия решений основывается на сопоставлении первоначально определённых типов ценностей САОК (по вертикали) и альтернативных вариантов концепций (по горизонтали). Первоначально каждому из $N=5$ типов ценностей присвоено своё весовое значение W по шкале: 1 – высокая значимость, 0,5 – средняя значимость, 0,1 – низкая значимость, 0,25 и 0,75 – промежуточные значения. Скорость и точность описания, доступность системы имеют высокую значимость, уровень автоматизации – среднюю, а «гибкость» системы – промежуточную между высокой и средней. Затем в основную часть матрицы были внесены оценочные вероятности соответствия альтернатив той или иной ценности $C(A)$ по следующей шкале: 1 – высокий уровень соответствия, 0,5 – средний, 0 – отсутствие соответствия, 0,25 и 0,75 – промежуточные значения. С помощью коэффициента оценки вероятности успешного описания керна P (0,1 – низкая вероятность, 0,5 – средняя) по формуле (1) был рассчитан числовой показатель решения DV , позволяющий провести относительное сравнение альтернатив по их совокупному соответствию типам ценностей.

$$DV = \sum_{i=1}^N W_i \cdot C(A)_i \cdot P_i \quad (1)$$

Формула (1) является адаптированным вариантом известной формулы, применяемой для расчёта

значений для выбора альтернатив в матрицах принятия решений [24]. Заполнение матрицы принятия решений по выбору концепции САОК проводилось ответственным за проект геологом путём консультаций с экспертами в геологической, петрофизической и информационно-технологической областях. Это было сделано с целью снижения возможной предвзятости в определении оценочных коэффициентов, что обусловлено применением системно-инженерного принципа о принятии любого важного решения, когда рекомендуется интересоваться мнением коллег, чтобы воспользоваться преимуществами коллективного подхода к разрешению сложных проблем [14]. Значения величин в матрице принятия решений являются оценочными, поэтому могут отображать определённую субъективность в своих значениях. Эта субъективность не является критичной для сравнения альтернатив при выборе концепции САОК, однако, в будущем, при рассмотрении более сложных систем, может быть учтена различными способами.

Несмотря на невысокое значение приоритета варианта концепции №5, было принято решение о дальнейшей работе над этой концепцией, поскольку она представляла определённый научный интерес. Валидация решения проводилась путём демонстрации результатов принятия решения в виде презентации перед внутренней экспертной комиссией. Однако с течением времени по мере накопления фактической ин-

формации возникла необходимость повторной попытки принятия решения для выбора концепции САОК с использованием другого, более подходящего подхода к принятию решений. В середине 2020 г. научно-исследовательской группой системного мышления космического центра Сколтеха был предложен вариант использования эмерджентного подхода к принятию решений на основе разработанной онтологической модели эмерджентных свойств [22]. С точки зрения исследования ядра использование нового подхода при успешном исходе позволило бы подтвердить верность выбранной к разработке концепции САОК, с точки зрения системной инженерии – провести апробацию нового подхода к принятию решений. В конце 2020 – начале 2021 гг. эмерджентный подход был успешно применён к выбору концепции САОК. Для этого использовались постановка проблемы и определение альтернатив процесса выбора концепции 2018 г., но вместо типов ценностей определялись и использовались эмерджентные свойства в соответствии с онтологической моделью эмерджентных свойств, которые затем сопоставлялись с альтернативами. Для сопоставления использовался инструмент принятия решений «Дом качества», располагающий удобной структурой [25] для адаптации к эмерджентным свойствам (рис. 2). В дальнейшем возможно использование и других подходящих инструментов принятия решений.

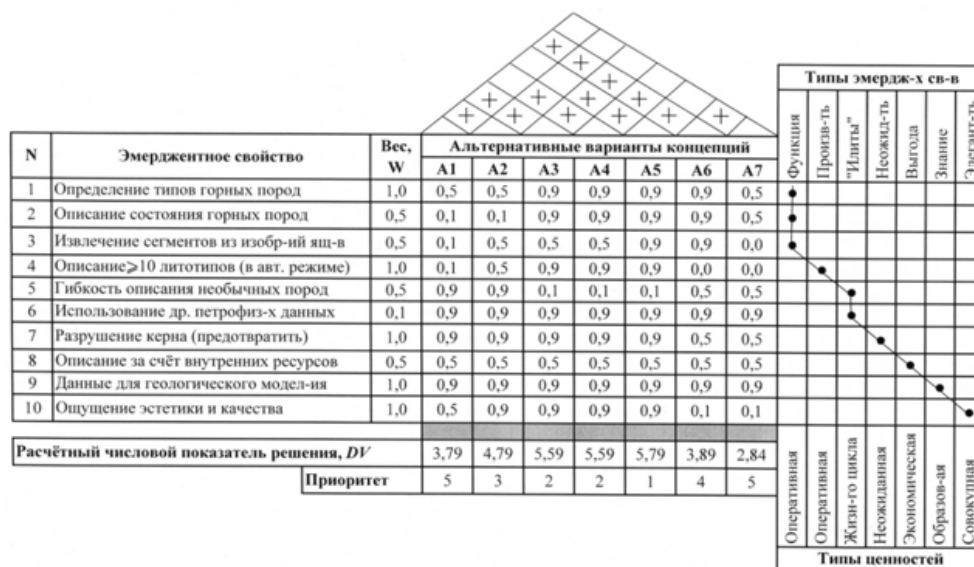


Рисунок 2 – Дом качества для выбора концепции САОК

При заполнении дома качества для выбора концепции САОК каждому из N=10 эмерджентных свойств присваивалось своё весовое значение W по шкале: 1 – высокая значимость, 0,5 – средняя значимость, 0,1 – низкая значимость. Затем в основную часть таблицы были внесены оценочные вероятности соответствия альтернатив той или иной ценности C(A) по шкале: 1 – высокий уровень соответствия, 0,5 – средний, 0 – отсутствие соответствия. Численный показатель решения DV был рассчитан по формуле (2):

$$DV = \sum_{i=1}^N W_i \cdot C(A)_i \tag{2}$$

В формуле (2) отсутствует дополнительный коэффициент оценки вероятности успешного описания ядра, поскольку само описание эмерджентных свойств вкуче с коэффициентом C(A) уже учитывает эту вероятность. Дом качества позволил также провести качественную оценку существующих взаимосвязей между альтернативами («крыша») и эмерджент-

ных свойств с привносимыми ценностями (поле «типы эмерджентных свойств» и «ценности»). Совокупная количественная и качественная оценка выбора концепции САОК позволила установить высшее приоритетное значение варианту концепции №5, который и был выбран. Валидация решения, проведённая путём экспериментов (сопоставление результатов описания керна), подтвердила верность выбора варианта концепции САОК: концепция №5 является наиболее эффективной для описания керна. Условия заполнения дома качества соответствовали условиям заполнения матрицы принятия решений, а причины успеха его применения заключаются в использовании в его основе эмерджентного подхода к принятию решений, с помощью которого были учтены «новаторские» характеристики САОК как инновационной инженерной системы. К сожалению, на данном этапе исследований не удалось провести декомпозицию первоначально определённых ценностей САОК, однако в дальнейшем для выбора концепций более сложных систем предполагается разрешение и этого вопроса.

Заключение. Данная статья отвечает положительно на вопрос о возможности улучшения принятия проектных решений для выбора концепций инновационных инженерных систем путём предложения нового подхода к принятию решений на основе эмерджентности систем. Новый подход, названный авторами эмерджентным, представляет собой улучшение хорошо зарекомендовавшего себя «ценностно-ориентированного» подхода и учитывает эмерджентные свойства систем. Эмерджентный подход к принятию решений эффективен на этапе концептуального проектирования и подтвердил свою эффективность для учёта «новаторских» характеристик инновационных инженерных систем на примере выбора концепции системы автоматизированного описания керна (САОК). Дальнейшая работа по его развитию будет вестись в направлении декомпозиции ценностей систем, учёта субъективности оценочных значений и применения различных инструментов принятия решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гусейнова, К.Э. Прорывные инновационные проекты как решение проблемы стратегического развития страны / К.Э. Гусейнова // Научный результат. Социология и управление. – 2018. – Т. 4, № 4. – С. 78-86. – doi: 0.18413/2408-9338-2018-4-4-0-7.
2. Smits, R. Innovation studies in the 21st century: Questions from a user's perspective / R. Smits // Technological forecasting and social change. – 2002. – vol. 69. – PP. 861-883.
3. Латыпова, О.В. Геология начинается с керна / О.В. Латыпова // Нефтегазовая вертикаль. – 2013. – №12. – С. 30-32.
4. Crawley, E. System architecture: Strategy and product development for complex systems / E. Crawley, B. Cameron, D. Selva. – Global edition – Great Britain: Pearson Education Limited. – 2016. – P. 482.
5. NASA systems engineering handbook / National Aeronautics and Space Administration. – 1st ed. – USA: NASA. – 2007. – P. 360.
6. Ulrich, K. T. Product design and development / K.T. Ulrich, S.D. Eppinger. – 5th ed. – USA: McGraw-Hill. – 2012. – P. 432.
7. Systems engineering handbook: A guide for system life cycle processes and activities / International Council on Systems Engineering. – 4th ed. – USA: John Wiley and Sons. – 2015. – P. 304.

8. Novikov, D.A. Systems theory and systems analysis. Systems engineering / D.A. Novikov // Cybernetics: From past to future / D.A. Novikov – Germany: Springer. – 2016. – Ch. 4. – PP. 50-57. – doi: 10.1007/978-3-319-27397-6_4.
9. Buede, D. The engineering design of systems: Models and methods / D. Buede – 1st ed. – USA: John Wiley and Sons. – 2000. – P. 470.
10. Blessing, L.T.M. DRM, A design research methodology / L.T.M. Blessing, A. Chakrabarti – Great Britain: Springer-Verlag. – 2009. – P. 414. – doi: 10.1007/978-1-84882-587-1.
11. Hastie, T. The elements of statistical learning. Data mining, inference, and prediction / T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman – 2nd ed. – USA: Springer-Science. – 2009. – P. 744. – doi: 10.1007/b94608.
12. Baraboshkin, E.E. Deep convolutions for in-depth automated rock typing / E.E. Baraboshkin et al. // Computers and Geosciences. – 2020. – vol. 135. – doi: 10.1016/j.cageo.2019.104330.
13. Ivchenko, A.V. Core photo lithological interpretation based on computer analyses / A.V. Ivchenko et al. // IEEE Northwest Russia Conference on Mathematical Methods in Engineering and Technology – Saint-Petersburgh, 2018. – PP. 425-428.
14. Системная инженерия. Принципы и практика / А. Косяков, У.Н. Свит, С.Дж. Сеймур, С.М. Биммер. – 2-е изд. – М.: ДМК Пресс. – 2017. – С. 624.
15. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Волковой В. Н., Козлова В.Н. – М.: Высш. шк. – 2004. – С. 616.
16. Nikolaev, M. Y. A literature review of design decision making in disruptive technological innovations of new products / M.Y. Nikolaev, C. Fortin // 25th Design for Manufacturing and Life Cycle Conference of ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering. – Saint-Louis, 2020. – doi: 10.1115/DETC2020-22093.
17. Parnell, G.S. Systems decision process overview / G.S. Parnell, P.D. West // Decision making in systems engineering and management / G.S. Parnell, P.J. Driscoll, D.L. Henderson. – 2nd ed. – USA: John Wiley and Sons. – 2011. – Ch. 9. – PP. 275-295. – doi: 10.1002/9780470926963.
18. Keeney, R.L. Value-focused thinking: A path to creative decision-making / R.L. Keeney – USA: Harvard University Press. – 1992. – P. 432.
19. NASA risk-informed decision-making handbook / National Aeronautics and Space Administration. – 1st ed. – USA: NASA. – 2010. – P. 128.
20. Petetin, F. Decision-making in disruptive innovation projects: A value approach / F. Petetin, G. Bertoluci, J.-C. Bocquet // 18th International Conference on Engineering Design (ICED 11). – Copenhagen, 2011. – PP. 211-220.
21. Петрова, Т.М. Понятие эмерджентности. Примеры применения в робототехнических системах / Т.М. Петрова, Р.П. Партоян // Студенческая наука для развития информационного общества: сб. мат-лов VI Всероссийской научно-технической конференции. Часть 1. – Ставрополь, 2017. – С. 308-310.
22. Nikolaev, M.Y. Systems thinking ontology of emergent properties for complex engineering systems / M.Y. Nikolaev, C. Fortin // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – vol. 1687. – doi: 10.1088/1742-6596/1687/1/012005.
23. de Weck, O.L. Life-cycle properties of engineering systems: The ilities / O.L. de Weck, D. Roos, C.L. Magee // Engineering systems. Meeting human needs in a complex technological world / O.L. de Weck, D. Roos, C.L. Magee. – USA: MIT Press. – 2011. – Ch. 4. – PP. 65-96. – doi: 10.7551/mitpress/8799.001.0001.
24. Yang, J.B. An evidential reasoning approach for multiple attribute decision making with uncertainty / J.B. Yang, M.G. Singh // IEEE transactions on systems, man, and cybernetics. – 1994. – vol. 24. – PP. 1-18. – doi: 10.1109/21.25968.
25. Maritan, D. Quality function deployment (QFD): Definitions, history and models / D. Maritan // Practical manual of quality function deployment / D. Maritan. – Switzerland: Springer International. – 2015. – Ch. 1. – PP. 1-32. – doi: 10.1007/978-3-319-08521-0_1.

Статья поступила в редакцию 05.02.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 004.415.2

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0012

СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА РЕМОНТНЫХ РАБОТ В ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОМ УЧРЕЖДЕНИИ

© 2020

Семи́н Анто́н Евге́ньевич, аспирант

Сидорова Маргарита Александровна, кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры «Биомедицинская инженерия»

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11,

e-mails: anton.semin.88@inbox.ru, sidorova_mailbox@mail.ru)

Аннотация. Статья посвящена теме обеспечения надежной работы медицинских приборов и систем за счет оптимизации структуры автоматизированной системы учета ремонтных работ. В процессе проведения профилактических и ремонтных работ прибегают к одновременному выводу из рабочего цикла всей цепи медицинского оборудования. Такой подход требует мобилизации значительных трудовых и материальных ресурсов. Вот поэтому тема создания автоматизированной системы актуальна как никогда. Несмотря на унификацию многих требований к управлению профилактическими и ремонтными работами в процессе эксплуатации сложного оборудования представляется практически невозможным создание универсальной системы автоматизированного учета для всех областей деятельности. На основании сравнительного анализа существующих систем данного назначения делается вывод о необходимости создания специализированной системы учета технического обслуживания и ремонта оборудования медицинского учреждения, учитывающей специфику этой сферы. Наличие такой системы позволит оптимизировать затраты материальных и трудовых ресурсов учреждения, сократить время простоя оборудования. Предлагается обобщенная структура автоматизированной системы управления, приводятся основные критериальные требования к ее характеристикам, удовлетворение которых обеспечит эффективность управления ресурсами учреждения.

Ключевые слова: автоматизированный учет, система, медицина, ремонтные работы, обслуживание.

SYSTEM STRUCTURE OF AUTOMATED REPAIR WORK ACCOUNTING IN MEDICAL INSTITUTION

© 2020

Syomin Anton Evgenyevich, postgraduate student

Sidorova Margarita Alexandrovna, candidate of technical Sciences,
associate Professor, associate Professor of the «Biomedical engineering»

Penza state technological University

(440039, Russia, Penza, BaydukovProyezd / Gagarin Street, 1a/11,

e-mails: anton.semin.88@inbox.ru, sidorova_mailbox@mail.ru)

Abstract. The article is devoted to the topic of ensuring the reliable operation of medical devices and systems by optimizing the structure of an automated system for accounting for repair work. In the process of carrying out preventive and repair work, they resort to simultaneous withdrawal from the working cycle of the entire chain of medical equipment. This approach requires the mobilization of significant labor and material resources. That's why the topic of creating an automated system is more relevant than ever. Despite the unification of many requirements for the management of preventive and repair work in the operation of complex equipment, it is almost impossible to create a universal system of automated accounting for all areas of activity. On the basis of a comparative analysis of the existing systems of this assignment, it is concluded that a specialized system for the maintenance and repair of medical facilities, taking into account the specifics of the medical institution, is necessary. The presence of such a system will optimize the costs of the agency's material and manpower, reduce the downtime of equipment. The generalized structure of the automated accounting system is a given, the basic criterion requirements for its characteristics are presented, the satisfaction of which will ensure effective management of the institution's resources.

Keywords: automated accounting, system, medicine, repair work, maintenance.

Введение. Обеспечение надежной работы специализированных медицинских приборов, аппаратов и систем, предполагает своевременное проведение профилактических и ремонтных работ, управление которыми значительно упрощается при использовании автоматизированных систем управления техническим обслуживанием и ремонтом (АСУ ТО и Р). Вынужденный вывод из медицинской технологической цепи какого-либо звена влечет за собой уменьшение

общей производительности диагностических и лечебных процедур учреждения. Поэтому чаще всего для осуществления профилактических и ремонтных работ прибегают к одновременному выводу из рабочего цикла всей цепи медицинского оборудования. Однако такой подход требует мобилизации трудовых и материальных ресурсов, а также возможности резервирования наиболее ответственных единиц оборудования. Особенно остро эта проблема проявляется в лечеб-

но-профилактических учреждениях в условиях пандемии, вызванной вирусом *COVID-19*, когда сложное оборудование типа компьютерных томографов и аппаратов искусственной вентиляции легких загружено до предела.

Организации профилактического обслуживания технологического оборудования, главным образом в машиностроительной отрасли, и структурам соответствующих АСУ ТО и Р посвящено значительное число публикаций [1 – 10], однако непосредственное использование имеющегося задела в медицинских учреждениях затруднено их спецификой. В отличие от промышленного предприятия объектом внимания клиники или медицинского центра является человек, что определяет неизмеримо более высокую ответственность персонала за качество работ. Недопустимо, в частности, даже краткосрочное прекращение оказания услуг населению из-за проведения технического обслуживания и планового ремонта оборудования, что исключается только резервированием этого оборудования или перенаправлением пациентов в родственные смежные учреждения во время вынужденного простоя отдельных его единиц.

Ввиду этого при разработке или модернизации АСУ ТО и Р медицинского назначения необходимо строго придерживаться нормативных сроков работ, для каждого вида оборудования предусматривать периоды временного простоя без проведения ремонтных работ, учитывать особенности этого оборудования. К особенностям можно отнести необходимость, в подчас уникальных измерительных приборах, типа сертифицированных имитаторов физиологических реакций организма и жесткий контроль работоспособности оборудования специализированными государственными органами [11]. Как и в других подобных системах важной задачей остается оптимизация последовательности и очередности проведения операций по техническому обслуживанию и ремонту с тем, чтобы минимизировать простои оборудования и обеспечить равномерную загрузку инженерных служб, в том числе привлекаемых со стороны специалистов. Указанные факторы являются неперенным условием создания эффективной системы автоматизации ремонтных планов АСУ ТО и Р. Немаловажное значение при этом имеет экономический фактор, т.к. ресурсы любого учреждения здравоохранения ограничены либо запланированными бюджетными ассигнованиями, либо, для негосударственных учреждений, их доходами.

Внедрение передовых методов управления обслуживанием и ремонтами сложного оборудования медицинского назначения, автоматизированный учет ремонтных работ – это задача государственного значения.

Таким образом, **цель** настоящей работы заключается в оценке совокупности факторов, определяющих функциональные возможности АСУ ТО и Р медицинского учреждения, уточнение требований к алгоритмам ее работы и разработка структуры системы, в

полной мере реализующей эти алгоритмы.

Материалы и результаты исследования. Рассмотрим факторы, определяющие актуальность практической реализации медицинской системы автоматизации управления *ТО* и *Р*. К основным из них следует отнести:

- более сорока процентов ремонтных работ связаны с отказами оборудования, причинами которых могут быть неполнота и нарушение сроков планово-предупредительных работ. Ввиду необходимости привлечения к ремонту сложной техники аттестованных специалистов и организаций, затраты времени в таких случаях могут оказаться чрезмерными;

- уровень обеспеченности запчастей и материалов в медицинском учреждении редко превышает 95% ввиду ненадлежащего контроля исполнения заявок на снабжение, неточностей в определении потребности в деталях, неполноты информации о наличии запчастей на складе;

- недостаточно подробная информация о проведенных работах по *ТО* и *Р*, содержащаяся в актах и протоколах работ. В отсутствие специализированной информационной системы сбор информации о характере проведенных работ на бумажном носителе представляет собой сложную и трудоемкую задачу. Отсутствие актуальной информации, необходимой для выявления причин отказа, создает дополнительные препятствия для качественного проведения *ТО* и *Р*;

- результаты анализа технических и финансовых показателей использования оборудования, как правило, имеют низкий уровень достоверности. Нестыковки и противоречия такого рода информации обусловлены тем, что она поступает сразу из нескольких источников (от различных служб предприятия) [2];

- случайный (разовый) характер носит сопровождение и корректировка регламентов и нормативов. Из-за отсутствия статистических данных за продолжительный период работы оборудования затруднено планирование систематической работы по ведению документации, которая ввиду этого может вовсе не отражать истинное положение вещей, приводя к перерасходу ресурсов или трудозатрат;

- планы ремонта и закупки материалов и запчастей не имеют взаимной информационной связи, поэтому, например, изменение плана ремонтов не влечет за собой автоматической корректировки плана снабжения. Это может привести к накоплению излишних запасов;

- отсутствует системный подход к определению очередности технического обслуживания видов оборудования с позиций времени их наработки и реально-го технического состояния, допускающих отступления от календарных регламентов *ТО* и *Р*. Учет данного фактора способствовал бы сокращению затрат учреждения;

- отсутствие возможности оперативного контроля складских запасов материалов и запчастей приводит к необходимости их экстренного заказа уже во время проведения ремонтных работ, что чревато внеплановыми простоями, а также подчас избыточностью

складских запасов;

– затруднен оперативный контроль текущего статуса каждой единицы основных фондов по месту ее эксплуатации и текущему состоянию. Подобная информация поступает к руководителю с опозданием, принятие какого-либо решения может оказаться неактуальным [3];

– разноречивость в определении норм расхода материалов и запчастей для проведения ремонтов, их приобретения и списания, зачастую сотрудники одного подразделения руководствуются различными нормативами, не говоря уже обо всем учреждении в целом;

– отсутствует должная координация деятельности различных служб и производственных (лечебно-профилактических) подразделений, которые без единой информационной системы находятся по сути в информационной изоляции друг от друга. Поэтому качество технического обслуживания оборудования учреждения напрямую зависит от компетенции руководства и оперативности принятия решений.

Таким образом, существует настоятельная потребность в создании и внедрении в лечебно-профилактических учреждениях АСУ *ТО* и *Р*. Следует также учитывать специфику предметной области АСУ медико-технического назначения как в части разнообразия видов оборудования, так и в части особенностей его применения, ориентированного, в первую очередь, на человека, что определяет рабочие функции, а также кооперацию АСУ с автоматизированными системами регионального и государственного уровней [4].

Любая АСУ *ТО* и *Р* вне зависимости от предметной области состоит из множества программных модулей, каждый из которых отвечает за решение соответствующих ему функциональных задач, среди которых можно выделить следующие типовые задачи:

– наполнение баз данных о технологическом и контрольно-измерительном оборудовании учреждения, его технических и эксплуатационных характеристиках;

– создание баз данных нормативных документов, регламентирующих состав операций, порядок и нормы времени на их выполнение при проведении *ТО* и *Р*;

– формирование вспомогательных баз данных, для хранения информации о технологической и конструкторской документации на оборудование в графической форме (схемы, чертежи, технологические карты и др.);

– регулярное проведение текущего контроля состояния оборудования, регистрация неполадок (сбоев и дефектов) в процессе эксплуатации оборудования, учет фактов их устранения и анализ причин возникновения;

– электронная (компьютерная) поддержка выполнения инженерно-технических операций на различных этапах;

– объективная численная оценка, анализ и контроль расходования материальных ресурсов для ремонта;

– создание и своевременное заполнение журналов ремонтов и отказов оборудования.

В настоящее время существует довольно много отечественных и зарубежных АСУ *ТО* и *Р* [5], наиболее универсальными и перспективными из которых являются следующие:

1. *NERPA EAM* – АСУ *ТО* и *Р*, применяющаяся на предприятиях и в сервисных компаниях, обслуживающих энергетическое оборудование [6].

2. *Seascope* – программный продукт, сочетающий в себе управление оборудованием с управлением *ТО* и *Р* оборудования транспортных и энергетических компаний [7].

3. *АСУРЭО* – система, служащая для организации технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования на всех уровнях технической эксплуатации [8].

4. *openMAINT* – программный модуль, содержащий открытый исходный код для управления движимыми активами, зданиями, оборудованием и, связанными с ними работами по *ТО* и *Р* [9].

5. *HubEx* – онлайн-сервис для автоматизации сервисного обслуживания, обеспечивающий управление *ТО* и *Р* оборудования [10].

6. *TRIM* – программное решение, интегрирующее в виде целостной системы необходимые компоненты управления физическими активами предприятия и обеспечения *ТО* и *Р* [12].

7. *Global-EAM* – российская разработка для управления *ТО* и *Р* оборудования предприятия и информационного обеспечения технических работ [13].

8. *Планадо* – усиленная технологиями *GPS*-контроля облачный интернет-сервис, служащий для управления сервисными работами и мобильными сотрудниками, а также использующий собственную методику организации процессов [14].

9. *Infor EAM* – это система для управления основными средствами предприятия, позволяющая цифровать техническое обслуживание оборудования и активов [15].

10. *UpKeep* – онлайн-сервис для технического обслуживания и управления активами как для крупных предприятий, так и для малого бизнеса [16].

11. *КСУТО* – система управления *ТО* и *Р* движимых и недвижимых активов организации [17].

12. *Галактика EAM* – тиражная система, предназначенная для обеспечения безопасного и надежного управления производственными активами [18].

Краткий анализ перечисленных систем показывает, что все они являются специализированными, то есть разработанными для решения конкретных задач в определенной сфере деятельности. Большинство из них внедрены на промышленных предприятиях машиностроения, энергетики и др. Ни одна из этих АСУ не учитывает специфики медицинских учреждений и поэтому не может без доработки использоваться в сфере здравоохранения. Поэтому задача создания современной автоматизированной системы планирования и учета проведения ремонтных работ в ле-

чебно-профилактических учреждениях в настоящее время является актуальной. В решении этой задачи особенно заинтересованы лечебно-профилактические учреждения регионального уровня, которые в настоящее время испытывают трудности из-за больших объемов бумажной работы. Да и далеко не все столичные лечебно-профилактические учреждения располагают внедренными автоматизированными системами.

При создании АСУ следует руководствоваться несколькими критериями.

Первый и, наиболее важный, критерий – *полнота состава функций системы*. Обычно выделяют два вида систем: специализированные АСУ *ТО* и *Р* и универсальные системы управления ресурсами предприятий, дополненные подсистемами поддержки проведения ремонтных работ.

Сравнительный анализ информационных и технических характеристик существующих систем показывает, что в такой непростой области, как управление ремонтами, целесообразно сосредоточиться на разработке именно специализированных систем и уделять особое внимание технологии ремонтов медицинского оборудования.

Надежность и масштабируемость системы –

это второй критерий качества АСУ. Основу системы должна составлять надежная промышленная платформа. Этому критерию удовлетворяет большинство массовых систем.

Адаптируемость и простота обслуживания системы – это третий критерий. Практически у всех систем с соответствием этому критерию имеются проблемы, поскольку даже самые продвинутые из них не располагают интуитивным интерфейсом и требуют предварительной подготовки персонала [19].

Если предположить существование универсальной АСУ, удовлетворяющей потребности медицинского учреждения, то ее приобретение и эксплуатация сопряжены со значительными затратами, в том числе с затратами на периодическую подготовку и обучение специалистов, к чему принуждает изготовитель системы, не открывая доступа к эксплуатационной информации по ней. Поэтому оправданной представляется разработка доступной автоматизированной информационной системы, учитывающей специфику деятельности лечебного учреждения. С учетом вышеизложенного структура АСУ *ТО* и *Р* лечебно-профилактического учреждения может быть представлена в следующем виде (рис. 1).



Рисунок 1 – Обобщенная структура автоматизированной системы *ТО* и *Р* в лечебно-профилактическом учреждении

Остановимся на функциональном назначении основных модулей медицинской АСУ *ТО* и *Р*.

1. *Иерархическая система учета оборудования* включает в себя полный перечень оборудования, стоящего на балансе лечебно-профилактического учреждения, а также ключевую информацию о каждом его представителе. В состав информации входит: полное наименование, серийный и инвентарный номера, год выпуска, сроки гарантийного обслуживания, текущее техническое состояние. Если оборудование неисправно, кратко указываются причины неисправности. Иерархический тип системы позволяет упорядочить список оборудования по нескольким основным параметрам: подразделение, в котором находится оборудование; тип оборудования (диагностическое, терапевтическое, хирургическое, реанимационное и т.д.); техническое состояние оборудования. Также возмо-

жен выборочный поиск оборудования по нескольким параметрам: название, год выпуска, серийный и инвентарный номера.

2. *Система учета* осуществляет своевременный учет выполненных технических операций, а также их финансовый контроль. Позволяет отследить результат выполненной работы и денежные средства, затраченные на ее выполнение. Система учитывает сразу несколько аспектов: время, затраченное на работу; использование запчастей и их стоимость. Далее вся полученная информация будет поступать в финансовый отдел предприятия, проводящего ремонтные работы. На основании полученной информации происходит формирование и выставление счета за проделанную работу. Если при выполнении ремонтных работ возникают трудности или, например, непредвиденные обстоятельства, препятствующие выполнению работ,

в системе создается запись о незавершенности работ и формируется заключение о запрете использования неисправного оборудования для того, чтобы обезопасить медперсонал и пациентов от возможных травм или увечий.

3. *Система контроля* обеспечивает оперативный контроль сразу по нескольким аспектам: проведению работ согласно заранее установленному плану, изменению технического состояния оборудования (в эксплуатации, в ремонте, на поверке, списано и т.д.), а также наличию запчастей для ремонта и обслуживания на складе. Система позволяет ремонтной бригаде отслеживать изменения в техническом состоянии оборудования и в дополнение к этому создавать заметки о сбоях в работе или нехарактерной работе оборудования. При контроле плановых работ система заранее напоминает о предстоящей работе, а также предлагает рекомендательный список необходимых запчастей или расходных материалов. При отсутствии запчастей, необходимых для *Р* и *ТО*, дается рекомендация по скорейшей их закупке. После выполнения плановых профилактических мероприятий в системе создается запись о проведенных работах, а также формируются сроки следующих профилактических работ.

4. *Система подготовки документов* производит автоматизированное заполнение различных форм документов, в состав которых входят: акты проведения работ, дефектные акты, полные отчеты по работам за определенный период, протоколы плановых технических освидетельствований оборудования, коммерческие предложения, и прочее. Данная подсистема играет ключевую роль в автоматизации документооборота предприятия, осуществляющего *Р* и *ТО*, так как позволяет в кратчайшие сроки подготовить всю необходимую документацию по работам и направить заказчику. Огромное практическое значение этого модуля состоит в освобождении персонала от рутинной бумажной работы, что позволяет сосредоточиться на более важных аспектах работы, тем самым повысить ее эффективность.

5. *Экспертная система* представляет собой дополнение к основным подсистемам, необходимое для инженерных бригад, осуществляющих *Р* и *ТО*. Она дает возможность специалисту оперативно получить информацию о типовых неисправностях конкретного оборудования, возможных причинах их возникновения, рекомендациях по их устранению, а также дает доступ к технической документации (сервисные инструкции, схемы, чертежи и прочее). В качестве дополнения экспертная система содержит информацию для связи с официальным представителем фирмы-поставщика конкретного оборудования, что позволит получить квалифицированную техническую поддержку при возникновении затруднительных ситуаций при проведении инженерно-технических операций с оборудованием. Все это сокращает потери времени специалиста, выполняющего срочные ремонтные работы при аварийных ситуациях на сложном медицинском оборудовании.

Минимальные технические требования к системе, определяющие ее функциональные возможности, состоят в следующем:

- обеспечение быстрого доступа к полной информации об используемом оборудовании, включая сведения о сроках и характере профилактических и ремонтных работ;
- удобный и понятный графический интерфейс управления системой, упрощающий воспроизведение данных;
- хранение описаний и специфики ремонтных работ в соответствии с нормативными требованиями;
- обеспечение оперативного контроля выполнения плановых работ, изменения состояния оборудования, наличия необходимых для ремонта запчастей;
- способность составлять и оформлять документацию по результатам выполненных работ, а также другую дополнительную документацию;
- наличие экспертной системы, содержащей информацию по поддержке проведения ремонтных работ (техническая документация: инструкции, чертежи, схемы);
- хранение и вывод информации о сроках и составе профилактических и ремонтных работ;

Отдельным пунктом следует отметить интеграцию системы лечебно-профилактического учреждения (заказчика) с системой инженерной службы (исполнителя работ), если это две отдельные организации. Как известно, учреждения здравоохранения не всегда имеют в своем составе собственную службу, осуществляющую ремонтные и профилактические работы медицинского оборудования. В таком случае должны существовать две информационно связанные системы в разных организациях. Важной особенностью должно быть обновление данных у обеих сторон при внесении изменений одной из них. Наиболее перспективной можно указать функцию оповещений в реальном времени – при возникновении неисправности или сбое в работе оборудования персонал медучреждения отображает это в системе, вся эта информация немедленно появляется в системе осуществляющего ремонт предприятия. Данная функция позволяет в кратчайшие сроки получить информацию о серьезных авариях и принять оперативные меры по их устранению, что, несомненно, будет способствовать минимизации простоев оборудования в ремонте.

Заключение. В результате сравнительного обзора существующих компьютерных средств планирования и сопровождения профилактических и ремонтных работ оборудования предприятий обоснована необходимость создания специализированной системы планирования и учета проведения *ТО* и *Р* оборудования лечебно-профилактического учреждения. Предложена структура автоматизированной информационной системы учета *ТО* и *Р*, ориентированной на запросы учреждения здравоохранения, позволяющая повысить эффективность управления процессами технического обслуживания и ремонта сложной медицинской техники. Планируемая реализация данной системы тре-

бует разработки информационной модели процессов, создания алгоритма работы системы и на этой основе – комплексного программного продукта с применением современных информационных технологий, методов и средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Каримова, Н. О. Автоматизированные системы управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования / Н. О. Каримова. // Молодой ученый. — 2017. — № 13 (147). — С. 49-51.
2. Автоматизированная система управления ремонтами “АСУР 1.1” [Электронный ресурс] // Электронный журнал. URL: <https://eam.su/avtomatizirovannaya-sistema-upravleniya-remontami-asur-1-1.html> (дата обращения 19.09.2020).
3. Автоматизированные системы технического обслуживания и ремонтов [Электронный ресурс] // отраслевой научно-технический журнал. URL: <https://isup.ru/articles/1/230/> (дата обращения 20.09.2020).
4. Автоматизация процессов технического обслуживания и ремонтов [Электронный ресурс] // Электронный журнал. URL: <https://sapr.ru/article/18508> (дата обращения 15.09.2020).
5. Системы управления техническим обслуживанием и ремонтом [Электронный ресурс] // Системы для бизнеса. URL: <https://soware.ru/categories/maintenance-management-systems> (дата обращения 23.09.2020).
6. Система технического обслуживания и ремонта оборудования [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Новософт. URL: <http://www.novosoft.ru/nerpa/sistema-toir.shtml> (дата обращения 17.09.2020).
7. Программный комплекс Seascare [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Seascare. URL: <https://www.seaproject.ru/seascare> (дата обращения 20.09.2020).
8. Подсистемы АСУРЭО [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании АСУРЭО. URL: <http://www.asureo.ru/> (дата обращения 02.10.2020).
9. openMAINT [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании openMAINT. URL: <https://www.tecnoteca.com/en/products/openmaint> (дата обращения 18.09.2020).
10. HubEx [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании HubEx. URL: <https://hubex.ru/features/> (дата обращения 26.09.2020).
11. ГОСТ Р 56606. Контроль технического состояния и функционирования медицинских изделий. Основные положения.
12. Общие сведения о системе TRIM [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании СпецТек. URL: <https://trim.ru/razrabotka-po-obshchie-svedeniya-o-sisteme-trim> (дата обращения 05.10.2020).
13. Система Global-IMS [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Global-IMS. URL: <https://global-system.ru/index.php?id=56#1> (дата обращения 09.10.2020).
14. Возможности системы Планадо [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Планадо. URL: <https://www.planado.ru/features/office/> (дата обращения 20.09.2020).
15. Infor OS [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Infor. URL: <https://www.infor.com/ru-ru/products/infor-os> (дата обращения 05.10.2020).
16. Система UpKeeper [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании UpKeeper. URL: <https://www.onupkeeper.com/> (дата обращения 28.09.2020).
17. Система КСУТО [Электронный ресурс] // Программное ПО для бизнеса. URL: <https://soware.ru/products/ksuto> (дата обращения 09.10.2020).
18. Галактика ЕАМ [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Галактика. URL: <https://galaktika.ru/eam> (дата обращения 04.10.2020).
19. Передовые технологии управления ремонтами [Электронный ресурс] // Информационное агентство. URL: <https://www.klerk.ru/release/200649/> (дата обращения 06.10.2020).

Статья поступила в редакцию 28.12.2020

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 004.89

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0013

ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД КОНЦЕПТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СОВМЕСТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

© 2021

Костров Борис Васильевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой ЭВМ
Рязанский государственный радио-технический университет

(390005, Рязань, Россия, ул. Гагарина, 59/1, e-mail: kostrov.b.v@evm.rsreu.ru)

Ручкин Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры ИВТ и МПИ

Солдатов Григорий Александрович, аспирант, начальник программно-технического отдела

Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина

(390000, Рязань, Россия, ул. Свободы, 46, e-mails: v.ruchkin@365.rsu.edu.ru, g.soldatov@365.rsu.edu.ru)

Григоренко Дмитрий Владимирович, ведущий конструктор

ОАО «РязаньПрибор»

(390000, Рязань, Россия, ул. Семинарская, 32)

Аннотация. В статье рассматривается теоретико-множественный подход концептуального моделирования совместного проектирования аппаратных и программных средств на чипе для киберфизических систем (CPS), включая *Internet of Things (IoT)*, в едином ключе и сложных, тесно взаимодействующих инструментах. Стоит отметить, что любое проектирование, создание и внедрение CPS требует решения ряда проблем: получение высокой сложности реализации со сверхвысокими требованиями, выявление параллелизма и неоднородности приложений, распределение интеллекта и вычислительных ресурсов, являющихся недостаточными для решения более сложных задач в иерархии IoT. Исходя из этого, важно отметить, что современные сложные приложения должны обеспечить универсальность, масштабируемость, достаточную производительность и/или сверхнизкое энергопотребление. Таким образом, для удовлетворения возрастающих вышеуказанных требований авторы предлагают использовать гетерогенные вычислительные платформы, проектируя процессоры с параллельной микроархитектурой и использованием различных типов параллелизма для конкретных приложений. Предлагаемый авторами подход позволяет исходное множество алгоритмов обработки различного рода информации алгоритмы на основе теории эквивалентности разбить на подмножества непересекающихся подмножеств – кластеров и формализовать структуры обработки в виде одной из типовых моделей знаний - фреймовой формы для проектирования экспертной системы выбора вариантов структурной организации по техническим параметрам согласно концептуальной модели. Экспериментальным примером разработанной концептуальной модели является анализ алгоритмов мониторинга чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера или мониторинга лесных пожаров и описание пользовательского интерфейса экспертной системы на базе модуля MC 127.05 - гетерогенной многоядерной системы на кристалле K1879BM8Я.

Ключевые слова: теоретико-множественный подход, концептуальное моделирование, проектирование аппаратных и программных, киберфизическая система, *Internet of Things*, гетерогенная вычислительная платформа, параллелизм, фреймовая модель, проектирование, экспертная система, модуль MC 127.05.

THEORETICAL-MULTIPLE APPROACH OF CONCEPTUAL MODELING OF THE JOINT DESIGN OF HARDWARE AND SOFTWARE

© 2021

Kostrov Boris Vasilievich, doctor of Technical Sciences, professor, head of the Computer Department
Ryazan State Radio-Technical University

(390005, Ryazan, Russia, Gagarina st., 59/1, e-mail: kostrov.b.v@evm.rsreu.ru)

Ruchkin Vladimir Nikolaevich, doctor of Technical Sciences, professor of the Department of ICT and MPI

Soldatov Grigory Alexandrovich, post-graduate student, head of the program and technical department

Ryazan State University named after S.A. Yesenin

(390000, Ryazan, Russia, Svoboda st., 46, e-mails: v.ruchkin@365.rsu.edu.ru, g.soldatov@365.rsu.edu.ru)

Grigorenko Dmitry Vladimirovich, lead Designer

RyazanPribor CJSC

(390000, Ryazan, Russia, Seminarskaya st., 32)

Abstract. This article discusses a set-theoretic approach to conceptual modeling of the collaborative design of hardware and software on a chip for cyber-physical systems (CPS), including the *Internet of Things (IoT)*, in a unified vein and complex, closely interacting tools. It is worth noting that any design, creation and implementation of CPS requires solving a number of problems: obtaining high complexity of implementation with ultra-high requirements, identifying parallelism and heterogeneity of applications, distributing intelligence and computing resources that are insufficient to solve more complex problems in the IoT hierarchy. Based on this, it is important to note that modern complex applications must provide versatility, scalability, sufficient performance and / or ultra-low power consumption. Thus, in order to meet the increasing requirements mentioned above, the authors propose to use heterogeneous computing

platforms, designing processors with a parallel microarchitecture and using various types of parallelism for specific applications. The approach proposed by the authors allows the initial set of algorithms for processing various kinds of information, algorithms based on the theory of equivalence, to be divided into subsets of disjoint subsets - clusters and formalized processing structures in the form of one of the typical knowledge models - a frame form for designing an expert system for choosing options for structural organization by technical parameters according to the conceptual models. An experimental example of the developed conceptual model is the analysis of algorithms for monitoring natural and man-made emergencies or monitoring forest fires and the description of the user interface of the expert system based on the MS 127.05 module - a heterogeneous multicore system on a *K1879VM8Ya* crystal.

Keywords: set-theoretic approach, conceptual modeling, design of hardware and software, cyber-physical system, Internet of Things, heterogeneity of applications, parallelism, frame model, an expert system, *K1879VM8Ya* chip.

Введение. Разработанный и интегрированный на основе уже существующих компонентов киберфизических систем новый сложный комплекс, работающий как единое целое по отношению к внешнему миру или другим комплексам или системам, принято называть современной киберфизической системой (*CPS*) [1-2]. В последнее время круг *CPS* расширился включением двух направлений интернет вещей (*Internet of Things – IoT*) и Индустриальный Интернет вещей (*Industrial Internet of Things – IIoT*). Следует выделить важность и перспективность вновь выделенного вычислительного мира вещей.

Важность современных, в том числе и мобильных, вышеуказанных *CPS* систем определяется областями применения, которые охватывают практически все социально значимые секторы промышленности, экономики, медицины и социального обслуживания общества и включают в себя:

- мобильные вычисления, связь, локализация, навигация, мобильные тарифы, потребительские приложения, индивидуальное обслуживание клиентов, игры, развлечения, мода;
- теле операции, личная, мобильная и скорая помощи; протезы, имплантаты; восстановление, расширение или замена человеческих способностей и возможностей;
- социальные системы, умный дом, город, правительство, умное здравоохранение и другие многочисленные приложения здравоохранения; помощь при выезде, правоохранительные органы, общественная безопасность, военные;
- транспортный и автомобильный, управление движением, навигация, сопровождение;
- промышленное применение, безопасность, охрана и военное применение, мобильный в режиме реального времени, наблюдение, мониторинг, проверка, ремонт, робототехника, обучение, помощь;
- коммерческие приложения, отслеживание мобильного инвентаря и обслуживание клиентов, вносимая дополненная реальность и другие системы для туристических приложений, и многие другие.

Промышленная, социальная и экономическая значимости мобильных *CPS* очень высоки и постоянно возрастают [3-6], а создание, внедрение и расширение сопровождается борьбой нового со старым формированием различных вызовов: необычная сложность и сверхвысокие требования, параллелизм и неоднородность приложений, распределение интеллекта, вычис-

лительных ресурсов, сервисов и рабочих нагрузок в иерархии *IoT / IIoT*. Поэтому современные сложные приложения, требуют сверхвысокой производительности, масштабируемости и/или сверхнизкого энергопотребления. В таком случае, для соответствия требованиям, необходимо учитывать следующее:

- *CPS* по своей природе неоднородны, многофункциональны, работают с большими данными;
- включают в себя множество различных алгоритмов, включающих различные виды массивного параллелизма: параллелизм данных и уровень задач, уровень команд и функциональный параллелизм на уровне операций;
- используют многообразие современной элементной базы, систем и платформ.

В перспективе для надежного, своевременного и адекватного обслуживания этих приложений необходимо участие ведущих стандартизирующих организаций *OSI/ISO* и компаний *IEEE*:

- должны быть использованы гетерогенные вычислительные платформы;
- должны быть построены процессоры с параллельной многопроцессорной макроархитектурой и параллельные процессоры микроархитектуры;
- различные части сложных приложений должны быть реализованы с соответствующими различными видами параллелизма и специфичным для приложений параллельным оборудованием;
- несколько разных или идентичных процессоров, каждый из которых работает (частично) с различными подмножествами данных, должны работать одновременно, чтобы реализовать сверхвысокую пропускную способность и сверхнизкое энергопотребление.

В данной работе предлагается на основе теоретико – множественного подхода и анализа эквивалентности подпрограмм обработки информации концептуальная модель совместного (одновременного) проектирования аппаратных и программных средств с целью единого исследования процессов кластеризации, параллельной организации на нижнем уровне микроархитектуры и высоком уровне макроархитектуры для повышения эффективности работы, универсальности, масштабируемости и энергопотребления.

В настоящее время существует множество средств экспресс-мониторинга техногенных ситуаций, от прямого измерения характерных свойств до различных удаленных средств, позволяющих идентифицировать опасность по косвенным признакам. Для повышения

надежности и правильности принятия решений имеет смысл обрабатывать входные данные с помощью подходящего оборудования и программного обеспечения с помощью специальных алгоритмов. Основная тематика, представленная в данной статье, в первую очередь посвящена сведению к нулю рисков принятия решений, за счёт своевременного реагирования на предотвращение чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (ПТХ). Реализовать подобную систему возможно при помощи сложных, специальных средств обработки данных для наземного, воздушного и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с учетом неопределенности использованием нечетких множеств в нейронных сетях *CPS*.

Материалы исследований. Во введении на основании рассмотренных важностей современных мобильных *CPS* и областей применения различных секторов промышленности, экономики и социальных служб формулируются требования, вызовы и целесообразные реализации архитектур совместного проектирования таких систем. В первой части описываются основные компоненты концептуальной модели совместного проектирования аппаратных средств (*Hard ware - HW*) и программных (*Soft ware - SW*): анализ классов исходных алгоритмов проектируемой системы обработки заданной предметной области, элементная база, централизованная и распределенная системы, кластеризация явного и неявного параллелизма, программирование кластеров и ядер и оценка технических характеристик возможных структур обработки. Во второй части осуществляется фреймовое моделирование знаний концептуальной модели проектирования многоядерной организации макроархитектуры *CPS* с представлением классификаций фрейм – образов и фрейм - экземпляров. В третьей части на основании результатов моделирования осуществляется описание пользовательского интерфейса экспертной системы совместного выбора аппаратных и программных средств наиболее рационального варианта многоядерной организации макроархитектуры *CPS*, перечисляются основные тактико – технические характеристики с ее графическим представлением и дается описание используемой отечественной платформы гетерогенной многоядерной мультипроцессорной системы на чипе *K1879VM8Я* – модуль *MC 127.05*.

Теоретико-множественный подход концептуального моделирования совместного проектирования. Проектируемая вычислительная структура функционирует по алгоритмам обработки информации и представляет собой специализированное устройство.

Основу предлагаемого авторами теоретико-множественного подхода концептуального моделирования [7-9] составляет множество алгоритмов обработки различного рода информации исследуемой предметной области $A^{(j)}$, $\forall j = \overline{1, N}$, где N – натуральное число, в виде упорядоченного кортежа операций:

$$A^{(j)} = \{O_1, O_q, \dots, O_L, O_2, O_1, \dots, O_r\}, \quad (1)$$

где $O_1, O_q, \dots, O_L, O_2, O_1, \dots, O_r \in O$ – множество про-

стейших арифметических и логических операций или действий алгоритма. Для организации вычислительного процесса выбирается элементная база в виде набора чипсет со множеством простейших команд $MK = \{MK_1, MK_2, \dots, MK_p, \dots, MK_M\}$, с помощью которых могут быть реализованы вышеприведенные простейшие операции.

Таким образом в процессе проектирования любой вычислительной системы необходимо получить результат некоторого отображения:

$$OI \rightarrow \{MK_m\}; \forall m = \overline{1, K_m}; \forall l = \overline{1, L} \quad (2)$$

Определяя полученный результат отображения (2) получаем, что первоначальный алгоритм (1) идентифицируется за счёт множества программ $PR^{(j)}$ обработки информации, но в виде массива команд:

$$A^{(j)}, \forall j = \overline{1, N} \Rightarrow PR^{(j)} = \{MK_1, MK_2, \dots, MK_i, \dots, MK_M\}. \quad (3)$$

Причем каждый алгоритм $A^{(j)}$ может иметь несколько вариантов реализации программ $PR^{(j)}$ в зависимости от элементной базы и используемых команд. Каждый вариант в виде решения имеет свои тактико – технические характеристики и требует своих определенных вычислительных ресурсов. Очевидно, что среди множества решений можно найти такое, которое будет обладать наилучшими параметрами и затрачивать наименьшее количество ресурсов. В результате анализа определяется наилучший из вариантов решения. Если все результаты одинаковые – значит это и есть единственное решение. Поэтому всегда существует несколько решений.

Выражение (3) определяет однопроцессорный (централизованный) или одноядерный вариант. Из практики известно, что такое решение имеет недостаточные технические характеристики, однако требует минимальных вычислительных ресурсов. Заказчик концепции, как правило требует повышенные характеристики, например, производительности и разработчик предлагает мультипроцессорные и мультиядерные системы с оптимальными вычислительными ресурсами, так называемые многоядерные микропрограммируемые системы на кристалле – *МЯМПСК (Multy Core Mikroprogrammable Systems on Chip – MCMPSoC)*.

Реализация задачи распараллеливания программы обработки базируется на установленном понятии – кластер, под которым подразумевается отдельная, логически обоснованная часть первоначальной программы, выполняющая конечное количество операций определенной длины $|CL_k|$ и фиксированного состава. В результате программа разбивается на кластеры CL_k – набор CL сокращенных подпрограмм одинаковой длины и состава. Разбить программу на куски одинакового состава, согласно логике алгоритма и конечного числа операций, реально в виду того, что «состав» подпрограммы – это конечный набор реализованных алгоритмических решений.

Воспользуемся понятием равенства кластеров CL_1 и CL_k обработки информации: $CL_1 = CL_k$. Далее равенство кластеров рассматривается как равенство длин

указанных кластеров $|CL_l| = |CL_k|$ и совпадение их с точностью до команды $MK_i^{(k)} = MK_i^{(l)}, PR^{(i)} = \{MK_i, MK_1, \dots, MK_j\}$, где верхний индекс – номера k -го и l -го алгоритмов, а i – номер по порядку операции в алгоритме.

$$CL_l = CL_k = \begin{cases} |CL_l| = |CL_k| \quad \forall l, k = 1, N \\ MK_i^{(k)} = MK_i^{(l)}, \quad \forall i = 1, |CL_l| \end{cases} \quad (4)$$

Процесс проектирования ВС (вычислительных систем), связанный с преобразованием программы $PR^{(i)}$ во множество кластеров называется кластеризацией и представляет собой явный параллелизм. В некоторых случаях не удастся четко и равно выделить кластеры, и решение проблемы кластеризации является искусственным приемом и представляет собой неявный параллелизм.

Как результат, следует, что из системы равенств (4) можно выделить некий параметр, который определяет измерение качества деления целой программы $PR^{(i)}$ на дробные части, то есть кластеры, определяемые как CL . Причём стоит заметить, что измерение качества происходит с точностью до команды MK_i . Полученный ранее параметр можно обозначить за метрику деления программы на подпрограммы. В случае изменения или преобразования элементарной базы будет получено, что метрика кластеризации изменится, как и сами результаты этого деления.

Выводы о том, что конкатенация полученных, непересекающихся кластеров в определённые структуры возможна, базируются на ранних работах авторов. Свойства рефлексивности, симметричности и транзитивности характерны для выражения (4), что позволяет утверждать возможность разбиения кластеров или классов эквивалентности определённого порядка или мощности на непересекающиеся множества.

Кластеризация, как механизм обработки программы, позволяет конкатенировать CL_k в различные структуры S . Результат конкатенации будет напрямую зависеть от первоначальных алгоритмов последовательного или параллельного обмена данными внутри кластеров или между кластерами.

Разбиение исходной программы на подпрограммы порождает конечное множество всевозможных $S_w \in S$, которые позволяют некоторой j -й программе обработки PR назначить сопоставление множеств подпрограмм-кластеров CL_l , последовательно или параллельно связанных друг с другом в зависимости от исходного алгоритма.

$$S_w \in S : PR \Rightarrow \{CL_l\}; \quad \forall i = \overline{1, l}; \quad \forall w = \overline{1, W} \quad (5)$$

Предопределение уже обозначенной структуры $S_w \in S$ проектируемой вычислительной системы обуславливается за счёт результатов вышеуказанного выражения (5).

Опираясь на выражение (5) получаем, что набор S_w проектируемой вычислительной системы обработки информации ставит в соответствие некоторой j -й программе обработки PR совокупность независимых и неравных между собой кластеров CL_l . Причём, число подпрограмм-кластеров равно числу классов эквивалентности L , кратность (CL_l) определяется порядком

класса эквивалентности (a_i) , тип обмена информации между кластерами внутри класса, тип обмена информации между кластерами различных классов:

$$\forall j = \overline{1, N}, PR^{(j)} \Rightarrow \{(CL_l)^q\}, \quad \forall q = 1, a_l; \quad \forall l = \overline{1, L} \quad (6)$$

В результате решается задача явного распараллеливания алгоритмов на множество кластеров и организации обработки информации в виде структуры передачи данных последовательно или параллельно между кластерами:

$$\forall j = \overline{1, N} A^{(j)} \Rightarrow \dots \forall j = \overline{1, N}, PR^{(j)} \Rightarrow \{(CL_l)^q\}, \quad \forall q = 1, a_l; \quad \forall l = \overline{1, L} \quad (7)$$

Каждый кластер CL_l представляет собой (фрагменты) подпрограммы RO_l программы обработки PR в машинных командах MK_i и может быть реализован на одном из ядер данного кластера. Иначе они могут быть запрограммированы на свободных ядрах другого однотипного кластера.

Вычисление технических характеристик в виде множества T : быстродействие $1/T_R$, объема микропрограммной памяти $|MP|$, числа микропроцессорных модулей – ядер N_0 , аддитивной функции полезности структуры U_i становится возможным в результате решения задачи (7).

Разбиение на независимые модули и представление процесса явного параллелизма выражения (7) в первую очередь определяется посредством проверки выполнения свойств отношения эквивалентности: рефлексивности, симметричности и транзитивности. Стоит заметить, актуальность вопроса правильности сохранения семантики, для чего внедряются понятия явного (четкого) и неявного (нечеткого) параллелизма кластеров. Для этого первично требуется определить и понять суть четкого и нечеткого параллелизма классов, посредством анализа возможных вариантов решения задачи следующих из выражения (7) в виде фреймовой модели ЭС (экспертной системы).

После введенных множеств формируется концептуальная модель проектирования вычислительной системы, представляющая собой шестерку вышерассмотренных множеств:

$$\{A^0, MK, PR, CL, S, T\} \quad (8)$$

Таким образом, в концептуальную модель (8) совместного проектирования входят все основные компоненты любой проектируемой вычислительной системы от исходных алгоритмов до конечных технических параметров, что позволяет оценить систему как единое целое. Кроме того, перечисленные компоненты представляют связанные между собой определенные знания конкретной предметной области – модели знаний, которые можно формализовать в виде экспертной системы и реализовать на компьютере для создания автоматической системы принятия решения - системы искусственного интеллекта, например, фреймовой модели, позволяющей работать со списками.

Обобщение результатов решения задач (7) и (8), определяет несколько вариантов структурной организации $MCMPSoC$, которые обозначают базовые знания – протоколы управления экспертной системы,

направленные на поиск наиболее продуктивной в области затрат ресурсов и производительности. Отношения между фактами определены эвристическим алгоритмом – выражениями декларативного знания о взаимосвязях между объектами, где L – количество полученных классов эквивалентности, $|a_i|$ – порядок каждого класса, данными последовательного, параллельного и объединения последовательного/параллельного обмена.

В результате решения задач (7) и (8) получаем различные варианты структурной организации *МЯМПСК* или *МСМPSoC*, которые составляют основу фрейм-модели экспертной системы анализа явного параллелизма. Основу модели составляют фрейм-образ и фрейм – экземпляры структур.

Базисом фрейм-образа *Structura* определяются данные слоты (дырки): количество классов эквивалентности L , порядок классов эквивалентности $|a_i|$, метод передачи информации между кластерами внутри класса, метод передачи информации между кластерами различных классов, структура, скорость или быстродействие работы $1/T_R$, количество доступной микропрограммной памяти $|MP|$, количество доступных микропроцессорных ядер N_0 , аддитивная

функция полезности структуры U_i , которая обладает свойством сигма-аддитивности. Учитывая вышеперечисленное, получаем следующий фрейм-образ:

$Structura (L, |a_i|, \text{тип обмена1}, \text{тип обмена2}, \text{структура}, 1/T_R, |MP|, N_0, U_i)$ (9)

В качестве фрейм-образа *Structura* используются нечеткие переменные компоненты формулы: K – конвейерная структура *PipelineStructura*, $ПК$ – почти-конвейерная структура *NearPipelineStructura*, KB – конвейерно- векторная структура *PipelineVectorStructura*, BKB – вроде конвейерно-векторная структура *NearPipelineVectorStructura*, M – матричная структура *MatrixStructura*, BBK – вроде векторно-конвейерная структура *NearVectorPipelineStructura*, BK – векторно-конвейерная структура *VectorPipelineStructura*, $ПВ$ – почти векторная структура *NearVectorStructura*, B – векторная структура *VectorStructura*.

В качестве тип обмена1 и тип обмена2 используются два понятия последовательный (*sequential* обозначим как *seq*) и параллельный (*simultaneously* обозначим как *simul*).

В результате записываются следующие шаблоны, на основе которых создаются конкретные сущности для различных структур:

Pipeline ($L, 1, \text{seq}, \text{seq}, \text{Pipeline}, (1/T_R)\text{pl}, (|MP|)\text{pl}, (N_0)\text{pl}, (U_i)\text{pl}$);
NearPipeline ($L, q, \text{seq}, \text{simul}, \text{NearPipeline}, (1/T_R)\text{npl}, (|MP|)\text{npl}, (N_0)\text{npl}, (U_i)\text{npl}$);
PipelineVector ($L, q, \text{seq}, \text{simul}, \text{PipelineVector}, (1/T_R)\text{plv}, (|MP|)\text{plv}, (N_0)\text{plv}, (U_i)\text{plv}$);
NearPipelineVector ($L, q, \text{seq}, \text{simul}, \text{NearPipelineVector}, (1/T_R)\text{nplv}, (|MP|)\text{nplv}, (N_0)\text{nplv}, (U_i)\text{nplv}$);
Matrix ($L, q, \text{seq}/\text{simul}, \text{simul}/\text{seq}, \text{Matrix}, (1/T_R)\text{m}, (|MP|)\text{m}, (N_0)\text{m}, (U_i)$);
VectorPipeline ($q, q, \text{simul}, \text{simul}, \text{VectorPipeline}, (1/T_R)\text{vpl}, (|MP|)\text{vpl}, (N_0)\text{vpl}, (U_i)\text{vpl}$);
NearVectorPipeline ($L, q, \text{simul}, \text{seq}, \text{NearVectorPipeline}, (1/T_R)\text{nvpl}, (|MP|)\text{nvpl}, (N_0)\text{nvpl}, (U_i)\text{nvpl}$);
NearVector ($1, |a_i|, \text{simul}, \text{seq}, (1/T_R)\text{nvec}, (|MP|)\text{nvec}, (N_0)\text{nvec}, (U_i)\text{nvec}$);
Vector ($1, |a_i|, \text{simul}, \text{simul}, \text{NearVector}, (1/T_R)\text{vec}, (|MP|)\text{vec}, (N_0)\text{vec}, (U_i)\text{vec}$).

Определение шаблонов базы знаний ЭС описано в *PipelineVector*. Выражения декларативного знания об отношениях и связях между кластерами в классах эквивалентности и между кластерами в разных классах основаны на взаимосвязях фактов и эвристическими правилами. Структуры в *PipelineVector* верифицируются не только как нечёткие взаимосвязи, но и как чёткие, в виду присутствия признаков явного параллелизма, а именно конвейера, вектора, конвейер-вектора или вектора-конвейера. Основываясь на нечётких множествах, определяются другие структуры, за счёт так называемых лингвистических переменных (ЛП), что само по себе сложно и неопределённо, так как имеют собственный неявный параллелизм, например с элементами конвейера или вектора *simultaneously*.

Результаты исследования. В ходе работы, на базе теоретического обоснования, разработан класс *ComputerSystemStructure*, предназначенный для реализации и инкапсуляции логики приложения. Представленный класс в первую очередь необходим для определения типа требуемой структуры (7) и (9), представляющую собой многоядерную нейронную компьютерную сеть. Сам класс состоит из методов, каждый из которых состоит из вышеуказанных правил.

Пользовательский интерфейс состоит из трех частей. Для осуществления анализа первоначально вводятся входные данные для класса *ComputerSystemStructure*.

Один из вариантов структурной организации *МЯМПСК* или *МСМPSoC* представлен на рисунке 1 в части *Graphical representation* может быть реализован на универсальном отечественном модуле МС 127.05 на базе гетерогенной многопроцессорной системы на кристалле, в состав которой входят 16 процессорных ядер *NeuroMatrix Core 4* и пять *ARM Cortex-A5* в виде *СБИС 1879ВМ8Я* (рис. 2).

Указанные устройства имеют следующие характеристики:

- 32-х разрядный универсальный управляющий *RISC* процессор *ARM Cortex-A5*;
- 4 (четыре) кластера, каждый из которых содержит *RISC* процессор *ARM Cortex-A* и четыре процессорных ядра *NMC4*;
- 5 (пять) интерфейсов с внешней памятью типа *DDR3*;
- интерфейсы: *PCIe2.0, SPI, Ethernet IEEE Std 802.32012, GPIO, JTAG*;
- высокоскоростные интерфейсы для межпроцес-

сорного обмена.

Параметры управляющего *RISC* процессора *ARM Cortex-A5*:

- тактовая частота – 800 МГц; • *ISA* – *ARMv7*;
- разрядность адреса – 32 бита;
- кэш память 1 уровня: 32КБ – команды, 32 КБ – данные;

- кэш память 2-го уровня: 512 КБ.

Параметры процессорных ядер *NMC4*:

- тактовая частота – 1000 МГц; *ISA* – *NMC4*;

- размер адресного пространства – 4Гх32 бит;
- обработка 32-х и 64-х разрядных данных в формате плавающей точки;
- производительности одинарной точности - 32 *GFLOPs* и двойной точности - 8 *GFLOPs*;
- 4 ядра.
- блок переупаковки данных, выполняющий преобразование данных целочисленного формата в формат плавающей точки с одинарной и двойной точностью и обратно.

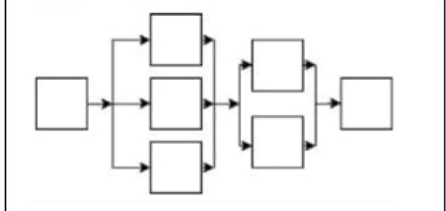
<p>Data entry</p> <p>Number of equivalence clusters: <input type="text" value="3"/></p> <p>Order of equivalence clusters: <input type="text" value="3"/> <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="1"/></p> <p>Data interchange between clusters: <input type="text" value="Sequential"/> <input type="text" value="Parallel"/></p> <p>Data output</p> <p><input type="text" value="Nearby pipeline vector structure"/></p> <p>Graphical representation</p> 	<p>Method of an indistinct fuzzy logical output</p> <p>Structure realisation</p> <p>General parameters</p> <p>Number of neuroprocessors: <input type="text" value="7"/></p> <p>Memory sizes: <input type="text" value="214"/> Kb</p> <p>High-speed performance: <input type="text" value="400"/> MHz</p> <p>Scalar: <input type="text" value="0.1"/> <input type="text" value="0.2"/> <input type="text" value="0.3"/> <input type="text" value="0.4"/> <input type="text" value="0.5"/></p> <p>Scaled: <input type="text" value="4.3"/> <input type="text" value="4.6"/> <input type="text" value="4.9"/> <input type="text" value="5.2"/> <input type="text" value="5.5"/></p> <p>Normalised weights: <input type="text" value="0.1"/> <input type="text" value="0.1"/> <input type="text" value="2.0"/> <input type="text" value="0.2"/> <input type="text" value="0.2"/></p> <p>Quality standart of the significance: <input type="text" value="0.25"/></p> <p>Quality standart of the usefulness: <input type="text" value="0.38"/></p> <p><input type="button" value="Start!"/></p>
--	--

Рисунок 1 – Пользовательский интерфейс реализованного приложения



Рисунок 2 – Модуль *MC 127.05* со *СБИС 1879VM8Я*

Заключение. На основе теоретико – множественного подхода и анализа эквивалентности подпрограмм обработки информации предлагается концептуальная модель совместного (одновременного) проектирования аппаратных и программных средств с целью единого исследования процессов кластеризации, параллельной организации на нижнем уровне микроархитектуры и высоком уровне макроархитектуры для повышения эффективности работы, универсальности, масштабируемости и оптимизации энергопотребления.

На основании рассмотренной важности современных мобильных *CPS* и областей применения различных секторов промышленности, экономики и соци-

альных служб формируются требования, вызовы и целесообразные реализации архитектур совместного проектирования таких систем. В статье описываются основные компоненты концептуальной модели совместного проектирования *HW* и *SW*: анализ классов исходных алгоритмов проектируемой системы обработки заданной предметной области, элементная база, централизованная и распределенная системы, кластеризация явного и неявного параллелизма, программирование кластеров и ядер и оценка технических характеристик по одному из параметров или совокупности в виде стратегии проектирования – кортежа параметров возможных структур обработки. В работе осуществляется фреймовое моделирование знаний концептуальной модели проектирования многоядерной организации макроархитектуры *МЯМПСК* или *MCMPSoC* с представлением классификаций фрейм – образов и фрейм - экземпляров. На основании результатов моделирования осуществляется описание пользовательского интерфейса экспертной системы совместного выбора аппаратных и программных средств *МЯМПСК* или *MCMPSoC* на примере алгоритмов мониторинга лесных пожаров. наиболее рационального варианта много ядерной организации макроархитектуры *CPS*. Кроме того, перечисляются основные тактико – технические характеристики: *speed* $1/T_R$, *firmware memory* $[MP]$, *number of microprocessor cores* N_0 с ее графическим представлением и дается описание используемой отечественной платформы гетеро-

генной много ядерной мультипроцессорной системы на чипе *K1879VM8Я* – модуля МС 127.05.

Разработка нового информационного, операционного и алгоритмического обеспечения многопрограммируемых киберфизических систем приводит к снижению рисков при принятии решений при ликвидации чрезвычайных ситуаций и использовании данных аэрокосмического, наземного и физического мониторинга, анализа динамики проблем и построения контуров прогнозов. Условия окружающей среды во время чрезвычайных ситуаций (природного или антропогенного характера) обычно нестабильны или неопределенны; таким образом, использование интеллектуальных вычислений при обработке таких данных повысит эффективность телекоммуникаций в реальном времени. Адаптация алгоритмов, разработанных на базе программного комплекса *НейроКС*, к программному обеспечению, используемому в коммерчески доступных модулях МС 127.05, позволит улучшить и автоматизировать сбор и обработку первичных данных мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Jozwiak L. Introduction to Modern Cyber – Physical Systems and Their Quality – Driven Desing // Proceeding – Research Monograph. 2019. pp. 65.
2. Jozwiak L. Advanced Mobile and Wearable Systems // Microprocessors and Microsystems. 2014. № 50. pp. 202-221.
3. Черников А. В., Черников В. М., Виксне П. Е., Шелухин А. М. Высокопроизводительное ядро векторного процессора NMC4 для вычислений с фиксированной и плавающей запятой // Материалы 6-го Московского суперкомпьютерного форума. 2015. С. 13-14.
4. Черников А. В., Черников В. М., Виксне П. Е., Шелухин А. М. Новое ядро сигнального процессора Core NMC4 компании Set Neugomatrix // Материалы 6-го Московского суперкомпьютерного форума. 2015. С. 12-13.
5. Платунов А. Е. Встроенные системы управления // Control Engineering Россия. 2013. № 1. С. 9.
6. Teich J. Hardware/Software Codesign: The Past, the Present, and Predicting the Future // Proc. IEEE. 2012. Vol. 100, № Special Centennial Issue. pp. 1411–1430.
7. Костров Б. В., Ручкин В. Н., Колесников А. Н. . Интеллектуальный компилятор кластерного параллелизма нейропроцессорных систем // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2017. № 61. С. 60-66.
8. Колесников А. Н., Костров Б. В., Ручкин В. Н. Нейронные сети мониторинга антропогенных чрезвычайных ситуаций на основе дистанционного зондирования Земли // Обзор Тульского государственного университета. Педагогические науки. Издательство Тульского государственного университета. 2014. Т. 5. С. 220-225.
9. Ручкин В. Н., Костров Б. В., Колесников А. Н., Ручкина Е. В. Экспресс-мониторинг антропогенной ситуации на основе нечетких нейронных сетей // Труды 3-й Средиземноморской конференции.
10. Ручкин В.Н., Костров Б.В., Свирина А.Г. Системы искусственного интеллекта. Нейросети и нейрокомпьютеры // Москва, Курс, 2018, С. 288.
11. Злобин В.К., Ручкин В.Н. Нейросети и нейрокомпьютеры // С-Пб., BHV — Петербург, 2011, С. 256.
12. Ручкин В.Н., Романчук В.А., Фулин В.А. Когнитология и искусственный интеллект // Рязань, Узорочье, 2012, С. 102-105.
13. Ручкин В. Н, Ручкина Е. В, Солдатов Г. А, Корячко В. П., Костров Б. В. Концептуальная модель совместного проектирования аппаратного и программного обеспечения для многоядерных систем на кристалле // Труды 9-го Mediter. Конф. на встроенном комп. МЕСО (Будва, Черногория: MECOnet), 2020, С. 1-4.
14. Костров Б.В., Ручкин В.Н. Методика интеллектуального обнаружения, моделирования и ликвидации последствий пожаров // Труды 5 (2), 2015, С. 266-274.
15. Ручкин В.Н., Костров Б.В., Колесников А.Н., Ручкина Е.В. Алгоритмы обнаружения очагов пожара, моделирование их динамики и наблюдение за лесными пожарами с помощью коммуникационных технологий //Труды 4-й мед. Конф. на встроенном комп. МЕСО (Будва, Черногория: MECOnet), 2015, С. 166–169.
16. Быковский С.В., Горбачев Ю.Г., Платунов А.Е., Ключев А.О., Пенской А.В. Совместное проектирование оборудования и программного обеспечения, часть 1 // СПб.: Университет точной механики и Оптикс, 2016, С. 108.
17. Ручкин В.Н., Костров Б.В., Ручкина Е.В., Колесников А.Н. Средства нейронной сети для анализа антропогенной среды // Междунар. Против. По механической, системной и управляющей технике (ICMISC), 2017, С. 352-356.
18. Кофман А.Ф. Введение в теорию нечётких множеств // М. Радио и связь, 1982, С. 432.
19. Официальный сайт НТЦ «Модуль», 2020, Режим доступа: <https://www.module.ru>.
20. Солдатов Г.А., Ручкин В.А. Идентификация образов в мехатронике посредством нейросетей // Дальневосточная конференция (FarEastCon), 2020, С. 1-4.

Статья поступила в редакцию 27.12.2020

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 004.021 + 336.717.061.1 + 004.93

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0014

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ТРЕНЕРОВ ФУТБОЛЬНЫХ КОМАНД ТОП-УРОВНЯ В РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ИТ-АНАЛИТИКИ

© 2021

Краев Максим Викторович, аспирант, преподаватель

Уральский федеральный университет

(620078, Россия, Екатеринбург, улица Коминтерна 14, e-mail: Kraev.antooz@yandex.ru)

Аннотация. Существует не менее 15 платформ ИТ-аналитики, формирующих справку для тренера о ТТД (техничко-тактических действиях) в сыгранном матче. *Instat*, *Wyscout* и другие компании ИТ-аналитики в спорте учитывают не менее 100 индикаторов игровой деятельности, которые суммарно не коррелируют с результатами игр. Компания *XG* не считает ТТД, а только реализацию голевых моментов по формуле, которую не раскрывает. Активное использование нейронных сетей затруднено тем обстоятельством, что «правильный» ответ по игровым действиям команды неизвестен. Чаще всего нейронная сеть тренирована на заключениях опытного тренера. В этой ситуации появляется технология А.А. Полозова *PIRS* (*Polozov Information Rating System*), которая позволяет определить предельно возможный результат матча для конкретной расстановки будущего соперника. Тренер может рассчитывать лишь на 2/3 от максимально возможного результата в силу того, что ему затруднительно контролировать более 100 индикаторов по каждому участнику матча и, тем более, синхронизировать все действия игроков в рамках единого сценария. Такую возможность предоставляет новая технология. Пробные расчеты были сделаны при прогнозировании исхода игры сборной России на ЧМ-2018, результаты расчета были заблаговременно представлены и использованы в РФС. В частности, рекомендованная авторами на основании расчетов по предложенной методике расстановка игроков была опробована тренерами сборной России в товарищеском матче со сборной Франции. В работе представлен общий алгоритм поддержки принятия решений, основанный на расчете рейтинга играющих команд, рейтинга игроков по каждому компоненту игры, и маске распределения игровых компонентов (единоборств).

Ключевые слова: моделирование, рейтинг, управление, поддержка принятия решений, информационная система, технологии спортивной аналитики, управление в социальных и экономических системах, принятие решений на основе рейтинга.

COMPARISON OF DECISION SUPPORT METHODS FOR TOP-LEVEL FOOTBALL CO-MAND COACHES IN DIFFERENT IT ANALYTICS TECHNOLOGIES

© 2021

Kraev Maxim Viktorovich, postgraduate student, lecturer

Ural Federal University

(620078, Russia, Yekaterinburg, Kominternastreet 14, e-mail: Kraev.antooz@yandex.ru)

Abstract. There are at least 15 IT analytics platforms that generate a coach's reference about TTD in a played match. *Instat*, *Wyscout*, and other sports IT analysts monitor at least 100 indicators of game activity that do not collectively correlate with game performance. *XG* does not consider the TTD, but only the realization of chances according to the formula, which is not disclosed. The active use of neural networks is complicated by the fact that the "correct" answer to the team's game actions is unknown. Most often, the neural network is trained on the conclusions of an experienced trainer. In this situation, A.A. technology appears. *Polozov PIRS*, which allows calculating the maximum possible result of the match for a given placement of the future opponent. A coach is able to realize only 2/3 of this result due to the fact that it is difficult to control at least 100 indicators for each participant in the match and, moreover, to synchronize all actions within a single scenario. New technology provides such an opportunity. Trial calculations were made on the calculation of the game of the Russian national team at the 2018 World Cup. The results are presented here and were presented in advance to the RFU. In particular, in a friendly match with the French national team, the coaches of the national team tested the formation recommended by us. The paper presents a general decision support algorithm based on obtaining the rating of the playing teams, the rating of the players for each component of the game, and the distribution mask of the game components (single combats).

Keywords: decision support, mathematical model of control, rating, algorithm, decision support automation, information system.

Введение. Расхождения по подсчету главных индикаторов матча начинаются на стадии понятия ТТД. Ни по их определению, ни по единой трактовке, ни по их количеству исследователи не смогли прийти к консенсусу.

Оценка индивидуальных ТТД по методике Ю.А. Морозова состоит из 8 показателей. Голденко Г. А. вы-

делил 9 ТТД. Показатели соревновательной деятельности футбольной команды, по мнению В.В. Костюков, М.М. Шестаков включают в себя 12 показателей.

Командные модельные характеристики показателей ТТД С.Ю. Тюленьков включают в себя 9 показателей. По данным Е. Федотова существует 7 видов ТТД. ИТ компании (табл. 1), занимающиеся футбольной

статистикой (*InStat*, *Wyscout*), регистрируют порядка 30-100 действий игрока, однако резко выросшее коли-

чество ТТД привело к снижению их суммарной корреляции с результатами игр.

Таблица 1 – Различия в методиках существующих IT компаний

Компания	Описание
PIRS	Ключевым отличием технологии <i>PIRS</i> является использование параметра ТТЕ. Что позволяет определить рейтинг игроков, участвовавших в матче, по каждому компоненту игры. Технология предоставляет тренеру: оптимальную расстановку игроков на предстоящий матч, режим замен, комбинации, с наиболее высокой вероятностью реализации.
InStat	Предоставляет 4 типа отчетов: отчет команды после матча, отчет игрока после матча, сводный отчет игрока и сводный отчет о турнире. <i>InStat Scout</i> - платформа с видео, статистикой и интерактивными диаграммами. Индекс <i>InStat</i> – следит за динамикой формы игрока, оценивает его действия.
Wyscout	Работает с ведущими футбольными клубами мира. Самый большой футбольный видеоархив в мире. Для игроков подсчитывается число точных передач, выигранные единоборства, дриблинг, баланс единоборств в каждой паре соперников, восстановление, перемещения по полю, точки попадания в створ ворот, место удара, число касаний мяча. Для команды в целом считает длинные и ключевые передачи, число контратак, офсайды, опасные моменты.
XG. Expected-Goals	Каждому удару присваивается свой коэффициент опасности и определяется колеблющаяся от 0 до 1 вероятность забить гол. Для каждой из групп ударов существует своя формула подсчета вероятности в зависимости от : части тела, которой был нанесен удар, точки удара, тип предшествующего паса и тип атаки.
Opta Sports	Создают инструменты (виджеты) с помощью которых можно работать с картинкой матча, удобство иллюстрации действий играющих команд. С помощью которых можно наглядно показывать как двигался, давал пас, бил по воротам футболист.
Stats	Спортивное направление с оценками, новостями, прогнозами и статистикой. Работают с ведущими футбольными, баскетбольными, хоккейными клубами мира. <i>MatchCast</i> – позволяет отслеживать статистику в прямом эфире. <i>STATS Edge</i> – видеоархив и данные статистики в их плеере. Используя возможности искусственного интеллекта, <i>STATS Edge</i> позволяет тренерам и аналитикам быстро находить клипы и анализировать сложные моменты в игре, оптимизируя процесс оценки сильных и слабых сторон команды.
Packing	<i>Packing</i> оценивает эффективность действия по сумме соперников, оказывающихся за линией мяча либо в результате передачи вперед или удачной обводки. <i>Packing</i> характеризуют и оценивают лишь один аспект игры – эффективность продвижения мяча.
SciSports	ИТ платформа для оценки игрока и его потенциала из данных: состав, возраст, позиция, замены, конкурентная сила, забитые голы, красные карточки. Уровень игрока группы атаки повышается при числе забитых голов, превышающих ожидания. Аналогично для группы обороны.
Match Analysis	<i>Match Analysis</i> записывает точное местоположение всех 22 игроков на поле. При запросе со стороны тренера предоставляет нарезку фрагментов матча с выраженным признаком (пас одного игрока другому и т.д.). В памяти храниться 3000 фрагментов игры, которые доступны через сервер <i>TangoLive</i> во время или сразу после матча[7].
Longo-Match	Пользователь должен сам загрузить видео матча и выделить значимые для него события - фол в защите, фол в атаке, штрафная карта, цель и т. д. Можно выделить области, на которые соперник оказывают давление, видеть их линию обороны.
FutsalStat	Создано для обмена опытом тренеров в футзале, можно зарегистрироваться и получить доступ к библиотеке упражнений, которые используют разные тренеры. Сервис « <i>TacticalPad</i> » дает видео упражнений в 2-х измерениях. Популярность упражнений – своего рода рейтинг тренера. Можно вести свое расписание подробное (тренировки, игры, спортзал, бассейн), визуализировать годовые отчеты своей работы (с посещениями и работой своих игроков)
Hudl	Записывайте видео с помощью <i>iPhone</i> , <i>iPad</i> , <i>Android</i> или камеры с жестким диском. Включите загрузку во время записи, повторы в облаке будут доступны уже через пару минут после игры. Создавайте плейлисты чтобы быстро переходить между ключевыми моментами. Создавайте видео презентации для все команды, или соберите нарезку, чтобы показать что нужно улучшить конкретным игрокам. Игроки не могут исправить то, чего не видят [8].
Iceberg	На стадионе устанавливается 3 видекамеры, которые отслеживают 500 параметров по перемещениям игроков и шайбы: скорость, ожидаемые цели, успешные записи, неудачные проходы и т.п. Система компьютерного зрения распознает номера на майках. Создан облачный сервис для скаутинга.

После каждого крупного спортивного события можно услышать слова, что команда или сборная страны выступила ниже своего уровня, или не оправдала ожиданий. Но можно ли с математической точностью определить, чего действительно могла достичь команда? Можно ли заранее просчитать ее уровень относительно соперников? Ответ будет положительным, методика расчета предстоящего матча «PIRS» располагает таким инструментарием и избавляет руководителей, тренера, игроков, и даже болельщиков от каких бы то ни было иллюзий относительно своей команды.

В последнее время на рынке спортивной аналитики появилось много различных компаний [1,2]. Имея определенные отличия в методиках подсчета ТТД, все вышеперечисленные компании не имеют математической модели переноса статистических данных от сыгранного матча на предстоящий матч. Они занимаются предоставлением статистической справки по сыгранному матчу или предоставляют софт для работы с видеозаписью матча.

На этой стадии важно отметить разницу в методике между существующими ИТ компаниями и технологией PIRS. InStat, Wyscout и проч. используют в своей основе параметр ТТД. Технология PIRS использует параметр TTE (техничко-тактическое единоборство).

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что существующие компании не дают тренеру конкретных рекомендаций по управлению коллективом, а лишь предоставляют статистические справки по сыгранным матчам.

Цель работы: доказать эффективность использования технологии PIRS на примере матча ЧМ-2018 по футболу с участием сборной России.

Материалы и результаты исследований. Инновационным решением в управлении игровой деятельностью топ команд представляется технология

моделирования предстоящего матча «PIRS» [6]. В частности, технология PIRS учитывает следующие компоненты игры: передача за спину, обыгрывание, контроль мяча в ситуации когда его пытаются выбить, верховые единоборства, перехват передачи и т.д. Помимо этих общеизвестных компонентов есть менее активно используемые – блокирование удара, восстановление позиции после проигранного единоборства, заслон.

Реализация голевых моментов представлена в 4 разными видами: головой, слева, справа и нестандартная (из безопорного положения, когда мяч при передаче под удар летит очень сильно и т.п.). Получение линий равного индекса (равной вероятности забить гол) позволяет использовать их конфигурацию и оценивать стоимость TTE. Перемещение мяча в точку большего значения индекса дает прирост вероятности забить гол. Этот прирост называется стоимостью TTE. Счет на табло по окончании матча представляет собой суммарную стоимость выигранных единоборств, редактурированную эффективностью реализации голевых моментов. Однако без помощи программного обеспечения оценивать стоимость таким способом проблематично. На практике более простым и надежным способом следует считать численность «отсеченных» игроков обороняющейся команды от своих ворот. В предлагаемой методике форма линий для визуализации отсечения имеет форму эллипса, тогда как конкурирующие фирмы используют методику, в которой делят поле на линии, строго параллельные воротам [6, 7].

Практическое применение технологии PIRS дает возможность определить вероятность забивания гола с любой комбинации команды (рис. 1). Продемонстрирует такую возможность на примере матча РПЛ 29.04.18 Zenit – ЦСКА.



Рисунок 1 – Определение вероятности реализации голевого момента

Стоимость выигранных единоборств в технологии PIRS равна приросту вероятности забить мяч с конечной точки поля относительно исходной. Суммарная стоимость выигранных и проигранных игроком единоборств составляет часть созданной командой разности.

Методика формирования технологии PIRS неоднократно публиковалась А.А. Полозовым [3, 9, 11].

В таблице 2 представлены основные формулы технологии PIRS (в таблице использовались следующие обозначения: φ – индекс точки поля, r – расстояние до ворот, τ – время полета мяча при ударе по воротам, V – скорость полета мяча, $p(i)$, P_s – вероятность забить гол, γ – вероятность прохождения комбинации).

Нижеприведенные формулы выведены авторами данной статьи.

Таблица 2 – Основные формулы математической модели технологии «PIRS»

Компонент игры (ТТЕ)	Пас в первом размене, реализация, обыгрывание (координационное, скоростное, силовое) и др.
Вероятность забить тем больше, чем больше углы α и β . R – расстояние до ворот	$\varphi = \frac{a \cdot \beta}{r} = \frac{a \cdot \beta}{r} \cdot V = \varphi_0 \cdot V$
Оценка вероятности реализации голевых моментов с учетом рейтингов реализации голевых моментов для одного вида ударов по воротам	$p(i) = \left(1 - \exp\left(-\frac{\varphi}{A(4)}\right)\right) \cdot \frac{1000 + (R_{ti} - R_{tj})}{1000 - (R_{ti} - R_{tj})}$
Определение индекса точки поля для футбола	$\varphi = \frac{\left(\arctg\left(\frac{2,4}{\sqrt{(a^2 + b^2)}}\right)\right) \times \left(\arctg\left(\frac{b+3,6}{a}\right) - \arctg\left(\frac{b-3,6}{a}\right)\right)}{\sqrt{(a^2 + b^2)}}$
Связь параметров через кривую насыщения. Установить значение A , соответствующее турниру	$P = 1 - \exp(-\Psi/A)$ $3 = \Sigma p = \Sigma(1 - \exp(-\Psi/A))$
Вероятность прохождения комбинации из набора ТТЕ равна произведению вероятностей выигрыша каждого единоборства, что зависит от разницы в рейтингах в размене.	$\gamma = (1000 + (R_{ui} - R_{uj}))/2000$ $\gamma = \gamma_1 \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_3$

Стоимость единоборств: стоимость выигранного единоборства равна приросту вероятности забить мяч с конечной точки поля относительно исходной; суммарная стоимость выигранных и проигранных игрок-единиц составляет часть созданной командой разности; самый «дорогостоящий» по стоимости компонент в футболе – обыгрывание, а самый «дешевый» – подбор мяча.

Стоимость выигранного единоборства в суперлиге РФ центрфорварда у последнего защитника в 4 раза выше стоимости атакующего действия этого защитника против этого же форварда. Реализация голевых моментов оценивается по разности фактически забитых игроком и статистически ожидаемого числа голов и составляет часть созданной игроком собственной разности в матче. То есть может быть отрицательной даже при наличии забитых мячей. Реализация связана с индексом каждой точки поля, зависящим от вертикального и горизонтального угла ворот, расстояния до ворот. Созданная командой разность распадается на разности, создаваемые игроками. Разность, созданная игроками, состоит из стоимости выигранных и проигранных единоборств, преимуществ в реализации, тактического эффекта и невынужденных потерь мяча в ТТД. Перевод единоборств в формат стоимости сразу поднимает точность оценки коэффициента корреляции с результатами игр с уровня 0,2 до 0,8-0,9, позволяет убрать информационный шум [2].

Для корректного отображения результатов подсчета игрока и команды в целом необходимо их отображать в уровень игры, называемый рейтингом. Рейтинг игрока соответствует рейтингу команды, полностью состоящей из таких игроков и соответствует соотношению в стоимости выигранных и проигранных им единоборств в матче со среднестатистическим соперником в данном турнире. В ходе матча экспоненциально падает от числа единоборств с разной скоростью для разных компонентов. Для распределения матчевой нагрузки среди игроков используют т.н. экви-

параметрический режим, в котором более сильному игроку адресуют больше число единоборств, пока его уровень не сравняется с уровнем остальных партнеров. Представим часть макроса, написанного для работы технологии PIRS, в таблице 3.

Первоначально было создано программное обеспечение из 50 макросов Excel.

Программирование игры: для оценки давления на выбранную позицию используется усредненная «маска» предшествующих игр, в которой показана доля единоборств с каждой другой позицией в каждом компоненте. Игроки подбираются на позиции так, чтобы общая стоимость выигранных ими единоборств была максимальна. Неравное изменение уровня игры по компонентам неизбежно вынуждает изменять расстановку в ходе игры с тем, чтобы задействовать ресурс по «недогруженным» компонентам. Под каждую из таких расстановок может быть выбрана наиболее «проходная» комбинация. Вероятность забить гол в любой выбранной комбинации равна произведению вероятностей выигрыша в каждом из составляющих ее компонентов на вероятность реализации созданного голевого момента. Существует предельно возможный уровень результата, основанный на эквивалентном распределении нагрузки, предельном тактическом эффекте, максимально достижимой реализации, который может быть отображен в виде счета игры [10].

Экспериментальная часть. Методы доказательства преимущества отдельной технологии перед другими технологиями всегда носят косвенный характер, т.к. нет возможности сыграть один матч по нескольким сценариям. Для того чтобы пока-зать преимущество такого способа оценки стоимости проведен эксперимента на соответствие вычисленного счета игры фактическому результату. Получена суммарная стоимость ТТЕ противостоящих команд. При этом результативность реализации командами голевых моментов одинаковой для команд.

Оценка стоимости вручную из точек индекса, как и следовало ожидать, дало невысокую корреляцию с результатом игр. Однако усредненная для игроков одного амплуа оценка стоимости из числа отсеченных

обороняющихся игроков по линиям равного индекса дала более высокий результат. В таблице 4 показаны результаты работы по 15 матчам РПЛ сезонов 15-18 года [5].

Таблица 3 – Фрагмент программы «PIRS»

```
Sub main()
Dim FK(2, 99, 60), Rto(2, 99, 60), MyComp(60), MectoCtoim(60), Ctoim(2, 60, 2), ComA(20), ComB(20), Tr1(99), Tr2(99) As Variant
Dim Nigcomp1(99, 99), Nigcomp2(99, 99), Nigcompobch1(90), Nigcompobch2(90), FKotklNagr(2, 20) As Variant
Dim ai(50, 50, 60), bi(50, 60), bin(50, 60), Exponenta(2, 30), NigCom1(20), NigCom2(20), KoefIzmFKnagrA(2, 20), KoefIzmFKnagrb(2, 20) As Variant
Dim Rt(2, 30, 60), Nied(2, 99, 60), RealMamber1(60, 30), RealMamber2(60, 30), Reit(2, 900), Nig1(100), Nig2(100) As Variant
Dim NagrIgrEkv(2, 30, 60), Ntr(2, 30, 60), Rtr(2, 30, 60), NomIgrvComp(2, 100, 60), NSpiObCom(50), RtRealIgOb(2, 99), DelRealIg(2, 99) As Variant
Dim Nekb(2, 20, 60), Npredv(2, 20, 60, 4000), ChemaBibrana(30, 20, 20), ChemaNagruzka(30, 14, 14), Nagr_Poz(40, 40, 60) As Variant
Dim NedIgrBComp(2, 40, 60), NomerNs(2, 40, 60, 990), RazmenPlan(2, 30, 60), S1rasp(800), S2rasp(800), CombPoz(500, 50, 6), CombCom(500, 50, 6) As Variant 'CombPoz(110, 1, 1)
Dim EFFa(2, 15), EFFb(2, 15), Nigobch(2), NameCom(60), NameIg(2, 99), Npoz1(2, 99), TTD1(2, 99), TTD2(2, 99), CtoimComp(60) As Variant
Dim Ngoall(2, 40, 4), EFF(2, 99) As Variant

Call IxDannie(Ned, FK(), Rto(), MyComp(), MectoCtoim(), ComA(), ComB(), Rtcp, NraznGameMax, MaxEFFPazm, NigCom1(), NigCom2(), NedIgrBComp(), NomerNs(), Nigcompobch1(), Nigcomp1(), Nigcompobch2(), Nigcomp2(), Nig1(), Nig2(), Nigobch(), Tr1(), Tr2(), CtoimComp(), Ctoim())
Call Nagruzka_big(MyComp(), Ned)
Call Rezultativnoct_4(Ned, S1rasp(), S2rasp(), KoefRealMom, MyComp(), SSm1, SSm2, Tr1(), Tr2(), Rto(), RtRealIgOb(), DelRealIg(), Nig1(), Nig2(), Ngoall())
Call Cp_Nagr_Pozi(Ned, Nagr_Poz())
Call Ctoimoct_ed(Ctoim(), MyComp(), Ned)
Call Ctoimoct_comp(Ctoim(), MyComp(), Ned, CtoimComp())
Call TimeMatch(Ned, S1rasp(), S2rasp())
Call TTD(Npoz1(), TTD1(), TTD2(), Ned, NigCom1(), NigCom2(), Rto(), Rtcp, Ctoim())
Call Obsh_Pech_SLY(Rt(), ai(), bi(), Nigcompobch1(), Nigcompobch2(), Ln, Lm, Ns, Nigcomp1(), Nigcomp2(), Reit(), Ned, NigCom1(), NigCom2(), NSpiObCom(), KoefRealMom, Rtcp, EFF(), Rto(), FK(), MyComp(), SSm1, SSm2, Ctoim(), RtRealIgOb(), DelRealIg(), CtoimComp(), Ngoall())
For Ns = 1 To Ned
```

Таблица 4 – Результат матча в технологии PIRS по стоимости TTE

Команда 1	Команда 2	Счет игры		Счет игры при средней результативности		Счет игры из стоимости ед-в по позиц. игроков	
		З	П	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂
Сезон 16-17		3	П				
Зенит	Спартак	4	2	2,58	1,96	5,26	2,27
Амкар	Уфа	1	1	1,40	1,31	1,48	2,14
Краснодар	Рубин	1	0	0,99	0,10	1,78	0,05
Локомотив	Кр. Советов	0	0	0,85	0,81	1,50	1,32
Ростов	ЦСКА	2	0	0,78	0,74	1,57	1,02
ТЕРЕК	Оренбург	2	1	2,00	0,45	2,52	0,21
Томь	Арсенал	1	0	0,63	0,58	1,29	1,38
Урал	Анжи	0	1	0,57	0,23	1,27	0,19
Сезон 17-18							
Ахмат	Арсенал	1	2	2,62	0,69	5,05	1,06
Амкар	Динамо	2	1	1,67	0,81	2,75	1,10
Тосно	Урал	1	3	1,99	2,38	3,22	4,00
Уфа	Рубин	2	1	1,33	1,02	1,59	1,21
Краснодар	Зенит	0	2	1,45	2,27	1,53	3,89
Ростов	Спартак	2	2	1,22	2,16	1,32	2,58
ЦСКА	Локомотив	2	2	1,42	1,95	2,03	2,60
коэффициент корреляции счета игры со счетом при средней результативности						0,64	
коэффициент корреляции ожидаемого счета матча из стоимости ед-в по линиям						0,92	

PIRS дает возможность посчитать вероятность забить с комбинации, которую ЦСКА пытался реализовать в матче против Зенита (рис. 2). Для начала представим данную комбинацию на схеме.

Далее определим, какие игроки, и в каких компонентах игры будут соревноваться, чтобы довести дан-

ную комбинацию до логического завершения. Представим данную информацию на рисунке 3.

Ранее, в таблице 1 была приведена формула расчета вероятности прохождения всей комбинации из разности в рейтингах противостоящих игроков.

Эффективность атаки ЦСКА в сезоне 17/18: 49

мячей за 30 игр. $49 \times 100 / (30 \times 120) = 1,36\%$. Шансы забить с просчитанной ранее комбинации (рис. 4) равны 4,5%. Комбинации, которые рекомендует технология PIRS, в среднем, имеют вероятность забить 10-30%, однако это число очень резко убывает в ходе повторных попыток.

Для ЧМ-2018 проведено исследование игры сборной России, результаты которого были предоставлены РФС. В частности, смоделирован матч со сборной Уругвая. Исходя из данных матча сборной Уругвая со сборной Боливии (11.10.2017, счет 4:2) установлено, что распределение игровой активности игроков Уругвая, т.е.число единоборств в атаке на позициях

игроков соперника. Далее формируем игру в обороне сборной России таким образом, чтобы максимально нейтрализовать атакующий потенциал соперника. Рисунок 5 показывает, с какими позициями, занимаемыми игроками сборной Уругвая, будет вести единоборства игрок А. Головин, играя в обороне на позиции 9. Оказалось, что за 10 минут игры А. Головин получает 10 единоборств, что при общем объеме рекомендуемых ему 16 единоборств слишком много. Поэтому алгоритм переставит этого игрока на другие позиции.

Позиция игрока во многом зависит от его потенциала и того, как будет распределяться активность игроков соперника в матче.



Рисунок 2 – Комбинация ЦСКА в матче против Зенита

Оценим шансы ЦСКА завершить эту комбинацию

	игрок ЦСКА	Игрок Локо	Вероятность выиграть
• Единоборство			
• Дл. передача	1		0,62
• Получение мяча	3	5	1,0
• Передача вперед	3	5	0,95
• Пас за спину	2	31	0,60
• Передача вперед	2	17	0,53
• Пас за спину	10	33	0,60
• Реализация	10 с точки поля		0,501

Шансы забить $0,62 \times 0,95 \times 0,6 \times 0,53 \times 0,6 \times 0,5 = 4,5\%$

Рисунок 3 – Определение вероятности реализации голевого момента

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	1		3	2	22	13	15	4	6	9	10	21		18	30	8	59	23	20	60	2	37	10		0,02	0,02
2	2		3	2	22	13	15	4	6	9	10	21		18	30	8	59	23	20	60	2	37	10		0,04	0,04
3	3		3	2	22	13	15	4	6	9	10	21		18	30	8	59	23	20	60	2	37	10		0,06	0,06
4	4		3	2	22	13	15	4	6	9	10	21		18	27	8	59	23	20	60	2	37	10		0,08	0,08
5	5		3	2	22	13	15	4	6	9	10	21		18	30	8	59	23	20	60	2	37	10		0,10	0,10
6	6		3	2	22	13	15	4	6	9	10	21		18	27	14	59	23	20	60	37	81	10		0,12	0,13
7	7		3	2	22	13	15	4	6	9	10	21		18	27	8	59	23	20	60	2	37	10		0,14	0,16
8	8		3	2	22	13	15	4	6	9	10	21		18	30	8	59	23	20	60	27	37	10		0,16	0,18
9	9		3	2	22	13	15	4	6	9	10	21		18	27	14	2	19	59	20	37	12	81		0,71	0,93
10	10		3	2	22	13	15	4	6	9	10	21		18	27	14	2	37	59	20	16	23	81		0,72	0,92
11	11		3	2	22	13	15	4	6	9	10	21		18	27	8	2	37	59	12	20	60	81		0,72	0,92
12	12		3	2	22	13	15	4	6	9	10	21		18	27	14	22	37	59	20	2	10	81		0,72	0,92
13	13		3	2	22	13	15	4	6	9	10	21		18	27	8	22	37	59	20	2	23	81		0,72	0,92

Рисунок 4 – Изменение позиции А. Головина в ходе игры



Рисунок 5 – Комбинации с участием А. Головина на матч со сб. Уругвая

Для игрока А. Головина в этом матче рекомендованы в первые 10 минут следующие комбинации. При средней результативности атаки сборной России 1%

результативность рекомендуемых комбинаций >20%. Другие материалы работы по технологии PIRS представлены на сайте www.ra-first.com.

Заключение. *Instat*, *Wyscout* и другие 15 компаний ИТ-аналитики в спорте контролируют не менее 100 индикаторов игровой деятельности, которые суммарно не коррелируют с результатами игр. Коэффициент корреляции интегрального показателя из уравнения регрессии использованных *InStat* ТТД с процентом набранных за 3 сезона очков команд топ уровня равен $r = 0,36$. Данные компании имеют отрицательную корреляцию с результатом матча. Аналогичный показатель для *Wyscout* между преимуществом в счете для чемпионатов Англии, Испании, России 2018-2019 (140 игр) и преимуществом в сумме ТТД = -0,06. Коэффициент корреляции между набранным в личной встрече числом очков для чемпионатов Англии, Испании, России 2018-2019 (140 игр) и преимуществом в сумме ТТД $r = -0,052$. Резкое увеличение числа индикаторов создает низкую достоверность полученных цифр и говорит о бесполезности поставляемой *InStat* и *Wyscout* информации. Игра состоит из доставки мяча в точку для удара по воротам через ТТЕ и реализации голевого момента. Для создания адекватной информационной модели необходимо точнее оценивать оба показателя. Компания *XG* выделяет вместо точки удара большую площадь поля и не корректирует вероятность от точности и силы удара. Тем самым создается погрешность. Активное использование нейронных сетей затруднено тем обстоятельством, что «правильный» ответ по игровым действиям команды неизвестен. Чаще всего нейронная сеть тренирована на заключениях опытного тренера.

В этой ситуации появляется технология А.А. Полозова *PIRS*, которая позволяет вычислить предельно возможный для данной расстановки будущего соперника результата матча. Тренер способен реализовать лишь 2/3 от этого результата в силу того, что затруднительно контролировать не менее 100 индикаторов по каждому участнику матча и, тем более, синхронизировать все действия в рамках единого сценария. К созданию голевого момента приводит последовательность выигранных ТТЕ. Их общее число 60. Каждое ТТЕ имеет свою стоимость с точки зрения результата на табло. В работе предложено оценивать ТТЕ не по их количеству, а исходя из количества отсеченных игроков команды соперника от ворот. По оценке реализации голевого момента *PIRS* технология имеет коэффициент корреляции с результатами 15 матчей команд топ уровня 0,9, а система *XG* 0,5. На примере 15 игр РФПЛ 16-18 годов была показана корреляция между собранными данными и результатом игры. Если стоимость единоборства оценивалась как среднее по всем играм, то корреляция с результатами игр была 0,64. Однако при вводе стоимости единоборства по линиям (защитник и т.п.) коэффициент корреляции возрос до 0,92.

Пробные расчеты по технологии *PIRS* были сделаны на расчете игры сборной России на ЧМ-2018. Результаты представлены здесь и были заблаговременно представлены в *РФС*. В частности, в тренировочном матче со сборной Франции тренерами сборной была

опробована рекомендуемая нами расстановка. В работе представлен общий алгоритм поддержки принятия решений, основанный по получению рейтинга играющих команд, рейтинга игроков по каждому компоненту игры, и маске распределения игровых компонентов (единоборств).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Футбольная платформа *Instat.com* [Электронный ресурс]. Режим доступа URL <https://instatsport.com/>. (Дата обращения 25.02.2021).
2. Футбольная платформа *Wyscout.com* [Электронный ресурс]. Режим доступа URL <https://wyscout.com/>. (Дата обращения 25.02.2021).
3. Полозов, А.А. Существует ли предельное значение результата команды в матче? / А.А. Полозов // Теория и практика физической культуры. – 2018. - №12. – С. 88-91.
4. Полозов, А.А. Предстоящий матч. Компьютерная версия / А.А. Полозов // Теория и практика физ. культуры. – 1997. – №3. – С. 41-42.
5. Полозов, А.А. Тактический эффект / А.А. Полозов // Теория и практика физической культуры. – 2002. №7. – С. 36-40.
6. Рейтинговая футбольная платформа *ra-first.com* [Электронный ресурс]. Режим доступа URL [https:// http://ra-first.com/ru/](https://http://ra-first.com/ru/). (Дата обращения 25.02.2021).
7. Mathematical and software of the distributed computing system work planning on the multi agent approach basis / S.A. Oleinikova, O.Ya. Kravets, E.B. Zolotukhina et al. // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016. – Vol. 11, no. 4. – P. 2872-2878.
8. Rein, R., Memmert, D. Big data and tactical analysis in elite soccer: future challenges and opportunities for sports science/ Robert Rein // SpringerPlus – 5, 1410 (2019).
9. Полозов, А.А. Психологические портреты персонала спортивного клуба. / А.А. Полозов // Спортивный психолог. – 2005. -№3. – С. 22-27.
10. Карминский, А.М. Энциклопедия рейтингов: экономика, общество, спорт / А.М. Карминский, А.А. Полозов, С.П. Ермаков. – М.: Издательский дом «Экономическая газета», 2011. – 349 с.
11. Mat, H. Machine learning in men's professional football: Current applications and future directions for improving attacking play / MatHerold // International Journal of Sports Science&Coaching. – 2019. – №2. – P. 2-20.
12. Andreff, W., Szymanski, S. Handbook on the Economics of Sport - 2016. - №5. – P. 17 – 38.
13. Теория систем и системный анализ / С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, П.Н. Курочка, В.О. Скворцов. – Воронеж: Научная книга, 2009. – 625 с.
14. Галлямов, Е.Р. Компьютерная реализация операций с нечеткими числами / Е.Р. Галлямов, В.И. Ухоботов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Вычислительная математика и информатика». –2014. Т. 3, № 3. – С. 97-108.
15. Эффективное управление организационными и производственными структурами: монография / О.В. Логиновский, А.В. Голлай, О.И. Дранко и др.; под ред. О.В. Логиновского. – М.:ИНФРА-М, 2020. – 450 с.
16. Oleinikova, S.A. Mathematical and software of the distributed computing system work planning on the multiagent approach basis / S.A. Oleinikova, O.Ya. Kravets, E.B. Zolotukhina et al. // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016. – Vol. 11, no. 4. – P. 2872-2878.

Статья поступила в редакцию 21.01.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 004.031.6

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0015

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО АСИНХРОННОГО ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКА ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА МАЛОЙ РАЗРЯДНОСТИ

© 2021

Раздобудов Сергей Александрович, аспирант кафедры
«Вычислительные машины и системы»
Мартышкин Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»
Данилов Евгений Александрович, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11,
e-mails: someoneblind@gmail.com, alexey314@yandex.ru, danilov@penzgtu.ru)

Аннотация. В статье рассматривается проблема возможной нехватки аппаратных ресурсов используемого микроконтроллера, в частности, такого интерфейса связи цифровых устройств, как универсальный асинхронный приемопередатчик. Сравниваются различные способы решения отмеченной ранее проблемы, в каждом из них приводятся свои достоинства и недостатки. Описывается структура передачи данных с использованием универсального асинхронного приемопередатчика. Проводится анализ характеристик применяемого в данной работе микроконтроллера и расчет характеристик требуемых при проектировании программных компонентов. Выполняется разработка алгоритмов программного варианта универсального асинхронного приемопередатчика с последующей его реализацией для микроконтроллера stm8. Отмечается, что программная реализация универсального асинхронного приемопередатчика накладывает некоторые скоростные ограничения, особенно в микроконтроллерах с низкой тактовой частотой. Производится анализ полученных на анализаторе данных сравнения программной реализации универсального асинхронного приемопередатчика с ее аппаратным аналогом. В заключении сделаны выводы по проделанной работе.

Ключевые слова: распределенные системы, встраиваемые системы, *UART*, *RS-232*, микроконтроллер, *STM8*, алгоритм, блок-схема, тактовая частота

SOFTWARE IMPLEMENTATION OF A UNIVERSAL ASYNCHRONOUS RECEIVER/TRANSMITTER FOR EMBEDDED SYSTEMS BASED ON A LOW-BIT MICROCONTROLLER

© 2021

Razdobudov Sergey Aleksandrovich, postgraduate of sub-department «Computers and systems»
Martyshkin Alexey Ivanovich, candidate of technical sciences, docent,
associate Professor of sub-department «Computers and systems»
Danilov Evgeny Alexandrovich, candidate of technical sciences,
associate Professor of sub-department «Computers and systems»
Penza state technological University
(440039, Russia, Penza, BaydukovProyezd / Gagarin Street, 1a/11,
e-mails: someoneblind@gmail.com, alexey314@yandex.ru, danilov@penzgtu.ru)

Abstract. The article discusses the problem of a possible lack of hardware resources of the used microcontroller. Various ways of this problem are compared, each of them provides its own advantages and disadvantages. The structure of data transmission with a universal asynchronous receiver/transmitter is described. The analyses of the characteristics of the microcontroller used in this work are carried out. Also the calculation of the characteristics required for the design of software components was made. The development of algorithms for the software universal asynchronous receiver/transmitter is carried out with its subsequent implementation for the stm8 microcontroller. It is noted that the software implementation of the universal asynchronous receiver/transmitter makes some speed limitations, especially in microcontrollers with a low clock frequency. The data of the software implementation of the universal asynchronous receiver/transmitter obtained using the analyzer is compared with its hardware analog. In conclusion, the conclusions on the work done.

Keywords: distributed systems, embedded systems, *UART*, *RS-232*, microcontroller, *STM8*, algorithm, block diagram, clock frequency.

Введение. Распределенные системы уже давно стали частью нашей жизни. В различных источниках определение, даваемое распределенным системам, может немного отличаться [1, 2], но все они сходятся в том, что устройства в таких системах, работают не-

зависимо друг от друга, но для решения общей задачи.

В работах [3, 4] был проведен обзор и классификация распределенных систем, были рассмотрены их достоинства и недостатки, а также была рассмотрена методика оценки потерь данных при нарушениях це-

лостности в распределенных системах хранения.

Стоит отметить, что в распределенных системах выделяют такой класс, как встраиваемые системы [5, 6] – множество малогабаритных компьютеров, объединенных в сеть. Для объединения данных систем используются как беспроводные, так и проводные способы связи. Среди последних стоит выделить такой способ связи как *UART*, о котором и пойдет речь в данной работе.

Материалы и результаты исследований. *Постановка задачи.* При работе с элементами распределенной встраиваемой системы нередко возникает ситуация, когда аппаратных ресурсов микроконтроллера не хватает или требуемый ресурс в его составе и вовсе отсутствует. Решить данную проблему можно несколькими способами.

Первый – заменить используемый микроконтроллер на другой [7, 8]. Вариант, несомненно, хороший, так как это может позволить в целом улучшить разрабатываемую систему. Однако данный способ не подходит, если на аппаратном уровне система уже реализована и отсутствует возможность внесения в нее каких-либо изменений. Второй способ – реализовать требуемый ресурс программно [9-11]. Однако данный способ также не является единственно верным, так как ресурс, реализованный программно, сильнее ограничен в возможностях, нежели его исходный аналог. Также расходуется ресурс памяти, что при работе с микроконтроллерами является важным критерием [12]. Как уже отмечено, оба способа имеют свои достоинства и недостатки, однако второй вариант зачастую более предпочтителен, а иногда является единственно возможным. Именно с проблемой наличия только одного аппаратного *UART*-а можно столкнуться при разработке ПО для микроконтроллеров на базе *STM8*, поэтому было решено реализовать на данном устройстве поддержку программного *UART*-а.

UART (Universal asynchronous receiver/transmitter) – или же универсальный асинхронный приемопередатчик – интерфейс для связи цифровых устройств, предназначенный для передачи данных в последовательной форме. Наиболее известен из семейства *UART* протокол *RS-232* [13, 14] (или же просто – *COM*-порт), именно о программной реализации данного протокола и будет рассказываться в данной статье. Хотя данный интерфейс и является одним из самых старых, однако он дожил до наших дней и все еще не потерял своей актуальности [15-17].

Пассивное состояние *UART* является логической единицей. В таком состоянии прием и передача данных не происходит. При передаче информации по интерфейсу *UART* каждому байту данных предшествует бит, сигнализирующий приемнику о начале передачи, или же стартовый бит, являющийся логическим нулем. Таким образом, перепад с высокого уровня на низкий является знаком начала передачи при условии, что за время половины длительности бита всё ещё держится низкий уровень.

За стартовым битом следуют биты данных. Дан-

ные обычно передаются блоками по 8 бит (1 байту). Однако есть варианты передачи данных не по 1 байту, а по 5, 6, 7, 9 бит. Но это зависит от настройки самого *UART* и цели использования такой конфигурации. Завершает посылку стоповый бит, гарантирующий паузу между передачами. Значением стопового бита является единица. Если *UART* получает что-то иное, то это считается за ошибку. Некоторые конфигурации *UART* позволяют вставлять два стоповых бита, что позволяет повысить точность передачи данных. Хотя приемник обычно игнорирует второй стоп, считая это за паузу.

Также стоит отметить, что многие реализации *UART* поддерживают возможность автоматического контроля целостности данных методом контроля битовой четности. При его использовании после битов данных добавляется «бит четности», который содержит информацию о четности количества единичных бит в этой посылке.

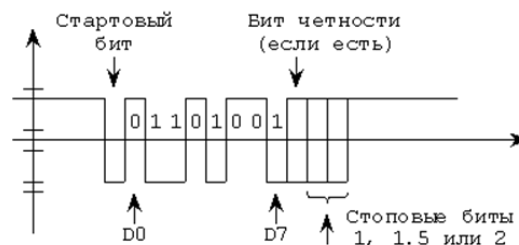


Рисунок 1 – Структура передачи одного байта по *UART*

Так как интерфейс обмена данными асинхронный, важным критерием является скорость передачи данных. Она должна быть одинаковой и у приемника, и у передатчика. Скорость измеряется в битах в секунду, или коротко – в бодах. Стандарт *RS232* подразумевает скорости от 1200 до 115200 бод, хотя по факту существуют скорости и ниже, и выше, причём до десятков мегабод.

Конечно же, точность везде относительна и скорость никогда не будет равняться, например, 9600 бодам с точностью до единиц. Стандарт [18] предусматривает возможную ошибку в скорости до 5% (не более 3% для уверенного приёма). *UART* может работать как в полудуплексном (только прием или только передача) режиме, так и в полудуплексном режиме, так как линии приема и передачи разделены. Линия *TXD* отвечает за передачу, *RXD* – за приём, соответственно, линии от приёмника к передатчику перекрещиваются (*TX-RX, RX-TX*).

Характеристики и алгоритмы работы. Прежде чем приступить к разработке ПО, в данном случае это будет программная реализация *UART*-а, необходимо предварительно обратить внимание на некоторые характеристики. Так как рассматривается работа с микроконтроллером *stm8* [19, 20], то в первую очередь стоит обратить внимание на его тактовую частоту (F). Для применяемого в статье *STM8S103F3P6* тактовая частота равна 16 МГц.

$$1 \text{ бод} = \frac{0.9 \text{ бит}}{1 \text{ с}} \quad (1)$$

Длительность одного бита (в микросекундах) вычисляется по выражению:

$$t_{\text{бита}} = \frac{10^6}{V} \quad (2)$$

где V – скорость передачи в бодах.

Так, для скорости 9600 бод, исходя из (2) длительность одного бита составляет:

$$\frac{10^6}{9600} = 104 \text{ мкс}$$

Для скорости 19200 бод

$$\frac{10^6}{19200} = 52 \text{ мкс}$$

Для скорости 57600 бод

$$\frac{10^6}{57600} = 17 \text{ мкс}$$

Далее необходимо рассчитать время одного такта, зная частоту используемого микроконтроллера:

$$t_{\text{такта}} = \frac{1c}{F} = \frac{1c}{16 \text{ МГц}} = 0.0625 \text{ мкс} \quad (3)$$

Зная время передачи одного бита (2) и время отсчета одного такта (3) можно получить значение тактов микроконтроллера необходимое для передачи одного бита:

$$N_{\text{такты}} = \frac{t_{\text{бита}}}{t_{\text{такта}}} \quad (4)$$

Исходя из (4), для скорости 9600 $N_{\text{такты}}$ составляет 1664 тактов, для скорости 19200 составляет 832, а для скорости 57600 – 272.

Следующим шагом необходимо определить алгоритм передачи и приема данных при реализации программного *UART*-а.

Для передачи байта данных с использованием программного *UART*-а выполняется ряд действий, описанный далее, а также представленная на рисунке 2 блок-схема.

1) Пин, используемый для передачи данных задается равным 0, т.е. формируется стартовый бит.

2) Запускается таймер, для ожидания времени $t_{\text{бита}}$, для одного бита. Время зависит от выбранной скорости обмена данными.

3) Передается бит данных.

4) Запускается таймер, для ожидания времени $t_{\text{бита}}$, для одного бита, если переданы не все биты данных, возврат к пункту 3.

5) Пин, используемый для передачи данных задается равным 1, т.е. формируется стоповый бит.

6) Запускается таймер, для ожидания времени $t_{\text{бита}}$, для одного бита.

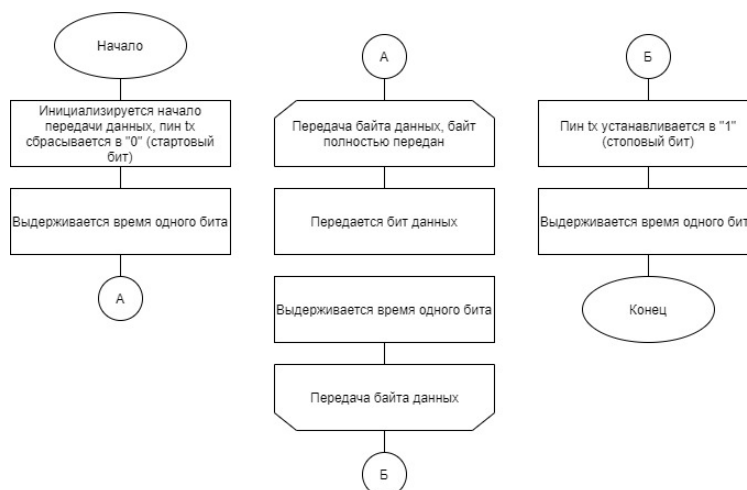


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма передачи одного байта данных

Для приема же байта данных используется следующий ряд действий, а также представленная на рисунке 3 блок-схема.

1) Ожидается 0 в течение некоторого количества периодов, чтобы программа не зависала в бесконечном ожидании данных.

2) Если на пин, используемый для приема данных, поступает 0 отсчитывается время, равное $1.5 t_{\text{бита}}$, в противном случае алгоритм завершает работу.

3) Считывается бит данных и помещается в буфер.

4) Запускается таймер, для ожидания времени $t_{\text{бита}}$, для одного бита, если байт не получен полностью, возврат к пункту 3.

5) Считывается значение стопового бита, если он равняется 1 – полученный байт передается обработчику, если же 0 – то в байте данных возвращается 0 и устанавливается флаг об ошибке при получении байта данных.

Ограничения. Данная программная реализация

UART-а накладывает некоторые скоростные ограничения на возможности его применения, особенно в микроконтроллерах с низкой тактовой частотой.

Если скорость обмена будет слишком высокой, код обработчика прерывания попросту не будет успевать выполняться между вызовами прерываний, что приведет к ошибкам приема/передачи, а то и к полной потере связи. Высокая частота прерываний также будет негативно влиять и на производительность остальной части программы.

Обработка полученных результатов. Дабы убедиться в работоспособности программного *UART*-а была собрана схема согласно рисунку 4.

На контроллере реализовано получение байта по программному *UART*-у, а затем, полученное значение возвращается отправителю. По проведенным тестам на анализаторе были получены следующие временные характеристики для передачи *0xA4* и *0x55* в обе стороны (рис. 5-6).

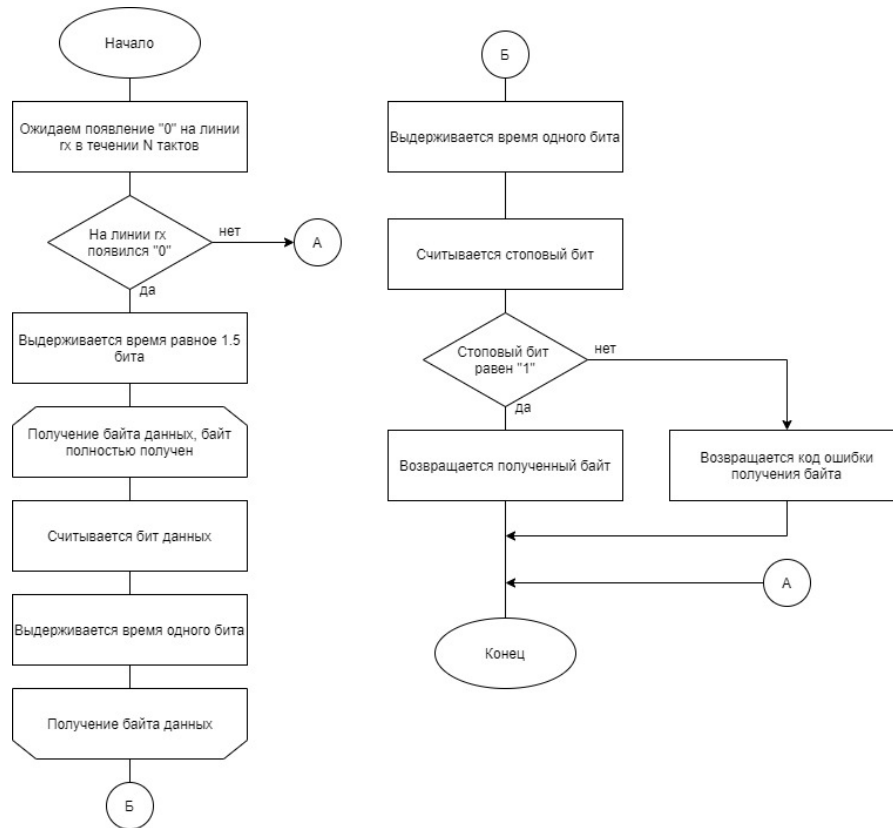


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма получения одного байта данных

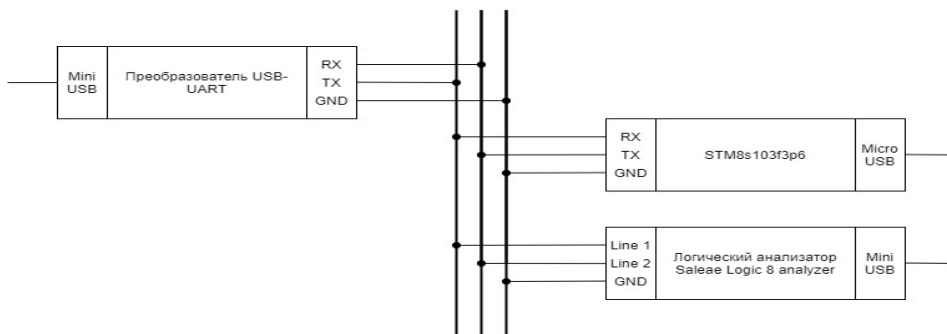


Рисунок 4 – Схема соединения компонентов

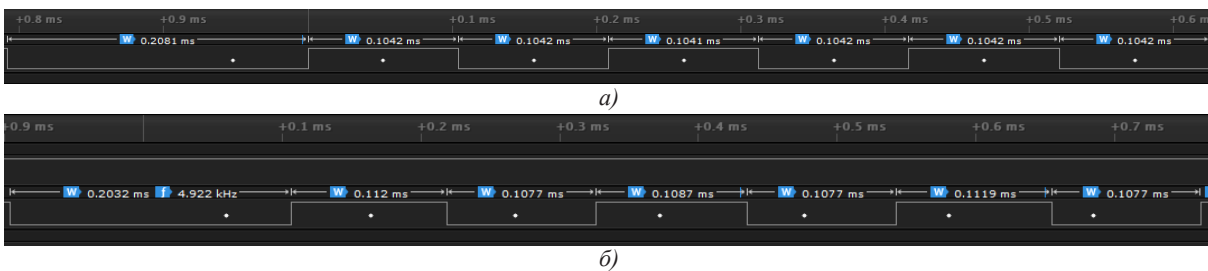


Рисунок 5 – Передача 0xAA, от аппаратного UART-а к программному (а) и от программного к аппаратному (б)

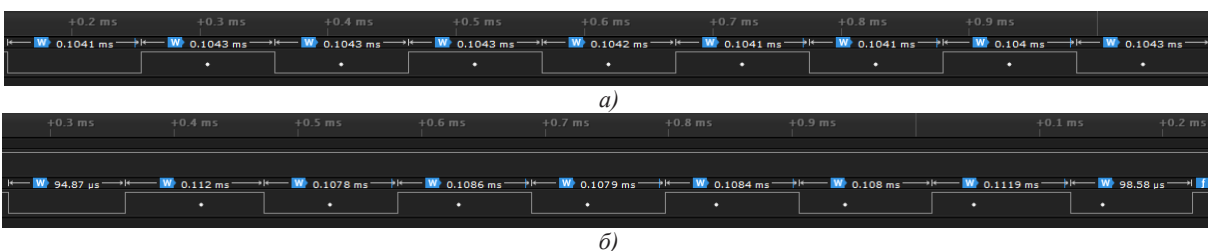


Рисунок 6 – Передача 0x55, от аппаратного UART-а к программному (а) и от программного к аппаратному (б)

Таблица 1 – Сравнение точности времени передачи данных с использованием аппаратного и программного UART-ов

	uart 0xAA, мкс	uart 0x55, мкс	soft-uart 0xAA, мкс	soft-uart 0x55, мкс
Стартовый бит	104,00	104,10	101,70	94,87
Бит 0	104,10	104,30	101,70	112,00
Бит 1	104,20	104,30	112,00	107,80
Бит 2	104,20	104,30	117,00	108,60
Бит 3	104,10	104,20	107,70	107,90
Бит 4	104,20	104,10	108,70	108,40
Бит 5	104,20	104,10	107,70	108,00
Бит 6	104,20	104,00	111,90	111,90
Бит 7	104,20	104,30	107,70	98,58
Ср. знач.	104,16	104,19	108,46	106,45

Как видно из таблицы 1 точность выдерживания таймигов при передаче байта с использованием программного UART-а отличается от использования аппаратного. Так, в случае с аппаратным, на каждый



Рисунок 7 – Последовательный обмен данными между аппаратным и программным UART-ами

Заключение. В работе рассматривается проблема возможной нехватки аппаратных ресурсов используемого микроконтроллера, в частности UART-а. В качестве вероятного решения данной проблемы приводится программная реализация аппаратного элемента. В ходе работы выполняется разработка алгоритмов программного варианта UART-а с последующей его реализацией для микроконтроллера *stm8*. Выполняется анализ полученного ПО в сравнении с его аппаратным аналогом. Исходя из полученных данных, можно отметить, что применять программную реализацию

бит точно выдерживается расчетное время, тогда как в программном видны отклонения от ожидаемой длительности передачи бита. Данные отклонения от расчетного времени могут быть связаны с несколькими вариантами. Во-первых, возможна ошибка при проектировании программного UART-а. Во-вторых, возможна неточность работы используемого тактового генератора. Однако несмотря на то, что при использовании программного UART-а точность выдерживания отдельных битов несколько ниже его оригинального варианта, при использовании определенных скоростей передачи данных, это не влияет на корректность передачи данных в целом. Так, на рисунке 7, видно, что данные передаются от устройства с аппаратным UART-ом, получаются устройством с программным UART-ом и возвращаются им же, и что при этом значение остается равным первоначальному.

универсального асинхронного приемопередатчика лучше всего в системах нетребовательных к скорости передачи данных. А также можно добавить, что ее использование лучше всего может пригодиться при полудуплексном способе обмена данными, когда программная реализация UART используется только отправки данных. Полученные результаты могут быть полезны при проектировании встраиваемых систем, в особенности там, где используются микроконтроллеры, изначально не имеющие возможности обмена данными по UART.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1) Таненбаум Э., Ван Стеен М. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. СПб.: Питер, 2003. – 877 с.
- 2) Бурдонов И.Б., Косачев А.С., Пономаренко В.Н., Шнитман В.З. Обзор подходов к верификации распределенных систем. Препринт 16. М.: ИСП РАН, 2006. – С. 61.
- 3) Раздобудов С.А., Мартышкин А.И. Обзор современных распределенных систем // European Journal Of Natural History. – 2020. – № 2. – С. 85-89.
- 4) Раздобудов С.А., Мартышкин А.И. Разработка методики оценки потерь данных при нарушениях целостности в распределенных системах хранения // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов. – 2020. – С. 51-54.
- 5) Платунов А.Е. Научный и учебно-производственный кластер «Встраиваемые вычислительные системы» СПбГУ ИТМО // Встраиваемые системы. – 2009. – № 4. – С. 6-10.
- 6) Платунов А.Е. Встраиваемые вычислительные системы – проблемы и тенденции в проектировании // Труды XIII конференции молодых ученых «Навигация и управление движением» – 2011. – С. 38-44.
- 7) Башвеев Ю.А., Литвинская О.С. Математическая модель метода выбора микроконтроллера // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 6. – С. 82-83.
- 8) Эйлэнд А. Выбор микроконтроллера - 8- или 32-разрядный? // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2015. – № 5. – С. 74.
- 9) Простейшая программная реализация UART для микроконтроллера [Электронный ресурс]. – URL: https://radioham.ru/risc_pg_usart_prost/ (дата обращения: 12.01.2020).
- 10) Программный UART [Электронный ресурс]. – http://old.symmetron.ru/suppliers/nxp/HCS08_9_h-1-4-9.shtml (дата обращения: 12.01.2020).
- 11) Занина В.А., Иванова Е.А. Программная реализация интерфейса UART // Современные научные исследования и разра-

ботки. – 2018. – Т. 2. – № 11 (28). – С. 269–270.

12) Карасёв А.А., Данилов Е.А. Обзор истории развития микропроцессоров на примере микропроцессоров Intel // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 3-2. – С. 290-292.

13) Кузьминов А. Ю. Интерфейс RS232. Связь между компьютером и микроконтроллером. М.: Радио и связь. 2004. – 168 с.

14) Богданов Д. С. Преимущества и недостатки коммуникационных интерфейсов // Наука, техника и образование. – 2019. – №4 (57). – С. 56-59.

15) Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2015614755 Российская Федерация. Программа для управления удаленными объектами по протоколу UART / Крет Д.А. (РФ). -№ 2015611560; заявл. 10.03.2015; зарег. 28.04.2015; опубл. 20.05.2015.

16) Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2016614184 Российская Федерация. Программа «Драйвер UART ATmega» / Бундин Д.В., Махлин А.М., Авдонина Е.М., Ромашевская Т.В. (РФ). -№ 2016611555; заявл. 26.02.2016; зарег. 18.04.2016; опубл. 20.05.2016.

17) Буткина А.А., Гущина О.А., Шамаев А.В. Разработка универсального модуля для приёма, обработки и передачи данных с использованием технологии Ethernet // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – №8. – С. 20-25.

18) The RS232 Standard [Электронный ресурс]. – URL: https://www.camiresearch.com/Data_Com_Basics/RS232_standard.html/ (дата обращения: 12.01.2020).

19) Матюшов Н.В. Начало работы с микроконтроллерами STM8 / Н.В. Матюшов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2016. – 208 с.

20) Кузнецов И. Ю. Анализ рынка микроконтроллеров // StudNet. – 2020. – №12. – С. 1838-1843.

Статья поступила в редакцию 12.02.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 658.5

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0016

ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ С УЧЕТОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

© 2021

Одиноченкова Наталья Викторовна, доктор экономических наук, доцент,
профессор кафедры «Отраслевая экономика»

Брянский государственный технический университет

(241012, Россия, г. Брянск, бул. 50-летия Октября, 7, e-mail: kaf.eim@yandex.ru)

Аннотация. В современных условиях управление промышленным предприятием отличается значительным усложнением в силу больших изменений, происходящих в экономике в условиях ее цифровизации. Решение задачи формирования управления с учетом этих изменений предполагает использование информационных систем и технологий. В данной статье предлагается схема формирования управления на основе целенаправленно интегрированных информационных потоков, позволяющая повысить эффективность управления за счет изменения направлений движения информационных потоков, обеспечивающая выбор оптимальных информационных систем и технологий работы с информацией, а также рационального использования средств ее автоматизированного сбора. Показана схема движения информационных потоков подразделения промышленного предприятия как объекты для анализа. Предлагаемых в статье рекомендации по оптимизации управления промышленным предприятием имеют и финансовые последствия, заключающиеся в минимизации на их выработку и реализацию затрат, в том числе за счет повышения степени обоснованности отбора и использования средств автоматизации управления. В статье также приводится экономико-математическая модель как образ построения управления с учетом применения информационных систем, способствующая с помощью использования информационных систем и технологий получению ожидаемого предприятием результата.

Ключевые слова: управление, промышленное предприятие, информационные потоки, информационные системы, схема, экономико-математическая модель, функциональные элементы, переменные, оптимизация, результативность.

OPTIMIZATION OF INDUSTRIAL ENTERPRISE MANAGEMENT WITH THE USE OF INFORMATION SYSTEMS

© 2021

Odinichenkova Natalia Viktorovna, doctor of economic sciences, associate professor,
professor of the department «Economics of industrial»

Bryansk State Technical University

(241012, Russia, Bryansk, 50-letiya Oktyabrya Blvd., 7, e-mail: kaf.eim@yandex.ru)

Abstract. In modern conditions, the management of an industrial enterprise is characterized by a significant complication due to the large changes taking place in the economy in the context of its digitalization. The solution of the problem of forming management taking into account these changes involves the use of information systems and technologies. This article proposes a scheme for the formation of management based on purposefully integrated information flows, which allows to increase the efficiency of management by changing the directions of information flows, ensuring the choice of optimal information systems and technologies for working with information, as well as the rational use of its automated collection. The diagram of the movement of information flows of an industrial enterprise division as objects of analysis is shown. The recommendations proposed in the article for optimizing the management of an industrial enterprise also have financial consequences, which consist in minimizing the costs of their development and implementation, including by increasing the degree of validity of the choice and use of control automation tools. The article also provides an economic and mathematical model as an image of building a management system taking into account the use of information systems, which contributes to the use of information systems and technologies to achieve the expected result of the enterprise.

Keywords: management, industrial enterprise, information flows, information systems, scheme, economic and mathematical model, functional elements, variables, optimization, efficiency.

Введение. В управлении современным промышленным предприятием все большее значение приобретает использование информационных систем и технологий. Но реальные процессы преобразования в экономике и вызванные этим объективные сложности управления выявили недостаточную готовность многих предприятий к комплексному системному их применению. Оказались в должной мере не исследованы источники информации, пути ее движения и их упоря-

доченность. Это не позволяет выстроить управление, в оптимальной мере адаптированным к современным условиям [1].

Целью исследования является разработка и развитие управления промышленным предприятием с активным включением в его процессы информационных систем и технологий, способствующих повышению его эффективности и получению ожидаемых предприятием результатов.

Задачи исследования сводятся к разработке схем интегрированного движения информационных потоков о функциональных производственных элементах, необходимых для осуществления хозяйственной деятельности промышленного предприятия, при разном типе организации управления им, а также экономико-математической модели определения результативности процессов по оптимизации управления этики потоками.

Материалы и результаты исследования. Промышленные предприятия, особенно крупные, представляют собой сложные социально-экономические системы по разнообразию видов труда, выпускаемой продукции, ее назначению, способам действия, масштабу применения производственных элементов. К этим элементам относятся: оборудование; технические системы; структуры, занимающиеся производством, управлением; продукция; материалы; работники, их квалификация; сами производственные процессы, прочие средства, способствующие их осуществлению [2]. Динамику состояния каждого из этих элементов обеспечивает своя определенная, соответствующая их природе схема движения информационных потоков. Целенаправленно интегрирует и использует по назначению информационные потоки управление [3]. В общем случае этот процесс управления концептуально можно представить в виде целенаправленного воздействия на элементы, относящиеся к деятельности предприятия, интегрировано обеспечивающих их динамическое состояние информационных потоков (рис. 1).

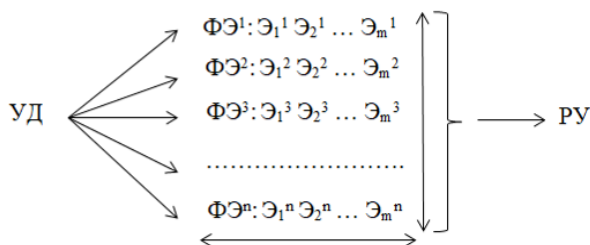


Рисунок 1 – Схема целенаправленного интегрированного использования управлением информационных потоков в деятельности промышленного предприятия.

Обозначения: ФЭ¹, ..., ФЭⁿ – функциональные элементы; Э¹ ... Эₘⁿ – переменные функциональных элементов; УД – управленческие действия; РУ – результат управленческих действий; взаимосвязь функциональных элементов:

↔ – горизонтальная, ⇕ – вертикальная.

Решениями оптимизации управления на предприятии могут быть чисто функциональными, структурными или смешанными. Общими для всех структур (подразделений), входящих в состав промышленных предприятий, являются управленческие функции: планирование, организация, регулирование, учет и контроль, мотивация. Условно эти функции можно разделить на организационные и экономические [4]. Значительный объем работы и информации приходится на экономические функции: планирование, устанавливающие экономические показатели и эко-

номическую эффективность деятельности; учет и контроль, отражающие динамику выполнения экономических показателей; мотивация как комплекс действий, стимулирующих получение максимальной экономической результативности деятельности. Все функциональные действия объемны и сложны сами по себе, и еще требуют методолого-методического обеспечения, разработка которого базируется на значительном информационном материале [5]. Современные экономические отношения, кроме всего прочего, отличаются быстротой изменений во внешней среде, что увеличивает потребность как во внешней, так и во внутренней информации, способствующей оперативному на эти изменения реагированию. Схемы движения внутренних информационных потоков, обеспечивающих экономическое управление, можно рассмотреть на примере подразделения предприятия, представленном на рисунке 2.

По результату анализа схемы, представленной на рисунке 2, можно оптимизировать управление путем изменения направлений движения информационных потоков, их объединения, выбора информационных систем и технологий работы с информацией, рационального использования средств ее автоматизированного сбора. Эффективность деятельности промышленного предприятия во многом зависит от того, как организационно выстроено управление, так как с этим тесно связана скорость движения информации, оперативность ее сбора, передачи, обработки [6]. Выделяют линейные, функциональные, линейно-функциональные организационные структуры управления. При линейной структуре управления вся информация (задания, распоряжения, отчеты) идет по одной линии, через одни и те же органы или должностные лица [7]. К примеру, при такой организации управления информация идет по цепочке: директор → начальник цеха → начальник (мастер) участка. Подобная схема движения информации повышает оперативность и обеспечивает четкую последовательность ее прохождения через производственные звенья, а, следовательно, ускоряет процесс принятия управленческих решений.

При росте объемов производства продукции увеличиваются объемы информации, усложняется ее обработка. Тогда к работе с ней подключаются функциональные подразделения предприятия: конструкторские, технологические, экономические, финансовые, другие [8]. В этих условиях может быть использована функциональная структура управления со сложной схемой движения информации, представленной на рисунке 3. По этой схеме информация по команде вышестоящего органа или должностного лица обрабатывается соответствующими функциональными подразделениями предприятия и в качестве управленческого решения выдается подразделениям-исполнителям. В этом случае, к примеру, информация идет по цепочке: директор – функциональные подразделения – начальники цехов (подразделений цеха). По такой схеме движения информации можно обеспечить высокое качество принимаемых решений и привлечь

к работе с ней высококомпетентных специалистов. В то же время создается замкнутость в рамках функциональных подразделений предприятия с нарушением между ними связей [9].

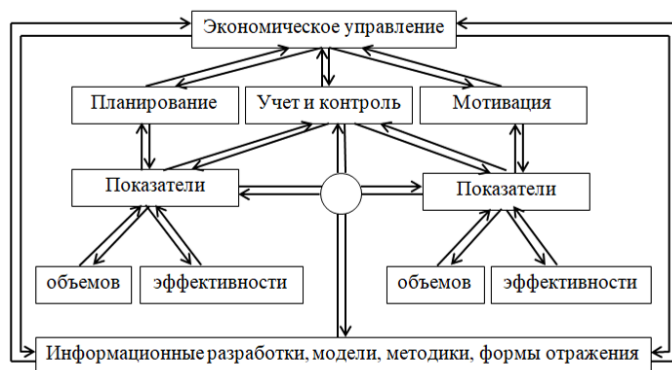


Рисунок 2 – Схема движения внутренних информационных потоков подразделения промышленного предприятия, представляющая исходный объект анализа с целью функционального совершенствования экономического управления

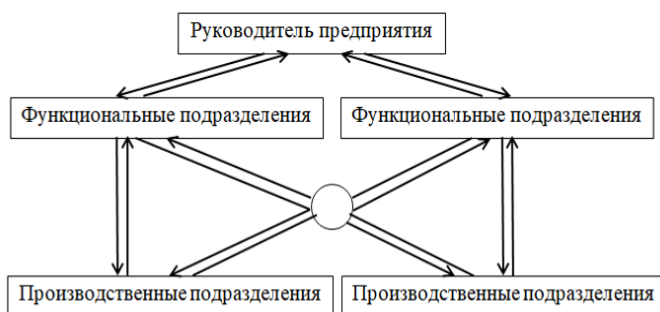


Рисунок 3 – Схема движения информационных потоков функциональной организации управления

Возможность с наибольшей эффективностью использовать информационные потоки можно при линейно-функциональной структуре организации управления (рис. 4). В этом случае функциональные подразделения осуществляют поиск, сбор, обработку, анализ информации и готовят проект решения для линейного руководителя, который после его оценки выдает исполнителям для работы [5]. Такая организация работы с информацией позволяет вырабатывать более качественные решения, чем при других структурах построения управления, но удлиняет процесс выработки, и допускает несогласованности при их поэтапных обсуждениях и итоговых согласованиях [10].

В целом, функциональные и структурные исследования информационных потоков позволяют достигать сбалансированности связей между событиями и их параметрами, не выходя за рамки допустимых рисков, а также увязывать информационные системы с принятой на предприятии системой сбора информации. Принимаемые на основе результатов исследования решения оптимизации управления предполагают и финансовые последствия, способствуя минимизации на их выработку и реализацию затрат, в том числе за счет более высокой степени обоснованности отбора и использования средств автоматизации управления [11].

В практике могут использоваться различного назначения информационные системы, из которых делается выбор, соответствующий запросам пользователя. Управление в масштабе всего предприятия

обеспечивают интегрированные информационные системы. Отличительной чертой таких систем является то, что они включают компоненты разных систем, их пользователями могут быть многие подразделения предприятия [12]. Показателем оптимальности совершенствования управления с использованием информационных систем и технологий является получение от этого процесса ожидаемого предприятием результата [13]. Важным условием успешного решения этой системной задачи является то, чтобы между отобранными для включения в задачу функциональными элементами и состоянием управления по качественным и количественным характеристикам существовала определенная корреляция, и они имели максимально положительные значения [14]. Чтобы отвечали этим условиям их функциональные элементы, переменные также должны иметь максимальные положительные значения.

Концептуально в укрупненном виде экономико-математически результативность процессов оптимизации управления можно выразить следующим образом:

$$PY_{opt} = f(\Phi^1 \rightarrow max; \Phi^2 \rightarrow max; \dots; \Phi^n \rightarrow max)$$

где PY_{opt} – результат от оптимизации управления по определенным функциональным элементам (объективнее – прирост прибыли).

Масштабной оптимизация управления становится при увеличении числа включаемых в задачу функциональных элементов.

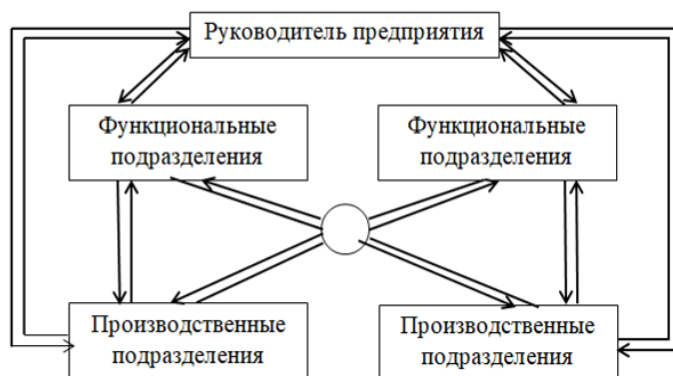


Рисунок 4 – Схема движения информационных потоков при линейно-функциональной организации управления

Заключение. В современных условиях функционирования и развития промышленных предприятий на основе цифровизации экономики, по сути, коренным образом меняются традиционные принципы и правила их деятельности, а в ней управления ею. Сформированные структурные схемы и экономи-

ко-математические модели отражают вариативное поле использования возможностей современных информационных систем и технологий и информационной базы промышленных предприятий в решениях задач оптимизации и достижения наибольшей эффективности их управления [15].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Одиноченок В.В. Совершенствование организационного управления инновационными процессами на промышленных предприятиях в условиях рынка / В.В.Одиноченок, Н.В.Грачева // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2004. - № 3 (3). – С. 151-154.
2. Ветошко Д.Н. Ресурсное обеспечение стабильного развития промышленных предприятий / Д.Н.Ветошко// Молодые ученые – ускорению научно-технического прогресса в XXI веке. Сбор. материалов III Всероссийской научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и молодых ученых с международным участием: электронное научное издание. – 2015. – С. 441-447
3. Грачева Н.В. Методология управления развитием инновационной деятельностью промышленности в условиях модернизируемой экономики: дис...д-ра экон. наук: 08.00.05 / Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный ун-т экономики и финансов, 2012.
4. Грачева Н.В. Совершенствование управления инновационной деятельностью промышленных предприятий / Н.В.Грачева, В.В.Одиноченок // Вестник Брянского государственного университета. – 2014. – №3. – С.174-182.
5. Грачева Н.В. Организационно-экономическое и инвестиционное управление инновационным развитием промышленных предприятий / Н.В.Грачева, В.В.Одиноченок. - Брянск: БИПКРО, 2009.
6. Эволюционная экономика: инновации, инвестиции, институты, интеллектуальный капитал: колл.монография / под ред. Н.А.Шайденко, М.П.Переверзев. – Тула, 2008.
7. Грачева, Н.В. Организационный аспект управления инновационной деятельностью промышленных предприятий / Н.В.Грачева // Качество. Инновации. Образование. – 2012. – № 2 (81). – С. 51-55.
8. Грачева Н.В. Организационный ресурс развития рыночной активности инновационной конструкторско-технологической деятельности промышленного предприятия / Н.В.Грачева// Вестник Брянского государственного университета. – 2013. – № 3. – С. 102-106.
9. Грачева Н.В. Практика и совершенствование организации инновационной деятельности промышленного предприятия / Н.В.Грачева // Инновационный путь развития экономики регионов. Сбор. науч. Трудов. Под ред. О.Н.Федонина, В.В.Одиноченок, Н.В.Грачевой. – 2013. – С. 136-146.
10. Грачева Н.В. Моделирование инновационного и сопутствующих ему видов развития / Н.В.Грачева// Экономические и гуманитарные науки. – 2011. – № 10 (237). – С. 10-15.
11. Ветошко Д.Н. Системно-комплексное моделирование ресурсного обеспечения стабильного устойчивого развития

предприятий промышленности / Д.Н.Ветошко //European Social Science Journal. – 2015. – № 8. – С. 30-36.

12. Махрин В.В. Совершенствование управления промышленным предприятием с учетом современных информационных технологий / В.В.Махрин, Л.Е.Басовский. – Тула: Тульский полиграфист, 2002.
13. Кустарев В.П. Информационные технологии и системы в управлении социально-экономическими объектами / В.П.Кустарев // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2007. - № 2. – С. 213 – 215.
14. Кириличев Б.В. Моделирование систем / Б.В.Кириличев. – М.: МГИУ, 2009.
15. Якимов А.И. Теоретические основы технологии имитационного моделирования и принятия решений в информационных системах промышленных предприятий: дис...д-ра техн. наук: 05.13.10 / Могилев: Белорусско-Российский ун-т, 2017.

Статья поступила в редакцию 12.02.2021
Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 65.011.56

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0017

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ КЛИЕНТОВ

© 2020

Аксентьев Андрей Александрович, аспирант

Юго-Западный государственный университет

(305040, Курская область, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, e-mail: aks_w@mail.ru)

Аннотация. Данная работа рассматривает процесс определения уровня удовлетворённости клиентов на основании нечётких оценок, предлагая использование теории нечётких множеств для оценки уровня удовлетворённости клиентов с помощью опросника, построенного на базе шкалы Лайкерта. Целью является разработка новой методики определения уровня удовлетворённости клиентов товарами и услугами торгового предприятия, использующего понятные и простые для клиента вопросы и варианты ответа для опросника, но при этом позволяющего определить уровень удовлетворённости клиента с использованием многих критериев и атрибутов, упомянутых в анкете. Задачи исследования сводятся к определению простоты для клиента и исследователя, а также эффективности использования теории нечётких множеств и клиентского опросника, построенного на базе шкалы Лайкерта, при определении уровня удовлетворённости клиентов товарами и услугами торгового предприятия. Удовлетворение потребностей клиентов – один из очень важных ключевых показателей на постоянно меняющемся рынке. Существует множество подходов, которые использовались для оценки уровня удовлетворенности клиентов. В этой статье предлагается оценка удовлетворенности клиентов на основе воспринимаемого качества услуг с использованием нечеткой лингвистики. Анкета из двадцати трех пунктов была роздана 34 клиентам, которых спрашивали об услугах, предоставляемых торговым предприятием «Автокраски46.РФ» в г. Курск, Российская Федерация. Собранные данные были проанализированы с использованием нечеткой лингвистической модели оценки. Клиенты выражают свое текущее восприятие качества услуг с лингвистической точки зрения. Данные в форме лингвистических терминов были количественно определены в нечеткие треугольные числа с их соответствующим весом для каждого критерия. Уровень удовлетворенности клиентов определялся путем рассмотрения минимального значения разницы между общим интегральным значением и интегральным значением для каждого лингвистического термина. Клиенты соглашались, что уровень удовлетворенности был на «среднем» показателе, а степень оптимизма - 0,5. Полученные данные свидетельствуют о том, что лингвистическая оценка практична и значима для измерения удовлетворенности клиентов.

Ключевые слова: нечеткая логика; удовлетворенность клиентов; нечеткие числа; лингвистическая оценка, функции принадлежности, определение интегральных значений, индекс оптимизма.

USING FUZZY LINGUISTICS TO DETERMINE CUSTOMER SATISFACTION LEVEL

© 2020

Aksentjev Andrey Alexandrovich, postgraduate student

South-West State University

(305040, Kursk region, Kursk, 50 years of October str., 94, e-mail: aks_w@mail.ru)

Abstract. This paper examines the process of determining the level of customer satisfaction based on fuzzy ratings, proposing the use of fuzzy set theory to assess the level of customer satisfaction using a questionnaire based on the Likert scale. Destination is development of a mechanism for determining the level of customer satisfaction with goods and services of a merchant, using clear and simple for the client questions and answer options for the questionnaire, but at the same time allowing to determine the level of customer satisfaction using many of the criteria and attributes mentioned in the questionnaire. The tasks of the research are reduced to determining the simplicity for the client and the researcher, as well as the effectiveness of using the theory of fuzzy sets and the client questionnaire, built on the basis of the Likert scale, in determining the level of customer satisfaction with the goods and services of a commercial enterprise. Customer satisfaction is one of the most important KPIs in an ever-changing market. There are many approaches that have been used to measure customer satisfaction. This article proposes an assessment of customer satisfaction based on perceived quality of service using fuzzy linguistics. A twenty-three-item questionnaire was distributed to 34 clients who were asked about the services provided by the Avtokraski46.RF trading company in Kursk, Russian Federation. The collected data were analyzed using a fuzzy linguistic assessment model. Clients express their current perception of service quality from a linguistic point of view. Data in the form of linguistic terms were quantified into fuzzy triangular numbers with their respective weights for each criterion. The level of customer satisfaction was determined by considering the minimum value of the difference between the total integral value and the integral value for each linguistic term. Clients agree that the level of satisfaction was “average” and the level of optimism was 0.5. The findings suggest that linguistic assessment is both practical and meaningful for measuring customer satisfaction.

Keywords: fuzzy logic; customer satisfaction; fuzzy numbers; linguistic assessment, membership functions, determination of integral values, optimism index.

Введение. В новых глобальных условиях рынка отрасли, ориентированные на обслуживание клиентов, стали центральным вопросом для всестороннего обсуждения [4]. Поставщики услуг для клиентов сталкиваются с жесткой конкуренцией за выживание, поскольку клиенты становятся все более чувствительными и требовательными к качеству предоставляемых услуг [7]. Клиенты знают, что они заслуживают, когда получают услуги в любой сфере обслуживания. Клиенты свободны делать выбор и имеют возможность выбирать, с какими компаниями им работать. Следовательно, компании, предоставляющие услуги, должны предпринимать новые меры для поиска способов повышения качества обслуживания и, в конечном итоге, удовлетворения потребностей своих клиентов. Удовлетворение потребностей клиентов становится ключевым моментом в привлечении новых клиентов и удержании существующих [1].

Методы и материалы исследования. По мнению многих авторов, удовлетворенность потребителя означает эмоциональную реакцию потребителей на разрыв между ожидаемой услугой и фактически оказываемой услугой. Что касается данного определения, удовлетворенность потребителя предполагает удовлетворение [7], основанное на оценке потребителем того, насколько услуги поставщика соответствуют его ожиданиям. Благодаря удовлетворенности клиентов компании удерживают их и завоевывают новые доли рынка [5]. Несмотря на то, что новые клиенты приветствуются практически во всех сферах деятельности, основная цель компаний – поддерживать клиентов в течение длительного периода времени, превращая их таким образом в постоянных [1]. Общая стоимость постоянного клиента практически не поддается количественному измерению и позволяет фирмам достичь существенного преимущества перед конкурентами [4]. Удовлетворенность клиентов вызвана качеством услуг, предлагаемых компаниями. На это действие влияют такие элементы, как время, место и ситуация [5]. Например, «оказанная услуга лучше, чем я ожидал», «разрыв между ожидаемой и полученной услугой невелик», «в целом я доволен услугой». Все эти примеры показывают общепринятые уровни удовлетворенности [6]. В этом смысле было сформулировано множество методов для измерения удовлетворенности. Обычной практикой является сбор данных посредством опросов с анкетами для анализа данных.

Шкала порядковых уровней, которая чаще всего используется в анкетах, – это шкала Лайкерта с рейтингами в форме: 1 – полностью согласен; 2 – согласен; 3 – не уверен, 4 – не согласен и 5 – категорически не согласен [2]. Очевидно, что тот, кто обведет кругом 5, не согласен с утверждением в большей степени, чем тот, кто обведет кругом 4. Однако степень различия неясна, поскольку порядковая шкала указывает относительное положение, а не величину разницы между вариантами [3]. Следовательно, доступные арифметические операции включают медианное значение и режим, но не среднее значение [2].

Таким образом, результаты опроса по порядковой шкале обычно не поддаются статистическому анализу традиционными статистическими методами [6]. Более того, измерение уровня удовлетворенности и качества обслуживания – это не просто статистические вопросы, потому что понятие этих слов по своей природе нематериально и трудно поддается определению. Суждение потребителей об услуге в основном зависит от силы их убеждений или ожиданий относительно различных характеристик, связанных с услугой, а также веса атрибута. Убеждения или ожидания потребителей обычно связаны с восприятием услуги и ее атрибутов, основанным на их опыте использования услуги [12]. Таким образом, восприятие во многом зависит от лингвистического суждения, а решения обычно используют субъективные знания и лингвистическую информацию [3]. Лингвистические значения трудно измерить с помощью классической математической функции.

Одна из математических теорий, которые были разработаны для оценки суждений в лингвистике, – это теория нечетких множеств [9]. Теория нечетких множеств первоначально использовалась для управления неопределенностью человеческого мышления, поскольку она может представлять расплывчатые выражения, такие как «обычно», «справедливо» и «удовлетворен», которые рассматриваются как естественное представление предпочтений и суждений потребителей [9]. Теория нечетких множеств предлагает альтернативный способ приспособиться к нечетким границам и субъективной природе. Действительно, очень удачно, что теория нечетких множеств обеспечивает основу, которая справляется с неопределенностью в языке, то есть с субъективной неопределенностью [11].

Лингвистическое суждение широко используется во многих реальных ситуациях в различных областях принятия решений с различными математическими формулировками. Например, представьте нечеткую лингвистическую шкалу, которая характеризуется нечеткими трапециевидными числами, для сравнения двух альтернатив.

Формула степени возможности использовалась для сравнения трапециевидных нечетких чисел [10].

Ссылка представляет собой метод принятия решений несколькими людьми с использованием нечеткой логики с лингвистическим квантификатором, когда каждый член группы указывает неполное суждение, возможно, как с точки зрения оценки эффективности различных альтернатив в отношении нескольких критериев, так и самих критериев.

Справочник использует нечеткий лингвистический подход для оценки стратегий и методов обслуживания в компании.

Таким образом, в настоящем исследовании предпринимается попытка выразить все воспринимаемые утверждения в виде лингвистических значений, таких как «очень низкий», «низкий», «средний», «высокий» и «очень высокий» [11]. Вместо того, чтобы исполь-

зовать статистические методы для анализа удовлетворенности клиентов, это исследование использует теорию нечетких множеств, которая применялась в области науки управления [8]. Поскольку удовлетворенность клиентов носит субъективный характер, в данном исследовании применяется нечеткий подход к анализу воспринимаемого качества услуг [10]. В частности, цель этого исследования – определить уровень удовлетворенности клиентов на основе воспринимаемого качества обслуживания в торговом предприятии с использованием нечеткой лингвистической оценки.

Описанная выше методика оценки является новой и будет интересна всем предприятиям в рамках повышения уровня лояльности к своим предприятиям.

Одно из наиболее эффективных применений теории нечетких множеств – представление лингвистических переменных. Лингвистические переменные – это описания, используемые людьми. Лингвистическая переменная также может быть определена как переменная, значения которой не являются числами, а представляют собой слова или предложения на естественном или искусственном языке. Вес относительной важности в процессе принятия решений можно оценить с помощью лингвистических терминов, таких как «очень низкий», «низкий», «средний», «высокий» и «очень высокий» и т. д. Эти лингвистические термины могут быть количественно определены и выражены как треугольные нечеткие числа [15] (ТНЧ) с использованием теории нечетких множеств [8]. ТНЧ – это особый тип нечеткого числа с тремя параметрами, каждый из которых представляет лингвистическую переменную, связанную со степенью принадлежности 0 или 1. Поскольку данный тип очень удобен и легко реализуется в арифметических операциях, ТНЧ также очень часто используется на практике. Функция принадлежности нечеткого числа \tilde{A} определяется следующим образом:

$$f_{\tilde{A}} = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b, a \neq b \\ \frac{x-c}{b-c}, & b \leq x \leq c, c \neq b \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

Тогда \tilde{A} называется ТНЧ и обозначается как $\tilde{A} = (a, b, c)$. Поскольку ТНЧ являются гибкими по своей природе, они открыты для сравнения. Сравнение ТНЧ действительно очень важно при принятии решений. Предлагаются интегральные значения для ТНЧ для сравнения и последующего ранжирования более двух нечетких чисел одновременно.

Определение интегральных значений для ТНЧ \tilde{A} показано в примере (2) следующим образом:

$$I(\tilde{A}) = (1 - \alpha) \int_0^1 g_A^L(u) du + \alpha \int_0^1 g_A^R(u) du \quad (2)$$

$$\text{Где } 0 \leq \alpha \leq 1, \alpha = \frac{1-a}{2} a + \frac{1}{2} b + \frac{a}{2} c.$$

Индекс оптимизма (α) представляет степень оптимизма для человека. Чем больше данный показатель, тем выше оптимизм. Индекс оптимизма используется для отражения оптимистичного отношения лица, принимающего решения. Для человека нейтральной или умеренной объективной личности его значение равно

0,5. Когда $\alpha = 0,5$, полное интегральное значение ТНЧ \tilde{A} принимает следующий вид:

$$I(\tilde{A}) = (1 - \frac{1}{2}) \int_0^1 g_A^L(u) du + \frac{1}{2} \int_0^1 g_A^R(u) du = \frac{a+2b+c}{4} \quad (3)$$

Эти три уравнения непосредственно используются в эксперименте по определению уровня удовлетворенности клиентов.

Данные были собраны с использованием опросника по шкале Лайкерта, разработанного исследователями. Анкета была разработана на основе связанных исследований и адаптирована к цели настоящего исследования. Были отобраны 34 клиента разных полов, возрастов и профессий. Анкета состояла из двух частей, первая из которых содержит основную информацию о клиентах с тремя простыми утверждениями. Вторая часть была разработана на основе этого исследования, которое включает 10 критериев измерения качества услуг. Воспринимаемые критерии, используемые в этом эксперименте, представлены в таблице 1. Критерии оценки качества обслуживания обозначены как $C_i, i = 1, 2, \dots, n$, где n - количество атрибутов услуги, содержащихся в анкете.

Таблица 1 – Критерии измерения, используемые для оценки обслуживания клиентов

I	Критерий, C_i
1	Качество товаров
2	Стоимость товаров
3	Наглядность стоимости товаров
4	Расположение товаров
5	Внешние условия
6	Вход и выход
7	Время ожидания
8	Чистота и опрятность
9	Способности и возможности персонала
10	Наличие достаточного количества парковочных мест

Всего данный блок опросника состоял из двадцати трёх утверждений, которые отражают критерии, требующие оценки от клиентов. Клиенты должны выбрать в отведенном месте для данного значения оценку от «очень низкой» (1) до «очень высокой» (5), чтобы представить качество услуг, предоставляемых супермаркетом в Курске, Российская Федерация. Шкала 5 и ее лингвистические значения представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Лингвистические переменные и их значения

Номер	Лингвистическая переменная
1	Очень низко (ОН)
2	Низко (Н)
3	Средне (С)
4	Высоко (В)
5	Очень высоко (ОВ)

На первом этапе эксперимента клиенты используют лингвистические термины, чтобы записать свое восприятие более десяти критериев качества обслуживания [17] и преобразовать их в заранее определенные нечеткие числа [12]. Затем из анкеты определяется вес критериев оценки качества услуг. Нечеткая оценка воспринимаемого качества рассчитывается путем объединения нечеткого количества критериев и их соответствующего веса. Наконец, нечеткая оценка качества обслуживания преобразуется в лингвистические термины, чтобы отразить уровень удовлетворенности

клиентов общим качеством обслуживания. Короче говоря, вычислительные процедуры записываются в четыре этапа и приводятся ниже.

Чтобы сделать вычислительные процедуры понятными и систематизированными, предлагаются следующие шаги.

Шаг 1: Определение ТНЧ лингвистических переменных. Критерии измерения качества обслуживания и соответствующие лингвистические значения определены в таблице 3.

Таблица 3 – Лингвистические переменные и ТНЧ

Лингвистическая переменная	Обозначение	ТНЧ
Очень низко	ОН	(0, 0, 3)
Низко	Н	(0, 3, 5)
Средне	С	(2, 5, 8)
Высоко	В	(5, 7, 10)
Очень высоко	ОВ	(7, 10, 10)

Шаг 2. Определение веса лингвистических переменных. Каждая лингвистическая переменная имеет разный вес. Пусть C_i обозначает критерии оценки качества обслуживания, и пусть W_i обозначает соответствующие $C_i, i = 1, 2, \dots, n$. Значения C_i определяются как пик ($a_p, 1$) центрального треугольного нечеткого числа (a_1, a_p, a_2) для каждого лингвистического значения. Они показаны в таблице 4.

Таблица 4 – Важность каждого критерия

Лингвистическая переменная	Вес, W_i
Очень низко	(3, 3, 8)
Низко	(3, 8, 13)
Средне	(8, 13, 18)
Высоко	(13, 18, 23)
Очень высоко	(18, 23, 23)

Шаг 3: Объединение веса и ТНЧ. На данном этапе происходит объединение критериев, измеренных в ТНЧ, с соответствующими весами, чтобы получить общее качество обслуживания. Пусть набор лингвистических терминов равен $A_c = \{ОН, Н, С, В, ОВ\}$. При доступе к качеству обслуживания c_i является результатом оценки каждого критерия качества $C_i \in A_c$. Соответствующий ТНЧ для c_i обозначается как \tilde{c}_i . Чтобы упростить расчет качества обслуживания, лингвистические термины при оценке воспринимаемого качества обслуживания представлены ТНЧ \tilde{A} [13]. На основе измеренных критериев и соответствующих весов на этапах 1 и 2, соответственно, общее качество обслуживания \tilde{A} может быть получено с использованием следующего уравнения.

$$\tilde{A} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n W_i} \right) \otimes (W_1 \otimes \tilde{c}_1 \oplus W_2 \otimes \tilde{c}_2 \oplus \dots \oplus W_n \otimes \tilde{c}_n) \quad (4)$$

Шаг 4. Преобразование \tilde{A} в лингвистические значения.

Чтобы помочь клиентам лучше понять значение общего уровня качества обслуживания, а не просто балл или шкалу, ТНЧ качества обслуживания \tilde{A} следует преобразовать в лингвистические термины, которые являются исходной формой [13]. Было предложено лишь несколько методов преобразования нечетких чисел в соответствующие лингвистические термины, включая метод кратчайшего расстояния [15]. В данном исследовании применяется метод, где ранжиро-

вание нечетких чисел включается с целым значением для преобразования нечетких чисел в соответствующий лингвистический термин [14].

Исходя из уравнения (3) с $\alpha = 0,5$ интегральное значение $\tilde{u}_i, i=1,2,\dots,5$, может быть получено и в последствии использовано в качестве стандарта сравнения предпочтений [14].

Определим j , который можно привести $I(\tilde{u}_j) \leq I(A) \leq I(\tilde{u}_{j+1})$.

Тогда

$$P = \min \left\{ I(\tilde{A}) - I(\tilde{u}_j), \left| I(\tilde{A}) - \frac{I(\tilde{u}_j) + I(\tilde{u}_{j+1})}{2} \right|, I(\tilde{u}_{j+1}) - I(\tilde{A}) \right\} \quad (5)$$

Шаги преобразования должны соответствовать одному из следующих правил [16].

Если $P = I(\tilde{A}) - I(\tilde{u}_j)$, то уровень качества обслуживания задается как \tilde{u}_j . Если $P = I(\tilde{u}_{j+1}) - I(\tilde{A})$, то уровень качества обслуживания задается как \tilde{u}_{j+1} . Если $P = I(\tilde{A}) - \frac{I(\tilde{u}_j) + I(\tilde{u}_{j+1})}{2}$, то уровень качества обслуживания будет находиться между \tilde{u}_j и \tilde{u}_{j+1} .

До принятия решения интегральное значение $\tilde{u}_i, i=1,2,\dots,5$ вычисляется (3) с помощью $\alpha=0,5$. Интегральные значения для каждого лингвистического термина представлены в виде таблицы 5.

Таблица 5 – Интегральные значения

Лингвистические переменные	ОН	Н	С	В	ОВ
Соответствующий ТНЧ	$\tilde{(u_1)}$	$\tilde{(u_2)}$	$\tilde{(u_3)}$	$\tilde{(u_4)}$	$\tilde{(u_5)}$
$I(\tilde{u}_j)$	0,75	2,75	5,0	7,25	9,25

Ответы на каждый критерий анкеты анализируются путем взятия среднего арифметического из шкалы. Округление шкалы до ближайшего целого числа выполняется для обеспечения плавного преобразования лингвистической переменной в заданный ТНЧ. Вес важности для каждого критерия определяется на основе заданного ТНЧ (см. Шаг 2). Для наглядности представлен пример расчета от одного клиента.

Сумма веса для всех критериев определяется как:

$$\sum_{i=1}^n W_i = 130 \quad (6)$$

ТНЧ критериев и соответствующие веса объединяются для расчета качества обслуживания [16] (уравнение (4)).

Таким образом,

$$\tilde{A} = \left(\frac{470}{130}, \frac{843}{130}, \frac{1071}{130} \right)$$

Для получения интегрального значения \tilde{A} используется уравнение (3). Теперь интегральное значение для \tilde{A} получается равным 6.204808. Следовательно, лингвистический термин, обозначающий степень удовлетворенности потребителей, находится между «средним» (u_3) и «высоким» (u_4). Аналогичным образом расчеты для всех 34 клиентов выполняются с использованием системы компьютерной алгебры. Среднее интегральное значение для всех опрошенных клиентов составляет 5,0354282. На данный момент уровень удовлетворенности клиентов составляет от 3 до 4 единиц, что с лингвистической точки зрения находится между «средним» и «высоким». Чтобы опре-

делить одну из трех ситуаций в правилах принятия решений, выполняются вычисления на шаге 4. Когда $j = 3$, уравнение (5) дает минимальное значение P как 0,0354282. Следовательно, исходя из правил, уровень качества обслуживания равен u_j . Из пяти упорядоченных лингвистических терминов присутствующие клиенты оценили удовлетворенность клиентов как «среднюю» со степенью оптимизма на 0,5.

Результаты исследования. Удовлетворение потребностей клиентов – один из очень важных ключевых показателей на постоянно меняющемся рынке. Существует множество подходов, которые использовались для оценки уровня удовлетворенности клиентов. В этой статье предлагается оценка удовлетворенности клиентов на основе воспринимаемого качества услуг с использованием нечеткой лингвистики. Анкета из двадцати трех пунктов была роздана 34 клиентам, которых спрашивали об услугах, предоставляемых торговым предприятием «Автокраски46.РФ» в г. Курск, Российская Федерация. Собранные данные были проанализированы с использованием нечеткой лингвистической модели оценки. Клиенты выражают свое текущее восприятие качества услуг с лингвистической точки зрения. Ниже представлены цифровые результаты исследования (табл. 6).

Таблица 6 – Результаты исследований

Интегральное значение A	6,204808
Среднее интегральное значение для всех опрошенных клиентов	5,0354282
Уровень удовлетворенности клиентов	От 3 до 4
Минимальное значение P преобразования	0,0354282
Степень оптимизма	0,5

Данные в форме лингвистических терминов были количественно определены в нечеткие треугольные числа с их соответствующим весом для каждого критерия. Уровень удовлетворенности клиентов определялся путем рассмотрения минимального значения разницы между общим интегральным значением и интегральным значением для каждого лингвистического термина. Клиенты соглашались, что уровень удовлетворенности был на «среднем» показателе, а степень оптимизма - 0,5. Полученные данные свидетельствуют о том, что лингвистическая оценка практична и значима для измерения удовлетворенности клиентов.

Заключение. В данной статье разработана новая методика определения уровня удовлетворенности клиентов товарами и услугами торгового предприятия, использующего понятные и простые для клиента вопросы и варианты ответа для опросника, но при этом позволяющего определить уровень удовлетворенности клиента с использованием многих критериев и атрибутов, упомянутых в анкете. Полученные результаты полностью доказывают правомочность данной методики и ее практическую значимость. В данной работе показано значение лингвистического суждения при оценке удовлетворенности клиентов на основе десяти выбранных критериев качества обслуживания. Клиенты выразили свое восприятие

качества услуг в лингвистических терминах, выбрав число из представленной шкалы. Шкала преобразована в лингвистические термины, где вес был определен до объединения с нечеткими числами в соответствии с лингвистическими значениями. Наконец, нечеткая оценка качества обслуживания была преобразована в лингвистические термины путем ранжирования нечетких чисел и определения позиции с использованием интегрального значения, отражающего общий уровень качества обслуживания. Затем был определен общий уровень удовлетворенности клиентов. Уровень удовлетворенности клиентов, выраженный лингвистическими значениями, успешно отражает восприятие клиентов [17]. Нечеткие числа и лингвистические значения эффективно используются в качестве метода измерения качества обслуживания. Выявление представлений потребителей о качестве обслуживания может помочь руководству улучшить обслуживание и, в свою очередь, повысит их бизнес-позиции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Аксентьев А.А. Разработка системы принятия решений на основе нечеткой логики для анализа лояльности клиентов и управления отношениями / А.А. Аксентьев, А.С. Сизов // Проблемы теории и практики управления. – 2020. – №6. – с. 72-88.
2. Грязнова Н. Л. Возможности метода SERVQUAL для анализа сервиса в розничной торговле / Н.Л. Грязнова, О.В. Коновалова, Н.А. Плешкова // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50 №2. – С. 343-350.
3. Ляковский В.Л. Методика сбора, оценки и выбора инноваций: перспективы реализации / В.Л. Ляковский, Д.А. Саркисян // Компетентность. – 2020. – №8. – С. 6-11.
4. Щепакин М.Б. Исследование поведения потребителей розничных торговых сетей строительной отрасли методом семантического дифференциала / М.Б. Щепакин, М.В. Облогин, В.М. Михайлова // Практический маркетинг. – 2020. – №1 (275). – С. 23-28.
5. Щепакин М.Б. Управление развитием розничной торговой сети в условиях обострения конкуренции / М.Б. Щепакин, Г.В. Михеев // Экономика и предпринимательство. – 2015. – №3. – С. 226–230.
6. Щепакин М.Б. Классификационный аспект к оценке факторов, влияющих на экономический рост бизнеса / М.Б. Щепакин, В.М. Михайлова, Ю.В. Баженов [и др.] // Экономика и предпринимательство. – 2017. – №2–1 (79–1). – С. 1227–1230.
7. Лебедева Т.Е. Совершенствование организационного климата организации в новых условиях деятельности рынка / Т.Е. Лебедева, Т.В. Крылова, А.И. Бердникова, А.В. Лелекова // Московский экономический журнал. – 2020. – №5. – С. 798-805.
8. Белоусова М.Н. Применение нечеткого моделирования при оценке кризисного состояния предприятий / М.Н. Белоусова, А.А. Дашков // Вестник университета. – 2019. – №3. – С. 66-71.
9. Чуйкова Е.Н. Эвристический алгоритм формирования термов числовой лингвистической переменной / Е.Н. Чуйкова, В.В. Галушка // Бизнес-информатика. – 2018. – №3 (45). – С. 29-38.
10. Полещук О.М. Повышение эффективности оценки параметров технических систем на основе учета неопределенности разных типов / О.М. Полещук // Лесной вестник. – 2018. – Т. 22 №5. – С. 121-128.
11. Лабинский А.Ю. Использование нечеткой логики и нейронных сетей в системах автоматического управления / А.Ю. Лабинский, С.А. Нефедьев, Е.Н. Бардулин // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2019. – №1. – С. 44-50.
12. Лабинский А.Ю. Использование нечеткой логики в

решении задач классификации / А.Ю. Лабинский // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2018. – № 3. – С. 46-53.

13. Лабинский А.Ю. Многомерная классификация с использованием нечеткой логики / А.Ю. Лабинский // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2018. – №2. – С. 71-79.

14. Зёрнышкин А.Е. Модель оценки привлекательности поставщика товарно-материальных ценностей логистических компаний / А.Е. Зёрнышкин, А.С. Сизов, В.П. Добрица, А.А. Головин, Ю.А. Халин // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2019. – №3 (76). – С. 95-106.

15. Матросова М.К. Парадигма целостности в преломлении неклассической логики / М.К. Матросова // Вестник Томского государственного университета. – 2018. – №437. – с. 73-76.

16. Барановская Т.П. Блок нечетких моделей для расчета экономических параметров технологически интегрированной производственной системы / Т.П. Барановская, В.И. Лойко, Н.В. Ефанова, С.Н. Богославский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – №123 (09).

17. Мурагова Г.С. Исследование потребительской удовлетворенности и лояльности на региональном рынке минеральной воды / Г.С. Мурагова, О.Б. Ярош // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. – 2020. – Т15 №2. – с. 288-306.

Статья поступила в редакцию 30.12.2020

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 664.664

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0018

ХЛЕБОБУЛОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ НА РЖАНОЙ ЗАКВАСКЕ С ЧЕРЕМУХОВОЙ МУКОЙ

© 2021

Бочкарева Зенфира Альбертовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые производства»

Пчелинцева Ольга Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые производства»

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

Аннотация. Статья посвящена разработке технологии мелкоштучных булочных изделий на ржаной закваске с частичной заменой муки пшеничной высшего сорта черемуховой мукой. Черемуховая мука представляет собой продукт из сушеных ягод, перемолотых с косточками до порошкообразного состояния. Плоды черемухи и соответственно муку из нее можно отнести к одним из функциональных ингредиентов. Одним из направлений в хлебопечении является использование натуральных заквасок. Это связано с тем, что хлебобулочные изделия на закваске имеют неповторимый аромат хлеба, полезны для организма человека, хорошо удерживают форму, обладают бактерицидными свойствами. Проведены органолептические исследования готовых изделий, по результатам которых выявлено, что все изделия на закваске из ржаной цельнозерновой муки с частичной заменой пшеничной муки на черемуховую в количестве 10, 15, 20, 30, 35% имеют высокие органолептические показатели. С увеличением количества черемуховой муки происходит снижение энергетической ценности изделий, увеличивается количество пищевых волокон, минеральных веществ и витаминов. Кислотность в образцах возрастает от 1,33% до 8% с повышением количества черемуховой муки, т.к. содержание органических кислот в черемуховой муке выше, чем в пшеничной муке высшего сорта. Поэтому можно считать, что черемуховая мука является средством повышения кислотности, что влияет на ускорение созревания теста.

Ключевые слова: изделия, хлебобулочные, мука, черемуховая, цельнозерновая, ржаная, закваска.

BAKERY PRODUCTS ON RYE SOURDOUGH WITH BIRD-CHERRY FLOUR

© 2021

Bochkareva Zenfira Albertovna, candidate of technical sciences,
associate professor of the department "Food Production"

Pchelinceva Olga Nikolaevna, candidate of technical sciences,
associate professor of the department "Food Production"

*Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11,
e-mails: bochkarijevaz@mail.ru, pchelincevaon@yandex.ru)*

Abstract. The article is devoted to the development of technology for small-piece bakery products based on rye sourdough with partial replacement of premium wheat flour with bird cherry flour. Bird cherry flour is a product made from dried berries, ground with seeds to a powdery state. Bird cherry berries and, accordingly, flour from it can be attributed to one of the functional ingredients. One of the directions in baking is the use of natural starter cultures. This is due to the fact that sourdough baked goods have a unique flavor of bread, are useful for the human body, keep their shape well, and have bactericidal properties. Organoleptic studies of finished products were carried out, according to the results of which it was revealed that all products based on a sourdough from whole grain rye flour with partial replacement of wheat flour for bird cherry flour in the amount of 10, 15, 20, 30, 35% have high organoleptic characteristics. With an increase in the amount of bird cherry flour, the energy value of products decreases, the amount of dietary fiber, minerals and vitamins increases. With an increase in the dosage of bird cherry flour in the product samples, the acidity increases from 1.33% to 8%, because the content of organic acids in bird cherry flour is higher than in premium wheat flour. Therefore, we can assume that bird cherry flour is a means of increasing acidity and accelerated maturation of the dough.

Keywords: products, bakery, flour, bird cherry, whole grain, rye, sourdough.

Введение. Расширение ассортимента хлебобулочных изделий и мучных кулинарных изделий с использованием натуральных пищевых добавок с целью обеспечения населения страны сбалансированными и функциональными продуктами является важной задачей, стоящей перед пищевыми производствами. Для ее решения целесообразным является обогащение изделий с использованием новых видов сырья, в том числе и нетрадиционного. К нетрадиционным видам сырья можно отнести муку, получаемую в ходе переработки различных видов растений и плодов [1-4].

Использование данной муки позволяет создать новые виды хлебобулочных и мучных кулинарных изделий различного назначения с улучшенными функциональными свойствами.

Сейчас черемуховая мука становится все популярнее. И дело не только в удивительном вкусе выпечки, но и в полезных свойствах муки. Черемуховая мука низкокалорийна, оказывает благотворное влияние на кишечник и желудок, укрепляет нервную систему, понижает уровень холестерина в крови, обладает противовоспалительными свойствами. Плоды чере-

мухи и соответственно муку из нее можно отнести к ингредиентам, положительно влияющим на функции организма человека. Все эти свойства муки заставили обратить на себя внимание ряда ученых, в работах которых отражены исследования, как свойств самой черемуховой муки, так и изделий с ней [5-14].

С ростом разнообразия выпечки в последние десятилетия хлебобулочная промышленность сосредоточилась в первую очередь на быстрых производственных процессах, и здесь хлебопекарные дрожжи были и остаются незаменимыми. Однако в последние годы хлебопеки все чаще возвращаются к традициям и к процессам хлебоприготовления, характеризующимся длительным периодом брожения и расстойки теста. От добавления дрожжей в производстве можно отказаться полностью. И в отношении ржаного хлеба данный факт был известен и применялся издревле, ведь благодаря использованию опары или закваски можно было естественным способом сократить или даже полностью отказаться от использования дорогостоящего ингредиента. Развитие хлебопечения на заквасках продолжается и за счет развития малых и средних пекарен, в которых разрабатывают новые рецептуры и технологии хлебобулочных изделий. Одним из направлений является использование натуральных заквасок. Это связано с тем, что изделия на закваске имеют неповторимый аромат хлеба, полезны для организма человека, хорошо удерживают форму, обладают бактерицидными свойствами [15,16].

Для производства хлебобулочных изделий можно использовать различные виды заквасок, но возможно и использование закваски из цельнозерновой ржаной муки.

Польза цельнозерновой муки заключается в полном сохранении богатого состава при переработке. Она насыщает организм такими ценными микроэлементами как кремний, марганец, магний, селен, железо, медь и др. Сама по себе ржаная мука входит в число продуктов, лидирующих по содержанию антиоксидантов [17].

Целью исследования являлась разработка рецептуры и технологии мелкоштучных булочных изделий с использованием черемуховой муки и закваски из ржаной цельнозерновой муки.

Основными объектами исследования в работе являлись:

– сырье: мука черемуховая (ТУ 9164-001-96696443-2008) «С.Пудовъ», мука ржаная цельнозерновая (ГОСТ 7045-2017);

– готовое изделие: булочка «Пасагеле» на ржаной закваске (из ржаной обдирной муки) по рецептуре 157 [18] - контрольный образец без добавления черемуховой муки;

– опытные образцы с добавлением черемуховой муки в количестве 10, 15, 20, 30, 35 % на закваске из цельнозерновой ржаной муки.

Количественное соотношение компонентов определено опытным путем как оптимальное для получения булочных изделий требуемого качества.

Технологический процесс приготовления мелкоштучных булочных изделий предусматривал подготовку сырья стандартными способами, приготовление густой ржаной закваски из цельнозерновой муки, замес теста, брожение, разделку, выпечку.

Отдельным этапом является приготовление густой закваски. Для этого цельнозерновую муку и воду комнатной температуры смешивают в равных количествах и помещают в помещение с температурой выше 25 градусов по Цельсию. В течение четырех дней производят подкормку закваски в соотношении муки и воды 1:1. Готовность закваски определяют по органолептическим показателям и кислотности, предусмотренной технологическим режимом. Она приобретает запах свойственный ржаной муке с ароматом орехов, при этом без резкого запаха кислоты. Во время брожения происходит увеличение закваски в 2-2,5 раза.

Исследования проведены на базе кафедры пищевых производств ФГБОУ ВО ПензГТУ и ООО «Дионис».

В работе использовали общепринятые методы оценки свойств сырья, полуфабрикатов и качества готовых изделий. Образцы готовых изделий изучали с использованием общепринятых методов исследования: отбор проб и подготовку готовых изделий производили - по ГОСТ 5904-82, органолептические показатели определяли по ГОСТ 27844-88, массовую долю влаги - по ГОСТ 5900-73; кислотность - по ГОСТ 5670-96; массовую долю клетчатки - по Кюршнеру и Ганеку; пищевую и энергетическую ценность – расчетным методом.

Материалы и результаты исследования. На первом этапе исследований производилось комплексное изучение качественных характеристик черемуховой и ржаной цельнозерновой муки, а так же было произведено обоснование их использования в производстве булочных изделий.

Для оценки изменения качественных характеристик хлебобулочных изделий были проведены исследования с образцами с частичной заменой пшеничной муки высшего сорта на черемуховую в: образце №1 - замена части пшеничной муки 10% черемуховой муки; образце №2 - 15% черемуховой муки; образце №3 - 20% черемуховой муки; образце №4 - 30% черемуховой муки; образце №4 - 35% черемуховой муки.

Органолептические показатели черемуховой муки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Органолептические показатели черемуховой муки

Наименование показателя	Характеристика
Цвет	Темно коричневый, свойственный высушенной черемухе
Запах	Ярко-выраженный аромат черемухи
Вкус	Свойственный ягодам черемухи, сладковатый с легкой горчинкой

Таким образом, использование черемуховой муки в хлебопечении допустимо как для расширения ассортимента, придания новых вкусовых свойств, так и для повышения пищевой ценности.

Другим важным объектом исследования является ржаная цельнозерновая мука. Мука входит в состав закваски, применяемой в рецептуре, является минимально обрабатываемым продуктом, наиболее полезным видом ржаной муки, содержащим 10,7 г белков, 12,4 г пищевых волокон, удовлетворяет более 15% суточной потребности в витаминах *B₁*, *B₆*, *B₉*, *E*, *PP*, и таких минеральных веществах как калий, магний, железо [19].

Таким образом, использование черемуховой муки и цельнозерновой ржаной муки будет способствовать повышению количества пищевых волокон за счет повышенного содержания их в цельнозерновой ржаной муке и черемуховой муке, снижению энергетической ценности изделий вследствие низкой калорийности черемуховой муки по сравнению с пшеничной мукой.

Рецептуры булочек с частичной заменой пшеничной муки высшего сорта на черемуховую представлены в таблице 2.

В таблице 3 представлена расчетная [20] пищевая и энергетическая ценность образцов.

Таблица 2 – Рецептуры булочек с частичной заменой пшеничной муки высшего сорта на черемуховую

Наименование сырья	Контрольный образец	Масса нетто, г				
		Количество черемуховой муки, заменяющей муку пшеничную высшего сорта, %				
		10	15	20	30	35
Мука пшеничная в/с	100	90	85	80	70	65
Мука черемуховая	-	10	15	20	30	35
Соль	1	1	1	1	1	1
Закваска на ржаной цельнозерновой муке	30	30	30	30	30	30
Сахар	10	10	10	10	10	10
Маргарин	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Молоко обезжиренное	30	30	30	30	30	30
Меланж	0,15	1	1	1	1	1
Масло растительное на смазку	1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Всего сырья	180,65	180,65	180,65	180,65	180,65	180,65

Таблица 3 – Пищевая и энергетическая ценность булочных изделий с черемуховой мукой

Показатели	Контрольный образец	Количество черемуховой муки, заменяющей муку пшеничную высшего сорта, %				
		Количество черемуховой муки, заменяющей муку пшеничную высшего сорта, %				
		10	15	20	30	35
Белки, г	7,2	6,7	6,5	6,2	5,9	5,7
Жиры, г	3,7	3,6	3,6	3,5	3,5	3,4
Углеводы, г	51,7	47	45,7	45	43	42,2
Пищевые волокна	2,2	2,67	2,95	3,14	3,62	3,97
Энергетическая ценность, ккал	268	247	241	236	227	222

Как видно из таблицы 3, с увеличением количества черемуховой муки происходит снижение энергетической ценности изделий, это связано с уменьшением массовой доли углеводов, а также происходит увеличение массовой доли пищевых волокон. Так, энергетическая ценность пятого образца уменьшилась на 15%, а третьего на 10% по отношению к контрольному образцу. Снижение количества углеводов связано с низким их содержанием в черемуховой муке (22

г/100г) [6] по сравнению с содержанием углеводов в пшеничной муке высшего сорта (69,8 г/100г) [6]. Массовая доля белка немного снижается в изделиях с частичной заменой пшеничной муки на черемуховую, это связано с меньшим количеством белков в черемуховой муке по сравнению с пшеничной. Содержание белков в ржаной закваске одинаковое, поэтому не оказывает влияния на содержание белков в изделиях в целом. Клетчатка является одним из важнейших компонентов, оказывающих влияние на функционирование организма, в особенности на деятельность желудочно-кишечного тракта, поступает она в основном с овощами и фруктами, но из-за недостаточного потребления овощей возможен недостаток клетчатки в организме. Булочные изделия с черемуховой мукой и на закваске из ржаной цельнозерновой муки являются источником пищевых волокон, благодаря высокому содержанию их в плодах черемухи.

В результате исследований органолептических показателей изделий было установлено, что при увеличении количества черемуховой муки происходит усиление цвета, запаха и вкуса.

Цвет контрольного образца светлый, в исследуемых образцах с постепенным увеличением дозировки черемуховой муки происходит переход от светлого к темно-коричневому.

Самым насыщенным запахом и вкусом обладают образцы №4 и №5, они обладают более выраженным ароматом черемухи с миндальным привкусом. Все образцы обладают гладкой поверхностью без трещин, правильной формой изделия, структура мелкопористая, цвет шоколадный.

Кислотность хлебобулочных изделий является важным показателем, влияющим на технологические процессы в тесте и способствующим формированию вкуса [21]. С увеличением дозировки в образцах с черемуховой мукой увеличивается кислотность на 1,33-8%, т.к. содержание органических кислот в черемуховой муке выше, чем в пшеничной муке высшего сорта. Поэтому можно считать, что черемуховая мука является средством повышения кислотности и ускоренного созревания теста. Кислотность образцов не превысила 10°, что не превышает нормируемых показателей.

Показатели содержания макроэлементов в исследуемых образцах являются достаточно высокими (калий 137,5-145 мг/100 г, кальций 31-33,3 мг/100 г). Использование в технологии булочных изделий черемуховой муки и закваски на ржаной цельнозерновой муке является целесообразным с точки зрения улучшения минерального состава изделий, т.к. количество магния увеличивается по сравнению с контрольным образцом на 43-56%, калия – на 22-32%, кальция – на 18-22 %.

Стоит заметить, что булочные изделия являются источником витаминов группы *B*, витамина *PP*, *E*. В составе разрабатываемых образцов обнаружен витамин *B₃*, которого нет в контрольном образце. Данные витамины не вырабатываются организмом, поэтому

важным является их поступление в организм вместе с продуктами питания. Так никотиновая кислота (PP) является стабилизатором уровня сахара в крови, способствует улучшению кровообращения, влияет на нормальную работу головного мозга и зрительной системы, участвует в процессах, направленных на предотвращение образования обычных клеток в раковые. Последнее является наиболее актуальным на сегодняшний день. Улучшение витаминного состава связано и с заменой ржаной муки на ржаную цельнозерновую. Содержание витамина PP в готовых изделиях на ржаной цельнозерновой закваске составило от 2,3 до 2,6 мг/100г, витамина B_1 – 0,2-0,26 мг/100г, E – 0,8-0,12 мг/100г. Таким образом, булочное изделие с черемуховой мукой и ржаной закваской на цельнозерновой муке будет удовлетворять суточную потребность в витамине PP на 9,5-10%, B_1 – на 12-14%, E – на 8-12%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Шлеленко, Л.А. Использование овощных и фруктовых порошков в хлебопечении/О.Е. Тюрина, А.Е. Борисова, Е.В. Невская, Е.И. Добрын // Хлебопродукты.–2014.–№7.– С. 42-43.
2. Анашкина П.Ж. Использование нетрадиционных видов растительного сырья в производстве хлебобулочных изделий/ П.Ж. Анашкина, Е.В. Москвичева, И.А. Тимошенкова// Екатеринбург, Международный научно-исследовательский журнал.–2020.–№ 8-1 (98).– С. 105-110.
3. Бочкарева, З.А. Совершенствование технологии вафельных изделий с использованием порошка тыквы/ З.А. Бочкарева// Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4. – С. 74-79.
4. Канарская, З.А. Тенденции развития технологии кондитерских изделий/ З.А. Канарская, Ф.К. Хузин, А.Р. Ивлева, В.М. Гематдинова// Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – № 3 (69). – С. 195-204.
5. Типсина, Н.Н. Перспективы использования черемухи обыкновенной/Н.Н. Типсина, Н.Ю. Яковчик, С.В. Глазырин// Вестник КрасГАУ.–2013.–№ 10 (85).– С.262-270
6. Щербакова, Е.И. Обоснование использования черемуховой муки в производстве булочных изделий/ Вестник Южно-Уральского государственного университета. –2016.–Т.4, № 1. – С. 103-111.
7. Фомина, Т.Ю. К вопросу использования черемуховой муки в производстве бисквитных полуфабрикатов. Т.Ю. Фомина, И.В. Калинина// Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2016. – Т. 4.– № 3.– С. 55-63.
8. Иродова, Н.С. Товароведно-технологические аспекты использования плодов черемухи и продуктов их переработки в производстве мучных кондитерских изделий: дисс...канд. техн. наук : 05.18.15 / Н.С. Иродова/ [Место защиты: Кемер. технол. ин-т пищевой пром.].– Кемерово, 2009.– 166 с
9. Пирожкова, П.О. Разработка рецептуры кекса с добавлением черемуховой муки/ П.О. Пирожкова, В.А. Терентьев// Иваново, Проблемы науки. – 2019. – №7 (43). – С. 49-52.
10. Фомина, Т.Ю. Исследование качества мучных кондитерских изделий с нетрадиционным растительным сырьем/ Т.Ю. Фомина, Р.И. Фаткуллин, Ю.В. Корвякова, К.А. Порошина// Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2018. – Т. 6., № 3. – С. 42-48.
11. Лобосова, Л.А. Песочно-выемное печенье нового состава/ Л.А. Лобосова, М.Г. Магомедов, А.С. Решетнева, А.З. Магомедова// Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. – 2016.–№4 (26). – С. 11-12
12. Дымчук, А.В. Бисквитные полуфабрикаты функционального назначения с добавлением черемуховой муки. – Аллея науки. 2020. – Том 1, № 6 (45). – С.128-131.
13. Щербакова, И.Г. Исследование влияния муки из ягод дикорастущей черемухи на качество и скорость черствения хлебобулочных изделий/ И.Г. Щербакова, Ю.И. Зубцова//Статья в сборнике трудов конференции: Потребительский рынок

Заключение. Обоснован выбор сырья для производства мелкоштучных булочных изделий с частичной заменой пшеничной муки высшего сорта на черемуховую муку с использованием густой ржаной закваски на цельнозерновой муке. Установлено, что все исследуемые образцы имеют органолептические показатели, соответствующие ГОСТ 27844-88. При увеличении количества черемуховой муки происходит усиление цвета, запаха и вкуса. Энергетическая ценность образцов изделий уменьшается с увеличением количества черемуховой муки, имеющей более низкую калорийность по сравнению с мукой пшеничной высшего сорта. Содержание пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ в исследуемых образцах увеличивается, что дает основание утверждать о повышении пищевой ценности разработанных булочных изделий.

Евразии: современное состояние, теория и практика в условиях евразийского экономического союза и ВТО. Екатеринбург, 30–31 марта 2015. С. 178-181.

14. Кретова, Ю.И. Перспективы использования черемуховой муки в кондитерском производстве/ Ю.И. Кретова, Т.Ю. Фомина//Статья в сборнике трудов конференции: Приоритетные направления развития пищевой индустрии. Ставрополь, 25–26 января 2016. С. 350-356.

15. Османьян, Р.Г. Влияние чистых культур заквасочных микроорганизмов на формирование вкуса и аромата ржаного заварного хлеба. – Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. 2010. – № 1. – С. 70.

16. Сурмач, Э.М. Инновационная технология кексов из ржаной муки с использованием закваски/ Э.М. Сурмач, Л.И. Кузнецова// В сборнике научных трудов VIII Международной конференции молодых учёных и специалистов: Фундаментальные и прикладные исследования по безопасности и качеству пищевых продуктов. – Видное, 04–05 декабря, 2014.– С. 280-286.

17. Rehman S., Paterson A., Piggott J.R. Flavour in sourdough breads: a review// Trends in Food Science & Technology. – 2006. – 17. – P.557-566.

18. Ершов, П.С. Сборник рецептов на хлеб и хлебобулочные изделия. - СПб. – 191с.

19. Киселева, С.И. Разработка мучных кондитерских изделий на основе цельнозерновой ржаной муки / С.И. Киселева, Е.С. Бычкова// Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2017. –№3 (44). – С. 8-13

20. Скурихин И.М. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник/ под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт. – 2002. – 236 с.

21. Кольман О.Я., Иванова Г.В., Никулина Е.О. Влияние ягодного порошка на хлебопекарные свойства пшеничной муки// Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2012. №2 (3). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-yagodnogo-poroshka-na-hlebopekarnye-svoystva-pshenichnoy-muki> (дата обращения: 05.02.2021).

Статья поступила в редакцию 28.01.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 630.181

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0019

ПОЛИФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И АНТИОКСИДАНТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

© 2021

Праскова Юлия Александровна, старший преподаватель
кафедры «Экономической теории и государственного управления»
Фролова Нина Анатольевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности»
Шкрабтак Наталья Викторовна, доктор технических наук,
профессор кафедры «Экономической теории и государственного управления»
Амурский государственный университет
(675027, Россия, Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 21,
e-mails: stennna@rambler.ru, ninelfr@mail.ru, mmip2013@mail.ru)
Степакова Наталья Николаевна, преподаватель кафедры
естественно-научных и общетехнических дисциплин
*Дальневосточное высшее общевойсковое командное училище
имени Маршала Советского Союза К.К. Рокоссовского*
(675000, Россия, г. Благовещенск, ул. Ленина 158, e-mail: kitex74@mail.ru)

Аннотация. Плодовое сырье Дальневосточного региона содержит широкий спектр нутриентов, и отличается уникальностью химического состава. Богатый химический состав винограда Амурского и калины обыкновенной находят свое применение в лечении и профилактике многих заболеваний. Однако несмотря на известный в литературных данных химический состав плодов калины обыкновенной и винограда Амурского их антиоксидантные свойства, фенолы, транс-ресвератрол и кверцетин изучены недостаточно полно, что определило дальнейшую цель наших исследований. Проведенные исследования показали, что содержание транс-ресвератрола в кожце винограда амурского составило - $155,4 \pm 0,2$ мг/кг, кверцетина - $5,38 \pm 0,01$ мг/кг, общее содержание фенолов - $1054,2 \pm 1,5$ ммоль/кг, способность улавливать радикалы составляет - $151,6 \pm 4,3$ ммоль/кг. Содержание транс-ресвератрола в кожце калины обыкновенной составило - $5,4 \pm 0,2$ мг/кг, кверцетина - $1,19 \pm 0,01$ мг/кг, общее содержание фенолов - $257,6 \pm 1,5$ ммоль/кг, способность улавливать радикалы составляет - $48,1 \pm 4,3$ ммоль/кг. Содержание транс-ресвератрола в соке винограда Амурского составило - $6,25 \pm 0,2$ мг/кг, кверцетина - $3,27 \pm 0,01$ мг/кг, общее содержание фенолов - $835,2 \pm 1,5$ ммоль галловой кислоты/л, антиоксидантный потенциал - $49,3 \pm 4,3$ ммоль эквивалент тролокса/л. Содержание транс-ресвератрола в соке калины обыкновенной составило - $0,38 \pm 0,2$ мг/кг, кверцетина - $0,92 \pm 0,01$ мг/кг, общее содержание фенолов - $136,2 \pm 1,5$ ммоль галловой кислоты/л, антиоксидантный потенциал - $27,5 \pm 4,3$ ммоль эквивалент тролокса/л. Также в ходе проведения исследования нами была обнаружена положительная корреляция между содержанием транс-ресвератрола и кверцетина, а также их связь с антиоксидантным потенциалом, измеренным методом DPPH. Коэффициент корреляции между антиоксидантным потенциалом и транс-ресвератролом оказался самым высоким, 0,9295, поэтому вклад транс-ресвератрола в антиоксидантный потенциал был больше, чем у кверцетина (0,7834) и общего содержания фенолов (0,8235). Актуальность данных исследований имеет практическое значение, с точки зрения использования плодов калины обыкновенной и винограда Амурского в продуктах функционального назначения с высоким содержанием антиоксидантных комплексов и могут способствовать повышению неспецифической резистентности организма к неблагоприятным факторам внешней среды.

Ключевые слова: виноград амурский, калина обыкновенная, транс-ресвератрол, кверцетин, фенолы, антиоксидантный потенциал.

POLYPHENOLIC COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT POTENTIAL OF VEGETABLE RAW MATERIALS OF THE FAR EAST

© 2021

Praskova Yulia Alexandrovna, art. Lecturer at the Department of Economic Theory and Public Administration
Frolova Nina Anatolievna, candidate of Technical Sciences, associate Professor of the Department of Life Safety
Shkrabtak Natalya Viktorovna, doctor of Technical Sciences,
professor of the Department of Economic Theory and Public Administration
*Amur State University (675027, Russia, Blagoveshchensk, Ignatievskoe highway, 21,
e-mails: stennna@rambler.ru, ninelfr@mail.ru, mmip2013@mail.ru)*
Stepakova Natalya Nikolaevna, lecturer at the Department of Natural Sciences and General Technical Disciplines
*Far Eastern Higher Combined Arms Command School named
after Marshal of the Soviet Union K.K. Rokossovsky*
(675000, Russia, Blagoveshchensk, Lenin st. 158, e-mail: kitex74@mail.ru)

Abstract. Fruit raw materials of the Far Eastern region contain a wide range of nutrients and are distinguished by

their unique chemical composition. The rich chemical composition of Amur grapes and *Viburnum vulgare* is used in the treatment and prevention of many diseases. However, despite the chemical composition of the fruits of *Viburnum vulgare* and Amur grapes, known in the literature, their antioxidant properties, phenols, trans-resveratrol and quercetin have not been fully studied, which determined the further purpose of our research. Studies have shown that the content of trans-resveratrol in the skin of Amur grapes was 155.4 ± 0.2 mg / kg, quercetin - 5.38 ± 0.01 mg / kg, the total content of phenols - 1054.2 ± 1.5 mmol / kg, the ability to trap radicals is 151.6 ± 4.3 mmol / kg. The content of trans-resveratrol in the peel of the common guelder-rose was $5.4 / 0.2$ mg / kg, quercetin - 1.19 ± 0.01 mg / kg, the total phenol content - 257.6 ± 1.5 mmol / kg, the ability to trap radicals is - 48.1 ± 4.3 mmol / kg. The content of trans-resveratrol in the juice of the Amur grape wine was 6.25 ± 0.2 mg / kg, quercetin - 3.27 ± 0.01 mg / kg, the total phenol content - 835.2 ± 1.5 mmol of gallic acid / l, antioxidant potential - 49.3 ± 4.3 mmol equivalent of trolox / l. The content of trans-resveratrol in the juice of *Viburnum* ordinary was - 0.38 ± 0.2 mg / kg, quercetin - 0.92 ± 0.01 mg / kg, the total content of phenols - 136.2 ± 1.5 mmol of gallic acid / l, antioxidant potential - 27.5 ± 4.3 mmol equivalent of trolox / l. Also in the course of the study, we found a positive correlation between the content of trans-resveratrol and quercetin, as well as their relationship with the antioxidant potential measured by the DPPH method. The correlation coefficient between antioxidant potential and trans-resveratrol was the highest, 0.9295, so the contribution of trans-resveratrol to the antioxidant potential was greater than that of quercetin (0.7834) and total phenols (0.8235). The relevance of these studies is of practical importance, from the point of view of the use of the fruits of *Viburnum vulgare* and Amur grapes in functional products with a high content of antioxidant complexes and can contribute to an increase in the body's non-specific resistance to unfavorable environmental factors.

Keywords: *Vitis amurensis* Rupr, *Viburnum opulus*, trans-resveratrol, quercetin, phenols, antioxidant potential.

Введение. Дикорастущие плоды Дальневосточного региона содержат широкий спектр нутриентов, и отличаются уникальностью химического состава. Плоды можно употреблять в свежем и замороженном виде или использовать продукты их переработки для получения джемов, соков, напитков, кондитерских изделий и другие.

Среди традиционных плодов, собираемых ежегодно на территории Дальневосточного региона, существуют и недостаточно используемые виды, которые дают плоды с особыми, довольно необычными сенсорными качествами, что предопределяет потребление их в пищу только в свежем виде. Однако в последнее время некоторые из таких видов плодов привлекают все больший интерес как перспективные источники полезных для здоровья биоактивных соединений, химический состав которых до сих пор изучается [1-3].

Плоды калины обыкновенной (*Viburnum opulus* L.) и винограда Амурского (*Vitis amurensis*) произрастают в лесных массивах Дальневосточного региона. Ареалы произрастания этих плодов велики, биологический запас плодов составляет 1863 тыс.т. [4]. Переработка дикорастущего сырья, в частности плодов является одной из приоритетных задач развития Дальневосточного региона согласно постановлению губернатора В.А. Орлова.

Амурский виноград (*Vitis amurensis* Rupr.) был выделен в самостоятельный вид в 1857 году академиком Рупрехтом, который сделал и его первое ботаническое описание. Ягоды винограда Амурского округлые, черные или синие, с 1-4 семенами, с неокрашенной мякотью и толстой кожицей. Размер варьируются значительно в интервале от 8 до 16 мм, сами ягоды также различаются по плотности кожицы, срокам созревания, сахаристости сока. По чистоте вкуса и аромата амурский виноград ближе к европейско-азиатскому в сравнении с другими видами. Богатый химический

состав винограда амурского находит свое применение в лечении и профилактике многих заболеваний [5-8]. Уникальным в химическом составе винограда Амурского являются *de novo* соединения с небольшими молекулами, называемыми фитоалексинами (от греческого *phytos* - «растение» и *alekein* - «отбиваться»). Эти вторичные метаболиты отвечают за защиту растений от различных биотических и абиотических факторов, таких как бактерии, грибки и ультрафиолетовое облучение. Биоантиоксиданты, производимые виноградным веществом, называемым фенольными соединениями. Они обладают высоким потенциалом [9-11] и в процессе экстрагирования переходят из твердых частей ягод в экстракт.

Использование винограда Амурского для производства биологически активных веществ находится на стадии разработки. Особую роль играет также использование ягод винограда Амурского в пищевой промышленности для создания продуктов функционального назначения. С практической точки зрения применения ягод Дальневосточного региона местными предприятиями является весьма актуальным направлением, однако пищевая промышленность нуждается в быстрых, недорогих и простых в использовании методов рутинного анализа винограда и продуктов его переработки. Новым не разрушающим методом требующим минимальной подготовки образца с достаточно широкими возможностями для использования в пищевой промышленности является спектроскопия в ближней инфракрасной области [12-13]. Рассматриваемое нами плодородное сырье является источником различных соединений с антиоксидантными свойствами (витамин С, α -токоферол (витамин Е), каротиноиды, хлорофиллы, фенольные соединения и т.д.).

Калина обыкновенная (*Viburnum opulus*) – это растение, принадлежащее к роду *Viburnum* L. из семейства *Adoxaceae*. Несмотря на терпко-горько-кислый

вкус калины, она используются в традиционном производстве, например, для изготовления мармеладов, джемов, ликеров и травяных чаев [14]. Калина широко используется в лечебно-профилактических целях. Сок калины традиционно используется для лечения таких заболеваний, как кашель, простуда, туберкулез, ревматические боли, язвы, заболевания печени, диабет и гипертония, а также для предотвращения некоторых проблем с желудком и почками [15]. Транс-ресвератрол, содержащийся в плодах калины обыкновенной и винограда Амурского, принадлежит к подгруппе полифенолов стилбена, и обладает антиоксидантными, кардиозащитными, противораковыми, антидиабетическими и противовоспалительными свойствами. Доказано, что некоторые избранные природные и синтетические соединения работают в синергии с транс-ресвератролом. Один из них - кверцетин. Различными исследованиями подтвержден его антиоксидантный потенциал, а также противоаллергическое, противоопухолевое, противовоспалительное и противовирусное действие [16]. Кроме того, кверцетин, усиливает защитный эффект транс-ресвератрола в качестве антиоксиданта, противовоспалительного, сердечно-сосудистого и средства против ожирения [17].

Однако несмотря на известный в литературных данных химический состав плодов калины обыкновенной и винограда Амурского их антиоксидантные свойства, содержание фенолов, транс-ресвератрола и кверцетина изучены недостаточно полно, что определило дальнейшую цель наших исследований.

Целью исследований явилось определение содержания полифенольных соединений и антиоксидантного потенциала в продуктах переработки плодов винограда Амурского и калины обыкновенной и продуктах его переработки с помощью спектроскопии в ближней инфракрасной области. Объектами исследования явились кожица плодов винограда амурского и калины обыкновенной и сок прямого отжима. Основной методикой для определения фенольных веществ является спектрофотометрический метод с реактивом *Folin-Ciocalteu* [18]. Для анализа использовался спектрометр *NIRS DS2500*.

Исследование способности улавливать свободные стабильные радикалы по радикалу *DPPH* (1,1-дифенил-2-пикрилгидразил) является одним из старейших методов исследования антиоксидантной активности [18]. Статистический анализ проводился с помощью программы *Statistica*. Все аналитические определения были выполнены в трех экземплярах, и были представлены средние значения \pm стандартное отклонение.

Материалы и результаты исследования. В настоящее время наблюдается отрицательная динамика средней продолжительности населения Дальневосточного региона и России в целом. Увеличение алиментарно-зависимых заболеваний, таких как сердечно-сосудистые, онкологические заболевания и др., способствует снижению данного показателя и повышению смертности [20].

Антиоксидантные комплексы защищают клетки

человека от активных форм кислорода и азота. Они могут превращать свободные радикалы в нерадикальные соединения, разрывать цепную реакцию окисления липидов, ингибировать прооксидантные ферменты и хелатировать ионы металлов, среди прочего. Следовательно, продукты питания с введением антиоксидантных комплексов, могут оказывать значительное влияние на профилактику и прогрессирование различных заболеваний, связанных с окислительным стрессом [17].

В ходе проведения исследований был проведен количественный анализ основных групп биологически активных веществ в свежих плодах и соках прямого отжима плодов винограда Амурского и калины обыкновенной. Особый интерес для нас представляло содержание так называемые минорных биологически активных веществ. К ним относятся фенольные соединения, которые обладают специфическим биологическим влиянием на разнообразные функции отдельных метаболических систем и организма в целом [20]. Фенольные соединения представляют собой большую группу вторичных метаболитов растений, которые содержат одно или несколько ароматических колец, несущих одну или несколько гидроксильных групп. Растения производят огромное количество фенольных соединений. Их структуры могут варьироваться от простой фенольной молекулы (например, фенольных кислот и фенольных спиртов) до структуры полифенола (например, стилбенов, флавоноидов) и сложного высокомолекулярного полимера (гидролизуемые и конденсированные танины). Кроме того, они встречаются в свободных и конъюгированных формах с кислотами, сахарами или другими водорастворимыми, или жирорастворимыми соединениями [18]. Содержание биологически активных соединений и антиоксидантная активность в кожице и соках винограда амурского и калины обыкновенной представлено в таблице 1.

Проведенные исследования показали, что содержание транс-ресвератрола в кожице винограда амурского составило $155,4 \pm 0,2$ мг/кг, кверцетина - $5,38 \pm 0,01$ мг/кг, что составляет 17,9 % от рекомендуемой суточной дозы, общее содержание фенолов $1054,2 \pm 1,5$ ммоль/кг, способность улавливать радикалы составляет $151,6 \pm 4,3$ ммоль/кг (табл. 1). Таким образом, 70 г. кожицы винограда амурского удовлетворяют суточную потребность организма в ресвератроле.

Содержание транс-ресвератрола в кожице калины обыкновенной составило $5,4 \pm 0,2$ мг/кг, что составляет 54,0 % от рекомендуемой суточной дозы, кверцетина - $1,19 \pm 0,01$ мг/кг, что составляет 3,9 % от рекомендуемой суточной дозы, общее содержание фенолов $257,6 \pm 1,5$ ммоль/кг, способность улавливать радикалы составляет $48,1 \pm 4,3$ ммоль/кг.

Далее был проанализирован сок прямого отжима, полученный из винограда амурского и калины обыкновенной. В результате исследования было установлено, что содержание транс-ресвератрола в соке винограда амурского составило $6,25 \pm 0,2$ мг/кг, что

составляет 62,5 % от рекомендуемой суточной дозы, кверцетин - $3,27 \pm 0,01$ мг/кг, что составляет 10,9 % от рекомендуемой суточной дозы. Общее содержание фенолов $835,2 \pm 1,5$ ммоль галловой кислоты/л, антиоксидантный потенциал - $49,3 \pm 4,3$ ммоль эквивалент тролокса/л.

Таблица 1 – Содержание биологически активных соединений в кожце и соках винограда амурского и калины обыкновенной

Показатель	Виноград амурский	Калина обыкновенная	Адекватный суточный уровень потребления согласно МР 2.3.1.1915-04, мг/сут
Кожца плодов			
Транс-ресвератрол, мг/кг	155,4±	5,4±	10
Кверцетин, мг/кг	5,38±	1,19±	30
Общее содержание фенолов, ммоль/кг	1054,2±	257,6±	-
Антиоксидантная активность, ммоль/кг	151,6±	48,1±	-
Сок прямого отжима			
Транс-ресвератрол, мг/кг	6,25±	0,38±	10
Кверцетин, мг/кг	3,27±	0,92±	30
Общее содержание фенолов, ммоль галловой кислоты/л	835,2±	136,2±	-
Антиоксидантная активность, ммоль эквивалент тролокса/л	49,3±	27,5±	-

Содержание транс-ресвератрола в соке калины обыкновенной составило $0,38 \pm 0,2$ мг/кг, что составляет 3,8 % от рекомендуемой суточной дозы, кверцетина - $0,92 \pm 0,01$ мг/кг, что составляет 3,1 % от рекомендуемой суточной дозы. Общее содержание фенолов $136,2 \pm 1,5$ ммоль галловой кислоты/л, антиоксидантный потенциал - $27,5 \pm 4,3$ ммоль эквивалент тролокса/л.

Также в ходе проведения исследования нами была обнаружена положительная корреляция между содержанием транс-ресвератрола и кверцетина, а также их связь с антиоксидантным потенциалом, измеренным методом DPPH. Было обнаружено, что коэффициенты корреляции между транс-ресвератролом, кверцетином и общим содержанием фенолов и антиоксидантным потенциалом очень высоки.

Коэффициент корреляции между антиоксидантным потенциалом и транс-ресвератролом оказался самым высоким, 0,9295, поэтому вклад транс-ресвератрола в антиоксидантный потенциал был больше, чем у кверцетина (0,7834) и общего содержания фенолов (0,8235).

Также наблюдалась значительная корреляция между содержанием полифенольных соединений и антиоксидантным потенциалом винограда, и соком. Было обнаружено, что корреляции между содержанием транс-ресвератролом в виноградной кожуре и содержанием транс-ресвератрола в соке, а также между антиоксидантной активностью виноградной кожуры и сока прямого отжима характеризовались высоким

коэффициентом корреляции: 0,9395 и 0,8608 соответственно.

Заключение. Таким образом, представленные данные свидетельствуют о том, что плоды винограда Амурского и калины обыкновенной содержат в своем составе физиологически функциональные ингредиенты, а также ценные природные компоненты, способные предупреждать и корректировать нарушения функционирования организма и возникновение алиментарно-зависимых заболеваний, и, следовательно, являются перспективным объектом для создания на его основе функциональных продуктов.

Актуальность данных исследований имеет практическое значение, с точки зрения использования ягод плодов калины обыкновенной и винограда Амурского в продуктах для функционального питания, а также создание продуктов функционального назначения с высоким содержанием антиоксидантных комплексов может способствовать повышению неспецифической резистентности организма к неблагоприятным факторам внешней среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Kraujalytė, V.; Venskutonis, P.R.; Pukalskas, A.; Česonienė, L.; Daubaras, R. Antioxidant properties and polyphenolic compositions of fruits from different European cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) genotypes. *Food Chem.* 2013, 141, P.3695–3702.
- Фролова Н.А., Резниченко И.Ю. Исследование химического состава плодово-ягодного сырья Дальневосточного региона как перспективного источника пищевых и биологически активных веществ // Вопросы питания. - 2019.- Т. 88 - № 2. - С. 83-90. doi: 10.24411/0042-8833-2019-10021.
- Pirjo Mattil. Phenolic acids in berries, fruits, and beverages / Pirjo Mattila, Jarkko Hellström, and Riitta Trömen. // *J. Agric. Food Chem.* – 2006. – Vol. 54. – P. 7193-7199
- Bessesen, D.H.; Van Gaal, L.F. Progress and challenges in anti-obesity pharmacotherapy. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2018, P. 237–248.
- Pinent, M.; Blay, M.; Serrano, J.; Ardévol, A. Effects of flavanols on the enteroendocrine system: Repercussions on food intake. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2017, P.326–334.
- Степакова Н.Н., Резниченко И.Ю., Киселева Т.Ф., Шкрабтак Н.В., Фролова Н.А., Праскова Ю.А. Растительное сырье Дальневосточного региона как источник биологически активных веществ // Пищевая промышленность. - 2020. - № 3. - С. 16-21.
- Нечаев А. А. Дикорастущие съедобные ягодные растения Амурской области: видовой состав, ресурсы, освоение // Охрана и рациональное использование лесных ресурсов. – 2015. – С. 256-259.
- Brenes, A.; Viveros, A.; Chamorro, S.; Arijia, I. Use of polyphenol-rich grape by-products in monogastric nutrition. A review. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 2016, P. 1–17.
- López, M.; Martínez, F.; Del Valle, C.; Orte, C.; Miró, M. Analysis of phenolic constituents of biological interest in red wines by high-performance liquid chromatography. *J. Chromatogr. A* 2001, P. 359–363.
- Портал Правительства Амурской области краю [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.amurobl.ru/posts/news/vasily-orlov-amurskie-dikorosy-mogut-zainteresovat-yaponskiy-rynok/?sphrase_id=4148319 (дата обращения 15.12.2020).
- Khortetskaya T.V., Smoylovskaya G.P., Mazulin A.V.,

Mazulin G.V. Determination of hydroxycinnamic acid content in the leaves of the large and medium plantain // Chemistry of vegetable raw materials. -2014. - № 2. - С.177-180.

11. Beara I.N., Lesjak M.M., Orþjü D.Z., Simin N.R., Bořin B.N., Mimica-Dukiü N.M. Comparative analysis of the phenolic profile, antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic activity of the closely related Plantain species: Plantago altissima L. and Plantago lanceolata L. // LWT - Food Science and Technology. 2012. Vol. 47. p. 64–70

12. Lee J., Durst R.W., Wrolstad R.E. Blueberry Anthocyanins and Polyphenolics: Comparison of Two Pretreatments // Journal of Food Science. 2002. V. 67 (5). R. 1660–1667. DOI: 10.1111 / j.1365-2621.2002.tb08701.x

13. Batkova I.A., Yashina I.A., Makarova N.V., Novikova M.N., Smirnova N.V. casting temperature drying on the chemical composition and antioxidant properties of grape husks and pits // Storage and processing of agricultural raw materials. - 2014. - №2. - p. 36-38.

14. Кушнерова, Н.Ф. Перспективные разработки комплексов биологически активных веществ из природного сырья Дальневосточного региона / Н.Ф. Кушнерова, Ю.И. Добряков, В.Г. Спрыгин // Вестник ДВО РАН. – 2003. – № 2. – С. 66-72.

15. Yang, C.S.; Ho, C.; Zhang, J.; Wan, X.; Zhang, K.; Lim, J. Antioxidants: Differing meanings in food science and health science. J. Agric. Food Chem. 2018, P. 3063–3068

16. Ignat, I.; Volf, I.; Popa, V.I. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. Food Chem. 2011, P. 1821–1835.

17. Жилинская Н.В., Бессонов В.В., Громовых П.С., Богачук М.Н. Развитие современной методической базы контроля содержания витаминов в пищевой продукции и биологически активных добавках к пище // Вопросы питания. - 2018. - №6 (87) – С. 106-116.

18. Eggersdorfer M., Laudert D., Letinois U., McClymont T., Medlock J., Netscher T. et al. One hundred years of vitamins -A success story of the natural sciences//Angew. Chem. Int. Ed. Engl. 2012. Vol. 51. P. 12960-12990 DOI: 10.1002/anie.201205886

19. Zhang Y., Zhou W., Yan J., Liu M., Zhou Y., Shen X. et al. A Review of the extraction and determination methods of thirteen essential vitamins to the human body: an update from 2010// Molecules. 2018. Vol. 23, N 6 DOI: 10.3390/molecules23061484.

20. Beara I.N., Lesjak M.M., Orþjü D.Z., Simin N.Đ., Bořin B.N., Mimica-Dukiü N.M. Comparative analysis of phenolic profile, antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic activity of two closely-related Plantain species: Plantago altissima L. and Plantago lanceolata L. // LWT - Food Science and Technology. 2012. Vol. 47. p. 64–70

Статья поступила в редакцию 28.12.2020

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 664.68

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0020

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МУЧНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ДЛЯ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ

© 2021

Фединишина Екатерина Юрьевна, кандидат технических наук,
доцент Высшей школы пищевых технологий и биотехнологий
Елисеева Светлана Анатольевна, кандидат технических наук,
доцент Высшей школы пищевых технологий и биотехнологий
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(194021, Россия, Санкт-Петербург, ул. Новороссийская 48-50,
e-mails: fedinishina_eyu@spbstu.ru, eliseeva_sa@spbstu.ru)

Аннотация. Рассмотрена возможность использования в технологии мучных изделий бурых промышленных водорослей фукус (*Fucus*), богатых макро и микроэлементами, с целью расширения ассортимента и повышения пищевой ценности готовой продукции. В качестве объектов исследования выбраны порошок фукуса, заварное тесто и выпеченный полуфабрикат из него. На основании проведенных экспериментов разработана рецептура и технология заварного полуфабриката с фукусом. Установлено, что замена 7 % муки на порошок фукуса в рецептуре не влияет на технологические свойства теста и готовых изделий (влажность теста, упек, намакаемость). Анализ органолептических характеристик показал, что целесообразно использовать фукус для разработки новых рецептур мучных изделий, используемых в качестве съедобных емкостей для порционирования и подачи холодных закусок, в том числе из заварного теста. Своеобразный запах фукуса хорошо сочетается с ароматом рыбы и морепродуктов. Показано положительное влияние фукуса на такие потребительские свойства мучной кулинарной продукции, как органолептические показатели и пищевая ценность. Энергетическая ценность заварных изделий с фукусом снизилась на 2 %, а в их составе появился йод, повысилось содержание натрия, калия, магния, витаминов. Исследования показали, что функционально-технологические свойства порошка фукуса в сочетании с его высокой пищевой ценностью обеспечивают многовариантность использования этой добавки в инновационных технологических процессах. Результатом работы стал комплект технической и технологической документации (ТУ, ТИ) на фуршетные холодные закуски в ассортименте.

Ключевые слова: изделия из заварного теста, мучной полуфабрикат, морские бурые водоросли, порошок из фукуса, технология мучных изделий, органолептические показатели, физико-химические показатели, минеральный состав.

DESIGN OF FLOUR SEMI-FINISHED PRODUCTS TECHNOLOGY FOR HEALTH NUTRITION

© 2021

Fedinishnina Ekaterina Yuryevna, candidate of technical sciences, associate professor of
High School of Food Technologies and Biotechnologies
Eliseeva Svetlana Anatolevna, candidate of technical sciences, associate professor of
High School of Food Technologies and Biotechnologies
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
(194021, Russia, St. Petersburg, Novorossiyskaya str., 48-50,
e-mails: fedinishina_eyu@spbstu.ru, eliseeva_sa@spbstu.ru)

Abstract. The technological aspects of using the commercial batch brown algae *Fucus* (*Fucus L.*), riched in macro and microelements, in the technology of flour products, to expand the range and increase the nutritional value of finished products. As objects of research, there were selected *Fucus* powder, choux pastry and baked semi-finished product basis on it. On the basis of the experiments there were developed a recipe and technology of custard semi-finished product with fucus. It has been found that replacing 7 % flour with fucus powder in the recipe does not make worse the technological properties of the dough and finished products (moisture, heat loss, dampness). Analysis of organoleptic characteristics showed that it is advisable to use fucus to develop new recipes for flour products used as edible containers for portioning and serving cold snacks, including choux pastry. The peculiar smell of fucus goes well with the aroma of fish and seafood. *Fucus* has a positive effect on the nutritional value of the samples. Their energy value decreased by 2 %, and such nutrients as vitamin C and iodine appeared in the composition, the content of sodium, potassium, magnesium, vitamin A increased. Studies have shown relatively high functional and technological properties of fucus powder, which, in combination with increased nutritional value provides multivariate use of this additive in innovative technological developments. On the basis of an experimental recipe for a custard semi-finished product, an assortment of buffet cold snacks and a set of regulatory documents have been developed.

Keywords: choux pastry products, flour semi-finished product, sea brown algae, fucus powder, technology of flour products, organoleptic indicators, physical and chemical indicators, mineral composition.

Введение. Среди стратегических задач индустрии питания отдельное место занимает разработка и внедрение инновационных рецептур и технологий кулинарной и кондитерской продукции массового произ-

водства для здорового питания. Мучные кулинарные и кондитерские изделия пользуются стабильной популярностью у населения Российской Федерации, несмотря на повышенную калорийность изделий и ограниченное содержание микро- и макронутриентов [1, 2].

Одним из направлений совершенствования рецептур мучных изделий является введение в их состав дополнительных компонентов с целью расширения ассортимента и повышения пищевой ценности изделий [3-5]. Выбор пищевых добавок определяется проблемой дефицита тех или иных нутриентов в пищевом рационе человека, наличием и доступностью сырья для их производства. Морские бурые водоросли, добываемые в северных морях Российской Федерации, безусловно отвечают этим требованиям [6, 7]. Особо следует выделить такую промысловую водоросль как фукус, богатую макро и микроэлементами (железо, натрий, калий, марганец) [8, 9]. В большинстве исследований фукус рассматривается как природный источник йода [9-11].

Анализ литературных источников показывает, что фукус хорошо сочетается с рыбными продуктами по органолептическим показателям и химическому составу, поэтому используется в рецептурах кулинарных изделий из рыбы [12]. Возможно использование экстракта фукуса в мясных фаршевых изделиях с целью обогащения их йодом [11, 13].

Введение добавок на основе водорослей в состав мучной кулинарной и кондитерской продукции так же дает положительные результаты [7, 14]. Разработаны технологии производства хлеба с использованием обогащающих добавок на основе бурых водорослей [15-17]. Практика показывает, что оптимальным способом для введения водорослей в виде порошка в тесто является частичная замена ими муки [14, 18]. Сравнительный анализ химического состава пшеничной муки и измельченного фукуса показывает превосходство последнего по содержанию белка на 13 %, в то же время жира в нем меньше на 60 %, углеводов – на 40% [14, 19].

Ряд авторов отмечает положительное влияние добавки фукуса в рецептурах хлебобулочных и мучных кондитерских изделий на такие показатели качества продукции как объем, пористость, формоустойчивость [14, 17]. В отличие от белков муки белки фукуса не образуют клейковину необходимую для образования эластичного теста, но в составе фукуса есть полисахарид фукоидан, в присутствии которого увеличивается набухаемость клейковины [17]. Фукоидан обладает хорошей влагопоглощательной способностью, что так же положительно влияет на реологию теста и структуру готовых изделий [17, 20].

Целью работы является разработка рецептуры и технологии заварного полуфабриката с использованием пищевой добавки в виде порошка фукуса.

Задачи исследования: изучение химического состава и пищевой ценности порошка фукуса; совершенствование технологии, оценка качества и пищевой

ценности готовой продукции.

Материалы и методы исследования. В качестве объектов исследований выбраны бурые водоросли типа фукус (водоросли сушеные пищевые дробленые, ТУ 03.11.63-005-41669896-2019) Архангельского водорослевого комбината, а также заварное тесто и полуфабрикат из него. Фукус измельчали до порошкообразного состояния в кофемолке Braun 4041. Контрольный образец заварного полуфабриката вырабатывался по рецептуре 22 [21]; в опытных образцах произведена замена муки на порошок фукуса в количестве 7% от массы муки.

Показатели качества порошка и изделий с фукусом определяли по известным методикам: отбор проб и подготовка их к анализу по ГОСТ 5904-82 [22]; влажность порошка фукуса по ГОСТ 33331-2015[23]; заварного теста по ГОСТ 5900-14 методом высушивания [24]; упек выпеченных изделий из заварного теста как соотношение разности массы теста до выпечки и готового изделия к массе тестовой заготовки [25]; показатель намокаемости заварных изделий по ГОСТ 10114-80 [26]; минеральные вещества, витамины по общепринятым методикам [27, 28]; пищевую ценность расчетным методом, используя справочные данные [19].

Органолептический анализ проводился с использованием 30-бальной шкалы [29]; показатели выбраны с учетом требований ГОСТ 31986-2012 [30]. Исследования проведены в кулинарной и химической лабораториях Высшей школы биотехнологий и пищевых производств СПбПУ, г. Санкт-Петербург. Экспериментальные исследования проводились в нескольких повторях, данные обрабатывались статистическими методами.

Результаты исследования. Произведена оценка органолептических, физико-химических показателей измельченного в порошок образца водорослей фукуса (табл. 1).

Таблица 1 – Анализ показателей качества фукуса измельченного

Показатели	Характеристика показателей
Внешний вид	однородный порошкообразный продукт
Цвет	серо-зеленый с бурыми вкраплениями
Запах и вкус	ярко-выраженный, свойственный морским водорослям
Массовая доля влаги, %	14,0±0,2

Анализ качества порошка из водорослей фукуса показал, что его целесообразно использовать для разработки новых видов не соленых мучных изделий, в том числе из заварного теста (используется мука со средним содержанием клейковины 28-35%) [25]. Своеобразный запах водорослей хорошо сочетается с рыбой и морепродуктами, которые будут использованы в составе начинок заварных булочек.

Рецептуры контрольного и экспериментального образца с заменой муки на порошок фукуса приведены в таблице 2. В образце с фукусом принято решение об уменьшении закладки соли, поскольку вкус фукуса маскирует недостаточную соленость готовых изделий.

Таблица 2 - Рецептуры заварных полуфабрикатов

Сырье	Масса нетто образца, г	
	контрольного	с фукусом (7%)
мука пшеничная, в/с	456	423
масло сливочное	227	227
яйца куриные пищевые	786	786
соль	5,7	3,5
фукус (порошок)	-	32
Масса теста	1474,7	1471,5
Выход изделия	1000,0	1000,0

Технологический процесс изготовления заварных полуфабрикатов состоит из следующих этапов: подготовка сырья, замешивание теста, формование, выпекание, охлаждение.

Для более равномерного распределения фукуса в тесте принято решение о введении его в тесто в виде смеси с мукой. Муку соединяли с порошком фукуса, просеивали. Масло, соль и воду доводили до кипения, всыпали муку в несколько приемов, интенсивно перемешивая. Смесь прогревали в течение 4-5 мин. до получения однородной эластичной массы, охлаждали до 60°C и вводили подготовленные яйца. Влажность теста с фукусом составила 53%, что в пределах нормы [21]. Тесто получилось вязкоупругое, эластичное, что предположительно связано не только с белками муки, образующими клейковину, но и с набуханием полисахаридов фукуса при заваривании мучной смеси.

Изделия формовали в виде шариков с помощью кондитерского мешка с круглой насадкой диаметром 6 мм. Выпекали в ступенчатом режиме в пароконвектомате *Fagor*: вначале при температуре 200...210°C 10-12 мин., затем еще 10 мин. при 180°C. Охлаждение выпеченных изделий производили до температуры 18...20°C примерно 15 мин. Упек опытного и контрольного образца составил 32 и 32,1% соответственно.

Результаты органолептической оценки и пищевая ценность готовых изделий представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Органолептический анализ образцов заварных полуфабрикатов

Показатель	Контрольный образец*	Опытный образец*
Форма	6,0±0,5	6,5±0,5
Поверхность, цвет	4,8±0,2	4,9±0,1
Объем полости	5,9±0,1	5,8±0,2
Вкус	7,0	6,8±0,2
Запах	5,0	4,9±0,1
Итого	28,7±0,5	28,9±0,5

*Средний балл по оценкам пяти дегустаторов

На основе полученных данных сделан вывод, что замена части муки порошком фукуса положительно влияет на органолептические показатели: опытные образцы правильной округлой формы с выраженной полостью, поверхность без трещин, ровная, объем полости соответствует требованиям; цвет золото-коричневый с незначительными вкраплениями водоросли, что предположительно обусловлено наличием полисахаридов в порошке фукуса и специфическим цветом добавки. При введении в рецептуру фукуса готовые изделия имеют оригинальный привкус и аромат морских водорослей, что существенно не снижает вкусо-

вые достоинства изделий и в то же время позволяет снизить закладку соли на 38%.

Таблица 4 – Пищевая ценность заварных полуфабрикатов

Пищевые вещества	Содержание, г на 100 г сырья	
	Контрольный образец	Опытный образец
Белки	18,5	18,6
Жиры	28,5	28,4
Углеводы	32,8	31,4
Энергетическая ценность, ккал	444,0	436,0
	Макро-и микронутриенты, мг на 100 г сырья	
Натрий	105,1±0,4	115,0±0,5
Калий	110,0±0,5	130,1±0,6
Кальций	43,0±0,12	48,0±0,2
Магний	9,4±0,5	12,8±0,1
Железо	2,4±0,1	2,7±0,1
Йод, мг	0	0,21±0,01
	Витамины, на 100 г сырья	
Провитамин А (β-каротин), мкг	254±0,5	318±0,5
С, мг	0	0,64±0,5

Энергетическая ценность опытных образцов снизилась на 2%, что связано с уменьшением количества углеводов в изделиях. Улучшились показатели готовой продукции по макро и микроэлементам: в их составе появился йод, повысилось содержание натрия, калия, магния и др.

В рамках исследования был определена намакаемость заварных изделий, хотя этот показатель не нормируется для данного вида продукции. Это связано с перспективой использования экспериментальных изделий в качестве оболочки для холодных закусок, в том числе рыбных муссов с высокой влажностью. Намакаемость образцов с фукусом и контрольных составила 122 и 114% соответственно. Увеличение этого показателя на 7% в опытных образцах можно объяснить высокой влагопоглощательной способностью полисахаридов фукуса.

Заключение. Исследования показали возможность использования фукуса в рецептурах мучных изделий в качестве добавки, обладающей высокой пищевой ценностью. Порошок фукуса не оказывает отрицательного влияния на такие характеристики заварного теста как консистенция и влажность, не влияет на упек, позволяет получить готовые изделия правильной формы с полостью для фарширования их начинками. Бурые водоросли типа фукуса могут быть рекомендованы для использования в инновационных технологических процессах производства кулинарной продукции для здорового питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Резниченко И.Ю., Рензьева Т.В., Табаторович А.Н., Сурков И.В., Чистяков А.М. Формирование ассортимента мучных кондитерских изделий функциональной направленности // Техника и технология пищевых производств. 2017. № 2 (45). С. 149-162.
2. Слепокурова Ю.И., Жаркова И.М., Густинич В.Г. Оценка планируемой экономической эффективности производства мучных кондитерских изделий с тонкодисперсными растительными порошками. Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 1. С. 139-151.
3. Фединашнина Е.Ю., Игнатова А.А., Елисева С.А. Разработка мучных кондитерских изделий функциональной на-

правленности. В книге: здоровое питание и нутриционная поддержка: медицина, образование, инновационные технологии. Сборник материалов XV Всероссийского форума. Санкт-Петербург, 2020. С. 47-50.

4. Елисеева С.А., Гусейнова Э.Ф., Фрайс А.А. Использование нетрадиционного растительного сырья для мучных кондитерских изделий // В сборнике: Региональный рынок потребительских товаров: перспективы развития, качество и безопасность товаров, особенности подготовки кадров. Материалы VI Современные научно-практические конференции / Отв. ред. В.Г. Попов. – Тюмень: ТИУ. 2016. С. 47–50.

5. Елисеева С.А., Дьякова А.А. Совершенствование технологий формованных изделий функционального назначения // В сборнике материалов V Международного Балтийского Морского Форума. Калининград. 2017. С. 44-46

6. Очколяс Е.Н., Лебская Т.К. Оценка возможности использования БАД из ламинарии и фукуса в качестве ингредиентов для питания оздоровительного назначения // Научные труды Одесской национальной академии пищевых технологий. 2014. Т. 46. № 2. С. 137-140.

7. Вафина Л.Х., Подкорытова А.В. Новые продукты функционального питания на основе биоактивных компонентов бурых водорослей//Известия ТИПРО. 2009. Т. 156. С. 348-356.

8. Очколяс Е.Н., Тищенко Л.Н., Лебская Т.К. Перспективы использования фукуса в технологии функциональных пищевых продуктов. В сборнике: Инновации в науке, образовании и бизнесе - 2013. труды XI международной научной конференции. 2013. С. 236-238.

9. Вафина Л.Х. Обоснование комплексной технологии переработки бурых водорослей (phaeophyta) при получении функциональных пищевых продуктов. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии. Москва, 2010.

10. Подкорытова А.В., Вишневская Т.И. Морские бурые водоросли - естественный источник йода// Парафармацевтика. Фармацевтический бюлл. М.: № 2. С. 22–23; № 3. С.18-19.

11. Евдокимова О.В., Гриминова Е.Б., Толкунова Н.Н., Саркисян Г.А., Свергуненко С.Л. Использование экстракта морской водоросли фукуса в качестве йодобогатяющей добавки//Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2006. № 2-3 (291-292). С. 72-73.

12. Куранова Л.К., Николаенко О.А., Гроховский В.А., Дубровин С.Ю., Волченко В.И., Яворский А.С., Пилипенко А.А. Разработка комбинированных функциональных продуктов с использованием фукусовых водорослей//Рыбное хозяйство. 2017. № 1. С. 100-102.

13. Митасева Л.Ф., Глазкова И.В., Свергуненко С.Л., Тащилина Е.А. Морская водоросль фукус в мясных продуктах// Пищевая промышленность. 2004. № 12. С. 91.

14. Рушиц А.А. Использование морских водорослей в производстве мучных кондитерских изделий //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии, 2014. Выпуск 3, том 2. С. 86-92.

15. Федянина Л.Н., Лях В.А., Смертина Е.С. Оценка эффективности профилактического действия хлеба с добавлением экстракта бурых водорослей// Вестник КрасГАУ. 2018. № 5 (140). С. 275-280.

16. Благоднаров М.В., Мищенко О.В. Разработка технологии хлебобулочных изделий с добавлением бурых водорослей // Известия ДВФУ. Экономика и управление. – 2015. – №2, с. 15-18.

17. Потороко И.Ю., Паймулина А.В., Ускова Д.Г. Разработка технологии хлеба с лечебно-профилактическими свойствами на основе применения комплексной растительной добавки // Вестник ЮУрГУ, серия «Пищевые биотехнологии». – 2016. – Т.4, №3. С. 39-46.

18. Лях В.А., Федянина Л.Н., Смертина Е.С., Елизарова А.Е. Оценка перспективы применения порошка зелёных водорослей в технологии сахарного печенья// Хлебопродукты. 2020. № 5. С. 40-43.

19. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Химический состав российских продуктов питания. М.: Изд-во ДеЛи принт, 2002. 236 с.

20. Кодзокова М.Х., Кунашева Ж.М. Влияние пищевых добавок из морских водорослей на качество хлебобулочных изделий// Новые технологии. 2018. № 4. С. 28-33.

21. Сборник рецептур мучных кондитерских изделий и

булочных изделий для предприятий общественного питания. М.: Экономика, 1986. 296 с.

22. ГОСТ 5904-82 Изделия кондитерские. Правила приемки, методы отбора и подготовки проб. М.: Стандартинформ, 2010. 8 с.

23. ГОСТ 33331-2015 Водоросли, травы морские и продукция из них. Методы определения массовой доли воды, золы и посторонних примесей. М.: Стандартинформ, 2016. 8 с.

24. ГОСТ 5900-14 Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ. М.: Стандартинформ, 2015. 16 с.

25. Ковалев Н.И., Куткина М.Н., Кравцова В.А. Технология приготовления пищи. ИД «Деловая литература», 2008. 480 с.

26. ГОСТ 10114-80. Изделия кондитерские мучные. Метод определения намокаемости. Москва: Стандартинформ, 2012. 3 с.

27. ГОСТ 25832-89 Изделия хлебобулочные диетические. Технические условия: Сб. ГОСТов. -М.: Стандартинформ, 2009. 16 с.

28. Базарнова Ю.Г. Методы исследования качества сырья и готовой продукции. Санк-Петербург, СПГТЭУ, 2014. 81 с.

29. Поздняковский В.М., Резниченко И.Ю. Мучные кондитерские изделия: учебное пособие. Кемерово: Изд-во КТИПП, 1999. 53 с.

30. ГОСТ 31986-2012. Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания. Москва: Стандартинформ, 2014. 11 с.

Статья поступила в редакцию 28.01.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 664:54.057(045)

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0021

ВЫЖИМКИ ЯГОДНОГО СЫРЬЯ КАК ИСТОЧНИК АНТОЦИАНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ

© 2021

Школьникова Марина Николаевна, доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры технологий питания

Уральский государственный экономический университет
(620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 62, e-mail: shkolnikova.m.n@mail.ru)

Аверьянова Елена Витальевна, кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры биотехнологии
Бийский технологический институт (филиал)

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
(659305, Россия, Алтайский край, г. Бийск, ул. Имени Героя Советского Союза Трофимова, 27,
e-mail: averianova.ev@bti.secna.ru)

Аннотация. Доля потерь сырья при промышленной переработке ягод составляет порядка 22–45 %, что ставит в приоритет технологии биоконверсии, максимально использующие такие ценные вторичные сырьевые ресурсы как ягодные выжимки с высоким содержанием ряда биологически активных веществ, в частности антоцианов. Во многих странах мира разрешено использование природных антоцианов в качестве пищевых красителей, но рынок их ограничен высокой стоимостью ягодного сырья. Цель исследования: выделение и идентификация индивидуальных антоциановых пигментов из выжимок черники обыкновенной *Vaccinium myrtillus* и брусники обыкновенной *Vaccinium vitis-idaea*. Исследованы безопасность и химический состав выжимок *Vaccinium myrtillus* и *Vaccinium vitis-idaea*, послуживших сырьем для выделения антоциановых красителей. Методом ВЭЖХ в экстрактах идентифицированы индивидуальные антоциановые пигменты: в экстрактах из ягод и выжимок *Vaccinium vitis-idaea* цианидин-3-О-галактозид (85,6% и 81,2% соответственно), в экстрактах из *Vaccinium myrtillus* идентифицировано 15 соединений, из которых мажорными являются: дельфинидин-3-О-глюкозид (13,4%), дельфинидин-3-О-галактозид (12,4%) и цианидин-3-О-глюкозид (11,6%) в экстрактах свежих ягод и дельфинидин-3-О-глюкозид (15,3%), дельфинидин-3-О-галактозид (14,7 %), дельфинидин-3-О-арабинозид (10,5%) в экстрактах выжимок. Показана принципиальная возможность выделения антоциановых пигментов из отходов переработки ягодного сырья сибирского региона, в частности, *Vaccinium myrtillus* и *Vaccinium vitis-idaea*.

Ключевые слова: вторичные сырьевые ресурсы, выжимки, пищевые красители, антоцианы, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*.

EXTRACTED BERRY RAW MATERIALS AS A SOURCE OF ANTHOCYANIC DYES

© 2021

Shkolnikova Marina Nikolaevna, doctor of Technical Sciences, associate professor,
professor Department of «Food Technologies»

Ural State University of Economics
(620144, Russia, g. Ekaterinburg, March 8/ Narodnaya Volya st., 62/4, e-mail: shkolnikova.m.n@mail.ru)

Averyanova Elena Vitalyevna, candidate of Chemical Sciences, associate professor,
associate professor Department of «Biotechnology»

Biysk Institute of Technology (branch) of the Altai State Technical University of I.I. Polzunov
(659305, Russia, Biysk, Hero of the Soviet Union Trofimov st., 27, e-mail: averianova.ev@bti.secna.ru)

Abstract. When processing berries, the share of losses is 22–45%, which gives priority to bioconversion technologies that make the most of such valuable secondary raw materials as berry pomace with a high content of a number of biologically active substances, in particular anthocyanins. In many countries of the world, the use of natural resources of anthocyanins in food colors is allowed, but their market is limited by the high cost of berry raw materials. Objective of the study: isolation and identification of individual anthocyanin pigments from pomace of common bilberry *Vaccinium myrtillus* and common lingonberry *Vaccinium vitis-idaea*. The safety and chemical composition of the pomace of *Vaccinium myrtillus* and *Vaccinium vitis-idaea*, which served as raw materials for the isolation of anthocyanin dyes, were studied. Individual anthocyanin pigments were identified in extracts by HPLC: cyanidin-3-galactoside (85.6% and 81.2%, respectively) in extracts from *Vaccinium vitis-idaea* berries and pomace, 15 components were identified in extracts from *Vaccinium myrtillus*, of which the major ones are: delphinidin-3-glucoside (13.4%), delphinidin-3-galactoside (12.4%) and cyanidin-3-glucoside (11.6%) in fresh berry extracts; delphinidin-3-glucoside (15.3%), delphinidin-3-galactoside (14.7%) and delphinidin-3-arabinoside (10.5%) in pomace extracts. It is shown that it is possible in principle to isolate anthocyanin pigments from the waste of processing of berry raw materials of the Siberian region, in particular, *Vaccinium myrtillus* and *Vaccinium vitis-idaea*.

Keywords: secondary raw materials, pomace, food colors, anthocyanins, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*.

Введение. Цвет является одной из основополагающих характеристик широкого перечня продуктов питания, позволяющих потребителям косвенно судить о качестве продукта и определяющих его выбор. В России уверенно набирают популярность мировые тренды «*Clean label*» и «*Free from All*», что стимулирует спрос на продукты, в составе которых натуральные сырье и ингредиенты, в том числе красители. Как показал опрос агентства *Mintel*, почти $\frac{3}{4}$ респондентов западной Европы прежде чем совершить покупку внимательно изучают данные маркировки на товаре и считают принципиальным отсутствие искусственных ингредиентов [1–3].

Подобные исследования подтверждают мнение экспертов рынка и специалистов по здоровому питанию о том, что в последнее десятилетие образовался быстро растущий сегмент потребителей, заботящихся о своем здоровье. Как правило, это образованные и хорошо информированные люди, ищущие источники как коммерческой, так и научной информации для укрепления здоровья, и полагающиеся на их фактическую достоверность, а не на рекламу [4].

Используемые в пищевой промышленности красители должны отвечать ряду требований, основное из которых – абсолютная безопасность, которому не всегда соответствуют синтетические красители. Так, имеются сведения о том, что потребление их содержащих продукты питания влекло возникновение аллергических реакций и нарушение обменных процессов [5, 6]. Важнейшее технологическое требование – высокая красящая способность и стабильность окраски на протяжении жизненного цикла продукта. Известно, что пигменты растительного происхождения являются весьма лабильными соединениями, деградация которых возможна как при производстве продуктов питания, так и при их хранении. Вместе с тем, использование натуральных красителей в некоторых случаях безальтернативно: например, для окрашивания кисломолочных продуктов необходимы стабильные в кислых средах натуральные пигменты, так как молочнокислые бактерии в течение нескольких часов обуславливают анаэробную деградацию азокрасителей [7–10].

Натуральные красители, в частности антоцианы, обладают доказанной *in vitro* и *in vivo* терапевтической активностью: противовоспалительной, антиканцерогенной, антимикробной, способствуют облегчению окислительного стресса, профилактике сердечно-сосудистых заболеваний, ожирения, снижению зрения, снижению сахара в крови и др. при доказанном отсутствии токсичности (ВОЗ 1982 г) [11–15]. Что обусловило в настоящее время увеличение спроса на них, с лидирующим положением красных красителей [16]. Однако мировой рынок натуральных пищевых красителей ограничен в масштабах и ассортименте, что обусловлено, в том числе, сложностью технологии их получения и высокой стоимостью плодово-ягодного сырья, ресурсы которого из-за низкой глубины переработки и отсутствия инновационных технологических

решений биоконверсии ягодных жомов используются далеко не в полной мере (26–45 % потерь, что ежегодно составляет около 870 т только в Алтайском крае).

В связи с этим, а также в сложившихся экономической и экологической ситуации необходимо решать вопрос глубокой переработки вторичных сырьевых ресурсов плодово-ягодного сырья. Поэтому поиск новых видов сырья для получения антоциановых красителей является актуальным и своевременным, что обусловило **цель** данной работы: выделение пищевых красителей из выжимок черники обыкновенной *Vaccinium myrtillus* и брусники обыкновенной *Vaccinium vitis-idaea* с идентификацией индивидуальных антоциановых пигментов.

Материалы и методы исследования. В качестве объектов исследования рассмотрены образцы выжимок и полученные из них спиртовые экстракты антоцианов. Образцы выжимок черники обыкновенной *Vaccinium myrtillus* и брусники обыкновенной *Vaccinium vitis-idaea* представляют собой отходы технологического цикла производства сухих экстрактов с действующего предприятия ООО «КИТ ПЛЮС» (г. Бийск, Алтайский край), специализирующегося на переработке местного плодово-ягодного сырья. Согласно спецификации, исходное сырье стандартизировано на соответствие требованиям ГОСТ 34219-2017, ГОСТ 20450-75 и ТР ТС 021/2011. Спиртовые экстракты антоцианов получены экстракцией 60%-ным этиловым спиртом, содержащим 1 % хлористоводородной кислоты, на кипящей водяной бане в течение 90 мин, с последующим охлаждением до комнатной температуры и фильтрованием. Этот метод экстракции позволяет получить красители с повышенным содержанием антоцианов [17]. Контрольными образцами служили спиртовые экстракты антоцианов, полученные аналогичным методом из свежих ягод брусники и черники.

Органолептические показатели выжимок определяли стандартными методами по ГОСТ 8756.1-79. Физико-химические показатели образцов выжимок определяли стандартными методами: массовую долю влаги – по ГОСТ 28561; массовую долю титруемых органических кислот (в пересчете на яблочную) – по ГОСТ 25555.0-82; массовую долю сахаров – по ГОСТ 8756.13-87; массовую долю экстрактивных веществ – по ОФС.1.5.3.0006.15; массовую долю пектиновых веществ (протопектин) – по ГОСТ 29059-91. Показатели микробиологической безопасности образцов выжимок определяли общепринятыми и стандартными методами на соответствие требованиями ТР ТС 021/2011. Массовую долю антоцианов в образцах экстрактов определяли по ГОСТ 32709-2014. Идентификацию антоцианов проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ): спиртовые экстракты хроматографировали по отдельности на жидкостном хроматографе *Agilent 1200* при следующих условиях: колонка *Luna 5 μ m C18(2)* 100A (250×4,6 mm, 5 мкм); температура термостата 25°C; длина волны детектирования 543 нм; подвижная фаза: ацетонитрил : 0,01% раствор фосфорной кислоты в

воде; режим элюирования – градиентный. Сбор данных, обработку хроматограмм и спектров поглощения проводили в программе *Agilent ChemStation*. Пики идентифицировали по литературным данным, сопоставляя время удерживания на аналогичных колонках [18]. Опыты проведены в трех повторностях и представлены как среднее арифметическое.

Результаты исследования. В ходе органолептической оценки образцов установлено, что выжимки состоят из однородных шаровидных частиц диаметром 5-7 мм. Цвет выжимок *Vaccinium vitis-idaea* красный с темным оттенком, вкус выраженный, кисло-сладкий,

с приятным послевкусием; цвет выжимок *Vaccinium myrtillus* темный фиолетовый, вкус сладкий, не явно выраженный, свойственный исходному сырью. Химический состав образцов выжимок представлен в таблице 1.

Полученные данные хорошо согласуются с литературными [19]. Пищевые красители, как и другие ингредиенты для продуктов питания, должны соответствовать требованиям по показателям микробиологической безопасности, нормируемым по ТР ТС 021. Показатели определены в эксперименте и представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Химический состав образцов выжимок в пересчете на сухое вещество

Образцы сырья	Массовая доля, %					
	влаги	экстрактивных веществ	сахаров	пектиновых веществ (протопектин)	органических кислот, в пересчете на яблочную	антоцианов
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	4,91±0,11	60,0±1,0	3,2±0,1	3,1±0,2	4,52±0,10	0,504±0,001
<i>Vaccinium myrtillus</i>	3,57±0,11	71,0±1,0	3,7±0,1	3,6±0,2	4,89±0,10	0,612±0,001

Таблица 2 – Показатели микробиологической безопасности образцов выжимок

Образцы сырья	Мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы КОЕ/1 г, не более	Дрожжи КОЕ/г, не более	Плесневые грибы КОЕ/г, не более	Бактерии группы кишечных палочек не допускаются в продукте, массой, г
Норма по ТР ТС 021, мг/кг, не более	5,0·10 ⁴	200	500	0,1
<i>Vaccinium myrtillus</i>	<20	<15	не обнаружено	
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	<10	<20	не обнаружено	

Из данных таблицы 2 видно, что образцы выжимок являются безопасными, что, в свою очередь, свидетельствует о соблюдении требований и показателей санитарно-гигиенического режима в процессе хранения и переработки сырья.

Концентрацию антоциановых красителей в анализируемых экстрактах определяли спектрофотометрически по интенсивности их окраски. При сопоставлении данных по содержанию антоциановых пигментов в экстрактах, полученных из свежих ягод и выжимок, отмечено увеличение оптической плотности экстрактов, полученных из выжимок *Vaccinium vitis-idaea* на 25,47% и *Vaccinium myrtillus* на 10,26%, по сравнению с экстрактами свежих ягод (табл. 3).

Таблица 3 – Оптическая плотность экстрактов черники и брусники обыкновенной при длине волны 543 нм

Образцы сырья	Оптическая плотность, нм	
	свежие ягоды	выжимки
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	0,632	0,793
<i>Vaccinium myrtillus</i>	0,234	0,258

Для окрашенных соединений, в том числе антоцианов, характерны интенсивные сигналы в УФ- и видимой области спектра в диапазоне от 400 до 600 нм, значение максимумов поглощения которых напрямую зависит от структуры антоцианов. На рисунке 1 представлены спектры поглощения спиртовых экстрактов антоцианов из выжимок брусники (1) и черники (3), а также из свежих ягод брусники (2) и черники (4).

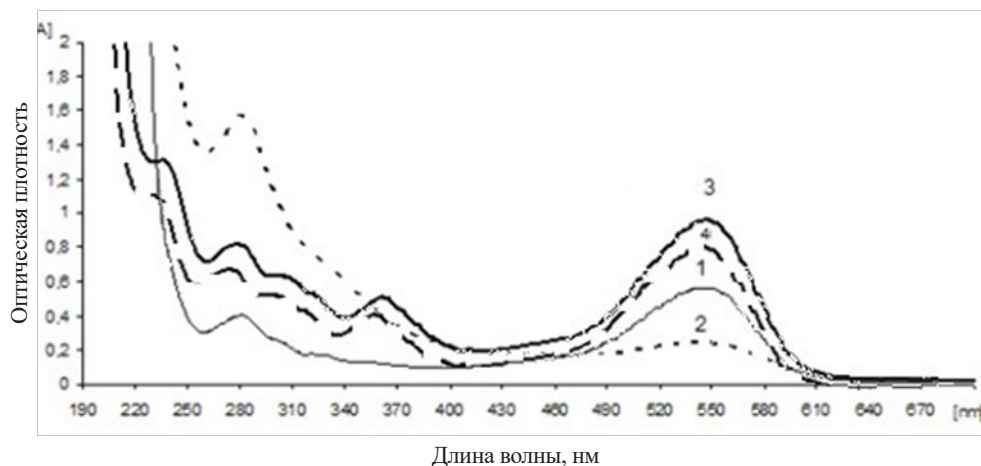


Рисунок 1 – Спектры поглощения спиртовых экстрактов антоцианов *Vaccinium vitis-idaea* и *Vaccinium myrtillus*
1 – выжимки *Vaccinium vitis-idaea*; 2 – свежие ягоды *Vaccinium vitis-idaea*;
3 – выжимки *Vaccinium myrtillus*, 4 – свежие ягоды *Vaccinium myrtillus*

Из рисунка 1 видно, что экстракт из выжимок брусники обыкновенной имеет два характерных максимума поглощения в УФ области при 283 ± 2 нм и в видимой области спектра при 541 ± 2 нм. Экстракт из выжи-мок черники имеет максимум в видимой области при 543 ± 2 нм, в УФ области при 281 ± 2 нм и плечо при 370 нм. Экстракт из свежих ягод брусники имеет максимум в УФ области 279 ± 2 нм и 537 ± 2 нм в видимой области спектра. Экстракт из свежих ягод черники имеет максимумы в видимой области при 543 ± 2 нм, в УФ области при 281 ± 2 нм и плечо при 370 нм. Согласно литературным данным спиртовые экстракты антоцианов могут иметь три максимума поглощения в УФ области в диапазоне от 260 до 380 нм, что может быть использовано для определения числа ацильных групп в структуре. Изменение числа карбоксильных групп приводит к смещению максимума, как это показано на рисунке 1 для образцов № 3 и № 4.

На основании полученных экспериментальных данных в экстрактах рассчитано содержание суммы ан-тоцианов в пересчете на цианидин-3,5-диглюкозид (в пересчете на а.с.в.): *Vaccinium vitis-idaea* – в свежих ягодах 1,21%, в выжимках – 1,51%, *Vaccinium myrtillus* – 0,45% в свежих ягодах и 0,50% в выжимках. Максимальная концентрация антоцианов (в пересчете на цианидин-3,5-диглюкозид) характерна для ягод черники. Установлено, что концентрация антоцианов в выжимках больше, чем в свежих ягодах, что обусловлено их локализацией в основном в кожице, а не в мякоти ягод и хорошо согласуется с литературными данными – со-

держание антоцианов в кожице в 6,8-10,8 раз выше, чем в мякоти [20].

Идентификация состава антоцианов проведена методом ВЭЖХ-анализа, результаты которого представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Результаты ВЭЖХ-анализа экстрактов из ягод и выжимок *Vaccinium vitis-idaea*

№ п/п	Соединение	Время удержания, мин		Содержание компонента, %	
		ягоды	выжимки	ягоды	выжимки
1	Цианидин-3-О-галактозид	8,708	27,320	85,6	81,2
2	Не идентифицировано	9,748	31,089	4,9	3,2
3	Петунидин-3-О-галактозид	10,863	33,889	9,4	15,5

Согласно данным таблицы 4 в экстрактах из выжимок и ягод брусники обыкновенной идентифицировано два пика: предположительно пик 1 – цианидин-3-О-галактозид и пик 3 – петунидин-3-О-галактозид, – антоцианы с наибольшим процентным содержанием в образцах экстрактов, что хорошо согласуется с литературными данными [18, 20–22]. Для конкретного вида ягод качественный состав антоцианов стабилен, однако, существенные изменения касаются количественного содержания в зависимости от степени зрелости, ареала произрастания и климатических условий.

Таким образом, антоциановый комплекс ягод брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea*) основан на двух соединениях: цианидин и петунидин, гликозилированных в положении С-3 гетероциклического кольца остатками галактозы: цианидин-3-О-галактозид и петунидин-3-О-галактозид.

Таблица 5 – Результаты ВЭЖХ-анализа экстрактов из ягод и выжимок *Vaccinium myrtillus*

№ п/п	Соединение	Время удержания, мин		Содержание компонента, %	
		ягоды	выжимки	ягоды	выжимки
1	Дельфинидин-3-О-глюкозид	24,689	24,780	13,4	15,3
2	Дельфинидин-3-О-галактозид	21,462	21,498	12,4	14,7
3	Дельфинидин-3-О-арабинозид	27,856	27,980	10,5	10,5
4	Петунидин-О-3-глюкозид	38,870	36,866	2,1	9,6
5	Мальвидин-3-О-глюкозид	45,557	42,958	0,6	9,6
6	Цианидин-3-О-глюкозид	30,788	30,912	11,6	8,5
7	Цианидин-3-О-галактозид	26,800	26,913	10,4	7,4
8	Петунидин-3-О-галактозид	33,090	33,209	3,4	5,2
9	Цианидин-3-О-арабинозид	36,752	33,618	9,4	4,9
10	Мальвидин-3-О-галактозид	42,928	41,918	9,9	3,6
11	Пеонидин-3-О-глюкозид	42,573	41,544	0,6	3,6
12	Петунидин-3-О-арабинозид	41,882	40,009	3,5	2,4
13	Пеонидин-3-О-галактозид	41,499	39,321	4,9	0,9
14	Пеонидин-3-О-арабинозид	43,904	42,611	3,2	0,4
15	Дельфинидин	39,933	39,004	2,9	0,7
16	Не идентифицировано	48,549	43,933	0,2	1,9
17	Не идентифицировано	49,453	45,586	0,9	0,3

Из данных таблицы 5 видно, что из 17 соединений идентифицировано 15, причем преобладающими являются: в экстракте из свежих ягод – дельфинидин-3-О-глюкозид (13,4%), дельфинидин-3-О-галактозид (12,4%), цианидин-3-О-глюкозид (11,6%), дельфинидин-3-О-арабинозид (10,5%) и цианидин-3-О-галактозид (10,4%), а в экстракте из выжимок – дельфинидин-3-О-глюкозид (15,3%), дельфинидин-3-О-галактозид (14,7%) и дельфинидин-3-О-арабинозид (10,5%).

Заключение. В ходе проведенных исследований установлено, что при идентичном составе антоциановых пигментов в экстрактах из выжимок и свежих

ягод, их содержание в экстрактах из выжимок больше, чем в экстрактах из свежих ягод – на 25,47% *Vaccinium vitis-idaea* и на 10,26% *Vaccinium myrtillus*. Анализ полученных результатов показал, что содержание и состав антоцианов экстрактов из свежих плодов и выжимок различаются как количественно, так и качественно. Так, наибольшее суммарное содержание антоцианов и разнообразнее их состава в экстрактах из ягод и выжимок черники обыкновенной *Vaccinium myrtillus*: идентифицировано 15 соединений, тогда как в экстрактах антоцианов из свежих ягод и выжимок брусники обыкновенной *Vaccinium vitis-idaea* идентифицировано всего 2 соединения: цианидин-3-О-галак-

тозид (преобладающее соединение в экстрактах как ягод, так и выжимок – 85,6% и 81,2%, соответственно) и пегунидин-3-О-галактозид, которого значительно меньше. Данный факт дает основание предположить более высокую антиоксидантную активность продуктов питания с использованием красителя, полученного из выжимок брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea*), что подтверждено современными исследованиями в обзоре [23].

Таким образом, показана принципиальная возможность получения антоциановых красителей из отходов переработки плодово-ягодного сырья Западной Сибири, в частности, выжимок брусники обыкновенной *Vaccinium vitis-idaea* и черники обыкновенной *Vaccinium myrtillus*. Следует отметить, что применение красителей на основе природных антоцианов индивидуально и зависит от вида, формы, свойств продукта и технологических приемов его производства. Тем не менее, натуральные красители на основе антоцианов более предпочтительны, чем синтетические, так как обеспечивают не только цвет и привлекательность внешнего вида продуктов, но и многостороннюю функциональную направленность. В связи с этим стабилизация антоциановых красителей в пищевых системах, их усвояемость и биодоступность требуют дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Lusk, J.L. Distinguishing Beliefs from Preferences in Food Choice / J.L. Lusk, T.C. Schroeder and G.T. Tonsor // *European Review of Agricultural Economics*. – 2014. – V. 41(4). – P. 627–655.
- Binnur, K. Consumers' Attitude towards Food Additives / K. Binnur, K. Serap // *American Journal of Food Science and Nutrition Research*. – 2015. – V. 2(2). – P. 21–25.
- Nemzer, B. Betalainic and nutritional profiles of pigment-enriched red beet root (*Beta vulgaris* L.) dried extracts / Z. Pietrzkowski, A. Spórna, P. Stalica, W. Thresher T. Michałowski and S. Wybraniec // *Food Chemistry*. – 2011. – V. 127(1). – P. 42–53. DOI:10.1016/j.foodchem.2010.12.081.
- Gryniewicz, G. Phytochemicals Between Nutrition and Medicine / G.Gryniewicz // *Acta Scientific Nutritional Health*. – 2020. – V. 4. – P. 24–29.
- Griffiths, J.C. Coloring Foods and Beverages / J.C. Griffiths // *Food Technology*. – 2005. – V. 59(5). – P. 38–44.
- Neveen, H.M. Toxic effects of the synthetic food dye brilliant blue on liver, kidney and testes functions in rats / H.M. Neveen // *Journal of the Egyptian Society of Toxicology*. – 2006. – V. 34. – P. 77–84.
- Reshmi, S.K. The effect of light, temperature, pH on stability of betacyanin pigments in *Basella alba* fruit / S.K. Reshmi, K.M. Aravindhan and D.P. Suganya // *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. – 2012. – V. 5(4). – P. 107–110.
- Boon, C.S. Factors Influencing the Chemical Stability of Carotenoids in Foods. *Critical Reviews* / C.S. Boon, D.J. McClements, J. Weiss and E.A. Decker // *Food Science and Nutrition*. – 2010. – V. 50(6). – P. 515–532. DOI:10.1080/10408390802565889.
- Ranhotra, G.S. Stability and contribution of beta carotene added to whole wheat bread and crackers / G.S. Ranhotra, J.A. Gelroth, J. Langemeier and D.E. Rogers // *Cereal Chemistry Journal*. – 1995. – V. 72(2). – P. 139–141.
- Tang, C.S. Stability of betacyanin pigments from red purple pitaya fruit (*Hylocereus polyrhizus*): influence of pH, temperature, metal ions and ascorbic acid / C.S. Tang and M.H. Norziah // *Indonesian Journal of Chemistry*. – 2007. – V. 7. – P. 327–331.
- He, J. Anthocyanins: Natural Colorants with Health-Promoting Properties / J. He and M. Giusti // *Annual Review of Food Science and Technology*. – 2010. – V. 1(1). – P. 163–187. DOI:10.1146/annurev.food.080708.100754.
- Окуневич, И.В. Антиоксиданты: эффективность природных и синтетических соединений в комплексной терапии сердечно-сосудистых заболеваний / И.В. Окуневич, Н.С. Сапронов // *Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии*. – 2004. – Т. 3(3). – С. 2–17.
- Nakaishi, H. Effect of black currant anthocyanins intake on dark adaptation and VDT work-induced transient refractive alteration in healthy humans / H. Nakaishi, H. Matsumoto, S. Tominaga and M. Hirayama // *Alternative Medicine Review*. – 2000. – V. 5(6). – P. 553–562.
- Mazza, G. Anthocyanins and heart health / G. Mazza // *Ann Ist. Super Sanita*. – 2007. – V. 43(4). – P. 369–374.
- Radovanovic, B. Free radical scavenging activity and anthocyanin profile of cabernet sauvignon wines from the Balkan region / B. Radovanovic, A. Radovanovic // *Molecules*. – 2010. – V. 15(6). – P. 4213–4226.
- Алексеевко, Е.В. Ягоды клюквы – перспективный источник антоциановых красителей / Е.В. Алексеевко, М.М. Азарова // *Пищевая промышленность*. – 2018. – № 9. – С. 16–21.
- Болотов, В.М. Цветометрические характеристики композиционных каротиноидно-антоциановых экстрактов растительного сырья / В.М. Болотов, Е.В. Комарова, Е.С. Филатова, В.В. Хрипушин // *Химия растительного сырья*. – 2016. – № 1. – С. 127–134.
- Hokkanen, J. Identification of phenolic compounds from lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.), bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and hybrid bilberry (*Vaccinium intermedium* Ruthe L.) leaves / J. Hokkanen, S. Mattila, L. Jaakola, A. Pirttila, A. Tolonen // *J Agric. Food Chem*. – 2009. – V. 57. – P. 9437–9447.
- Kolman, O.Y. Modern aspects of using secondary plant-based raw materials in food production / O.Y. Kolman, G.V. Ivanova, T.N. Yamskikh, A.N. Ivanova // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2019. – V. 315(2). – P. 022–032. DOI:10.1088/1755-1315/315/2/022032.
- Филатова, И.А. Идентификация продуктов переработки ягод, содержащих экстракты выжимок / И.А. Филатова, Р.Л. Филиппова, А.Ю. Колеснов, М.А. Дьяченко // *Пищевая промышленность*. – 2006. – № 1. – С. 24–26.
- Meng, F.L. Extraction, separation and structure identification of cyanidin-3-galactoside in fruit of *Vaccinium vitis-idaea* / F.L. Meng, X.T. Su, Y.D. Li // *J. Jilin. Agric. Univ*. – 2004. – V. 26. – P. 529–531.
- Kartimo, H. Characterization of phenolic compounds from lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea*) / H. Kartimo, S. Mattila, A. Tolonen // *J. Agric. Food Chem*. – 2006. – V. 54. – P. 9834–9842.
- Лютикова, М.Н. Химический состав и практическое применение ягод брусники и клюквы / М.Н. Лютикова, Э.Х. Ботиров // *Химия растительного сырья*. – 2015. – № 2. – С. 5–27.

Статья поступила в редакцию 12.02.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 664.4

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0022

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ЖИТЕЛЕЙ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ В ОТНОШЕНИИ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

© 2021

Фролова Нина Анатольевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности»

Амурский государственный университет

(675027, Россия, Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 21, e-mail: ninelfr@mail.ru)

Аннотация. Тенденция здорового питания среди населения является приоритетной задачей для сохранения здоровья и продления жизни. Спрос на полезные продукты питания способствовали появлению научных разработок и внедрения в производство технологий функциональных продуктов, которые пользуются большим спросом на региональном рынке. Кондитерские изделия являются незаменимым элементом питания для большинства потребителей. В статье проведен анализ потребительских предпочтений жителей Амурской области в отношении кондитерских изделий. Установлено, что больше половины опрошенных респондентов любят употреблять кондитерские изделия - 78,5%, а 20,0% респондентов не любят употреблять кондитерские изделия. Один раз в неделю покупают кондитерские изделия 33,8%, ежедневно приобретают кондитерские изделия - 17,0% опрошенных. Для 69% опрошенных при покупке изделий имеют значение органолептические показатели (вкус, запах и внешний вид) кондитерских изделий. Проведенные исследования ассортиментного ряда кондитерских изделий свидетельствуют о том, что большую часть опрошенных полностью устраивает ассортимент - 44%, скорее устраивает - ответило 39% процентов, скорее не устраивает - 10%, совсем не устраивает - 6%. Установлено что 88,8% опрошенных ориентируются на полезность продуктов питания, в первую очередь это характерно для женщин (52,8%). Главные точки сбыта кондитерских изделий - супермаркеты и оптовые базы. Таким образом, в ходе проведенных исследований установлено, что большая часть опрошенных покупают кондитерские изделия и их устраивает ассортимент, представленный на региональном рынке. В связи с высокими показателями отношения респондентов к полезным продуктам питания, создание функциональных кондитерских изделий будет пользоваться большой популярностью среди жителей Амурской области. Данные исследования могут служить для предприятий-изготовителей кондитерских изделий траекторией в создании продуктов функционального назначения.

Ключевые слова: кондитерские изделия, исследование, потребительские предпочтения, респонденты, функциональные продукты

RESEARCH OF CONSUMER PREFERENCES OF THE RESIDENTS OF THE AMUR REGION IN RELATION TO FUNCTIONAL PURPOSE CONFECTIONERY

© 2021

Frolova Nina Anatolievna, candidate of Technical Sciences, associate Professor of the Department of Life Safety
Amur State University

(675027, Russia, Blagoveshchensk, Ignatievskoe highway, 21, e-mail: ninelfr@mail.ru)

Abstract. The trend of healthy eating among the population is a priority for maintaining health and extending life. The demand for healthy food products contributed to the emergence of scientific developments and the introduction of functional food technologies into production, which are in great demand in the regional market. Confectionery is an indispensable food item for most consumers. The article analyzes the consumer preferences of the residents of the Amur region in relation to confectionery. It was found that more than half of the surveyed respondents like to use confectionery - 78.5%, and 20.0% of the respondents do not like to use confectionery. 33.8% of respondents buy confectionery once a week, 17.0% of the respondents purchase confectionery every day. For 69% of the respondents, when buying a product, the organoleptic indicators (taste, smell and appearance) of confectionery are important. The conducted studies of the assortment of confectionery products indicate that most of the respondents are completely satisfied with the assortment - 44%, rather satisfied - 39% of the respondents answered, rather not satisfied - 10%, not at all - 6%. It has been established that 88.8% of the respondents are guided by the usefulness of food, primarily this is typical for women (52.8%). The main points of sale for confectionery products are supermarkets and wholesalers. Thus, in the course of the conducted research, it was found that most of the respondents buy confectionery and they are satisfied with the assortment presented on the regional market. In connection with the high indicators of the attitude of respondents to healthy food products, the creation of functional confectionery products will be very popular among residents of the Amur Region. These studies can serve as a trajectory for manufacturers of confectionery products in the creation of functional products.

Keywords: confectionery, research, consumer preferences, respondents, functional products.

Введение. Исследования потребительских предпочтений является элементом маркетинговой политики предприятия [1-3]. Они определяют спрос на про-

дукты того или иного ассортимента, особенно, если предусматривается выпуск новых изделий [4-6]. Для внедрения и выпуск на региональный рынок функ-

циональных продуктов изучают потребительские предпочтения, в отношении этих товаров, тем самым предопределяя востребованность и спрос [7-9]. К главным факторам, имеющим приоритетное значение для населения является полноценное и регулярное снабжение организма необходимыми нутриентами [10-12]. Проблема недостаточного потребления нутриентов в современном мире решается при помощи создания функциональных продуктов питания [13-15].

Цель работы – исследование потребительских предпочтений жителей Амурской области в отношении функциональных кондитерских изделий.

Метод исследований – анкетирование респондентов с учетом выборочной совокупности.

Результаты исследований и их обсуждение. Исследования проводили в трехлетнем разрезе (с 2016-2019 гг.) методом анкетирования в соответствии с половозрастной и территориальной квотами. Количество интервьюированных 1380 человек старше 18 лет (население Амурской области: Благовещенский район, Архаринский район, Селемджинский район, Тындинский район). Выборочная совокупность респондентов представлена в таблице 1.

В ходе проведения исследований нами были изучены основные аспекты потребления кондитерских изделий, отношение респондентов к здоровому питанию, выявление факторов, сдерживающих их потребление.

Таблица 1 – Характеристика выборочной совокупности

Признак группировки	Категория и доля в выборочной совокупности, %	
	Пол	Мужской – 52,0
Возраст	от 18-24 лет – 12,8	45-54 лет – 17,8
	25-34 лет – 15,1	55-64 – 15,3
	35-44 лет – 22,1	Старше 65 лет – 14,9
Образование	Среднее – 5,2	Высшее – 58,6
Сфера занятости	Коммерческая – 18,6	Пенсионеры – 32,8
	Производственная – 32,8	
	Студенты – 12,4	

Функциональные кондитерские изделия – это изделия, содержащие в своем составе незаменимые нутриенты, среднесуточное удовлетворение которых составляет от 15%. В настоящее время разработаны рецептуры и подобраны технологические режимы и параметры производства кондитерских изделий: карамели леденцовой, ириса тираженного, мармелада. Проведена оценка качества и безопасности разработанных изделий, утверждена техническая документация [16-20]. Разработки нашли практическое применение в производственных условиях, но для успешной реализации функциональных кондитерских изделий на региональный рынок необходимы маркетинговые исследования нового для потребителей продукта.

Первый этап исследований включал в себя вопрос: «Любите ли вы употреблять кондитерские изделия?» Ответы распределились следующим образом: больше половины опрошенных респондентов любят употреблять кондитерские изделия – 78,5%, а 20,0%

респондентов не любят употреблять кондитерские изделия (рис. 1).

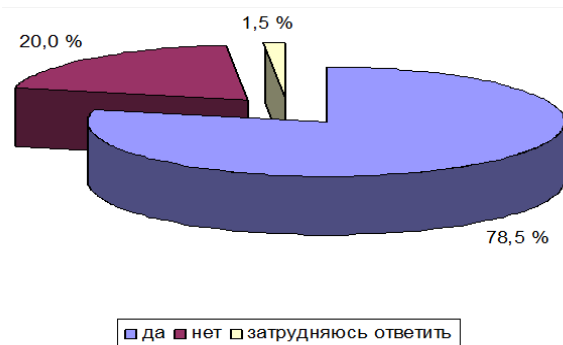


Рисунок 1 – Отношение респондентов к кондитерским изделиям

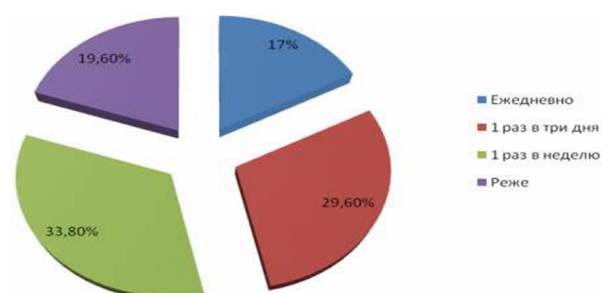


Рисунок 2 – Частота покупки кондитерских изделий

На рисунке 2 представлена диаграмма частоты покупки кондитерских изделий. Установлено, что один раз в неделю покупают кондитерские изделия – 17,0% опрошенных. Кондитерские изделия относятся к высококалорийным. При приобретении любых продуктов питания покупатель в первую очередь обращает внимание на внешний вид изделий (органолептические показатели). Для 69% опрошенных при покупке изделий имеют значение органолептические показатели кондитерских изделий. Представляло интерес определить отношение респондентов к основным сегментам органолептических показателей кондитерских изделий при покупке: внешний вид, приятный вкус, запах. В ходе опроса были получены результаты, представленные на рисунке 3. Отдают предпочтение внешнему виду кондитерских изделий – 56% опрошенных, поэтому при выпуске кондитерских изделий функционального назначения необходимо уделять повышенное внимание внешнему виду изделий (упаковке).

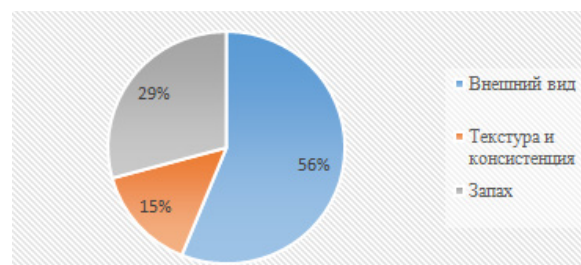


Рисунок 3 – Отношение покупателей к органолептическим показателям кондитерских изделий при покупке

Большая часть респондентов отдает предпочтение кондитерским изделиям, причем органолептические показатели при их покупке играют важное значение.

На рисунке 4 представлен анализ ассортимента кондитерских изделий, представленного на региональном рынке Амурской области. Большую часть опрошенных полностью устраивает ассортимент – 44%, скорее устраивает – ответило 39% процентов скорее не устраивает – 10%, совсем не устраивает – 6%.

Дополнительное введение нутриентов в кондитерские изделия будет способствовать не только расширению ассортимента, но и созданию функциональных продуктов, систематическое употребление которых восполнит их дефицит в организме [21-22].

Следующим этапом работы явилось изучение отношения респондентов к полезным продуктам питания, а именно к функциональным кондитерским изделиям (рис. 5).

Установлено что 88,8% опрошенных ориентируются на полезность продуктов питания, поэтому они выразили свое положительно мнение о появлении функциональных кондитерских изделий на региональном рынке. В первую очередь это характерно

для женщин (52,8%). При этом люди в более зрелом возрасте заботятся о своем здоровье и стараются тоже приобретать полезные для здоровья продукты питания.

На вопрос: «Достаточно ли Вам имеющейся информации об функциональных продуктах?» 67,8% респондентов ответили «Нет», 32,2% - ответили «Да». Следовательно, вопрос актуализации функциональных продуктов питания для предприятий-изготовителей является немаловажным фактором в маркетинговой политике предприятия.

После производства кондитерских изделий функционального назначения предприятиями – изготовителями важны места их реализации [19-20].

Приобретение кондитерских изделий респондентами осуществляется в местах, представленных на рисунке 6. Большая часть респондентов приобретает кондитерские изделия в супермаркетах – 73%, 12% респондентов приобретают кондитерские изделия на базах.

Следовательно, главными точками сбыта функциональных кондитерских изделий должны стать: супермаркеты и оптовые базы.

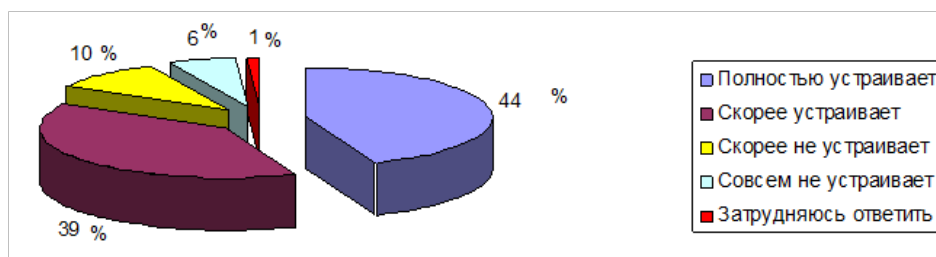


Рисунок 4 – Удовлетворение представленным ассортиментом кондитерских изделий, %

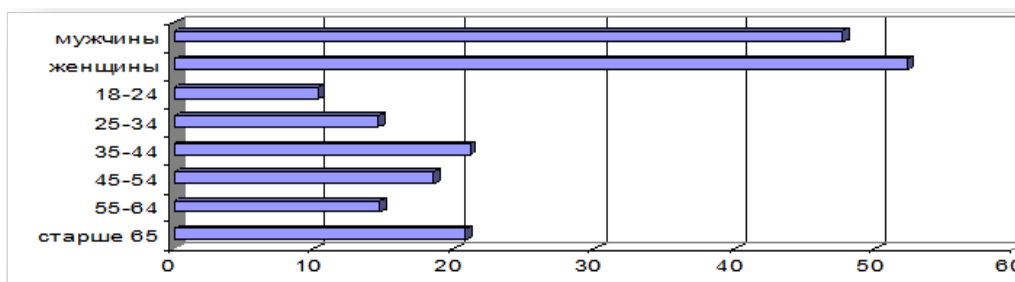


Рисунок 5 – Отношение респондентов к функциональным кондитерским изделиям, %

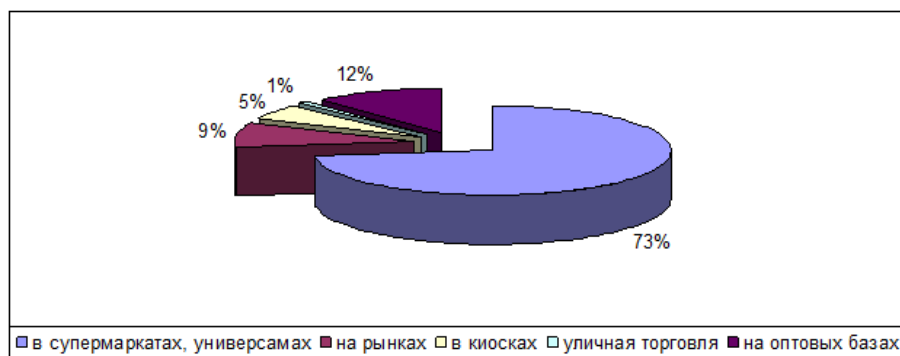


Рисунок 6 - Места приобретения кондитерских изделий, %

Заключение. Таким образом, в ходе проведенных исследований установлено, что большая часть опрошенных покупают кондитерские изделия и их устраивает ассортимент, представленный на региональном рынке. В связи с высокими показателями отношения респондентов к полезным продуктам питания, создание функциональных кондитерских изделий будет пользоваться большой популярностью среди жителей Амурской области. Данные исследования могут служить для предприятий-изготовителей кондитерских изделий траекторией в создании продуктов функционального назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Фролова, Н.А. Анализ потребительских предпочтений жителей г. Благовещенска Амурской области в отношении карамели, обогащенной биологически активными веществами из растительного и животного сырья / Н.А. Фролова, И.Ю. Резниченко, Н.Ф. Иванкина // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 2. – С. 168-172.
2. Гаврилова, С.А. Исследование и разработка технологии продуктов на основе дикорастущего сырья / С. А. Гаврилова, Е.В. Лоскутова, И.В. Бибик, Н.В. Бабий // Сб. науч. тр. матер. междунар. науч.-практич. конф. аспирантов и мол. уч. – Санкт-Петербург, 2012. – С. 32-33.
3. Фролова, Н.А. Состояние и тенденции развития рынка кондитерских изделий в России / Н.А. Фролова, Ю.А. Праскова, Д.Б. Пеков, Н.В. Шкрабтак // Экономика и предпринимательство. – № 5-2018. – С.919-922.
4. Фролова, Н.А. Кондитерские изделия пониженной энергетической ценности для геродиетического питания / Н.А. Фролова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2020. – Т. 8. – № 1. – С. 74-80.
5. Савенкова, Т.В. Специальные кондитерские изделия для детей / Т.В. Савенкова, Л.Н. Аксенова // Кондитерское производство. – 2007. – № 1. – С. 18–20.
6. Шатнюк, Л.Н. Инновационные ингредиенты в специализированных продуктах питания для беременных и кормящих женщин / Л.Н. Шатнюк, Г.А. Михеева // Пищевые ингредиенты. Сырьё и добавки. – 2012. – № 1. – С. 42–44.
7. Резниченко, И.Ю. Современные требования к качеству и безопасности безглютеновой продукции в Великобритании / И.Ю. Резниченко, Ю.А. Алешина // Ползуновский вестник. – 2011. – № 2/3. – С. 219–223.
8. Медико-биологический подход к разработке рационов питания спортсменов – членов женской сборной России по тяжёлой атлетике / Г.А. Азизбекян, М.А. Абрамова, И.С. Зилова и др. // Вопросы питания. – 2012. – Т. 81, № 2. – С. 68–72.
9. Методология проектирования кондитерских изделий функционального назначения / И.Ю. Резниченко, Ю.А. Алешина, А.И. Галиева, Е.Ю. Егорова // Пищевая промышленность. – 2012. – № 9. – С. 28–30.
10. МР 2.3.1.1915-04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. – М., 2004. – 36 с.
11. МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. – М., 2008. – 50 с.
12. Bollinger Hartmut Consumer Expectations and Eating Behavior over Time/ International Food Marketing and Technology, vol. 15, № 5, 2001, с. 10–21.
13. Mariott Bernadette Functional foods: an ecological perspective// Am.J Clin.Nutr. 20000, 71 (suppl.): 1728S-34S.
14. Roberfroid M.B. Global view on functional foods: European perspectives // British J. Nutrition. 2002, v.88, Suppl.2, 133–138.
15. Бобренева И.В. К вопросу о функциональных продуктах питания. Мясная индустрия, № 11, 2002, стр. 12–14.
16. Prytul's'ka N. V. Do problemy udoskonalennja klasyfikacii' produktiv dlja enteralnogo harchuvannja / N. V. Prytul's'ka, D. P. Antjushko, Ja. V. Kupchenko // Harchova nauka i tehnologii'. – 2013. – № 3 (24). – С. 11–14.
17. The Market for Clinical Nutritional Products ; [redacted by J. Nicole]. – Market Research. – 2010. – Vol. 8. – 108 p.
18. Фролова Н.А. Методологические подходы к созданию функциональных сахаристых кондитерских изделий: [монография] / Н.А. Фролова, И.Ю. Резниченко. – Благовещенск. – Изд-во: Амурский государственный университет. – 2020. – 148 с.
19. N. N. Stepakova, T. F. Kiseleva, N. A. Koryakina, N. A. Frolova, I. Yu. Reznichenko. Food forest resources as a component of environmental management Agritech 2019 4046 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 315 (2019) 052046doi:10.1088/1755-1315/315/5/052046
20. Frolova N. A., Reznichenko I. Yu., Shkrabtak (Babii) N.V., Balandin A.V. Analysis of the chemical composition of wildlife raw material of the Far Eastern region having endoecological action. IOPConf. Series: Earthand Environmental Science 421 (2020) 072011. doi:10.1088/1755-1315/421/7/072011.
21. Резниченко, И.Ю., Фролова Н.А., Кучебо В.В., Туров В. Использование сиропов в рецептуре сахаристых кондитерских изделий повышенной пищевой ценности // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49. – №1. – с. 62-69
22. Резниченко И.Ю., Гурьянов Ю.Г., Лобач Е.Ю. Разработка рецептур, технологии производства, оценка качества функциональных сахаристых изделий // Новые технологии. – 2010. – № 4. –С. 51-53.

Статья поступила в редакцию 12.01.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 633.822: 577.19

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0023

ИДЕНТИФИКАЦИЯ CO₂-ЭКСТРАКТА SYZYGIUM AROMATICUM L. МЕТОДОМ ВЭЖХ-МС/МС

© 2021

Каленик Татьяна Кузьминична, доктор биологических наук, профессор,
профессор Департамента пищевых наук и биотехнологий,

Сенотрусова Тамара Алексеевна, кандидат технических наук,
доцент Департамента пищевых наук и биотехнологий,

Моткина Елена Викторовна, кандидат медицинских наук,
доцент Департамента пищевых наук и биотехнологий

Дарвиш Фади, аспирант Департамента пищевых наук и биотехнологий,

Разгонова Майя Петровна, аспирант Департамента пищевых наук и биотехнологий,

Дальневосточный федеральный университет

(690922, Россия, Приморский край, остров Русский, п. Аякс, 10,

e-mails: kalenik.tk@dvfu.ru, senotrusova.tale@dvfu.ru, motkina.ev@dvfu.ru, darvish.fa@dvfu.ru, razgonova.mp@dvfu.ru)

Аннотация. Известно, что гвоздика (*Syzygium aromaticum* L.) содержит богатый состав фитохимических веществ, что является важным для поддержания здоровья населения и развития в области пищевой промышленности. В данном исследовании изучили состав биологически активных веществ CO₂-экстракта *Syzygium aromaticum* L. Экстракт получали с помощью сверхкритической флюидной экстракции. Также с помощью ВЭЖХ-МС/МС анализа было идентифицировано 37 различных биологически активных компонентов: флавоноиды (нарингенин, апигенин, кемпферол, катехин, эпикатехин, кверцитрин), фенольные кислоты (галловая кислота, феруловая кислота, эллаговая кислота), гидроксидикарбоновая кислота (L-яблочная кислота), дитерпены (20-деоксокарнозол); жирные кислоты лигноцериновая кислота), танины (галлоил глюкоза) и другие соединения. В CO₂-экстракте *Syzygium aromaticum* L. впервые были идентифицированы 14 новых соединений (стеарионовая кислота, 6,7-дигидрокси-4'-метоксиизофлавоон, криптотаншинон, хризоеириол, гиспидулин, гербацетин, диосметин, 8-деметилэукалиптин, 20-дезоксокарнозол, ксантомикрол, 5,6-дигидрокси-7, 3', 4'-триметоксифлавоон, лигноцериновая кислота, фраксетин-7-О-бета-глюкуронид, хризоеириол-7-О-глюкозид). Результаты исследования показали, что CO₂-экстракт *Syzygium aromaticum* L. обладает высоким содержанием флавоноидов, поэтому сверхкритический экстракт можно рекомендовать в качестве источника природных антиоксидантов для применения в пищевой промышленности. Применение метода сверхкритической экстракции позволило получить экстракт гвоздики с более высоким содержанием биологически активных веществ.

Ключевые слова: сверхкритическая CO₂-экстракция, ВЭЖХ-МС/МС, гвоздика (*Syzygium aromaticum* L.), биологически активные вещества.

IDENTIFICATION OF CO₂ EXTRACT OF SYZYGIUM AROMATICUM L. USING HPLC-MS/MS METHOD

© 2021

Kalenik Tatiana Kuzminichna, doctor of Biological Sciences, professor
Department of Food Sciences and Biotechnology

Senotrusova Tamara Alekseevna, candidate of Technical Sciences Department of Food Sciences and Biotechnology

Motkina Elena Victorovna, PhD in Medicine Department of Food Sciences and Biotechnology

Darwish Fadi, PhD Student Department of Food Science and Biotechnology

Razgonova Maya Petrovna, PhD student Department of Food Science and Biotechnology

Far Eastern Federal University

(690922, Russia, Primorsky Krai, Russky Island, Ajax, 10,

e-mails: kalenik.tk@dvfu.ru, senotrusova.tale@dvfu.ru, motkina.ev@dvfu.ru, darvish.fa@dvfu.ru, razgonova.mp@dvfu.ru)

Abstract. Clove (*Syzygium aromaticum* L.) is known to contain a rich composition of phytochemicals, which is important for maintaining public health and development in the food industry. In this study, the composition of biologically active substances of the CO₂-extract of *Syzygium aromaticum* L was studied. The extract was obtained using supercritical fluid extraction. Also, using HPLC-MS / MS analysis, 37 different biologically active components were identified: flavonoids (naringenin, apigenin, kaempferol, catechin, epicatechin, quercitrin) phenolic acids (gallic acid, ferulic acid, ellagic acid) hydroxycarboxylic acid (L-malic acid) diterpenes (20-deoxocarnosol) fatty acids (lignoceric acid) tannin (galloyl glucose) and other compounds. In the CO₂ extract of *Syzygium aromaticum* L., 14 new compounds were first identified (stearidonic acid, 6,7-dihydroxy-4'-methoxyisoflavone, cryptotanshinone, chrysoeriol, hispidulin, herbacetin, diosmetin, 8-demethyleucalyptin, 20-deoxocarnosol, xanthomicrol, 5,6-dihydroxy-7,3, 4'-trimethoxyflavone, lignoceric acid, fraxetin-7-O-beta-glucuronide, chrysoeriol-7-O-glucoside). The results of the study showed that the CO₂-extract of *Syzygium aromaticum* L. has a high content of flavonoids, therefore, the supercritical extract can be recommended as a source of natural antioxidants for use in the food industry. The use of the supercritical extraction method made it possible to obtain a clove extract with a higher content of biological active substances.

Keywords: supercritical CO₂ extraction, HPLC-MS/MS, clove (*Syzygium aromaticum* L.), biologically active substances.

Введение. Пряные травы применялись для консервирования продуктов питания и напитков более 2000 лет, поскольку в их состав входят различные биологически активные вещества, которые обладают потенциальным терапевтическим действием. Эта группа состоит из каротиноидов, растительных стеролов, флавоноидов и других фенольных соединений [1].

Гвоздика является пряно-ароматическим растением, принадлежащим к семейству *Myrtaceae* [2]. Гвоздика (*Syzygium aromaticum*) одна из самых популярных пряностей, которые долгое время использовались в качестве пищевых консервантов, а также для различных медицинских целей [3]. Гвоздика является одним из лучших антиоксидантов среди пряных трав и очень эффективна для защиты организма от повреждений, вызванных свободными радикалами. В гвоздике обнаружены многие биологически активные соединения с антиоксидантным потенциалом [4].

Гвоздика содержит богатый состав фитохимических веществ: гидроксibenзойная кислота, флавоноиды, гидроксифенилпропены, гидроксинаминовые кислоты, производных галловой кислоты, танины с высоким содержанием в свежем растении. Кроме того, гвоздика содержит флавоноиды, а именно кверцетин и кемпферол, и фенольные кислоты, такие как феруловая, кофейная, эллаговая и салициловая кислоты [5-7]. Данные соединения обладают следующими свойствами: противовоспалительными, антибактериальными и антиоксидантными и др., что важно для профилактики заболеваний населения, а также сохранения пищевых продуктов и увеличения сроков их годности.

Ученые Pérez-Jiménez, Neveu, Vos, Scalbert et al. (2010), используя базу данных *Phenol-Explorer* (www.phenol-explorer.eu), изучили содержание полифенолов в 452 продуктах питания и выбрали 100 продуктов, богатых полифенолами и антиоксидантами. Было обнаружено, что в гвоздике содержится наибольшая массовая доля полифенолов и антиоксидантов, при этом мята перечная уступает гвоздике по содержанию полифенолов (например, 15 000 мг/100 г в гвоздике, 12 000 мг/100 г в мяте перечной) [8]. В связи с этим перспективно получение экстракта гвоздики, который будет богат вышеперечисленными биологически активными компонентами, а также изучение его состава.

Сверхкритическая жидкостная экстракция (SFE) используется с конца 1970-х годов для анализа пищевых продуктов, выделения биологически активных веществ и определения уровней липидов в продуктах питания, а также уровней токсичных веществ. У сверхкритической флюидной CO₂-экстракции есть преимущества – это легкое удаление растворителя из конечного продукта, высокая селективность и использование умеренных температур в процессе экстракции являются основными привлекательными факторами сверхкритической технологии, ведущими к значительному увеличению исследований для использования в пищевой и фармацевтической промышленности [9,10].

Целью исследования явилась идентификация со-

става биологически активных веществ, присутствующих в CO₂-экстракте *Syzygium aromaticum* L.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования научной работы являлся экстракт, полученный из генеративной почки *Syzygium aromaticum* L., выращенного в тепличных условиях при температуре от 20 до 25°C и влажности 80% в период с апреля по май в 2019 года в г. Тартус, Сирия, собранной до цветения и высушенной в сушильном шкафу (*Binder oven M115 P M, Germany*) при 50°C в течение 300 мин. до содержания влаги 8% ± 1%.

Экстрагирование генеративной почки гвоздики выполнено с помощью системы флюидной экстракции *Thar SFE-500F-2-FMC50* (США). В исследовании давление CO₂ варьировалось от 200 бар до 300 бар, время воздействия от 0,5 ч до 2 ч, применялся соразтворитель этанол. Температура варьировалась от 31 до 70°C.

Разделение многокомпонентных смесей проводили методом ВЭЖХ с использованием жидкостного хроматографа высокого давления *Shimadzu LC-20 Prominence HPLC* (*Shimadzu*, Япония), оборудованного спектрофотометрическим детектором *SPD-20A* и колонкой с обратной фазой *Shodex ODP-40 4E*. Программа градиента элюции (вода-ацетонитрил) следующая: 0 мин – 4 мин, 100% H₂O, 0% ацетонитрила (CH₃CN); 4 – 60 мин, 100% – 25% H₂O, 0% – 75% CH₃CN; 60 – 75 мин, 25% – 0% H₂O, 75% – 100% CH₃CN; контрольная промывка 75 – 120 мин 0% H₂O; 100% CH₃CN. Весь ВЭЖХ-анализ сделан с *DAD*-детектором при длинах волн 230 нм и 330 нм; температура 17°C. Объем впрыска составлял 1 мл. Идентификацию биологически активных веществ проводили методом tandemной масс-спектрометрии с помощью масс-спектрометра *amaZon SL* (производство фирмы «BRUKER DALTONIKS», Германия), оснащенного источником ионизации электрораспылением *ESI* в режимах отрицательных и положительных ионов. Оптимизированные параметры получены следующим образом: температура источника ионизации: 70°C, поток газа: 4 л/мин, газ-небилайзер (распылитель): 7,3 psi, капиллярное напряжение: 4500 V, напряжение на изгибе торцевой пластины: 1500 V, фрагментатор: 280 V, энергия столкновения: 60 eV. Масс-спектрометр использовался в диапазоне сканирования *m/z* 100 – 1.700 для *MC* и *MC/MC*. Скорость захвата составляла 1 спектр/с для *MC* и 2 спектра/с для *MC/MC*. Сбор данных контролировался программным обеспечением *Windows* для *BRUKER DALTONIKS*.

Результаты исследования. Известно, что метод сверхкритической экстракции является эффективным способом выделения биологически активных веществ по сравнению с традиционными методами [11]. *Syzygium aromaticum* L. экстрагировали методом сверхкритической CO₂-экстракции. Идентификацию биологически активных веществ CO₂-экстракта *Syzygium aromaticum* L. проводили методом tandemной масс-спектрометрии с использованием масс-спектрометра *amaZon SL*, оснащенного источником иониза-

ции электрораспылением *ESI* в режимах отрицательных и положительных ионов.

Химический профиль (плотность распределения) ионной хроматограммы CO₂-экстракта *Syzygium aromaticum L.*, полученный масс-спектрометрией в двухступенчатом режиме разделения ионов (режим *MS/MS*), показан на рисунке 1.

В качестве примеров хроматомасс-спектрометрической идентификации индивидуальных соединений в CO₂-экстракте *Syzygium aromaticum L.* можно привести обнаружение кофейной кислоты и *L*-яблочной кислоты.

На рисунке 2 приведен спектр *MSn* (ион-аддукт [*M-H*]-) при *m/z* 133.10, *L*-яблочной кислоты. Масс-спектрометрия с ионом-аддуктом составила [*M-H*]-, соответственно фрагментированные ионы: 115.07; 115.11.

Данные измерения по *L*-яблочной кислоты подтверждаются данными масс-спектрометрии, приведенными в работе *Martina Cirlini.* и др., (2016) [12].

Масс-спектр в режиме отрицательных ионов галловой кислоты показан на рисунке 3, и ион 169.06 [*M-H*]- образовал фрагмент с *m/z* 125.09. Он был идентифицирован в библиографии в экстрактах *Syzygium aromaticum* в работе *Fathoni A.* и др., (2017) [13].

Оценка образца проводилась с анализом более 300 масс-спектров для каждой аналитической реплики и привела к идентификации 37 соединения путем сравнения данных с результатами других статей, как показано в таблице 1 (молекулярные массы, химические формулы и фрагментные ионы биологически активных соединений, выделенных из CO₂-экстракта *Syzygium aromaticum L.*) [9, 12-30].

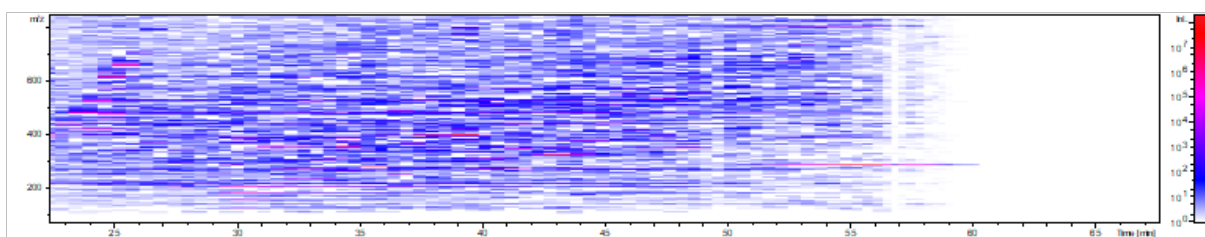


Рисунок 1 – Плотность распределения анализируемых целевых аналитов на ионной хроматограмме CO₂-экстракта *Syzygium aromaticum L.*

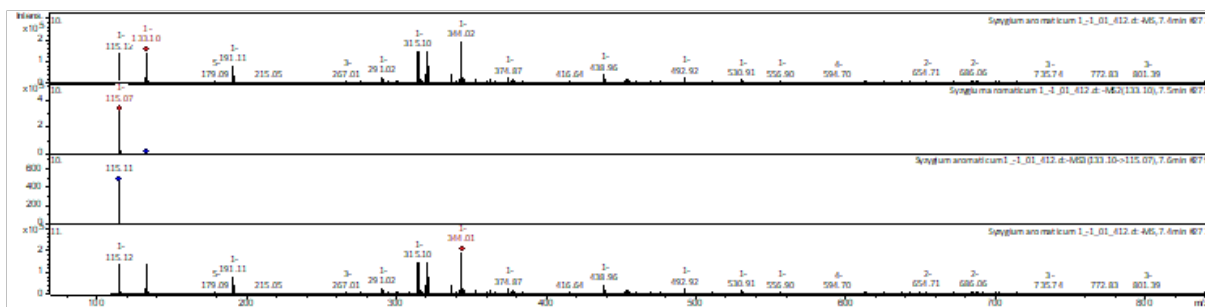


Рисунок 2 – Масс-спектр *L*-яблочной кислоты из *Syzygium aromaticum L.*, *m/z* 133,10

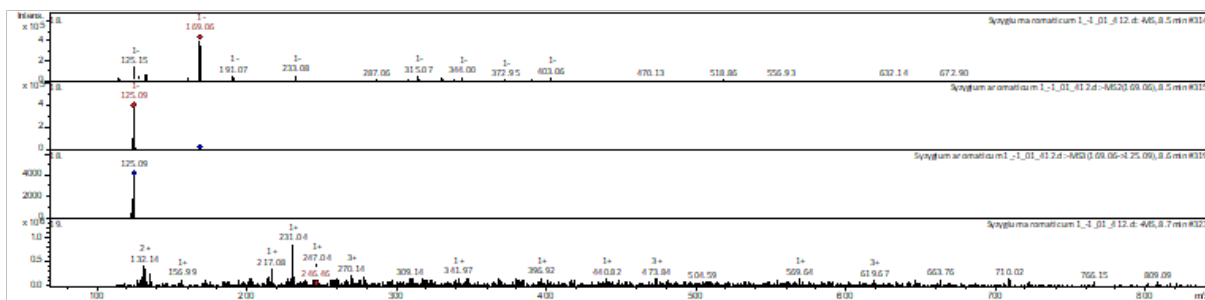


Рисунок 3 – Масс-спектр галловой кислоты из *Syzygium aromaticum L.*, *m/z* 169,06

Из таблицы 1 можно сделать вывод, что всего в CO₂-экстракте *Syzygium aromaticum L.* было идентифицировано 37 различных биологически активных компонентов (двадцать восемь флавоноидов, три фенольные кислоты, две жирных кислоты, одна гидроксидикарбоновая кислота, одно фенольное соединение, один дитерпен и один танин). Путем сравнения результатов анализа биологически активных веществ в экстракте гвоздики с результатами исследования, про-

веденного (*Fathoni A.* и другими, 2017), было обнаружено, что использование метода сверхкритической экстракции позволяет получить экстракт гвоздики с более высоким содержанием биологически активных веществ по сравнению с этанольным экстрактом, где было идентифицировано 20 соединений [13].

Сравнивая результаты анализа биологически активных веществ в экстракте гвоздики с результатами работы других ученых [3, 13, 31, 32, 33] впер-

вые было обнаружено 14 новых веществ, таких как стеарионовая кислота, 6,7-дигидрокси-4'-метоксиизофлавонон, криптотаншинон, хризоеириол, гиспидулин, гербацетин, диосметин, 8-деметилэукалиптин,

20-дезоксокарнозол, ксантомикрол, 5,6-дигидрокси-7,3',4'-триметоксифлавонон, лигноцериновая кислота, фраксетин-7-О-бета-глюкуронид, хризоеириол-7-О-глюкозид.

Таблица 1 – Компоненты, идентифицированные в CO₂-экстракта *Syzygium aromaticum* L.

№	Название	Химическая формула	классификация	Молекулярная масса	Ион-аддукт [M-H] ⁻	Ион-аддукт [M+Na] ⁺	Фрагментирование ионов n1 и n2	Литература
1	L-яблочная кислота	C ₄ H ₆ O ₅	гидроксид-карбоновая кислота	134.09	133.10		115.07;115.11	[12]
2	Галловая кислота	C ₇ H ₆ O ₅	фенольная кислота	170.1195	169.06		125.09;125.09	[13]
3	Метил галловая кислота	C ₈ H ₈ O ₅	фенольное соединение	184.15		185.01	168.08;138.74	[16]
4	Феруловая кислота	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	фенольная кислота	194.184		195.09	149.09	[22]
5	Нарингенин	C ₁₅ H ₁₂ O ₅	флавоноид	272.25	271.05		177.11;151.03;119.19	[13,21]
6	Апигенин	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	флавоноид	270.24		271.13	253.14;186.04	[19]
7	Стеарионовая кислота	C ₁₈ H ₂₈ O ₂	жирная кислота	276.4137		277	233.02;207;124.06	[20]
8	Кемпферол	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	флавоноид	286.24	285.24		239.16;211.21;221.18	[13]
9	6,7-дигидрокси-4'-метоксиизофлавонон	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	флавоноид	284.26		285.09	239;132.99	[14]
10	Катехин	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	флавоноид	290.27		291.04	231.06;230.21	[22]
11	Эпикатехин	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	флавоноид	290.27		291.07	231.10	[22]
12	Криптотаншинон	C ₁₉ H ₂₀ O ₃	дитерпены	296.4		297.98	279;208.69;198.45	[29]
13	Хризоеириол	C ₁₆ H ₁₂ O ₆	флавоноид	300.26		301.02	285.98;285;257	[14]
14	Кемпферид	C ₁₆ H ₁₂ O ₆	флавоноид	300.26		301.01	285.98;257.93	[19]
15	Гербацетин	C ₁₅ H ₁₀ O ₇	флавоноид	302.23	301.11		273.04;245.05	[22]
16	Эллаговая кислота	C ₁₄ H ₆ O ₈	фенольная кислота	302.19	301.11		273.04;257.03;245.05;201.04;173.08;151.03	[13]
17	Кверцетин	C ₁₅ H ₁₀ O ₇	флавоноид	302.23	301.07		273.05;245.07;179.02;151.06	[13]
18	Диосметин	C ₁₆ H ₁₂ O ₆	флавоноид	300.26		301.04	285.97;258.06	[14]
19	8-Деметилэукалиптин	C ₁₈ H ₁₆ O ₅	флавоноид	312.3	311.18		311.14;183.06	[9]
20	4', 7'-диметоксилутеолин	C ₁₇ H ₁₄ O ₆	флавоноид	314.29	313.12		298.02;283;255.04	[23]
21	Изорамнетин	C ₁₆ H ₁₂ O ₇	флавоноид	316.26	315.09		300.05;282.97;271.04;151.07	[13]
22	Рамнетин I	C ₁₆ H ₁₂ O ₇	флавоноид	316.26	315.05		300.01;193.04;165.04;121.11	[24,25]
23	20-Дезоксокарнозол	C ₂₀ H ₂₈ O ₃	дитерпены	316.4	315.07		287.03;259.05	[20]
24	Диметилвый эфир кверцетина	C ₁₇ H ₁₄ O ₇	флавоноид	330.29	329.07		314;298.95	[18]
25	Яцеозидин	C ₁₇ H ₁₄ O ₇	флавоноид	330.29	329.09		314.05;298.97	[14,30]
26	Галлоил глюкоза	C ₁₃ H ₁₆ O ₁₀	танин	332.26	331.28		313.23;295.21;171.15	[26]
27	Ксантомикрол	C ₁₈ H ₁₆ O ₇	флавоноид	344.3		344.98	329.98;314.96	[14]
28	5,6-дигидрокси-7,3', 4'-триметоксифлавонон	C ₁₈ H ₁₆ O ₇	флавоноид	344.3		345.03	330;314.98	[14]
29	Неваденсин	C ₁₈ H ₁₆ O ₇	флавоноид	344.3		345.04	330.01;301.02;300.95	[14]
30	Хинокинин	C ₂₀ H ₁₈ O ₆	флавоноид	354.4		355.02	337;288.99;205.01	[27,28]
31	Тимонин	C ₁₈ H ₁₇ O ₈	флавоноид	360.3148	358.90		343.97;328.96	[14,30]
32	Лигноцериновая кислота	C ₂₄ H ₄₈ O ₂	жирная кислота	368.6		369.16	351.18;331.08	[9]
33	Фраксетин-7-О-бета-глюкуронид	C ₁₆ H ₁₆ O ₁₁	флавоноид	384.29	383.25		365.14;215.06	[9]
34	Кверцетин-3-О-рамнозид	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₁	флавоноид	448.4	447.22		301.20;283.20	[15]
35	Кверцитрин	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₁	флавоноид	448.4	447.21		301.17;283.20	[22]
36	Родиолатунтозид	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₁	флавоноид	448.39	447.22		301.20;283.20	[22]
37	Хризоеириол-7-О-глюкозид	C ₂₂ H ₂₂ O ₁₁	флавоноид	462.4	461.09		299.03;284.04	[17]

Заключение. Применение метода сверхкритической экстракции позволяет получить экстракт гвоздики с более разнообразным содержанием биологических активных веществ, так как впервые было идентифицировано 14 новых соединений. Исследованный экстракт может быть использован как богатый источник природных антиоксидантов в пищевой промышленности, поскольку в его состав входят двадцать восемь флавоноидов и других веществ. Применение CO₂-экстракта *Syzygium aromaticum* L. в пищевой промышленности позволит продлить сроки годности пищевых продуктов, а также обогатить пищевые продукты важными для организма биологически активными веществами и расширить ассортимент пищевой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Embuscado, M. E. Spices and herbs: Natural sources of antioxidants – a mini review / M.E. Embuscado // Journal of functional foods. – 2015. – Vol. 18. – P. 811-819.
2. Demirköz, A. B. Investigation of the Effect of Olive Leaf and Clove Extracts Mixture on the Stability of Sunflower Oil During Repeated Deep Frying of Potatoes. Taup) Lines / A.B. Demirköz, M. Karakas, P. Bayramoglu // Journal of Food Processing and Technology. – 2017. – Vol. 8. – №. 2. – P. 1-5.
3. Mohammed, K. A. K. Chemical composition and antibacterial effects of clove (*Syzygium aromaticum*) flowers / K. A. K. Mohammed, H.M. Abdulkadhim, S.I. Noori // Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. – 2016. – Vol. 5. – №. 2. – P. 483-489.
4. Ishaq, A. Characterising and optimising antioxidant and antimicrobial properties of clove extracts against food-borne pathogenic bacteria / A. Ishaq, Q.A. Syed, M.I. Khan, M.A. Zia // International Food Research Journal. – 2019. – Vol. 26. – №. 4. – P. 1165-1172.
5. Batiha, G. E. S. *Syzygium aromaticum* L.(Myrtaceae): Traditional uses, bioactive chemical constituents, pharmacological and toxicological activities / G. E. S. Batiha, L.M. Alkzami, L.G. Wasef, A.M. Beshbishy, E.H. Nadwa, E.K. Rashwan // Biomolecules. – 2020. – Vol. 10. – №. 2. – P. 1-16.
6. Cortés-Rojas, D. F. Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice / D.F. Cortés-Rojas, C.R.F. de Souza, W.P. Oliveira // Asian Pacific journal of tropical biomedicine. – 2014. – VOL. 4. – №. 2. – P.90-96.
7. Снисаренко, Т. А. Физиологические и биохимические аспекты адаптации видов рода *Dianthus* L. флоры Предкавказья / Т. А. Снисаренко, Ю. Р. Мутыгуллина // Вестник Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета. – 2009. – №. 1. – С.306-313.
8. Pérez-Jiménez, J. Identification of the 100 richest dietary sources of polyphenols: an application of the Phenol-Explorer database / J. Pérez-Jiménez, V. Neveu, F. Vos, A. Scalbert // European journal of clinical nutrition. – 2010. – VOL. 64. – №. 3. – P. S112-S120.
9. Razgonova, M. Comparative Analysis of Far East Sikhotsky Rhododendron (*Rh. sichotense*) and East Siberian Rhododendron (*Rh. adamsii*) Using Supercritical CO₂-Extraction and HPLC-ESI-MS/MS Spectrometry / M. Razgonova, A. Zakharenko, S. Ercisli, V. Grudev, K. Golokhvast // Molecules. – 2020. – Vol. 25. – №. 17. – P.3774.
10. Разгонова, М. П. "зеленые технологии" получения соединений гинзенозидов из дальневосточного женьшеня (*Panax ginseng*) с помощью сверхкритической со₂-экстракции для использования в пищевой, лекарственной и косметической промышленности / М. П. Разгонова, А. М. Захаренко, Т. Каленик, К.С. Голохваст // Современная наука и инновации. – 2018. – №. 2. – С.128-136.
11. Tyśkiewicz, K. The application of supercritical fluid extraction in phenolic compounds isolation from natural plant materials / K. Tyśkiewicz, M. Konkol, E. Ró // Molecules. – 2018. – Vol. 23. № 10. P. 1-27.
12. Cirlini, M. Phenolic and volatile composition of a dry spearmint (*Mentha spicata* L.) / M. Cirlini, P. Mena, M. Tassotti, K.A. Herrlinger, K.M. Nieman, C. Dall'Asta, D. Del Rio // Molecules. – 2016. – Vol. 21. № 8. P. 1007.
13. Fathoni, A. Identification of nonvolatile compounds in clove (*Syzygium aromaticum*) from Manado / A. Fathoni, E. Saepudin, A.H. Cahyana, D. U. C Rahayu, J. Haib // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC. – 2017. – Vol. 1862. – №. 1. – P.030079.
14. Xu, L. L. Analysis of non-volatile chemical constituents of *Menthae Haplocalycis herba* by ultra-high performance liquid chromatography-high resolution mass spectrometry / L.L. Xu, J.J. Xu, K.R. Zhong, Z.P. Shang, F. Wang, R.F. Wang, B. Liu // Molecules. – 2017. – Vol. 22. – №. 10. – P.1756.
15. Goufo, P. Reference list of phenolic compounds (including stilbenes) in grapevine (*Vitis vinifera* L.) roots, woods, canes, stems, and leaves / P. Goufo, R.K. Singh, I.A. Cortez // Antioxidants. – 2020. – Vol. 9. – №. 5. – P. 398.
16. Spínola, V. Identification and quantification of phenolic compounds of selected fruits from Madeira Island by HPLC-DAD-ESI-MSn and screening for their antioxidant activity / V. Spínola, J. Pinto, P.C. Castilho // Food Chemistry. – 2015. – Vol. 173. – P.14-30.
17. Sun, L. Characterization and quantification of polyphenols and triterpenoids in thinned young fruits of ten pear varieties by UPLC-Q TRAP-MS/MS / L. Sun, S. Tao, S. Zhang // Molecules. – 2019. – Vol. 24. – №. 1. – P.159.
18. Taamalli, A. LC MS based metabolite profiling of methanolic extracts from the medicinal and aromatic species *Mentha pulegium* and *Origanum majorana* / A. Taamalli, D. Arráez Román, D. Arráez Román, I. Abaza, I. Iswaldi, A. Fernández Gutiérrez, M. Zarrouk, A. Segura Carretero // Phytochemical Analysis. – 2015. – Vol. 26. – №. 5. – P.320-330.
19. Pandey, R. HPLC-QTOF-MS/MS-based rapid screening of phenolics and triterpenic acids in leaf extracts of *Ocimum* species and their interspecies variation / R. Pandey, B. Kumar // Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies. – 2016. – VOL. 39. – №. 4. – P.225-238.
20. Yang, S. T. UPLC/Q-TOF-MS analysis for identification of hydrophilic phenolics and lipophilic diterpenoids from *Radix Salviae Miltiorrhizae* / S.T. Yang, X. Wu, W. Rui, J. Guo, Y.F. Feng // Acta Chromatographica. – 2015. – Vol. 27. – №. 4. – P.711-728.
21. Bodalska, A. Analysis of polyphenolic composition of a herbal medicinal product – Peppermint Tincture / A. Bodalska, A. Kowalczyk, M. Włodarczyk, I. Fecka // Molecules. – 2020. – Vol. 25. – №. 1. – P.69.
22. Han, F. A rapid and sensitive UHPLC-FT-ICR MS/MS method for identification of chemical constituents in *Rhodiola crenulata* extract, rat plasma and rat brain after oral administration / F. Han, Y.Li, L. Ma, T.Liu, Y.Wu, R.Xu, R.Yin // Talanta. – 2016. – Vol. 160. – P.183-193.
23. Simirgiotis, M. J. Antioxidant capacities and analysis of phenolic compounds in three endemic *Nolana* species by HPLC-PDA-ESI-MS / M. J. Simirgiotis, J. Benites, C. Areche, B. Sepúlveda // Molecules. – 2015. – Vol. 20. – №. 6. – P.11490-11507.
24. Abu-Reidah, I. M. HPLC-DAD-ESI-MS/MS screening of bioactive components from *Rhus coriaria* L.(Sumac) fruits / I.M. Abu-Reidah, M. S.Ali-Shtayeh, R. M.Jamous, D.Arráez-Román, A. Segura-Carretero // Food chemistry. – 2015. – Vol. 166. – P.179-191.
25. Navarro, M. Polyphenolic characterization, antioxidant, and cytotoxic activities of *Mangifera indica* cultivars from Costa Rica / M. Navarro, E. Arnaez, I. Moreira, S. Quesada, G. Azofeifa, K. Wilhelm, P. Chen // Foods. – 2019. – Vol. 8. – №. 9. – P.384.
26. Sun, J. Profiling polyphenols of two diploid strawberry (*Fragaria vesca*) inbred lines using UHPLC-HRMSn / J. Sun, X.Liu, T.Yang, J. Slovin, P. Chen // Food chemistry. – 2014. – Vol. 146. – P.289-298.
27. Maldini, M. Phenolic compounds from *Bursera simaruba* Sarg. bark: Phytochemical investigation and quantitative analysis by tandem mass spectrometry / M. Maldini, P.Montoro, S. Piacente, C.Pizza // Phytochemistry. – 2009. – VOL. 70. – №. 5. – P.641-649.
28. Haribabu, K. Quantitative estimation of (-)-hinokinin, a trypanosomicidal marker in *Piper cubeba*, and some of its commercial formulations using HPLC-PDA / K. Haribabu, M. Ajitha, U.V. Mallavadhani // Journal of pharmaceutical analysis. – 2015. – Vol. 5. – №. 2. – P.130-136.
29. Zhu, Z. Rapid separation and identification of phenolic

and diterpenoid constituents from Radix Salvia miltiorrhizae by high performance liquid chromatography diode array detection, electrospray ionization time of flight mass spectrometry and electrospray ionization quadrupole ion trap mass spectrometry / Z. Zhu, H. Zhang, L. Zhao, X. Dong, X. Li, Y. Chai, G. Zhang // Rapid Communications in Mass Spectrometry: An International Journal Devoted to the Rapid Dissemination of Up to the Minute Research in Mass Spectrometry. – 2007. – Vol. 21. – №. 12. – P.1855-1865.

30. Marzouk, M. M. Comparative study of Mentha species growing wild in Egypt: LC-ESI-MS analysis and chemosystematic significance / M. M. Marzouk, S. R.Hussein, A.Elkhateeb, M. El-shabrawy, E. S. S. Abdel-Hameed, S. A. Kawashty // J. Appl. Pharm. Sci. – 2018. – Vol. 8. – P.116-122.

31. Rodríguez, J. D. W. Rapid quantification of clove (Syzygium aromaticum) and spearmint (Mentha spicata) essential oils encapsulated in a complex organic matrix using an ATR-FTIR spectroscopic method / J. D. W. Rodríguez, S. Peyron, P. Rigou, P. Chalier // PloS one. – 2018. – Vol. 13. – №. 11. – P. e0207401.

32. Pulikottil S, J. Potential of clove of Syzygium aromaticum in development of a therapeutic agent for periodontal disease: A review / S.Pulikottil, S.Nath // South African Dental Journal. – 2015. – Vol. 70. – №. 3. – P. 108-115.

33. El Ghallab, Y. Syzygium aromaticum L.: phytochemical investigation and comparison of the scavenging activity of essential oil, extracts and eugenol / Y. El Ghallab, A.Al Jahid, J. J. Eddine, A. A. H Said, L. Zarayby, S.Derfoufi // Oriental Pharmacy and Experimental Medicine. – 2019. – P. 1-6.

Статья поступила в редакцию 08.02.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 664.69

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0024

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКА ИЗ ПЛОДОВ БОЯРЫШНИКА В УСЛОВИЯХ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

© 2021

Гумаров Гали Сагингалиевич, доктор технических наук, профессор
Западно-Казахстанский университет имени М. Утемисова
(090001, Казахстан, г. Уральск, проспект Н.Назарбаева, 162, e-mail: idozkgu@mail.ru)

Коновалов Владимир Викторович, доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Технология машиностроения»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: konovalov-penza@rambler.ru)

Абуова Алтынай Бурхатовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор высшей школы
технологии пищевых и перерабатывающих производств

Сагингалиева Аязжан Галиевна, магистрант высшей школы технологии пищевых и
перерабатывающих производств

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана
(090009, Казахстан, г. Уральск, ул. Жангир хана, 51, e-mails: a_burkhatovna@mail.ru, gas9-7@bk.ru)

Аннотация. Статья посвящена задаче получения порошка из плодов боярышника в условиях перерабатывающих производств малой мощности. Дана характеристика дикорастущего боярышника для его переработки и дальнейшего использования в пищевом производстве. Приведены сведения об ареале распространения боярышника и уникальных потребительских свойствах его плодов. Изложено краткое ботаническое описание плодов боярышника и его разных анатомических частей, которые должны учитываться в ходе технологического процесса их переработки. Представлены результаты моделирования изменения свойств сырья во время вынужденного их хранения в естественных условиях. В целях повышения сохранности перерабатываемого материала, предложена и описана усовершенствованная схема технологического процесса получения порошка из плодов боярышника, в котором предусмотрено необходимость проявлявания в естественных условиях растительного сырья, остающегося сверх технически возможной суточной выработки перерабатывающей линии. Результаты исследования дают возможность правильно организовать технологические работы в процессе переработки плодов боярышника в производственных условиях малых перерабатывающих предприятий и обеспечить сохранность перерабатываемого сырья без существенного снижения их пищевой и биологической ценности.

Ключевые слова: боярышник, мучные кондитерские изделия, плоды боярышника, порошок из плодов боярышника, моделирование, схема технологического процесса.

PRODUCTION OF POWDER FROM HAWTHORN FRUIT IN LOW-CAPACITY PROCESSING PLANTS

© 2021

Gumarov Gali Sagingalievich, doctor of technical Sciences, professor
Makhambet Utemisov West Kazakhstan University
(090001, Kazakhstan, Uralsk city, Nazarbayev Avenue, 162, e-mail: idozkgu@mail.ru)

Konovalev Vladimir Viktorovich, doctor of technical Sciences, professor,
professor of the Department of Mechanical Engineering Technology
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baidukova proezd/Gagarin street, 1a / 11, e-mail: konovalov-penza@rambler.ru)

Abuova Altynai Burkhatovna, doctor of agricultural Sciences, professor of the Higher
School of Food and Processing Technology

Sagingaliev Ayazhan Galievna, master's student of the Higher School of Food and Processing Technology
Zhangir Khan West Kazakhstan agrarian-technical university

(090009, Kazakhstan, Uralsk city, Zhangir Khan street, 51, e-mail: a_burkhatovna@mail.ru, gas9-7@bk.ru)

Abstract. The article is devoted to the problem of obtaining powder from hawthorn fruits in the conditions of low-capacity processing plants. The characteristics of wild hawthorn for its processing and further use in food production are given, while information is provided about the distribution area of hawthorn and the unique consumer properties of its fruits. A brief botanical description of the hawthorn fruit and its various anatomical parts, which should be taken into account during the technological process of their processing, is presented. The results of modeling changes in the properties of raw materials during forced storage in natural conditions are presented. In order to increase the safety of the processed material, an improved scheme of the technological process for obtaining powder from hawthorn fruits is proposed and described, which provides for the need for drying in natural conditions of plant raw materials remaining in excess of the technically possible daily output of the processing line. The results of the study make it possible to properly organize technological work in the process of processing hawthorn fruits in the production conditions of small processing enterprises and ensure the safety of processed raw materials without significantly reducing their nutritional

and biological value.

Keywords: hawthorn, flour confectionery products, hawthorn fruit, hawthorn fruit powder, simulation, process flow diagram.

Введение. Одним из возможных перспективных направлений улучшения качества продуктов питания для населения Казахстана является использование в производстве кондитерских изделий экологически безопасных нетрадиционных местных сырьевых ресурсов растительного происхождения [7-9].

В последнее время всё большее распространение получает производство мучных кондитерских изделий с добавлением дикорастущего плодово-ягодного сырья в переработанном виде, например брусники, малины, черники, калины, смородины и других ягод [1-3].

Применение плодово-ягодного сырья и продуктов их переработки значительно повышает пищевую ценность кондитерских изделий, что обуславливает их перспективность использования. Это связано с их богатством моно- и дисахаридами (в первую очередь, фруктозой), широкого спектра витаминами, минеральными веществами, пищевыми волокнами, включая пектин, и другими компонентами весьма полезными для организма человека [4, 10, 15]. В тоже время, в научных публикациях практически отсутствуют сведения об исследованиях по использованию плодов боярышника, произрастающего на территории Казахстана.

Известны технологии и схемы технологического процесса переработки плодов боярышника и получения порошка из исходного сырья [5, 13]. Однако они не применимы для перерабатывающих производств малой мощности, которые в ходе производимых сезонных закупок плодов боярышника, часто приобретают партии сырья, объем которых существенно превышает суточную выработку перерабатывающей технологической линии участка. В этом случае возникает проблема сохранности перерабатываемого сырья. Поэтому тематика статьи актуальна и имеет научное и практическое значение.

Цель исследования: совершенствование технологии и разработка схемы технологического процесса получения порошка из плодов боярышника путем включения дополнительных технологических операций, основанных на результатах моделирования изменения их свойств во время вынужденного хранения в естественных условиях, что позволит в конечном итоге сохранить биологически ценные компоненты закупаемой партии сырья.

Для достижения намеченной цели были обозначены следующие задачи:

- изучить и дать характеристику дикорастущего боярышника на предмет переработки его плодов и дальнейшего использования в пищевом производстве;
- установить, путем моделирования, функциональные зависимости влияния условий временного хранения на ряд потребительских свойств ягод боярышника и предложить технологические операции обеспечива-

ющие сохранность перерабатываемого сырья;

– усовершенствовать технологию и разработать схему технологического процесса получения порошка из плодов боярышника в условиях перерабатывающих производств малой мощности.

Материалы и результаты исследования. Объектом исследования служили плоды дикорастущего боярышника и технологический процесс получения порошка из цельных плодов, мякоти с кожицей и семян-косточек боярышника в условиях перерабатывающих производств малой мощности. В работе использовались общенаучные методы поиска, анализа, сопоставления, синтеза, описания и систематизации научной информации, а также аналитический метод исчисления в рамках известных положения теории математического моделирования.

Боярышник (*Crataegus*) - род деревьев и кустарников из семейства двудольных раздельнолепестных цветковых растений, входящие в порядок розоцветных. Данное семейство получило широкое распространение по все миру, и растет практически во всех регионах земного шара, включает приблизительно от 200 до 300 видов и около 60 родов. Отличаются они сравнительно медленным ростом, засухоустойчивостью, теневыносливостью и морозостойкостью. В природе ареал растения включает умеренные районы северного полушария, главным образом Северную Америку, а также Евразийский континент [4]. Встречается по всей территории Средней Азии. На территории Казахстана произрастают 7 видов боярышника. Наиболее распространенными видами считаются: боярышник кроваво-красный и боярышник колючий. Боярышник сомнительный, плоды которого представляют шаровидные, мясистые и сочные яблочки диаметром 11...14 мм, в настоящее время занесен в Красную книгу Казахстана. Растение хорошо поддается культивированию [14, 16].

В мировой практике хозяйственное значение и сырьевой оборот боярышника очень велик. Используются цветки, листья, плоды, древесина, кора и корни растения. В фармацевтической промышленности в основном используют плоды и цветки боярышника для изготовления различных лекарств, а в косметологии, включают их в состав кремов, скрабов и масок. В Казахстане в медицинских целях используют плоды боярышника в цельном сушеном виде, в составе спиртовых настоек и в виде экстрактов [11, 16]. Особую ценность для пищевой промышленности представляют плоды. Исключительная ценность съедобных плодов боярышника обусловлена уникально богатым его биохимическим составом [5, 6].

Научное название (греч. *krataois* – крепкий, твердый) указывает на высокоплотность, твердость и прочность древесины. У славян известен как «боярышня» или «невестино дерево», а у казахского на-

рода как «долана», что означает райское яблоко. Еще одно из славянских наименований растения «хлебница», происходит от народных традиций перемалывать в порошкообразную массу высушенные плоды боярышника и добавлять в муку. Кроме того, известно, что еще древние греки использовали муку сухих плодов боярышника для выпекания хлеба. Приятный аромат, превосходные вкусовые качества, необыкновенный состав и свойства сподвигли античных кулинаров к применению боярышника для изготовления хлебобулочных изделий, различных напитков, настоек и их исконные традиции живы до сих пор. В то же время для аналогичных целей боярышник используют в уникальных рецептах монастырской пекарни и кухни.

Собранные в фазу полного созревания и правильно высушенные плоды боярышника содержат [4, 10]:

– обширный комплекс витаминов (витамин *A*, *E*, *K*, *P*, *C*, рибофлавин, тиамин и холин); макроэлементы (мг/г): *K* - 13,10, *Ca* - 3,00, *Mn* - 1,00, *Fe* - 0,04; микроэлементы (КБН): *Mg* - 0,04, *Al* - 0,03, *Co* - 0,37, *Ni* - 0,10, *Cu* - 0,29, *Zn* - 0,07, *Se* - 11,80, *Sr* - 0,06, *Pb* - 0,05, *I* - 0,06. В - 2,00 мкг/г, где КБН – коэффициент биологического накопления;

– органические кислоты (аскорбиновую, винную, кофейную, кратегусовую, лимонную, олеаноловую, яблочную, янтарную);

– природный сахар на основе фруктозы, флавоноиды, сапонины, крахмал, жирные масла, дубильные, пектиновые вещества и многое другое.

В качестве краткого общего ботанического описания плодов боярышника и его разных анатомических частей можно привести следующие данные. Цельные яблокообразные небольшие плоды боярышника по внешней форме бывают шаровидными, грушевидными, эллипсоидальными. В зависимости от сорта и вида, окраска у плодов может быть бледно желтовато-оранжевым, ярко-оранжевым, буровато-красным переходящим в темно-бурый цвет. В природе встречаются плоды боярышника и черного цвета.

Относительно твердые, чуть морщинистые плоды чаще всего имеют в среднем длину 6...14 мм и ширину 5...11 мм. Например, у кроваво-красного вида размер плода достигает 5...7 мм в диаметре, а у колючего – 7...10 мм. У крупноплодных канадских или американских видов их размер достигает до 3 или 4 см. В верхней части плода имеется образованная ссохшимся чашелистиком кольцевая оторочка. В мякоти плода содержатся от одного до пяти деревянистых, покрытых кожицей семян-косточек, которые имеют неправильную трехгранную и килевидную форму, и располагаются они ближе к верхушке плода. Оболочка семян твердая, имеет светло-коричневый или буроватый цвет, а поверхность бывает гладкая, ребристая, выемчато-морщинистая или прерывисто-бороздчатая по спинке. Плодоносят они ежегодно, и в зависимости от вида кустарника, урожайность одного дерева достигает от 10 до 50 кг плодов. Созревают плоды боярышника в сентябре-октябре. Созревшие плоды

боярышника имеют необычную, чуть суховатую, а некоторые виды сочную сладковато-вяжущую мучнистую мякоть.

Из всего этого следует, что благодаря такому богатому минеральному и витаминному составу, наличию органических кислот, дубильных и пектиновых веществ, применение данного вида природного сырья способно существенно улучшить пищевую ценность мучных изделий. Мировая кулинарная практика свидетельствует, что при производстве булочных и мучных кондитерских изделий можно использовать продукты переработки плода дикорастущего боярышника в виде порошка. При этом они изготавливались кустарным способом [11, 12]. Ботаническое описание плодов боярышника и его разных анатомических частей позволяет подтвердить и констатировать возможность их переработки промышленным способом в целях использования для нужд пищевого производства. В связи с этим, назрел вопрос промышленного производства порошка из цельных плодов боярышника и его разных анатомических частей. При этом известно, что в фармацевтическом производстве разработаны и используются аппаратно-технологические схемы переработки плодов боярышника, но они в большей своей части предназначены для получения лекарственных средств. Наряду с этим, имеются немногочисленные исследования по применению продуктов переработки плодов боярышника в пищевом производстве. Кроме того, известны технологические схемы линии по производству плодово-ягодных вин и натуральных соков [5, 10, 17].

Вместе с этим, следует отметить, что в процессе сезонных закупок плодов боярышника нередко приобретаются партии товара, объем которых существенно превышает суточную выработку участка переработки ягод. В данном случае возникают проблемы сохранности перерабатываемого растительного сырья, остающегося сверх технологически возможной суточной выработки перерабатывающей линии. Улучшить сохранность указанного материала возможно путем естественной её усушки за счет ветрового обдува на стеллажах. С целью изучения изменения потребительских свойств боярышника в процессе естественной сушки проводился эксперимент по определению ряда свойств ягод, на основании которых устанавливались математические зависимости.

Так, в результате статистической обработки результатов эксперимента по влиянию срока естественной сушки (0...6 сут.) и температуры обдувающего воздуха (1; 10; 17°C ±1°C, соответствует осеннему интервалу температур Казахстана), были получены регрессионные модели изменения влажности, общего содержания сахаров и кислотности ягод.

Изменение влажности ягод описывается зависимостью, 0,01% (рис. 1):

$$W = -2028.1 + 353.5 \cdot D^{-0.00015} + 1745.62 \cdot T^{0.00021} - 0.102 \cdot D \cdot T.$$

Содержание сахаров описывается зависимостью, % (рис. 2):

$$Z = 13.8 - 0.533 \cdot D + 0.3 \cdot T - 0.01127 \cdot \frac{T}{D} - 0.04865 \cdot D^2 - 0.01 \cdot T^2 - 0.0768 \cdot D \cdot T.$$

Изменение кислотности ягод описывается зависимостью (рис. 3):

$$K = 0.333 - 0.0197 \cdot D - 0.0046 \cdot T + 0.00038 \cdot \frac{T}{D} - 0.00119 \cdot D^2 + 0.000045 \cdot T^2 + 0.00003 \cdot D \cdot T.$$

Коэффициенты корреляции уравнений регрессии составляют, соответственно: 0,97625; 0,9089; 0,993. Значения F -теста: 0,940956; 0,90076; 0,982837, что говорит об адекватности полученных моделей.

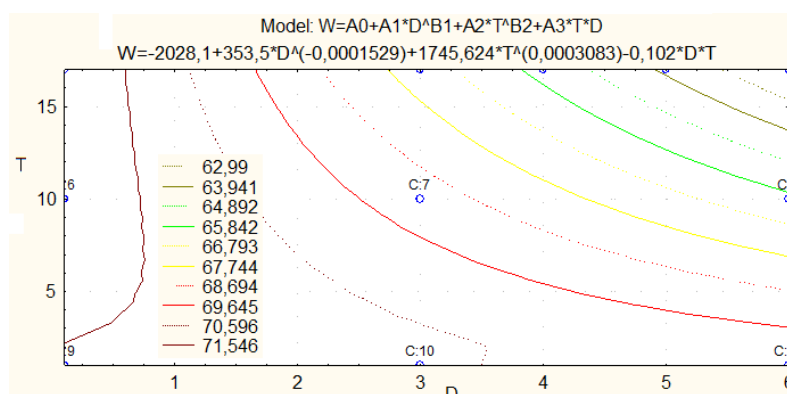


Рисунок 1 – Влияние количества дней проветривания ягод D (сут.) и температуры воздуха T ($^{\circ}\text{C}$) на влажность ягод

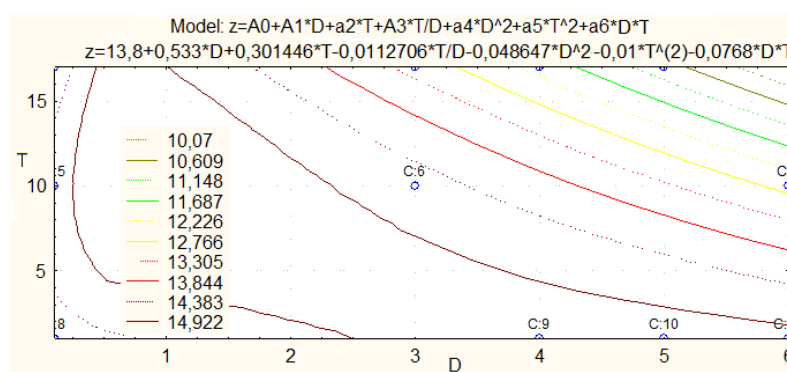


Рисунок 2 – Влияние количества дней проветривания ягод D (сут.) и температуры воздуха T ($^{\circ}\text{C}$) на содержание сахаров

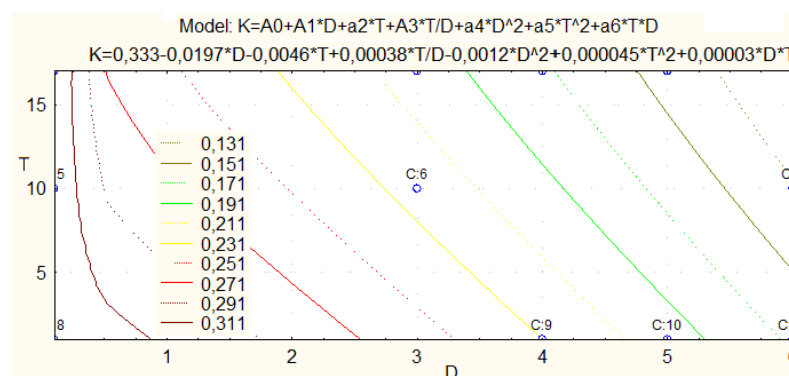


Рисунок 3 – Влияние количества дней проветривания ягод D (сут.) и температуры воздуха T ($^{\circ}\text{C}$) на кислотность ягод

Учитывая, что значения данных показателей могут изменяться в зависимости от свойств приобретаемых ягод, то дополнительно были получены так же и относительные модели, где изучаемые показатели изменялись в долях от начальных значений исследуемых свойств.

Коэффициент изменения влажности описывается зависимостью, 0,01-% (рис. 4):

$$K_W = -6 + 5.42 \cdot D^{-0.00014} + 1.565 \cdot T^{0.0047} - 0.00142 \cdot D \cdot T.$$

Коэффициент изменения содержание сахаров описывается зависимостью, % (рис. 5):

$$K_z = 0.972 + 0.0375 \cdot D + 0.021 \cdot T - 0.0008 \cdot \frac{T}{D} - 0.00343 \cdot D^2 - 0.00073 \cdot T^2 - 0.0054 \cdot D \cdot T.$$

Коэффициент изменения кислотности ягод описывается зависимостью (рис. 6):

$$K_K = 1.01 - 0.06 \cdot D - 0.0014 \cdot T + 0.00116 \cdot \frac{T}{D} - 0.0036 \cdot D^2 + 0.00014 \cdot T^2 + 0.00009 \cdot D \cdot T.$$

Коэффициенты корреляции уравнений регрессии составляют, соответственно: 0,97624; 0,90895; 0,99305. Значения *F*-теста: 0,94087; 0,90077; 0,982837, что говорит об адекватности полученных моделей.

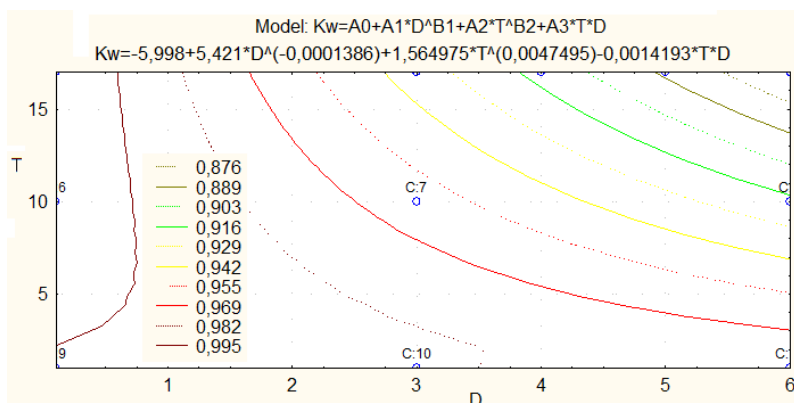


Рисунок 4 – Влияние количества дней проветривания ягод *D* (сут.) и температуры воздуха *T* (°C) на коэффициент изменения влажности

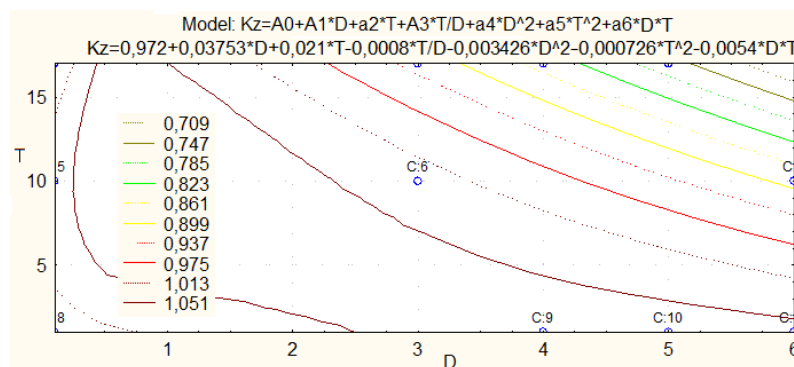


Рисунок 5 – Влияние количества дней проветривания ягод *D* (сут.) и температуры воздуха *T* (°C) на коэффициент изменения содержания сахаров

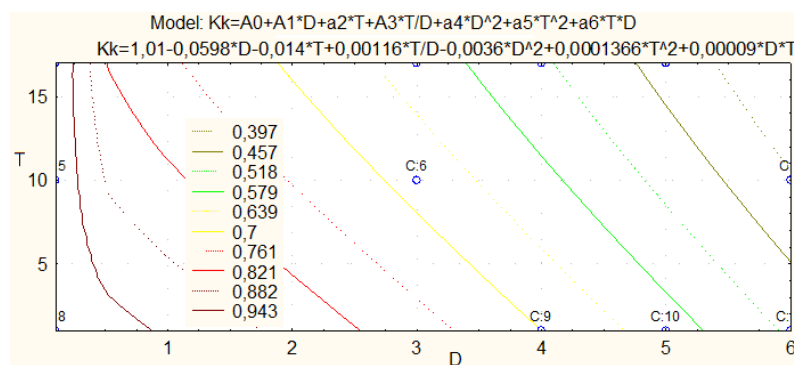


Рисунок 6 – Влияние количества дней проветривания ягод *D* (сут.) и температуры воздуха *T* (°C) на коэффициент изменения кислотности ягод.

Анализ изменения указанных показателей свидетельствует об уменьшении влажности, содержания сахаров и кислотности с ростом температуры и срока провяливания. При этом через 1 сутки (для 17°C) – 4 суток (для 1°C) имеется максимум содержания сахаров, то есть вначале (до указанного срока) наблюдается рост сахаров, а позже - их постепенное снижение значений. Указанные тенденции сохраняются и для всех указанных коэффициентов. При этом от исходных значений кислотности при высокой температуре остается около 40%. Сахаров остается около 70%, с влажность снижается на 13% от исходных значений.

Представленные результаты аналитического моделирования изменения свойств сырья во время вы-

нужденного их хранения в естественных условиях позволяют констатировать о том, что в существующую технологию, и соответственно в технологическую схему, следует дополнительно включить технологические операции, связанные с естественной сушкой растительного сырья, остающиеся сверх технически возможной суточной выработки перерабатывающей линии.

На основе вышеизложенных результатов математического моделирования и имеющихся малочисленных исследований нами предпринята попытка обобщить опыт и разработать усовершенствованную схему технологического процесса получения порошка из плодов боярышника, которая представлена на рисунке 7.

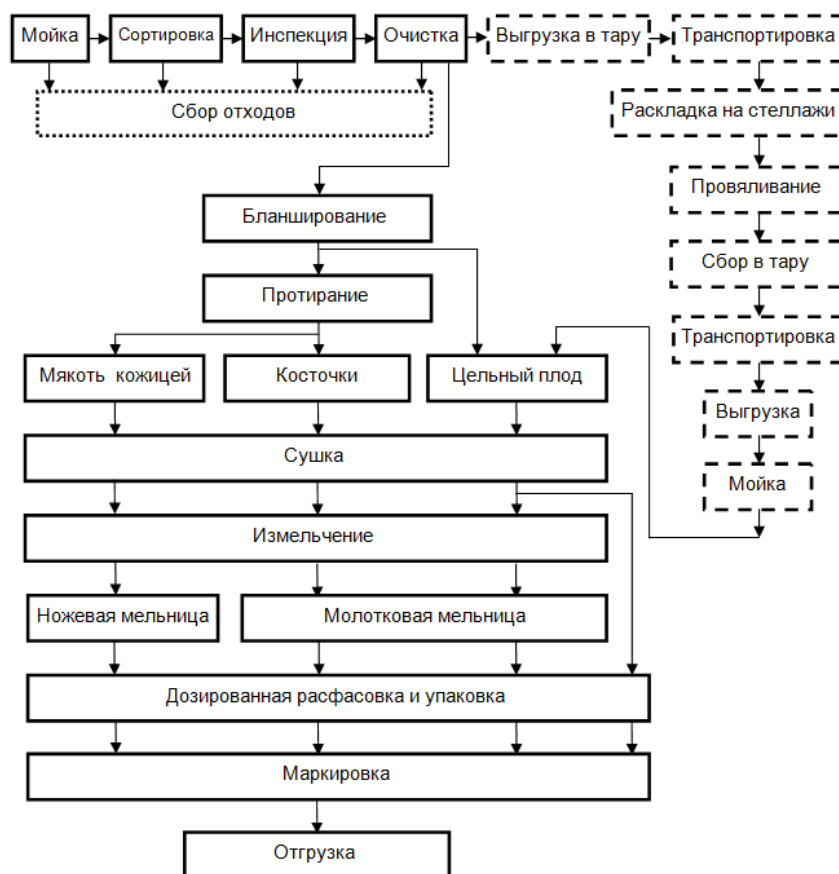


Рисунок 7 – Усовершенствованная схема технологического процесса получения порошка из плодов боярышника

Получение порошка из плодов боярышника, как процесс, состоит из технологической совокупности последовательных операций (рис. 7). Свежесобранные биологически зрелые плоды боярышника из ящиков или контейнеров выгружаются в моечно-встряхивающую машину, где их подвергают мойке питьевой водой с рабочей температурой 16...18°C. Далее плоды подаются в приемный (загрузочный) бункер сортировочно-инспекционного транспортера. Здесь плоды боярышника сортируются по качеству, цвету и степени биологической зрелости. В процессе сортировки удаляются гнилые, сморщившиеся, усохшие, побитые, мягкие, твердые, недозрелые и вызревшие плоды. От общей массы перерабатываемого сырья, необходимо также отделить некачественные, поврежденные какими-либо болезнями или вредителями плоды, листья, сорную траву и при наличии другие различные примеси и посторонние предметы, и это выполняется на сортировочно-инспекционном транспортере.

Рациональнее устанавливать инспекционный транспортер после моечной машины, так как визуальный осмотр и инспекция загрязненных плодов затруднен. Некондиционный продукт отбирается операторами вручную и сбрасывается в специальную емкость для отходов. Кондиционный продукт в последующем поступает на очистку от плодоножек и чашелистиков.

Для получения порошков из мякоти с кожицей и семян плодов боярышника необходимо и важно предусмотреть такую технологическую операцию,

как бланширование. Бланширование позволяет повысить микробиологическую чистоту обрабатываемого продукта, удалить воздух из их межклеточного пространства, инактивировать окислительно-восстановительные и пектолитические ферменты, которые присутствуют в плодовой мякоти. В результате, это позволяет улучшить вкусовые качества и предохранить обрабатываемый продукт от потемнения во время сушки и сохранить природный цвет. Для данной операции можно использовать ленточный бланширователь, где сырье ошпаривается, горячим водяным паром в течение 10...15 минут без повреждения его поверхности. Например, ленточные бланширователь Normit осуществляют тепловую обработку горячей водой, которая распыляется над обрабатываемым продуктом, при этом под лентами конвейеров в каждой секции образуется горячий водяной пар, который ускоряет процесс приготовления сырья. Конструкция ленточного бланшера каскадная и состоит из нескольких секций, каждая из них расположена ниже, чем предыдущая, что обеспечивает автоматическое переворачивание продукта и как следствие равномерное их обработку. Для отделения мякоти с кожицей от косточек бланшированные плоды протирают на протирочной машине.

В случае перегруженности технологической линии переработки плодов, после очистки (рис. 7) часть объема растительного сырья, которая остается сверх технически возможной суточной выработки перера-

батывающей линии, поступает на выгрузку, где укладывается в тару, а затем транспортируется в зону провяливания. Провяливание сырья осуществляется на специально оборудованных стеллажах, для чего плоды раскладываются ровным слоем на горизонтальную поверхность стеллажей и просушиваются воздушной массой естественным способом. Во время процесса вяления происходит обезвоживание сырья. Подвергаемое вялению плоды необходимо периодически осматривать, переворачивать встряхивание и следить, чтобы они обдувались воздухом со всех сторон. Правильно провяленный продукт сохраняет мягкую консистенцию и эластичность.

По мере разгрузки технологической линии переработки плодов боярышника, частично просушенное вялением растительное сырьё собирается в тару, транспортируется, промывается холодной воды и подается к дальнейшей переработке.

Сушку плодов боярышника можно осуществлять различными известными способами. Можно применить радиационно-конвективный способ с использованием сушильного шкафа путем поддержания в нем режима температур 55...60°C и остаточной влажности 5...8%. Для оптимального протекания процесса сушки, необходимо сырьевой продукт раскладывать равномерным слоем на сетчатые противни.

С целью получения продукта заданной кондиции при измельчении мякоти с кожицей применяют ножевые мельницы, а при измельчении цельных плодов и семян-косточек следует использовать молотковые мельницы, в которых пакеты молотков в процессе работы обеспечивают более мелкий помол конечной продукции.

В ножевых мельницах резание загруженного материала происходит за счет сдвиговых деформаций при попадании мякоти с кожицей плодов боярышника между ножами статора и ротора измельчителя. Крупность измельченного продукта предопределяет размер отверстий сменной разгрузочной решетки – сортировочной сито. При этом измельченный продукт, имеющий необходимый гранулометрический состав, проходит сквозь отверстия разгрузочной решетки, а оставшийся материал дополнительно измельчается до требуемой крупности.

В молотковых мельницах ударное и истирающее воздействие молотков обеспечивают основное измельчение перерабатываемого сырья, а дополнительное измельчение совершается за счет трения о сито. При выборе молотковых мельниц следует исходить из того, что все они обладают особенностями своей конструкции, определенными преимуществами и недостатками, реализованными теми или иными технологиями повышения качества обрабатываемого продукта и обеспечения сокращения издержек производственного процесса.

При необходимости можно в линию включить операцию разделения на фракции обрабатываемого материала, что позволяет отделить крупные фракции от мелкого, и отправить их на повторное измельчение.

Далее кондиционный материал поступает на следующий этап технологического процесса – дозирование, а затем упаковка. Данные операции осуществляются на фасовочных машинах.

Порошкообразный полуфабрикат, полученный из цельных плодов, мякоти с кожицей и семян-косточек боярышника представляет собой сухую измельченную сыпучую массу с запахом и вкусом, свойственными свежим его плодам. Порошок из плодов и косточек имеет светло-коричневый цвет, а из мякоти с кожицей – коричневый.

В случае необходимости можно предусмотреть сушку цельных плодов боярышника без измельчения, которые в последующем поступают на дозированную расфасовку в специально подготовленные пищевые упаковки. Упакованная и промаркированная продукция отгружается на склад с последующим использованием для собственного производства, предпродажного хранения или поставляется непосредственно покупателям.

Заключение. Плоды боярышника обладая высокими потребительскими свойствами, безопасны, отличаются повышенным содержанием пектиновых веществ, значимым количеством калия, кальция, кобальта, магния, марганца, меди, молибдена, фосфора и цинка, высоким содержанием витаминов *A, E, K, P* и целесообразно их использования в производстве кондитерских изделий.

Проведенное авторами моделирование данных эксперимента, показало следующее. С ростом температуры воздуха и длительности проветривания ягод ускоряется их провяливание, уменьшается влажность, содержание сахаров и кислотности. При этом через 1 сутки (для 17°C) – 4 суток (для 1°C) имеется максимум содержания сахаров, то есть вначале (до указанного срока) наблюдается рост сахаров, а позже - их постепенное снижение значений. Указанные тенденции сохраняются и для всех указанных коэффициентов. При этом от исходных значений кислотности при высокой температуре остается около 40%. Сахаров остается около 70%, а влажность продукта снижается на 13% от исходных значений. Таким образом, результаты математического моделирования подтверждают сохранность перерабатываемого материала и целесообразность оборудования пункта переработки растительного сырья системой их временного естественного провяливания при закупках крупной партий плодов боярышника перерабатывающими предприятиями малой мощности.

Обобщения и систематизация имеющегося опыта и проведенных научных исследований позволили разработать усовершенствованную схему технологического процесса переработки плодов боярышника в условиях малых перерабатывающих предприятий, который обеспечит сохранность перерабатываемого сырья без существенного снижения пищевой и биологической ценности и даст возможность получить соответствующий предъявляемым требованиям порошкообразный полуфабрикат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алексашина, С.А. и др. Ягоды и косточковые плоды Самарского региона урожая 2016 года из коллекции НИИ «Жигулевские сады» как перспективное сырье в пищевой промышленности [Текст] // Вестник ВГУИТ. – 2018. – Т.80, №2. – С. 229-235.
2. Алексеенко, Е.В., Быстрова, Е.А., Дикарева, Ю.М. Исследование влияния предварительной обработки ягод брусники с применением композиции ферментных препаратов на химический состав сока [Текст] / Вестник ВГУИТ. – 2017. – Т. 79, № 1. – С. 282-289.
3. Бакин, И.А., Мустафина, А.С., Лунин, П.Н. Изучение химического состава ягод черной смородины в процессе переработки [Текст] / И.А. Бакин, А.С. Мустафина, П.Н. Лунин // Вестник КрасГАУ. – 2015. – №6. – С. 159-162.
4. Боярышник / Википедия. Свободная энциклопедия [Электрон. ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Боярышник> (дата обращения: 27.01.2021)
5. Джабоева, А.С., Кабалоева, А.С. Шаова, Л.Г. О возможности использования плодов дикорастущего боярышника в производстве продуктов функционального назначения [Текст] / Экология и жизнь: Матер. VI междунар. конф. – Пенза, 2005. – С. 87-88.
6. Джабоева, А.С. и др. Функциональные продукты питания – основа здоровья населения [Текст] / А.С. Джабоева, З.С. Думанишева, А.С. Кабалоева, Л.Г. Шаова // Инновационные процессы в развитии сферы общественного питания: сб. материалов межрегиональной науч.-практич. конф. – Красноярск, 2011. – С.10–13.
7. Еремеева, Н.Б., Макарова, Н.В. Изучение влияния предварительной обработки плодов и ягод ферментными препаратами на выход и антиоксидантную активность экстрактов [Текст] / Н.Б. Еремеева, Н.В. Макарова // Вестник КамчатГТУ. – 2018. – № 43. – С. 55-59.
8. Калинина, И.В. и др. Разработка продуктов с антиоксидантными свойствами на основе ягодного сырья [Текст] / И.В. Калинина, А.Е. Быков, А.О. Устинович, Е.В. Понятенко // Вестник ЮУрГУ. – 2018. – Т.6, №3. – С. 33-41.
9. Канарская, З.А. и др. Тенденции развития технологии кондитерских изделий [Текст] / З.А. Канарская, Ф.К. Хузин, А.Р. Ивлева, В.М. Гематдинова // Вестник ВГУИТ. – 2016. – № 3. – С.195-204.
10. Куркина, А.В. Флавоноиды фармакопейных растений: монография [Текст] / А.В. Куркина. – Самара: ООО «Офорт»; ГБОУ ВПО СамГМУ, 2012. – 290 с.
11. Магажанов, Ж.М. Бектурсунова, М. Ж. Исследование БАВ некоторых плодово-ягодных культур, произрастающих на юго-востоке Казахстана [Текст] / Ж.М. Магажанов, М. Ж. Бектурсунова // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 42, № 4. – С.30-34.
12. Меличани, Ф. Наука на кухне [Текст] / Ф. Меличани. – М.: Дискурс, 2020. – 304 с.
13. Мурашкина, И.А., Аксенова, Г.И., Васильева, И.Б. Порошки: учебное пособие [Текст] / И.А. Мурашкина, Г.И. Аксенова, И.Б. Васильева. – Иркутск: ООО РПФ Весь Иркутск. – 2013. – 50 с.
14. Никиточкина, Т.Д. Лекарственные растения леса [Текст] / Т.Д. Никиточкина. – М.: Изобразительное искусство, 1991. – 34 с.
15. Овсянникова, Е.А. и др. Исследование процесса экстрагирования дикорастущих ягод Сибири с использованием биокаталитических методов [Текст] / Е.А. Овсянникова, Т.Ф. Киселева, А.Н. Потапов, А.В. Дюжев // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 4. – С. 110-114.
16. Сагингалиева, А.Г., Гумаров, Г.С., Абуова, А.Б. Практика применения боярышника [Текст] / А.Г. Сагингалиева, Г.С. Гумаров, А.Б. Абуова // Наука и образование в современном мире. Вызовы XXI века: Матер. V Междунар. науч.-практ. конф. – Нур-Султан, 2019. – С. 93-96.
17. Трапезникова, С.В. Сравнение методов экстракционного извлечения биологически активных веществ из плодов боярышника [Текст] / Концепт. – 2016. – Т.11. – С. 3261-3265.

Статья поступила в редакцию 29.01.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 664.6

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0025

ПЕСОЧНЫЙ ПОЛУФАБРИКАТ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ

© 2020

Шабурова Галина Васильевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Пищевые производства»
Лукина Дарья Евгеньевна, магистрант
кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11,
e-mails: *Shaburovs@mail.ru, dasha.lukina97@mail.ru*)

Аннотация. Производство мучных кондитерских изделий (МКИ), в частности, из песочного теста, характеризующихся высокой энергетической ценностью, несовершенным витаминным и минеральным составом, находится на стабильно высоком уровне. В результате употребление изделий с несбалансированным составом приводит к нарушениям в системе обеспечения организма микронутриентами: витаминами и минеральными веществами и другими многочисленными биологически активными веществами. В связи с этим, и в соответствии с утвержденной распоряжением правительства Российской Федерации Стратегией повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года одной из значимых задач в области обеспечения здорового питания является разработка технологий новых МКИ повышенной пищевой ценности. В статье приведены результаты исследований возможности применения кукурузной муки (КМ) и порошка из плодов груш (ППГ) при производстве песочного полуфабриката. Приведено обоснование применения КМ и ППГ взамен части пшеничной муки (ПМ), установлена оптимальная дозировка КМ и ППГ в рецептуре песочного полуфабриката. Исследованы функционально-технологические показатели смеси ПМ, КМ и ППГ. Разработку рецептуры песочного полуфабриката с использованием КМ и ППГ осуществляли на основе базовой (традиционной) рецептуры песочного полуфабриката, заменяя часть пшеничной муки высшего сорта.

Ключевые слова: песочный полуфабрикат, кукурузная мука, порошок плодов груш, рецептура, оценка качества, пищевая ценность, степень удовлетворения суточной потребности.

SANDED SEMI-FINISHED PRODUCT OF HIGHER NUTRITIONAL VALUE

© 2020

Shaburova Galina Vasilievna, candidate of technical sciences, associate professor,
associate Professor of the department «Food Production»
Lukina Daria Evgenievna, undergraduate of the department «Food Production»
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin Street, 1a/11,
e-mails: *Shaburovs@mail.ru, dasha.lukina97@mail.ru*)

Abstract. The production of flour confectionery products, in particular from shortbread dough, characterized by high energy value, imperfect vitamin and mineral composition, is at a consistently high level. As a result, the consumption of flour confectionery products leads to a deficiency of proteins, vitamins, minerals, dietary fiber and other nutrients necessary for the proper functioning of the body. In this regard, and in accordance with the order of the Government of the Russian Federation "On approval of the Strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030", the development of recipes and technologies for flour confectionery products of increased nutritional and biological value, functional and specialized purposes is one of the priority tasks in the field of healthy eating. The article presents the results of studies of the possibility of using corn flour (CM) and apple powder (YAP) in the production of sand semi-finished product. The substantiation of the use of CM and YP as a source of functional food ingredients instead of a part of wheat flour (PM) is given, the optimal dosage of CM and YP in the recipe for a sandy semi-finished product has been established. The functional and technological indicators of the mixture of PM, CM and YP have been investigated. The development of a sand semi-finished product recipe using CM and YAP was carried out on the basis of the basic (traditional) sand semi-finished product recipe, replacing part of the premium wheat flour.

Keywords: shortbread semi-finished product, corn flour, apple powder, recipe, quality assessment, nutritional value, degree of satisfaction of daily requirement.

Введение. Для МКИ, в том числе, и песочного полуфабриката, характерно высокое содержание сахара и жира. В связи с этим, актуальным является изучение возможности внесения в рецептуры нетрадиционного сырья с целью создания многокомпонентных продуктов повышенной пищевой ценности. Источником ингредиентов, поддерживающих и улучшаю-

щих здоровье человека, в основном, является сырье растительного происхождения. По мнению ученых, среди зерновых культур перспективным источником микро- и макроэлементов, пищевых волокон, липидов, содержащих (ПНЖК), является мука крупяных культур – ячменная, пшеничная, рисовая, кукурузная, гречневая, овсяная [1]. Использование ячменной муки

в количестве 10, 20, 30 и 40% взамен пшеничной муки при производстве изделий из бисквитного теста способствует повышению уровня содержания в изделиях пищевых волокон, микро- и макроэлементов. Предложенная дозировка ячменной муки 20% оказалась оптимальной для достижения цели обогащения изделий микро- и макроэлементами и улучшения органолептических показателей по сравнению с контрольными образцами [2].

Известна возможность получения функциональных МКИ с высокой пищевой ценностью при условии использования биомодифицированных зерновых продуктов овса и ячменя [3].

Вопросы применения кукурузной муки нашли отражения в исследованиях ученых при разработке рецептур сдобного печенья. Предложено приготовление теста для сдобного печенья с внедрением технологической операции заваривания кукурузной муки, затем охлаждение заваренной массы, и внесение в заваренную массу пшеничной муки. Оптимальной дозировкой кукурузной муки, по мнению исследователей, является дозировка 50% от массы пшеничной муки [4].

Исследователи предлагают применять овсяную муку в количестве 5-40% к массе всей муки при производстве изделий из бисквитного теста. Установлено повышение пищевой ценности. Повышается способность пенообразования. Высокая гидратационная способность теста модельных образцов обусловлена, очевидно, присутствием в овсяной муке пентозанов, содержание которых достигает 5% , а также растворимой клетчатки – 15% [5].

Присутствие муки бобовых культур в рецептурах МКИ приводит к повышению содержания белка, пищевых волокон, калия, магния, железа, фолиевой кислоты [6].

В технологии бисквитного полуфабриката предлагается применять полуобезжиренную соевую муку с целью повышения пищевой ценности [7].

При разработке новых рецептур изделий целесообразно применение муки семян льна. Для семян льна характерно высокое содержание пищевых волокон, липидов, содержащих ПНЖК. Наличие указанных ингредиентов позволяет разрабатывать рецептуры продуктов питания функциональной направленности [8–10]. Итогом является улучшение жирнокислотного состава изделий [11]. Семена льна улучшают упругие свойства клейковины, увеличивают вязкость теста из пшеничной муки [12].

В последние годы в научной литературе можно встретить информацию о применении семян амаранта при разработке рецептур новых изделий. Химический состав амаранта уникален. В семенах присутствуют легкоусвояемые простые сахара, липиды. Белок амаранта характеризуется полноценным аминокислотным составом. Анализ химического состава дает основание считать амарант источником функциональных пищевых ингредиентов, применение которого в технологии МКИ позволит расширить линейку функциональных продуктов питания [13,14].

Современным трендом в разработке рецептур и технологий функциональных и специализированных мучных изделий следует считать применение продуктов переработки фруктов, ягод и овощей, в составе которых содержатся витамины, минеральные вещества, пищевые волокна, липиды, содержащие ПНЖК [15–17].

Повышению пищевой ценности изделий способствует применение растительного сырья, содержащего ПНЖК, растительный белок, клетчатку, витамин С. К таким компонентам разрабатываемых рецептур относят муку боярышника, виноградных семян, шиповника [18,19].

Анализ научной литературы свидетельствует об ограниченном применении кукурузной муки в производстве МКИ. Актуальность и перспективность применения кукурузной муки заключается в особенностях ее химического состава. По сравнению с пшеничной, кукурузная мука характеризуется более сбалансированным соотношением белков (8-10%), жиров (1,5-2%) и углеводов (76-90%), повышенным содержанием клетчатки (0,7%) и минеральных веществ (0,8%) [20], что предполагает возможность повышения пищевой ценности изделий.

В связи с этим, **целью** исследований является разработка песочного полуфабриката повышенной пищевой ценности с применением кукурузной муки и порошка из плодов груш.

Материалы и методы исследования. Основным объектом исследования служил песочный полуфабрикат с применением КМ и ППП, его рецептура и технология. Применяемое сырье: мука пшеничная высшего сорта (ГОСТ 26574-2017), сахар белый (ГОСТ 33222-2015), масло сливочное (ГОСТ 32261-2013), меланж (ГОСТ 30363-2013), натрий двууглекислый (ГОСТ 2156-76), соль пищевая (ГОСТ Р 51574-2018), эссенция (ГОСТ 32097-2013), углеаммонийная соль (ГОСТ 9325-79), образцы кукурузной муки тонкого помола промышленного производства (торговая марка «С.Пудовъ») (СТО 53548590-018-2013). Ингредиенты для исследования приобретены в торговых сетях г. Пензы. В качестве контрольного образца использовали песочный полуфабрикат без внесения КМ и ППП, изготовленный по традиционной рецептуре и технологии. Рецептура прототипа – песочный полуфабрикат (основной), рецептура № 8 [21]. При выполнении работы были использованы общепринятые стандартные методы исследований. В статье приведены средние значения показателей. Пищевую и энергетическую ценность оценивали расчетным методом.

Результаты исследования. Для приготовления теста применяли планетарный миксер. Масло сливочное загружали в виде стружки, затем сахар белый, меланж, соль пищевую, эссенцию и перемешивали в течение 20-30 мин до получения увеличенной в объеме однородной массы. Затем в массу добавляли пшеничную муку, разрыхлители, КМ и ППП соответствии с рецептурой, замес продолжали 2-3 мин до состояния однородной, пластичной, без комков, массы теста. Влажность теста 18-20 %. Тесто, раскатанное в пласт

толщиной 6-7 мм, формовали в виде прямоугольников. Температура выпечки – 200-225°C, продолжительность выпечки – 10-15 мин.

На первом этапе определяли рациональную дозировку КМ взамен ПМ. Для этого добавку в количестве 5, 10 и 15% по сухим веществам вносили взамен ПМ, предварительно смешивая мучную смесь. В качестве контроля готовили тесто по традиционной рецептуре и технологии.

Установлено, что в процессе замеса при увеличе-

нии дозировки кукурузной муки изменялся цвет теста. Тесто становилось светлее. Появлялся специфический выраженный запах кукурузной муки. Модельные и контрольные образцы направляли на выпечку. Органолептическую оценку песочного полуфабриката осуществляли по 30-балловой шкале через один час после выпечки с учетом цвета, вкуса, запаха, состояния поверхности, формы, вида в изломе, который должен быть однородным, без непромеса и пустот. Результаты приведены на рисунке 1.

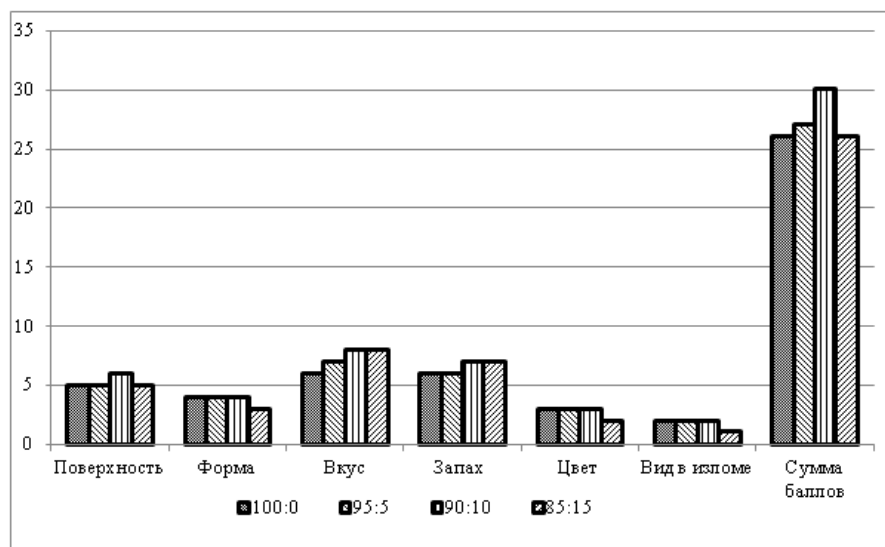


Рисунок 1 – Органолептические показатели качества песочного полуфабриката с применением КМ

В результате исследований органолептических показателей установлено, что все модельные и контрольные образцы по сумме баллов относятся к образцам с отличной оценкой. Органолептическая оценка образца, изготовленного по традиционной технологии, получили 26 баллов. Внесение 5% КМ привело к повышению оценки показателя «вкус», в результате чего модельный образец с заменой ПМ на 5% КМ оценены 27-ю баллами. Замена ПМ на 10% КМ позволила получить готовое изделие с лучшими органолептическими показателями по характеристике поверхности, вкусу и запаху. Сумма баллов образца с заменой ПМ на 10% КМ составляет 30. Образец с заменой ПМ на 15% КМ по сумме баллов оказался оцененным на 26 баллов, т.е. равным контрольному образцу. При этом, следует отметить, что запах и вкус были отмечены высшей оценкой. Образец характеризовался незначительным дефектом формы, а также вид на изломе не был однородным, отмечался непромес и наличие пустот.

Таким образом, как показатели результаты исследований, рациональной дозировкой замены ПМ следует считать 10% КМ.

В таблице 1 приведена характеристика физико-химических показателей качества песочного полуфабриката.

Влажность песочного полуфабриката в соответствии с нормативными документами должна находиться в пределах 4,0-7,0%. Замена ПМ на 5% КМ не

привела к заметному изменению влажности изделий. Замена ПМ на 10 и 15% КМ способствовала снижению влажности в сравнении с образцом изделий без внесения КМ на 3,3 и 5,0%, соответственно. Механизм процесса снижения влаги, возможно, обусловлен меньшим количеством в мучной смеси ПМ и КМ белковых молекул, способных связывать влагу, а также, более интенсивным испарением влаги при выпечке.

Таблица 1 – Физико-химические показатели качества песочного полуфабриката с применением КМ

Наименование показателя	Соотношение ПМ и КМ, %			
	100:0	95:5	90:10	85:15
Влажность, %	6,0	5,7	5,3	5,0
Рассыпчатость, %	71,0	73,0	75,0	78,0
Намокаемость, %	195,0	190,0	188,0	183,0
Удельный объем, см ³ /г	1,80	1,75	1,70	1,70
Щелочность, град	1,70	1,60	1,50	1,40

Рассыпчатость изделий повышается при увеличении дозировки КМ. Намокаемость коррелирует с удельным объемом песочного полуфабриката в модельных образцах. Щелочность соответствует требованиям.

Расчетно-аналитическим методом определена пищевая ценность. Содержание белка и жира при замене ПМ на КМ во всех модельных образцах песочного полуфабриката, как и следовало ожидать, сохранено на уровне контрольного образца – 6,7% и 27,0%, соответственно.

Изменения в жирнокислотном составе модельных образцов песочного полуфабриката с заменой ПМ на

5, 10 и 15% КМ заключаются в повышении уровня ПНЖК на 2, 4 и 6%, соответственно, в сравнении с контрольным образцом. При этом содержание α -линоленовой кислоты (омега-3) в песочном полуфабрикате в модельных образцах с заменой ПМ на 5, 10 и 15% КМ возросло на 3,6, 7,2 и 10,8%, соответственно, в сравнении с содержанием омега-3 в песочном полуфабрикате, изготовленном в соответствии с традиционной рецептурой. Содержание линолевой жирной кислоты (омега-6) в модельных образцах с заменой ПМ на 5, 10 и 15% КМ возросло на 2,0, 3,9 и 5,8%, соответственно, в сравнении с содержанием омега-6 в песочном полуфабрикате, изготовленном в соответствии с традиционной рецептурой.

Возросло содержание пищевых волокон. Так, замена ПМ на 5% КМ обусловила повышение содержания пищевых волокон на 7,7% в сравнении с контрольным образцом. Замена ПМ на 10% КМ обеспечила рост содержания в модельном образце пищевых волокон на 15,5% в сравнении с контрольным образцом. При замене ПМ на 15% КМ содержание пищевых волокон в песочном полуфабрикате возросло на 23,2 %.

Замена ПМ на 5% КМ, закономерно, не привела к обогащению песочного полуфабриката витаминами, так как их содержание находится в КМ практически на одном уровне с содержанием витаминов в ПМ.

Содержание минеральных веществ при замене ПМ на КМ повысилось. Замена ПМ на 5, 10 и 15% КМ привела к повышению уровня фосфора и калия на 1, 2, 3%, соответственно. Замена ПМ на 5, 10, 15%

способствовала повышению калия на 1; 1,5; 2%. повысилось содержание магния. Наиболее заметно влияние внесения КМ вместо ПМ на содержание магния. Замена ПМ на 5% КМ способствовала повышению содержания магния на 4%. Внесение 10% КМ вместо ПМ позволило повысить содержание магния в песочном полуфабрикате на 7%. Применение 15% КМ взамен ПМ привело к повышению магния на 11%.

Энергетическая ценность изделий при замене части ПМ на КМ не изменилась.

Результаты исследований органолептических, физико-химических показателей песочного полуфабриката с заменой части ПМ на КМ свидетельствуют о том, что рациональной дозировкой КМ следует считать 10% КМ. При этом изменился жирнокислотный состав мучной смеси и песочного полуфабриката, повысилось содержание пищевых волокон и минеральных веществ.

На следующем этапе исследований с целью определения рациональной дозировки в рецептуру песочного полуфабриката с 10% КМ вносили ППП в количестве от 20, 25 и 30% с одновременным снижением эквивалентного по сухим веществам количества сахара белого.

Органолептическую оценку песочного полуфабриката с внесением 10% КМ и различных дозировок ППП осуществляли по 30-балловой шкале через один час после выпечки.

На рисунке 2 приведены результаты органолептической оценки.

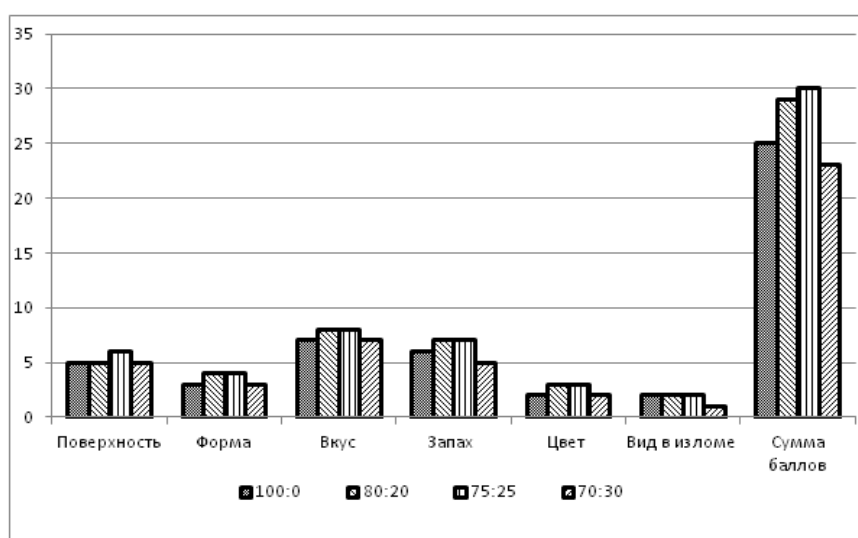


Рисунок 2 – Органолептические показатели качества песочного полуфабриката с применением КМ (10%) и с внесением ППП

Установлено, что лучший образец по органолептическим показателям качества – песочный полуфабрикат с внесением 10% КМ взамен эквивалентного количества по сухим веществам ПМ и внесением 25% ППП взамен сниженного количества сахара белого по сухим веществам.

В таблице 2 приведены показатели пищевой ценности песочного полуфабриката с применением КМ в количестве 10% взамен пшеничной муки и применением ППП в количестве 20, 25, 30% взамен части

сахара (по сухим веществам).

Внесение в рецептуру песочного полуфабриката ППП в количестве 20%, 25% и 30% взамен эквивалентного количества сахара приводит к незначительному повышению уровня белка в изделиях – на 1,9%, 2,4% и 2,8%, соответственно.

Применение ППП практически не оказало влияние на уровень жира в изделиях.

Увеличение дозировки ППП привело к снижению количества простых сахаров в модельных образцах

на 7,4% в образце с внесением 20% ПППГ; на 9,3,0% в образце с внесением 25% ПППГ; на 11,2% в образцах с внесением 30% ПППГ.

Внесение ПППГ в количестве 20% взамен эквивалентного количества сахара привело к повышению содержания пищевых волокон на 31,1%. Внесение 25% ПППГ повысило содержание пищевых волокон на 39,8%. Внесение 30% ПППГ способствует повышению содержания пищевых волокон в песочном полуфабрикате на 47,6%.

Основное влияние внесение ПППГ в рецептуру песочного полуфабриката оказало на витаминно-минеральный комплекс изделий. Так, содержание витамина B_1 при внесении ПППГ во всех вариантах повысилось на 8-10% в сравнении с образцом без внесения ПППГ. Уровень содержания витамина B_2 повысился при внесении ПППГ в дозировке 20%, 25% и 30% на 18,6, 23,3 и 27,5%, соответственно. Содержание витамина PP повысилось в меньшей степени – на 5,4-8,1%. Витамин C отсутствовал в песочном изделии без внесе-

ния ПППГ. В образцах с внесением 20%, 25% и 30% содержание витамина C составило 1,81 мг, 2,26 мг, 2,72 мг в 100 г изделия.

Установлено повышение содержания фосфора при внесении ПППГ на 9,6-14,4%, калия в изделиях – на 70,6-105,8%, магния – на 32,0-48,0%.

Энергетическая ценность изделий с применением ПППГ снизилась незначительно – на 1,2-1,6%.

Таким образом, полученные результаты изучения возможности применения КМ и ПППГ в рецептуре песочного полуфабриката свидетельствует о том, лучшими органолептическими, физико-химическими показателями и повышенной пищевой ценностью обладают образцы с внесением 10 % КМ с одновременной заменой эквивалентного количества по сухим веществам пшеничной муки и внесением 25 % ПППГ с одновременным снижением эквивалентного количества сахара белого по сухим веществам.

В результате предложена рецептура песочного полуфабриката (табл. 3).

Таблица 2 – Пищевая и энергетическая ценность песочного полуфабриката с КМ и заменой части сахара на ПППГ (в 100 г)

Соотношение сахара и ПППГ	Белки, г	Жиры, г	Сахара, г	Пищевые волокна, г	B_1 , мг	B_2 , мг	PP, мг	C, мг	фосфор, мг	калий, мг	магний, мг	ЭЦ, ккал
100:0	6,70	27,08	21,8	1,03	0,100	0,059	0,71	0	68,26	87,9	14,75	511
80:20	6,83	27,13	20,1	1,35	0,107	0,070	0,75	1,81	74,81	150,0	19,47	505
75:25	6,86	27,14	19,7	1,44	0,108	0,073	0,75	2,26	76,45	165,4	20,64	504
70:30	6,89	27,15	19,3	1,52	0,110	0,075	0,76	2,72	78,09	181,0	21,83	503

Таблица 3 – Рецептура песочного полуфабриката с применением КМ и ПППГ

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 1 т выпеченного полуфабриката, кг	
		в натуре	в СВ
Мука пшеничная высшего сорта	85,50	463,8	396,5
Мука пшеничного высшего сорта (на подпыл)	85,50	41,2	35,2
Кукурузная мука	86,00	51,3	44,1
Масло сливочное	84,00	309,3	259,8
Сахар белый	99,85	154,7	154,4
Порошок плодов груши	76,00	67,7	51,5
Меланж	27,00	72,2	19,5
Соль	96,50	2,1	2,0
Натрий двууглекислый	50,00	0,5	0,3
Аммоний углекислый	0,00	0,5	0,00
Эссенция	0,00	0,5	0,00
Итого		1163,8	963,3
Выход	94,5	1000,0	945,0

Заключение. Таким образом, обоснована возможность применения муки кукурузной муки и порошка плодов груши с целью расширения ассортимента МКИ и повышения их пищевой ценности. В результате модификации рецептуры песочного полуфабриката путем внесения в нее кукурузной муки в количестве 10% с заменой эквивалентного количества пшеничной муки и внесения порошка плодов груши в количестве 25% с одновременным снижением эквивалентно-

го количества сахара белого разработана рецептура и установлена возможность производства песочного полуфабриката с высокими органолептическими показателями, с повышенной пищевой ценностью. Повышение пищевой ценности обусловлено улучшением жирнокислотного состава, повышением содержания пищевых волокон, улучшением витаминно-минерального комплекса изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Корячкина С.Я. Использование нетрадиционных видов муки в производстве мучных кондитерских изделий/С.Я. Корячкина// *Фундаментальные исследования*. – 2005. – № 8. – С.90-92.
2. 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.
3. 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.
4. Валежанина А.Ю., Рензьева Т.В. Кукурузная мука в технологии сдобного печенья // *Пищевые инновации в биотехнологии*. – 2018. – С. 14-17.
5. 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.
6. Батурина, Н.А. Влияние добавок муки бобовых культур на формирование качества хлеба из пшеничной муки: автореф. канд. техн. наук: 05.18.15/ Батурина Наталья Анато-

льевна. – Санкт-Петербург: 2006. – 20 с.

7. 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.

8. Конева С.И. Особенности использования продуктов переработки семян льна при производстве хлебо-булочных изделий/С.И. Конева// Ползуновский вестник. – 2016. – № 3. – С. 35-38.

9. 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 патенто-обладатель ФГБНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности» (ФГБНУ НИ-ИХП) – № № 2014114372/13; заявл. 11.04.2014; опубл. 20.08.2015, Бюл. № 23. – 7 с.

10. 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.

11. Пашенко Л.П. Новое печенье из овсяной муки/Л.П. Пашенко, В.Л. Пашенко, Л.А. Коваль, И.В. Ушаповский//Кондитерское производство. – 2007. – № 3. – С. 2-4.

12. 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.

13. Панкина И.А., Белокурова Е.С., Севастьянова А.Д. Использование семян нетрадиционных культур при создании мучных кондитерских изделий. Материалы всероссийской НПК «Здоровьесберегающие технологии в ВУЗе: состояние и перспективы». Орел.- 2018. С. 142-147.

14. Сусянок Г.М. и др. Перспективы применения амарантовой муки для производства мучных кондитерских изделий //Материалы докладов XII Международной конференции «Торты. Вафли. Печенье. Пряники–2020. Производство–Рынок–Потребитель»/Международная промышленная академия 26-28 февраля 2020 г.–М.: 2020.–169 с. – 2020. – Т. 26. – С. 93.

15. Гарькина П.К., Горбачева О.Н. Тенденции в снижении энергетической ценности мучных кондитерских изделий //Инновационная техника и технология. – 2020. – №. 2. – С. 5-10.

16. Тарабанова Е.В. и др. Научно-практические аспекты производства мучных кондитерских изделий с использованием растительного сырья западной Сибири //Актуальные проблемы агропромышленного комплекса. – 2019. – С. 143-147.

17. Шабурова Г.В., Лукьянова Е.А. Плоды и ягоды в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий // Инновационная техника и технология. – 2018. – №. 4. – С. 35-38.

18. Елизарова А.Е. и др. Обоснование выбора функциональных ингредиентов из шиповника в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий //Современная биотехнология: актуальные вопросы, инновации и достижения. – 2020. – С. 60-62.

19. Бирюкова К.О., Михайлова С.А. Разработка мучных кондитерских изделий нового типа //Проблемы конкурентоспособности потребительских товаров и продуктов питания. – 2020. – С. 76-79.

20. Чугунова О.В., Кокорева Л.А., Тиунов В.М. Обоснование рецептурного состава сухих безглютеновых кулинарных смесей // Индустрия питания/Food Industry. 2018. Т. 3. № 2. С. 22-30.

21. Павлов А.В. Сборник рецептов мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания. – 2004.– 215 с.

Статья поступила в редакцию 21.01.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 637.144.5:577.1

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0026

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНВЕРСИИ КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЕРМЕНТА МИКРОБНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

© 2021

Брашко Иван Сергеевич, аспирант

Третьякова Ирина Николаевна, аспирант

Тихонов Сергей Леонидович, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Пищевая инженерия»

Тихонова Наталья Валерьевна, доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Пищевая инженерия»

Уральский государственный экономический университет

(620142, Россия, Екатеринбург, улица 8 марта, 62,

e-mails: ivan_brashko@bk.ru, irinatreyakova87@yandex.ru, tihonov75@bk.ru)

Мотовилов Олег Константинович, доктор технических наук, доцент, руководитель
Сибирского научно-исследовательского и технологического института переработки
сельскохозяйственной продукции

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

(63050, Россия, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, *e-mail: gnu_ip@ngs.ru*)

Аннотация. Рассмотрен биотехнологический метод конверсии коллагенсодержащего сырья гидролизом с использованием фермента продуцируемого *C. histolyticum*. Для культивирования *C. histolyticum* разработана питательная среда, состоящая из фитопептона, биологически активной добавки «Эрамин», витаминов, раствора натрия хлорида, глюкозы и дрожжевого автолизата. Технология фитопептона следующая: удаление оболочки из семян люпина, путем замачивания в 4% растворе натрия хлорида при температуре 50-60 °С на 8-10 часов при постоянном помешивании в универсальном биореакторе-гомогенизаторе при скорости вращения лопастей мешалки 10 об/мин, измельчение семян, получении гомогенного раствора из порошка семян люпина и дистиллированной воды в соотношении 1:10, гидролизе полисахаридов глюкоамилазой, инактивацией фермента, гидролизе белков трипсином, инактивацией фермента, ультрафильтрацией и сушкой. Питательную среду получали на гомогенизаторе при последующем смешивании компонентов: фитопептон и дистиллированная вода, дрожжевой автолизат, глюкоза, поваренная соль, биологически активная добавка «Эрамин», раствор витаминов и минеральные вещества. На полученной питательной среде культивировали *C. histolyticum* в ферментаторе-культиваторе автоклавночного типа. После ферментации отделяли микробную и культуральную жидкости методом ультрафильтрации с помощью мембран с селективностью пропускания макромолекул молекулярной массы до 37 кДа. Доказана высокая биокаталитическая активность полученного ферментативного препарата. На основании модификации микроструктуры измельченной кожицы цыплят-бройлеров установлена высокая эффективность конверсии коллагенсодержащего сырья при продолжительности ферментации и концентрации ферментативного препарата 0,6% к массе сырья.

Ключевые слова: конверсия коллагенсодержащего сырья, ферментный препарат, культивирование, питательная среда, активность фермента, микроструктура.

BIOTECHNOLOGICAL METHOD OF CONVERSION OF COLLAGEN-CONTAINING RAW MATERIALS USING AN ENZYME OF MICROBIAL ORIGIN

© 2021

Brasco Ivan Sergeevich, postgraduate student

Tretyakova Irina Nikolaevna, post-graduate student

Tikhonov Sergey Leonidovich, doctor of technical sciences, professor, head of the Department " Food Engineering»

Tikhonova Natalia Valerievna, doctor of technical sciences, professor,
professor of the Department of " Food Engineering»

Ural State University of Economics

(62, 8 Marta Street, Yekaterinburg, 620142, Russia,

e-mails: ivan_brashko@bk.ru, irinatreyakova87@yandex.ru, tihonov75@bk.ru)

Motovilov Oleg Konstantinovich, doctor of technical sciences, associate Professor, head
Siberian Research and Technological Institute for Processing Agricultural Products

Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences

(63050, Russia, Novosibirsk region, Novosibirsk district, Krasnoobsk district, *e-mail: gnu_ip@ngs.ru*)

Abstract. A biotechnological method for the conversion of collagen-containing raw materials by enzymatic hydrolysis using an enzyme of microbial origin *C. Histolyticum* is presented. For the cultivation of the enzyme, a nutrient medium consisting of phytopepton, a biologically active additive "Eramin", vitamins, a solution of sodium chloride and yeast autolysate has been developed. The technology of phytopepton is as follows: removal of the shell from lupine seeds, by

soaking in 4% sodium chloride solution at a temperature of 50-60 °C for 8-10 hours with constant stirring in a universal bioreactor-homogenizer (the speed of rotation of the agitator blades is 10 rpm) Thermomix, grinding of seeds, obtaining a homogeneous solution from lupine seed powder and distilled water in a ratio of 1:10, hydrolysis of polysaccharides by glucoamylase, inactivation of the enzyme, hydrolysis of proteins trypsin, enzyme inactivation, ultrafiltration, and drying. The nutrient medium was obtained on a homogenizer with subsequent mixing of the components: phytopepton and distilled water, yeast autolysate, table salt, biologically active additive "Eramin", a solution of vitamins and minerals. *C. histolyticum* was cultured on the obtained nutrient medium in an autoclave-type fermenter-cultivator. After fermentation, microbial and culture fluids were separated by ultrafiltration using membranes with a selectivity of transmission of macromolecules with a molecular weight of up to 37 kDa. The high biocatalytic activity of the obtained enzymatic preparation was proved. Based on the modification of the microstructure of the crushed skins of broiler chickens, a high efficiency of the conversion of collagen-containing raw materials was established for the duration of fermentation and the concentration of the enzyme of 0.6%.

Keywords: conversion of collagen-containing raw materials, enzyme preparation, cleavage, nutrient medium, enzyme activity, microstructure.

Введение. Современные технологии конверсии продовольственного сырья реализуются с использованием биокатализа под действием ферментов [1]. Для расщепления микробиоты созданы консорциумы ферментативных препаратов и ферментов, позволяющие осуществлять гидролиз полисахаридов клеточных стенок, протоплазменных белков для выделения биологически активных веществ и ингредиентов пищевых систем [2].

Ферменты пептидазы КФ 3.4 - 11-15 и протениазы КФ 3.4 - 21-24 отличаются механизмом гидролиза и активностью. их используют для гидролиза белков растительного и животного происхождения с учетом специфичности активного центра фермента [3].

Знание установленных закономерностей биокатализа сырья растительного и животного происхождения, а также микробных субстратов позволяет разрабатывать и внедрять новую пищевую продукцию, в том числе пищевые ингредиенты и биологически активные вещества. С этой целью получены ферментные препараты, обладающие высокой специфичностью для целевого гидролиза Е.Н. Соколова [4].

Широкое применение в биотехнологии продуктов питания находит ферментативный препарат на основе трансплутаминазы КФ 2.3.2.13 [5].

В качестве перспективного источника белка микробного происхождения рассматриваются дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, при этом белок дрожжей отличается сбалансированностью и при введении цистеина и метионина приближается по биологической ценности к белку мяса [6], дрожжи также характеризуются наличием в своем химическом составе витаминов группы В и микроэлементов [7]. Другим перспективным направлением использования дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* является создания препаратов для оптимизации микрофлоры пищеварительной системы за счет сорбционной способности полисахаридов глюкано-маннановой природы [8]. Для этого применяют ферментативные системы, позволяющие модифицировать структуру дрожжей и получить биомассу с заданным химическим составом [9].

Возможности регуляции биокатализа микробных клеток и изменения их химического состава, путем создания новых биологически активных структур с

аминокислотами, витаминами и другими пищевыми веществами посвящены работы [10]. Для изменения структуры клеточных стенок микроорганизмов, состоящих из полисахаридов и белков применяют протеолитические ферменты, позволяющие разрушить полимеры белка протоплазмы [11-12].

Среди большого количества ферментов предпочтения отдаются использованию в пищевой промышленности ферментов и ферментных препаратов микробного происхождения. Особое внимание в биотехнологическом производстве ферментных препаратов является выбор штамма продуцента микроорганизмов. С помощью генной инженерии возможно создание новых штаммов микробов с высокой активностью [13-14].

Но вместе с тем, для эффективного получения ферментов микробного происхождения большое значение имеет создание специальной питательной среды. Так для культивирования бактерии *C. histolyticum*, являющийся продуцентом фермента коллагеназы используют питательные среды как растительного, так и животного происхождения [15]. Коллагеназы считают «мясной культурой», поэтому традиционная питательная среда для культивирования коллагеназ может включать мясной пептон, соли магния, калия, белково-соевый изолят или концентрат, витамины, железо и другие питательные и необходимые вещества для роста бактерии. Культивирование коллагеназы проводится при температуре 37 °C в течение 16-20 часов [16]. Активации роста коллагеназ способствует введение в питательную среду аминокислот гидролизата казеина и глюкозы при использовании аэрации [17]. Важным условием для культивирования коллагеназы является создание анаэробных условий, что не всегда возможно, поэтому, в питательную среду добавляют вещества с адсорбционными свойствами или создают консорциум микроорганизмов, например, *E. coli* и *C. histolyticum* [18]. Полученные консорциумы микробиоты рекомендуется выращивать на питательных средах, содержащих дрожжевой автолизат, глицерин, минеральные вещества, глюкозу и многие другие биологически активные компоненты [19].

Выращивание бактерий проводится в биореакторах при постоянной температуре 37°C в течение не-

скольких суток, затем полученную биомассу бактерий очищают и концентрируют мембранной ультрафильтрацией и высушивают с помощью лиофильной сушилки [20].

Но вместе с тем, вопрос создания новых питательных сред для культивирования продуцентов ферментов микробного происхождения постоянно обсуждается биотехнологами. Следует отметить, что предпочтение отдается средам растительного происхождения так как использование среды животного происхождения увеличивает риск передачи губчатой энцефалопатией и получение возможных аллергических реакций на животный белок [21].

Целью исследований является создание питательной среды для культивирования *C. histolyticum* и оценка эффективности модификации коллагенсодержащего сырья, выделенным ферментным препаратом.

Материалы и методы исследований. Протеолитическую активность ферментного препарата определяли по ГОСТ 34430-2018 «Ферментные препараты для пищевой промышленности» по методике Ансона, основанной на определении скорости ферментации по количеству образовавшегося тирозина. Микроструктуру образцов коллагенсодержащего сырья оценивали по ГОСТ 19496-2013 «Мясо и мясопродукты. Метод гистологического исследования». Срезы кожи цыплят-бройлеров готовили на приборе микротом - 2 с использованием охладителя микротомы - 4 (ОМТ). Микроскопирование - на поляризационном микроскопе ПОЛАМ Л-213М ЛОМО с цифровой камерой. Все исследования проводили в условиях биотехнологической и микробиологических лабораторий кафедры «Пищевая инженерия» УрГЭУ.

Материал исследований: питательная среда, бактерии *C. Histolyticum*, ферментный препарат на основе коллагеназы, кожа цыплят-бройлеров.

Результаты исследований. Разработана питательная среда на растительной основе для культивирования микроорганизмов *C. Histolyticum*. В состав питательной среды введены следующие компоненты: фитопептон, биологически активная добавка (БАД) «Эрамин», витамины, раствор натрия хлорида, глюкоза, дрожжевой автолизат. Фитопептон получали из семян люпина сорта «Смена», предварительно удалив оболочку, путем замачивания в 4% растворе натрия хлорида при температуре 50-60°C на 8-10 часов по постоянному помешиванию (скорость вращения лопастей мешалки 10 об/мин) при следующем соотношении семена люпина: раствор NaCl (1:10). Замачивание семян люпина проводили в емкости универсального биореактора-гомогенизатора «Термомикс» при вышеуказанных технологических режимах, для отделения оболочки от семян полученную массу центрифугировали в течение 5 минут со скоростью 3000 об/мин. Удаление оболочки с семян проводили с целью снижения количества ингибиторов протеолитических ферментов так как в технологии фитопептона используется протеазы.

На рисунке 1 представлены семена люпина, используемые для получения фитопептона.



Рисунок 1 - Семена люпина, используемые для получения фитопептона

На рисунке 2 представлена отделившаяся оболочка и семена люпина, используемые для производства фитопептона.



а)



б)

Рисунок 2 – Оболочка семян люпина (а) и семена люпина (б), используемые для производства фитопептона

Дальнейшая технология фитопептона включает измельчение семян люпина без оболочки в режиме «Турбо», в емкости «Термомикса» при скорости вращения ножей 12000 об/мин в течение 5-7 минут до получения мелкодисперсного порошка с размером частиц 500-600 мкм. Затем получали гомогенный раствор порошка семян люпина и дистиллированной воды в соотношении 1:10, проводили гидролиз полисахаридов при температуре 35-45°C в течение 5-6 часов, путем введения фермента глюкоамилазы с последующим центрифугированием (3000 об/мин, 3 мин) и инактивацией фермента температурой 70-80°C, гомогенизированную смесь охлаждали и вводили протеолитический фермент трипсин в количестве 0,5 г/10 литров гомогенной смеси, ферментировали

при температуре 36-38°C (оптимум активности фермента) в течение 3-4 часов, фермент инактивировали температурой 70-80 °С в течение 30-40 минут, полученный гомогенизат пропускали через керамические мембраны КУФЭ 0,01 с диаметром пор до 0,01 мкм и фитопептон высушивали в сушильном шкафу.

Одним из важных растительных компонентов питательной среды является разработанная нами БАД «Эрамин» - экстракт люцерны посевной, обогащенный минеральными веществами (железо, медь, цинк, марганец, кобальт и др.) [22].

Питательную среду получали на гомогенизаторе «Measlab ПАХП-МТА» при последующем смешивании компонентов: засыпали порошок фитопептона в емкость гомогенизатора в количестве 1 кг, заливали дистиллированной водой в количестве 3 литров перемешивали при температуре 36-37°C в течение 20-30 минут при частоте вращения насадки для гомогенизации 1200-1400 об/мин, вносили дрожжевой автолизат и перемешивали в течение 5-7 минут, поваренную соль из расчета 2,5 г/л раствора, 1,92 г/л KH_2PO_4 , 1,25 г/л K_2HPO_4 , 3,5 г/л Na_2HPO_4 , смесь витаминов и продолжали перемешивать (150-200 об/мин., 10-15 мин.).

На полученной питательной среде культивировали *S. histolyticum* в ферментаторе-культиваторе Модели Б-65-01 автоклавночного типа. С помощью ферментатора можно проводить стерилизацию, охлаждение, культивирование и санитарную обработку емкости паром в полуавтоматическом и автоматическом режимах. Культивировали бактерии в течение 72 часов при температуре 37°C. Указанный режим задавали кнопкой «Ферм» и устанавливали необходимые параметры: температуру и количество оборотов лопасти мешалки - 60 об/мин. После культивирования отделяли микробную и культуральную жидкости методом ультрафильтрации с помощью мембран с селективностью пропускания макромолекул с молекулярной массой до 37 кДа так как размер молекулы коллагеназы менее указанной величины.

Проведены исследования активности полученного ферментного препарата микробного происхождения (рис. 3).

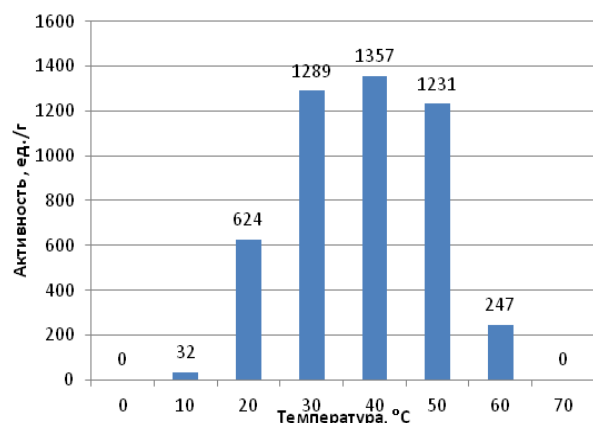


Рисунок 3 – Динамика активности ферментного препарата в зависимости от температуры, ед/г

Из рисунка 3 следует, что максимальная активность фермента отмечается при температуре от 38 до 43°C и при дальнейшем увеличении температуры активность существенно снижается.

Для биокаталитической активности полученного ферментного препарата на основе коллагеназы проведены исследования биоконверсии коллагенсодержащего сырья при температурном оптимуме активности фермента. В качестве сырья использовали кожу цыплят-бройлеров, которую предварительно промывали проточной водой, измельчали на волчке с диаметром отверстий решетки 3-5 мм и обрабатывали водным раствором ферментного препарата в соотношении 1:10 в количестве 0,1% и 0,3% к массе сырья. Ферментировали коллагенсодержащее сырье в течение 60 минут.

На рисунке 4 представлены контрольные (обработка ферментом не проводилась) и опытные образцы коллагенсодержащего сырья.

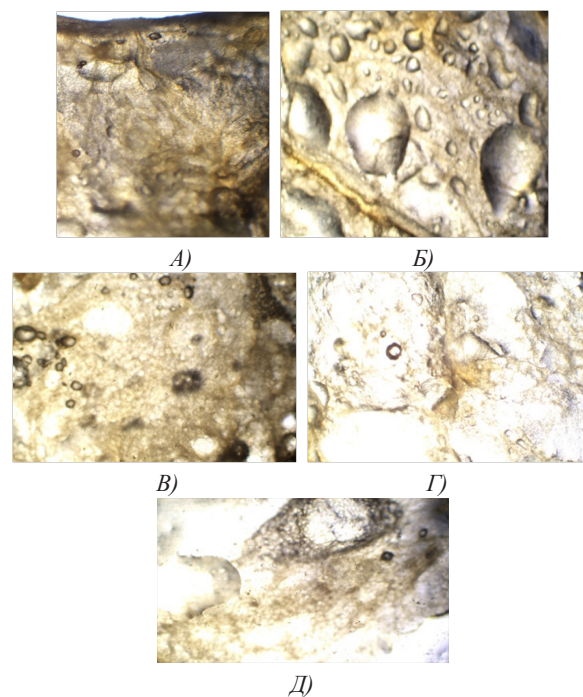


Рисунок 4 – Микроструктура кожи цыплят-бройлеров (увеличение x600):

- А - без обработки ферментом (контроль);
- Б - после обработки ферментом при концентрации 0,1% к массе сырья через 30 минут ферментирования;
- В - после обработки ферментом при концентрации 0,1% к массе сырья через 60 минут ферментирования;
- Г - после обработки ферментом при концентрации 0,3 % к массе сырья через 30 минут ферментирования;
- Д - после обработки ферментом при концентрации 0,3 % к массе сырья через 60 минут ферментирования;

При исследовании микроструктуры образцов кожи цыплят-бройлеров установлено, что увеличение концентрации фермента от 0,1% до 0,3% к массе сырья приводит к повышению разрыхлению коллагеновых волокон и гомогенизации (рис. 4 Б и Г). В исследуемых образцах коллагенсодержащего сырья на фоне обработки ферментным препаратом отмечается наличие полостей и образование мелкозернистой белко-

вой массы, являющейся продуктом ферментативного гидролиза. Аналогичные изменения отмечаются при увеличении времени ферментации коллагенсодержащего сырья с 30 минут до 60 минут (рис. 4 В и Д).

Заключение. На основании проведенных исследований показана эффективность метода биоконверсии коллагенсодержащего сырья с помощью полученного ферментного препарата микробного происхождения на основе коллагеназы. Для культивирования *C. histolyticum* как источника фермента коллагеназы разработан состав и технология получения питательной среды на растительной основе. Питательная среда включает фитопептон из семян люпина, полученный ферментативным гидролизом, дрожжевой автолизат, БАД «Эрамин», глюкозу, минеральные вещества, поваренную соль и витамины. Технология питательной среды предполагает последовательное смешивание компонентов при выбранных технологических режимах гомогенизации, ультрафильтрацию и стерилизацию. В результате исследований на основе культивирования *C. histolyticum* получен ферментативный препарат и определен температурный оптимум его активности. Изучение микроструктуры коллагенсодержащего сырья под действием ферментного препарата на основе коллагеназы, свидетельствует об его эффективности и, соответственно, предложенного метода биоконверсии кожи цыплят-бройлеров путем обработки ферментным препаратом в количестве 0,3% от массы сырья в течение 60 минут.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Серб Е.М., Римарева Л.В., Погоржельская Н.С., Мочалина П.Ю. Ферментативный комплекс для биокаталитической деструкции полимеров микробного и растительного сырья // *Acta Naturae*. 2016. № S-2. С. 236-237
2. Серб Е.М., Оверченко М.Б., Погоржельская Н.С., Курбатова Е.И., Поляков В.А., Римарева Л.В. Зависимость степени деструкции белковых веществ микробной биомассы от состава протеолитического комплекса // *Вестн. Рос. сельскохозяйственной науки*. 2015. № 2. С. 48-51.
3. Римарева Л.В., Оверченко М.Б., Соколова Е.Н., Серб Е.М., Игнатова Н.И., Медриш М.Э. и др. Ферменты протеолитического действия и их биокаталитические особенности при конверсии зернового сырья // *Вестн. Рос. сельскохозяйственной науки*. 2016. № 6. С. 62-64
4. Соколова Е.Н., Курбатова Е.И., Римарева Л.В., Давыдкина В.Е., Борщева Ю.А. Биотехнологические аспекты направленной ферментативной деструкции клеточных стенок растительного сырья для получения экстрактов с повышенным содержанием биологически ценных веществ в качестве компонентов функциональных напитков // *Вопр. питания*. 2016. Т. 85, № 2. С. 151-152.
5. Зобкова З.С., Фурсова Т.П., Зенина Д.В., Гаврилина А.Д., Шелагинова И.Р., Шефов Д.А. и др. Исследование влияния условий применения препаратов трансглутаминазы на качество сметаны // *Переработка молока*. 2015. № 5. С. 38-42
6. Серб Е.М., Поляков В.А. Биотехнологические основы комплексной переработки зернового сырья и вторичных биоресурсов в этанол и белково-аминокислотные добавки. М.: ВНИИПБТ. 2015. 133 с
7. Римарева Л.В., Оверченко М.Б., Игнатова Н.И., Шелехова Н.В., Серб Е.М., Кривова А.Ю. Исследование внутриклеточного ионного состава биомассы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* // *Рос. сельскохозяйственная наука*. 2017. № 1. С. 51-54
8. Kurbatova E.I., Serba E.M., Rimareva L.V., Borshcheva Y.A., Sokolova E.N., Fursova N.A. et al. Enhancement of the adsorptive and antimicrobial properties of the yeast cell walls by enzymatic processing // *RJPBCS (Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences)*. 2017. Vol. 8, N 3. P. 2133-2138
9. Серб Е.М., Оверченко М.Б., Давыдкина В.Е., Шелехова Н.В., Римарева Л.В., Поляков В.А. Научно-практические аспекты получения БАД на основе конверсии вторичных биоресурсов // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2015. № 2. С. 44-50
10. Mallick P., Akunna J.C., Walker G.M. Anaerobic digestion of distillery spent wash: Influence of enzymatic pre-treatment of intact yeast cells // *Bioresource Techn.* 2010. Vol. 101. P. 1681-1685
11. Поляков В.А., Римарева Л.В., Курбатова Е.И. и др. Получение белковых обогатителей пищи на основе ферментативной деструкции белково-полисахаридного комплекса клеточных стенок дрожжей // *Пищ. пром-сть*. 2012. № 11. С. 42-44.
12. Зобкова З.С., Фурсова Т.П., Зенина Д.В. и др. Влияние способа внесения трансглутаминазы на структурно-механические свойства йогурта и протеолитическую активность заквасочных культур // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2014. № 3. С. 28-32.
13. Серб Е. М., Оверченко М. Б., Римарева Л.В., Погоржельская Н.С., Давыдкина В.Е., Поляков В.А. Скрининг активных популяций гриба *Aspergillus oryzae* по способности к синтезу промышленно значимых метаболитов // *Микология и фитопатология*. 2017. № 1. С. 47-53.
14. Курбатова Е.И., Соколова Е.Н., Борщева Ю.А., Давыдкина В.Е., Римарева Л.В., Поляков В.А. и др. Микромицет *Aspergillus foetidus* - продуцент комплекса гидролитических ферментов // *Микология и фитопатология*. 2017. № 1. С. 34-40
15. Pat. WO 2013177647 A1 Meio de cultura para bactérias do gênero clostridium livre de componentes de origem animal e processo para produção de sobrenadante contendo uma ou mais proteases com atividade colagenolítica e gelatinolítica / M.C. Alegria, L.C. Fardelone, M.B.R. Delalana, J.E. Thiemann, F.S. Astolfi, R.C.D. Moreira, O. De Castro Pacheco. 5 December 2013
16. Pat. WO 2007089851 A2 Compositions and methods for treating collagen-mediated diseases / G.L. Sabatino, T.Jr.B.J. Del, P.J. Bassett, H.A. Tharia, A.G. Hitchcock. 9 August 2007.]
17. Pat. WO 2013177647 A1 Meio de cultura para bactérias do gênero clostridium livre de componentes de origem animal e processo para produção de sobrenadante contendo uma ou mais proteases com atividade colagenolítica e gelatinolítica / M.C. Alegria, L.C. Fardelone, M.B.R. Delalana, J.E. Thiemann, F.S. Astolfi, R.C.D. Moreira, O. De Castro Pacheco. 5 December 2013
18. Pat. US20080233614 A1 Codon-optimized genes designed to help maximize expression level; making collagenase / R.M. Cranenburgh, G.L. Sabatino, B.J. Del Tito. 25 September 2008
19. Pat. US 8715985 B2 Clostridium histolyticum recombinant collagenases and method for the manufacture thereof / F. Bertuzzi, A. Cuttitta, G. Ghersi, S. Mazzola, M. Salamone, G. Seidita. 6 May 2014.
20. Pat. US20080233614 A1 Codon-optimized genes designed to help maximize expression level; making collagenase / R.M. Cranenburgh, G.L. Sabatino, B.J. Del Tito. 25 September 2008].
21. Certificate of Origin Policy (TSE/BSE) 01-000-014 Rev. 1 Effective Date: August 3, 2005//Sigma-Aldrich.URL:https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigmaaldrich/countries/italy/cert_of_origin_policy.pdf (accessed: 01.07.2015). Pat. US 20120237497 A1 Compositions and methods for producing clostridial collagenases / T.L. Wegman, Bo Yu. 20 September 2012
22. Латков Н.Ю. Биологически активная добавка к пище антиоксидантной направленности и способ производства биологически активной добавки к пище / Н.Ю. Латков, В.М. Позняковский, С.Л. Тихонов и др. // Патент № 2642646. - Приоритет изобретения 18.04. 2016 г. Дата регистрации 25.01.2018 г.)

Статья поступила в редакцию 12.02.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 664.65

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0027

**УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ЗА СЧЕТ ДОБАВЛЕНИЯ
ЖМЫХА РАПСА И ПОРОШКА БОЯРЫШНИКА**

© 2021

Абуова Алтынай Бурхатовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор высшей школы технологии пищевых и перерабатывающих производств**Сагингалиева Аяжан Галиевна**, магистрант высшей школы технологии пищевых и перерабатывающих производств*Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана**(090009, Казахстан, г. Уральск, ул. Жангир хана, 51, e-mails: a_burkhatovna@mail.ru, gas9-7@bk.ru)***Серикбаева Балнур Асылхановна**, магистрант кафедры пищевых и перерабатывающих производств*Казахский аграрно-технический университет имени С. Сейфуллина,**(010011, Казахстан, г. Астана, проспект Женис, 62, e-mail: serikbaeva.balnur@bk.ru)*

Аннотация. Казахстан имеет значительный потенциал для производства органической и экологически чистой продукции, востребованной не только в стране, но и за рубежом. Главная задача для производителя пищевых продуктов должна состоять из максимального сохранения в продукте в своем виде витаминов, микро и макроэлементов, пектинов и других биологически активных веществ. В настоящее время недостаточно полно используются нетрадиционное сырье в производстве кондитерских изделий. Данная статья посвящена использованию нетрадиционных видов растительного сырья в мучных кондитерских изделиях, в частности, разработана технология сахарного печенья с добавлением жмыха из семян рапса и порошка плодов боярышника. В ходе исследований была разработана рецептура сахарного печенья с повышенной пищевой ценностью на основе совместного использования жмыха из семян рапса и порошка плодов боярышника, а также проведены исследования по определению показателей качества изготовленного по новой рецептуре сахарного печенья. В статье приведены результаты экспертной дегустационной оценки изготовленных образцов сахарного печенья, исследованы показатели качества кондитерского изделия. Для определения органолептических показателей изготовленного по новой рецептуре сахарного печенья, а также содержания в нем влаги, белка и жира использовались стандартные общепринятые методики. Добавление в состав рецептуры кондитерских изделий нетрадиционных видов растительного сырья, в виде жмыха из семян рапса и порошка плодов боярышника, улучшает не только качественные показатели мучного кондитерского изделия, но и повышает их пищевую и биологическую ценность.

Ключевые слова: нетрадиционные виды растительного сырья, хлебобулочные изделия, сахарное печенье, жмых, рапс, боярышник.

**IMPROVING THE QUALITY OF FLOUR CONFECTIONERY PRODUCTS BY ADDING RAPESEED
CAKE AND HAWTHORN POWDER**

© 2021

Abuova Altynai Burkhatovna, doctor of agricultural Sciences, professor of the Higher School of Food and Processing Technology**Sagingalieva Ayazhan Galieva**, master's student of the Higher School of Food and Processing Technology
*Zhangir Khan West Kazakhstan agrarian-technical university**(090009, Kazakhstan, Uralsk city, Zhangir Khan street, 51, e-mails: a_burkhatovna@mail.ru, gas9-7@bk.ru)***Serikbayeva Balnur Asylkhanovna**, master's student of the Department of Food and Processing Industries
*S. Seifullin Kazakh Agrarian and Technical University,**(010011, Kazakhstan, Astana city, Zhenis Avenue, 62, e-mail: serikbaeva.balnur@bk.ru)*

Abstract. Kazakhstan has a significant potential for the production of organic and environmentally friendly products that are in demand not only in the country, but also abroad. The main task for the food manufacturer should consist of the maximum preservation of vitamins, micro and macronutrients, pectins and other biologically active substances in the product in its form. Currently, non-traditional raw materials are not fully used in the production of confectionery products. This article is devoted to the use of non-traditional types of vegetable raw materials in flour confectionery products, in particular, the technology of sugar cookies with the addition of rapeseed cake and hawthorn fruit powder has been developed. In the course of the research, recipes for sugar cookies with increased nutritional value were developed based on the joint use of rapeseed cake and hawthorn fruit powder, as well as studies were conducted to determine the quality indicators of sugar cookies made according to the new recipe. The article presents the results of an expert tasting evaluation of the manufactured samples of sugar cookies, and examines the quality indicators of the confectionery product. To determine the organoleptic parameters of sugar cookies made according to the new recipe, as well as the content of moisture, protein and fat in it, standard generally accepted methods were used. The addition of non-traditional types of vegetable raw materials to the composition of the confectionery recipe, in the form of rapeseed cake and hawthorn fruit powder, improves not only the quality indicators of flour confectionery, but also increases their nutritional and biological value.

Keywords: non-traditional types of vegetable raw materials, bakery products, sugar cookies, cake, rapeseed, hawthorn.

Введение. Обеспечение населения здоровым питанием является одним из современных трендов. При этом создание новых продуктов с улучшенными свойствами осуществляют за счет качественного видоизменения их компонентного состава. В такие группы инновационных продуктов обычно входят продовольствия, отличающиеся не только повышенной пищевой, но и что очень важно биологической ценностью, которые содержат в своем составе незаменимые аминокислоты, жизненно необходимые витамины, минеральные вещества и клетчатки.

Главной задачей, согласно комплексному плану мероприятий по развитию переработки сельского хозяйства продукции и пищевой промышленности Республики Казахстан на ближайшую перспективу является развитие предприятий пищевой промышленности посредством уменьшения себестоимости производства и обеспечения конкурентоспособности изготавливаемых товаров и выпускаемой продукции. И решение этой задачи основывается на высокотехнологическом производстве, обеспечении соответствующим сырьем перерабатывающей промышленности и расширении ассортимента и географии сбыта новой продукции. При этом кроме изделий массового спроса в настоящее время кондитерской промышленностью вырабатываются витаминизированные, диетические, медицинские изделия, предназначенные для детей.

Настоящее исследование проводилось с использованием в технологическом процессе производства мучных кондитерских изделий не совсем традиционного растительного сырья, которое в достаточном количестве произрастает в Республике Казахстан. Известно, что добавками в качестве нетрадиционного сырья могут служить сырье овощных и плодовых культур [1–3]. В составе таких продуктов имеются различные полезные вещества, которые могут при совместном использовании с мукой продуцировать белково-полисахаридные комплексы. К ним можно отнести белки, пектиновые вещества, целлюлозу, гемилцеллюлозу и т.д.

С целью обогащения растительной клетчаткой, важными витаминами, необходимыми минеральными веществами, а также продления срока хранения известен способ, основанный на замене части муки пшеничной на порошок из корня цикория. Так 5 % добавки позволило получить печенье сдобное с лучшими органолептическими характеристиками, в частности появилась золотистая корочка, увеличился объем, улучшился вкус и аромат готовых изделий [4].

Автор Е.И. Григоренко [5] предлагает внесение в рецептуру коржика «Молочный» порошок боярышника, что ему позволило разработать кондитерское изделие с улучшенным важным показателем качества изделия. В ходе исследования были выбраны разные в процентном соотношении (1,5%, 5%, 10%) дозы порошка из сушеных плодов боярышника, который

добавлялся вместо соответствующей массы высокосортовой пшеничной муки. В последующем было определено, что 5 % добавки наиболее лучший образец по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям. В результате улучшились реологические свойства изготавливаемого теста, а изготовленное изделие приобрело положительно выраженный фруктовый вкус и аромат, обогатилось полезными макроэлементами, а также аскорбиновой кислотой.

В монографии авторов С.Я. Корячкиной, Г.А. Осиповой, Е.В. Хмелевой [6] представлены исследования по технологии хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий функционального назначения. В ходе научных изысканий изучались готовые хлебобулочные и макаронные изделия, в состав которых включали цельные и пророщенные зерна пшеницы, ржи, тритикале, фитопорошков и фитосиропов различных лечебных трав. Наряду с этим, подверглись испытаниям мучных кондитерских изделий с добавлением муки полученных из нетрадиционных видов сырья, овощных и плодово-ягодных включений в рецептуру.

Коллективом авторов разработана технология производства кексов из пшеничной муки с добавлением 10 % черемуховой муки, известно, что черемуховая мука получается путем высушивания и измельчения ягод черемухи дикой, не содержит глютен, низкая калорийность, высокое содержание веществ фенольного ряда, витаминов и минеральных веществ [7].

Губаненко Г.А. в своих диссертационных исследованиях в качестве нетрадиционного растительного сырья использовал эфирные масла, экстракты и шпроты таких растений, как полынь Сиверса, чабрец, пиона уклоняющегося и сосны обыкновенной. В работе приводятся результаты исследования кекса, пирожного с водно-спиртовыми экстрактами, бисквита со шротом, показано влияние вышеуказанных растений на такие показатели качества сдобного изделия как органолептические, физико-химические и структурно-механические, а также связанные с этим сроки их хранения [8].

Известны исследования по изучению влияния порошка из тыквы на качество сдобного печенья, при их использовании в смеси пшеничной и полбяной муки. Отмечено, что содержащийся в пюре и в порошке тыквы витамины, сахар и другие, полезные для организма человека вещества являются дополнительным питанием для дрожжей, что в конечном итоге провоцируют интенсификацию процесса брожения [9].

Джабоевой А.С. проведены исследования [10–12], показывающие положительное влияние на хлебобулочные изделия использование в виде порошка, составных частей плодов дикорастущего боярышника, ежевики, мушмулы, створок зеленого гороха, а переработанные именно в порошок плоды растений способствует максимально сохранить содержащиеся в

них биологически активные вещества.

В результате научных работ, проведенных в Кубанском государственном аграрном университете, обоснована новая рецептура хлеба [13]. При этом в качестве перспективных ингредиентов для применения в новой рецептуре хлеба взяты виноградные выжимки и лекарственные растения, в частности ромашка аптечная. Исходя из высокой концентрации содержания пектинов в выжимках винограда и высушенной ромашке аптечной, ученые рекомендуют их применение в производстве для обогащения хлебобулочных изделий пектиновыми веществами.

В последнее время получают популярность технологии, основанные на использовании мучных композиционных смесей. Например, известна разработанная технология печенья, рецептура которого содержит 40 % пшеничной и по 15 % тритикалевой, нутовой, сорговой и рапсовой муки. Муку рапса добавляют в композиционную смесь в связи с уникальными её лечебными свойствами. Известно, что рапс способствует снижению уровня холестерина в крови человека, укрепляет стенки системы капилляров и вен, что в конечном итоге уменьшает факторы риска развития тромбоза [14 – 16].

Наряд с этим, известна разработанная технология сдобного печенья повышенной пищевой ценности путем добавления плодов боярышника и семян льна, вследствие чего обогащается пищевыми волокнами, микро и макроэлементами, а также белковыми веществами льняной муки [17].

Целью исследования являлось разработка технологии кондитерских изделий, а именно сахарного печенья на основе нетрадиционного совместного использования жмыха из семян рапса и порошка плодов боярышника.

В задачи исследования входили:

– разработка рецептуры сахарного печенья с повышенной пищевой ценностью на основе совместного использования жмыха из семян рапса и порошка плодов боярышника;

– исследование показателей качества изготовленного по новой рецептуре сахарного печенья.

Материалы и результаты исследования. В виде объектов исследования были приняты контрольный и опытный образцы сахарного печенья, качественные показатели которых сопоставлялись между собой.

Определение содержания влаги, белка и жира проводили: методом высушивания в соответствии с ГОСТ 5900-2014 Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ (введен: 07.01.2016); экстракционно-весовой методом по ГОСТ 31902-2012 Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли жира, а также белка согласно ГОСТ 34551-2019.

Экспериментальные исследования проводились в экспериментально-производственном цехе по производству хлеба и хлебобулочных изделий и в цехе по производству растительных масел Казахского АТУ им. С.Сейфуллина и Западно-Казахстанского АТУ им. Жангир хана.

В процессе разработки рецепта сахарного печенья использовали следующее сырье: мука пшеничная 1 сорта, рапсовый жмых, сахар, порошок из плодов шиповника, маргарин, яйца, картофельный крахмал. При приготовлении теста сахарного печенья часть пшеничной муки заменили порошком из плодов боярышника, и рапсовым жмыхом. Применяя эту рецептуру с добавлением нетрадиционного растительного сырья, оно меняет вкусовые и полезные качества, легко принимает форму, обладает повышенной хрупкостью, пористостью, высокой способностью к набуханию, а также расширяется ассортимент отечественного продукта.

По данным исследователей рапс является ценной масличной и кормовой культурой. По сути можно сказать, что это источник пищевого масла и кормового белка. Рапсовый жмых представляет собой побочный продукт производства масла из рапса, богат жиром и белком, также в своем составе содержит кальций, фосфор, магний, медь и марганец.

Боярышник издревле известен своими лечебными свойствами, а именно кардиотоническим действием, он также обладает способностью усиливать сокращения миокарда с одновременным уменьшением его возбудимости, более того нормализует сердечный ритм. Содержащиеся в составе плодов кустарникового растения, тритерпеновые кислоты способны усиливать кровообращение, расширяют кровеносные сосуды, которые обеспечивают кровоснабжение головного мозга, также способны улучшать кислородное снабжение сердечной мышцы и нейронов в коре головного мозга. Химический состав сушеных плодов боярышника представлен жизненно необходимыми витаминами E, C, A, а из микроэлементов включает: калий, кальций, марганец, железо и т.д. [18, 19].

Технологический процесс производства предлагаемого печенья «Долана» включает приготовление эмульсии путем перемешивания и взбивания сахара, маргарина и сахарного сиропа, введение в нее обладающего высокой биологической и пищевой ценностью растительного сырья, добавление и смешивание ванильного сахара, разрыхлителя и смеси пшеничной муки с солью. В качестве растительного сырья в технологии приготовления печенья сахарного используют порошок плодов боярышника и жмых из семян рапса.

Жмых, полученный из рапса известен наличием пищевых веществ с функциональными свойствами и биологической ценностью, содержит повышенное количество полноценным аминокислотным составом белка и значительным содержанием жирного масла, который в случае сравнения, практически отсутствует в сортовой пшеничной муке, также жмых обладает характерным вкусом и запахом. Поэтому перспективность применения в пищевом производстве такого ценного сырья, не вызывает сомнений.

Согласно органолептическим требованиям внешний вид сахарного печенья цвет должен быть желтый, без дефектов и печенье должно быть пористым. Запах

должен быть приятным. Цвет печенья должен быть золотистый, равномерный.

При проведении экспериментальных исследований, контрольного и опытного образцов видно, что рецептура опытного образца с добавлением жмыха рапсового и порошка боярышника отличается от контрольного образца.

Рецептура представлена в сравнении контрольного и опытного образца в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная рецептура образцов сахарного печенья «Долана»

Показатель	Рецептура на 1000 кг образца	
	контрольного, кг	опытного, кг
Мука пшеничная высший сорт	670	-
Мука I сорта	-	590
Рапсовый жмых	-	50
Порошок боярышника	-	30
Сахар песок	217,84	
Инвертный сироп	30,20	
Жиры (маргарин)	110,60	
Яйца	33,50	
Крахмал кукурузный	49,60	
Ароматизатор	2,7	
Соль	4,8	

В таблице 2 представлены результаты экспертной дегустационной оценки изготовленных образцов сахарного печенья «Долана» на основе добавлением жмыха из семян рапса и порошка из плодов боярышника.

Таблица 2 – Результаты дегустационной оценки

Образец продукта	Показатели				
	Внешний вид	Цвет	Запах	Вкус	Вид в изломе
Контрольный	4,7	4,9	4,7	4,9	4,4
Опытный	4,9	5	5	5	4,4

Включение ценных растительных компонентов (жмыха из семян рапса и порошка из плодов боярышника) оказывает существенное и положительное влияние на органолептические показатели опытных образцов кондитерского изделия. Улучшает внешний вид, цвет, фруктовые вкусовые качества и придает специфический запах боярышника, а жмых рапса улучшает пекарские качества полуфабриката.

Для качественной оценки изготовленных пищевых продуктов были определены физико-химические показатели разработанного нового сахарного печенья «Долана» (табл. 3).

Таблица 3 – Физико-химические показатели сахарного печенья «Долана»

Показатель	Значение, %
Массовая доля:	
– белка;	10,25
– жира;	24,3
– влаги.	7,4

Заключение. Обобщая полученные результаты проведенных исследований, можно сделать вывод о

том, что разработка технологии производства мучных кондитерских изделий путем добавления нетрадиционного местного сырья эффективно и экономически выгодно. Предлагаемая технология сахарного печенья «Долана» с добавлением жмыха из семян рапса и порошка из плодов боярышника позволяет получать качественное, богатое пищевыми и биологическими веществами кондитерское изделие и расширить ассортимент выпускаемой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Акимов, М.Ю., Макаров, В.Н., Жбанова, Е.В. Роль плодов и ягод в обеспечении человека жизненно важными биологически активными веществами [Текст] / М.Ю. Акимов, В.Н. Макаров, Е.В. Жбанова // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 2. – С. 56-60.
2. Чугунов, О.В., Пастушкова, Е.В., Вяткин, А.В. Практические аспекты использования плодово-ягодного сырья при создании продуктов, способствующих снижению уровня оксидативного стресса [Текст] / О.В. Чугунов, Е.В. Пастушкова, А.В. Вяткин // Индустрия питания. – 2017. – № 2. – С.57-63.
3. Чугунов, О.В., Пастушкова, Е.В., Вяткин, А.В. Практические аспекты использования плодово-ягодного сырья при создании продуктов, способствующих снижению уровня оксидативного стресса [Текст] / О.В. Чугунов, Е.В. Пастушкова, А.В. Вяткин // Индустрия питания. – 2017. – № 2. – С.57-63.
4. Науменко, Н.В., Штанько, О.Е. Использование нетрадиционных видов растительного сырья в технологии производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий [Текст] / Н.В. Науменко, О.Е. Штанько // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2018. – Т.6, №3. – С. 5-11.
5. Григоренко, Е.И. Улучшение качества мучных кондитерских изделий за счет использования нетрадиционного кондитерского сырья [Текст] / Е.И. Григоренко // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2011. – Т.23, № 5. – С. 152-155.
6. Корячкина, С.Я., Осипова, Г.А., Хмелева, Е.В. и др. Совершенствование технологий хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий функционального назначения: монография [Текст] / С.Я. Корячкина, Г.А. Осипова, Е.В. Хмелева и др. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2012. – 262 с.
7. Фомина, Т.Ю. и др. Исследование качества мучных кондитерских изделий с нетрадиционным растительным сырьем [Текст] / Т.Ю. Фомина, Р.И. Фаткуллин, Ю.В. Корвякова, К.А. Порошина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые технологии». – 2018. – Т. 6, №3. – С. 42-48.
8. Губаненко, Г.А. Формирование качества мучных кондитерских изделий на основе комплексного исследования нетрадиционных видов растительного сырья Красноярского края [Текст] : автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-р. тех. наук: 05.18.15 / Г.А. Губаненко. – Кемерово, 2015. – 32 с.
9. Крюкова, Е.В., Пастушкова, Е.В., Мысаков, Д.С. Разработка мучных кондитерских изделий с использованием нетрадиционного сырья [Текст] / Е.В. Крюкова, Е.В. Пастушкова, Д.С. Мысаков // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. – 2016. – №1. – С. 71-75.
10. Джабоева, А.С. Создание технологий хлебобулочных, мучных кондитерских и кулинарных изделий повышенной пищевой ценности с использованием нетрадиционного растительного сырья [Текст] : дис. на соиск. учен. степ. д-р. тех. наук: 05.18.01, 05.18.15 / А.С. Джабоева // Моск. гос. универ. пищ. произ. (МГУПП). – Москва, 2009. – 354 с.
11. Канарская, З.А. и др. Тенденции развития технологии кондитерских изделий [Текст] / З.А. Канарская, Ф.К. Хузин, А.Р. Ивлева, В.М. Гематдинова // Вестник ВГУИТ. – 2016. – № 3. – С.195-204.
12. Куркина, А.В. Флавоноиды фармакопейных растений: монография [Текст] / А.В. Куркина. – Самара: ООО «Офорт»; ГБОУ ВПО СамГМУ, 2012. – 290 с.
13. Храпко, О.П., Сокол, Н.В. Разработка технологии и рецептуры хлебобулочного изделия функционального назначения с использованием нетрадиционного растительного сырья [Текст] / О.П. Храпко, Н.В. Сокол // Молодой ученый. – 2015. – №5.1. – С. 106-111.

14. Абуова, А.Б., Чинарова, Э.Р., Ахметова, Г.К. Технология кондитерских изделий из мучных композитных смесей местного растительного сырья [Текст] / А.Б. Абуова, Э.Р. Чинарова, Г.К. Ахметова // Материалы Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии производства пищевых продуктов». - Саратов, 2016. - С.9-14.
15. Науменко, Н.В., Ашмарина, Е.А. Влияние сырьевых компонентов на реологические характеристики теста и качество хлебобулочных изделий [Текст] / Н.В. Науменко, Е.А. Ашмарина // Вестник ЮУрГУ. - 2018. – Вып. 6, № 1. – С. 60-88.
16. Нилова, Л.П., Малютенкова, С.М. Инновационные пищевые продукты в формировании региональных товарных систем [Текст] /Л.П. Нилова, С.М. Малютенкова // Наука Красноярья. - 2016. - № 5(38). - С. 161-174.
17. Тертычная, Т.Н. и др. Применение льняной муки и плодов боярышника в рецептурах печенья функционального назначения [Текст] / Т.Н. Тертычная, Н.Н. Фомина, Д.А. Белоусов, Р.А. Дикарев // Материалы Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии производства пищевых продуктов». - Саратов, 2016. - С.105-108.
18. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2: Справочная таблица содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов [Текст] / Под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарева.-2-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1987. - 360 с.
19. Трапезникова, С.В. Сравнение методов экстракционного извлечения биологически активных веществ из плодов боярышника [Текст] / С.В. Трапезникова // Концепт. – 2016. – Т.11. – С. 3261-3265.

Статья поступила в редакцию 01.02.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 664.644

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0028

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОИ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОЙ ЗАКВАСКИ В ТЕХНОЛОГИИ ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА

© 2021

Коняева Виктория Михайловна, кандидат технических наук, инженер факультета биотехнологий

Яковченко Наталья Владимировна, кандидат технических наук,

старший преподаватель факультета биотехнологий

Национальный исследовательский университет ИТМО

(191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, e-mails: vmkoniaeva@itmo.ru, nviakovchenko@itmo.ru)

Федорова Рита Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры

технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции

Санкт-Петербургский Государственный аграрный университет

(196601, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское ш., д. 2, e-mail: ritaalexfedorova@gmail.ru)

Аннотация. В современном мире пищевое производство поставлено на поток, стабильный процесс выработки высококачественных хлебобулочных изделий не возможен без целенаправленного применения пищевых добавок, улучшителей, различных видов сырья. Они имеют широкий функциональный диапазон, обладают свойствами воздействовать на компоненты сырья, передают определенное качество готовым изделиям, повышают пищевую ценность, а также дают возможность формировать определенные свойства теста из муки с нестабильными хлебопекарными характеристиками. В экспериментах использовались три сорта сои. По свойствам водонакопления был выбран один сорт для приготовления питательной закваски. В дальнейшем готовилась закваска и добавлялась в образцы полуфабрикатов. Предложена рецептура хлеба пшеничного с использованием питательной закваски. Особое внимание уделено функциональному действию готового хлебобулочного изделия на организм человека в условиях нехватки белка. На основании опытных данных было выявлено влияние вносимой закваски в количестве 15% и 25% на скорость кислотонакопления в тесте, а также физико-химические и структурно-механические свойства хлеба. Изучено влияние закваски на продолжительность хранения, что было доказано определением бисульфитсвязывающих веществ в процессе хранения готовых изделий.

Ключевые слова: соя, закваска, пищевая ценность, ферментированная жидкость (*Medusomyces Gisevi*).

USING SOY TO PREPARE A NUTRITIOUS SOURDOUGH IN WHEAT BREAD TECHNOLOGY

© 2021

Koniaeva Viktoriia Mikhailovna, candidate of technical sciences engineer of faculty of biotechnologies

Iakovchenko Natalia Vladimirovna, candidate of technical science, assistant professor of faculty of biotechnologies

National Research University ITMO

(191002, Saint-Petersburg, Lomonosova St., 9, e-mails: vmkoniaeva@itmo.ru, nviakovchenko@itmo.ru)

Fedorova Rita Alexandrovna, candidate of technical sciences, assistant professor of

department of Storage Technology and Processing of Agricultural Products

Saint-Petersburg State Agrarian University

(196601, Saint-Petersburg, Pushkin, Petersburg highway, 2, e-mail: ritaalexfedorova@gmail.com)

Abstract. In the modern world food production is put on stream, a stable production process of high-quality bakery products is impossible without the targeted use of food additives, improvers and various types of raw materials. They have a wide functional range, have properties to affect the components of raw materials, give finished products a certain quality, increase the nutritional value, and also make it possible to form certain properties of flour dough with unstable baking characteristics. The three varieties of soy were used in the experiments. According to the properties of water absorption, one sample was selected for the preparation of a nutritional sourdough. In the farthest one, the sourdough was prepared and added to the samples of semiproductions. A recipe for wheat bread using nutritious sourdough is proposed. Special attention is paid to the functional effect of the finished bakery product on the human body in conditions of a lack of protein. Based on experimental data, the effect of the introduced starter culture on the amount of 15% and 25% of the rate of acid accumulation in the dough, as well as the physical, chemical and structural and mechanical properties of bread. The influence of sourdough on the shelf life was studied, which was proved by the determination of bisulfite-binding substances during storage of finished products.

Keywords: soy, sourdough, nutritional value, fermented liquid (*Medusomyces Gisevi*).

Введение. Анализ экологической обстановки за последнее время в мире показывает повышение уровня загрязнения окружающей среды. Сложившаяся ситуация затрудняет поиск сырья необходимого качества и в достаточном объеме. В получаемом сырье наблюдается нехватка незаменимых аминокислот,

дефицит провитаминов, пищевых волокон [14, 20]. Поэтому объемы потребления пищевых продуктов функционального и специального назначения, обогащенных нутриентами, занимают свою устойчивую рыночную позицию. Известно, что дефицит белков и минеральных элементов является серьезной пробле-

мой, что может сопровождаться патологиями, такими как остеопороз, ожирение и многими другими [1, 5].

Ингредиенты, с помощью которых можно увеличить питательную ценность пшеничного хлеба, в настоящее время очень разнообразны. Наиболее целесообразно – это использование нетрадиционных ингредиентов растительного происхождения, содержащих высокое количество белков, микро и макроэлементов. При их использовании повышаются лечебно - профилактическая ценность пшеничного хлеба [2, 3]. Одним из таких ингредиентов является соевое молоко [10, 11]. При использовании, которого, повышается содержание незаменимых аминокислот, улучшаются реологические характеристики теста и мякиша, в хлебопекарной продукции функционального направления [13, 15].

К нетрадиционному сырью также можно отнести ферментированную жидкость (*Medusomyces Gisevi*), в ее состав входят полезные и питательные вещества: витамины, органические кислоты, антиоксиданты, этиловый спирт, ферменты, дрожжевые грибы, уксуснокислые бактерии [4, 7]. Напиток, ферментированный в течение 6-8 дней, обладает антибактериальной способностью, способен снижать холестерин, применяется в фармацевтической и пищевой промышленности [18, 22].

Доказано, что при использовании ферментированной жидкости в хлебопекарной промышленности интенсифицируется процесс созревания теста, увеличиваются сроки хранения изделий, замедляет рост тягучей болезни хлеба [16].

На основании вышеперечисленных свойств, для повышения пищевой ценности пшеничного хлеба и обогащения его белком была разработана питательная закваска на базе соевого молока и ферментированного напитка (*Medusomyces Gisevi*). При добавлении таких ингредиентов в рецептуру пшеничного хлеба можно увеличить пищевую ценность и микробиологическую устойчивость готовых изделий, в период хранения [12, 19].

Целью исследования является изучить влияние питательной закваски на основе соевого молока и ферментированного напитка (*Medusomyces Gisevi*) в количестве 15% и 25%, на различные показатели качества теста и готовых изделий.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи: обосновать выбор семян сои для приготовления соевого молока; исследовать физико-химические показатели опытных образцов пшеничного хлеба; исследовать ароматообразующую способность опытных образцов пшеничного хлеба; определить содержание белка в опытных образцах пшеничного хлеба; на основе полученных данных выявить целесообразность применения питательной закваски.

Методы и материалы исследований. Количество белка в готовом хлебе определяли по методу Люри [17].

Титруемую кислотность определяли методом нейтрализации кислоты, в навеске, гидроксидом натрия, в

присутствии фенолфталеина [17].

Определение влажности проводили экспресс-методом, путем высушивания навески в приборе ПИВИ-1 [17].

Пористость определяли с помощью прибора Журавлева [20].

Удельный объем измеряли с помощью специального прибора (объемомера), работающего по принципу вытеснения хлебом объема мелкоосыпучего наполнителя [20].

Формоустойчивость подового изделия определяли отношением высоты изделия к его диаметру [20].

Наличие тяжелых металлов определяли по методу ГОСТ Р 53150-08 [9].

Содержание ароматических веществ определяли с помощью метода выявления содержания бисульфит-связывающих карбонильных соединений [17].

Объектом исследований служили: три сорта соевых бобов (семян), тестовые полуфабрикаты и готовые хлебобулочные изделия.

Для получения соевого молока использовали соевые бобы со схожими показателями содержания масла и белка: Краснодар, Лазурная, Октябрь – 70.

Краснодар – ультраскороспелый сорт, засухоустойчивый. Созревает до наступления засухи в августе. В основном произрастает в Ростовской области. Содержание масла в семенах – 20 - 21,5%. Содержание белка в семенах – 39 - 41%.

Лазурная – среднеспелый сорт, устойчив к грибным и бактериальным болезням. В основном произрастает в южной и центральных частях Амурской области. Содержание масла в семенах – 21 - 22%, белка в семенах от 38,7 до 41,4%.

Октябрь – 70 – среднеспелый сорт, устойчив к заболечиванию. В основном произрастает в южной и центральных частях Амурской области. Содержание масла в семенах – 19 - 20%, белка в семенах – 38,6 - 40%.

Ферментированный напиток чайного гриба (*Medusomyces Gisevi*): содержание сухих веществ – 4,5 – 5,5%, кислотность – pH 4,0 – 4,5.

Сырье используемое в рецептуре пшеничного хлеба: мука пшеничная высшего сорта ГОСТ Р 51574-2003, дрожжи хлебопекарные прессованные ГОСТ 171-81, соль поваренная пищевая ГОСТ Р 51574-2003, сахар-песок ГОСТ Р 21-94, молоко цельное ГОСТ Р 52090-2004.

Результаты исследований. В ходе процесса вымачивания соевых бобов (семян) был выделен сорт «Лазурная», водонакопление в эти семенах происходит быстрее, что приводит к сокращению времени технологического процесса, а значит и к сокращению времени на стадии приготовления соевого молока (табл. 1).

Таблица 1 – Водонакопление сухих соевых бобов (семян)

Семена	Масса семян через 2 ч, г	Масса семян через 5 ч, г	Остаточная влага через 8 ч, г
Краснодар	76,0	109	46
Лазурная	95,0	119	32
Октябрь-70	84,0	111	40

Соевое молоко получали следующим путем: семена промывали, заливали водой температурой 18 – 20°C, после стадии вымачивания, очищали от внешних оболочек, далее перемалывали, нагревали полученную массу с водой до 95 – 98°C, охлажденную до температуры 20 – 25°C массу отфильтровывали. Приготовленное таким образом соевое молоко с содержанием сухих веществ 25% заквашивали ферментированным напитком (*Medusomyces Gisevi*) термостатным способом [8].

Питательная закваска термостатировалась в течение 8 часов при температуре 30-34°C и относительной влажности воздуха 72 – 78%. Исходный продукт имел желтоватый оттенок и приятный молочно-бобовый аромат.

Известно, что соя является сорбентом и при содержании в почве тяжелых металлов может поглощать их [14]. Поэтому были проведены исследования на содержание токсичных элементов в питательной закваске. Результаты анализа показали, что количество тяжелых металлов не превышают пределов, допустимых по ТР ТС 021/2011.

Содержание свинца – менее 0,07 мг/кг, мышьяка – менее 0,04 мг/кг, кадмия – менее 0,01 мг/кг, ртути – менее 0,004 мг/кг.

Экспериментальные образцы теста готовили с добавлением 15% закваски (образец А) и с добавлением 25% (образец В), контрольный готовился по рецептуре ГОСТ хлеба молочного (табл. 2) [6].

Время бродильной активности контрольного образца получилось 160 мин, образца А – сократилось и составило 115 мин, образца В – сократилось до 93 мин. Тесто для всех образцов готовилось и проходило стадию созревания при одинаковых параметрах: при температуре 32 – 35°C и относительная влажность воздуха расстойного шкафа 75 – 80%, с двумя обминками до конечной титруемой кислотности 3,0 град.

Временной период брожения уменьшился, это можно объяснить тем, что накопление органических кислот в экспериментальных образцах идет быстрее, чем в контрольном. Бродильная активность дрожжей повысилась за счет сбраживаемой среды, которая поспособствовала активным питанием, в виду содержания в закваске углеводов и азотистых веществ.

Таблица 2 – Рецептуры образцов

Перечень сырья	Сырье на 100,0 кг муки, %		
	контроль	образец А	образец В
Мука пшеничная в/с	100,0	100,0	100,0
Дрожжи х/п	2,0	2,0	2,0
Соль п/п	1,5	1,5	1,5
Сахар-песок	2,0	2,0	2,0
Молоко цельное	10,0	-	-
Питательная закваска	-	15,0	25,0
Вода	по расчетным данным	по расчетным данным	по расчетным данным

Сформованные полуфабрикаты расстаивались при температуре 32-35°C и влажности 72-75%, а далее выпекались при температуре 215-225°C. Внешний вид

и цвет корки подовых и формовых готовых изделий был ярче выражен у экспериментальных образцов, чем у контрольного.

Было выявлено положительное влияние питательной закваски в количестве 15% и 25% на реологические характеристики теста и мякиша. Формоустойчивость и удельный объем подовых экспериментальных образцов увеличились на 18 % и на 21 % соответственно, по сравнению с образцом без закваски, а также увеличилась пористость. Показатели влажности были на уровне контрольного образца, кислотности чуть превышали контрольный, но соответствовали параметрам качества (табл. 3).

При оценивании качества хлебобулочных изделий особое внимание уделяется его аромату. Ароматообразующие вещества пшеничного хлеба включают более 250 ароматических компонентов: органические кислоты, эфиры, спирты, кетоны, фенолы, амины, которые формируют органолептические показатели. Формирование ароматических веществ происходит в течение всего процесса тестоприготовления и выпечки изделий [17].

Таблица 3 – Показатели качества образцов

Параметры	Показатели		
	Контроль	Образец А	Образец В
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,40	4,06	4,15
Формоустойчивость, Н/Д	0,43	0,59	0,61
Кислотность, град.	1,5	1,9	2,0
Влажность, %	43	43	43
Пористость, %	72	82	85

В готовом хлебе содержится небольшое количество ароматических веществ, но их содержание увеличивается при внесении питательной закваски в рецептуры опытных образцов, что отражается на показателях бисульфитсвязывающих карбонильных соединений (табл. 4).

Таблица 4 – Содержание бисульфитсвязывающих карбонильных соединений в опытных образцах

Показатели бисульфитсвязывающих веществ, мг/100г СВ	Результаты измерений		
	Контроль	Образец А	Образец В
– в корке через:			
0 ч	25,0	33,1	35,8
21 ч	24,0	31,1	34,6
120 ч	17,0	25,0	27,1
– в мякише через:			
0 ч	3,0	5,1	5,8
21 ч	5,8	8,2	9,8
120 ч	4,7	5,0	7,5

Для проведения эксперимента по длительности сохранения аромата хлебобулочных изделий после их выпечки хранили при температуре 17 - 21°C в течение 21 часа, 120 часов. Установили, что пшеничный хлеб с закваской имел больше ароматосодержащих веществ, а именно бисульфитсвязывающих карбонильных соединений на всем протяжении времени хранения и дольше сохранял свежий вид.

Так как питательная закваска – это продукт, который содержит растительный белок, поэтому исследовали готовые изделия на содержание количества белка

(рис. 1).

В ходе полученных данных и процентного расчета выявили, что в образцах с 15% и 25% закваски увеличилось содержание белка на 30% и 41% по сравнению с контрольным образцом, что позволяет предложенное хлебобулочное изделие отнести к группе лечебно-профилактического назначения.

Проводилась дегустационная оценка опытных образцов пшеничного хлеба на основе органолептических показателей по 5-бальной шкале, таблица 5 [21]. Результаты дегустационной оценки опытных образцов представлены на рисунке 2.

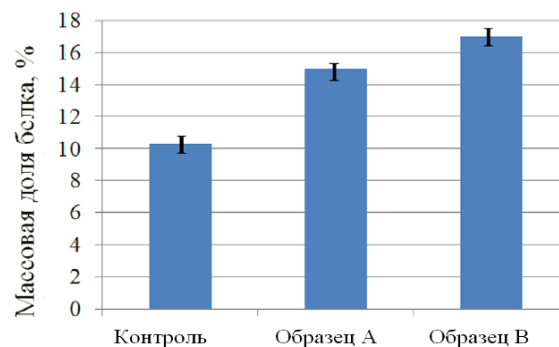


Рисунок 1 – Содержание белка в готовых изделиях

Таблица 5 – Органолептическая оценка готового хлеба по 5 – бальной шкале

Показатель	Оценка				
	5,0 баллов	4,0 балла	3,0 балла	2,0 балла	1,0 балл
Вкус	Интенсивно выраженный, характерный хлебный	Выраженный, характерный хлебный	Слабовыраженный, характерный хлебный	Пресноватый, слегка кислый, слегка тестовый	Совершенно пресный, резко кислый, неприятный, посторонний
Аромат	Интенсивно выраженный, характерный хлебный	Выраженный, характерный хлебный	Слабовыраженный, характерный хлебный	Невыраженный, слегка посторонний, но приемлемый	Сильнокислый, горьковатый, посторонний неприятный
Цвет мякиша	Очень светлый	Светлый	С желтоватым оттенком	Желтоватый или сероватый	Серовато- или желтовато-темный
Правильность формы	Хлеб с куполообразной верхней коркой	Хлеб с заметно выпуклой верхней коркой	Хлеб с едва выпуклой верхней коркой	Хлеб с плоской верхней коркой	Хлеб с упавшей верхней коркой
Пористость	Поры мелкие тонкостенные, безупречно равномерно распределены по всему пространству среза мякиша	Поры мелкие и средние, тонкостенные, распределены достаточно равномерно	Поры различной величины, средней толщины, распределены неравномерно	Поры очень мелкие, недоразвитые или крупные, толстостенные, заметное отслоение мякиша от корки	Значительное количество плотных участков, мякиш оторван от верхней корки, значительные пустоты
Интенсивность окраски корки	От темно-золотистой до коричневой	Золотистая или интенсивно-коричневая	Светло-золотистая или темно-коричневая	Желтая	Бледная, или «горелая»

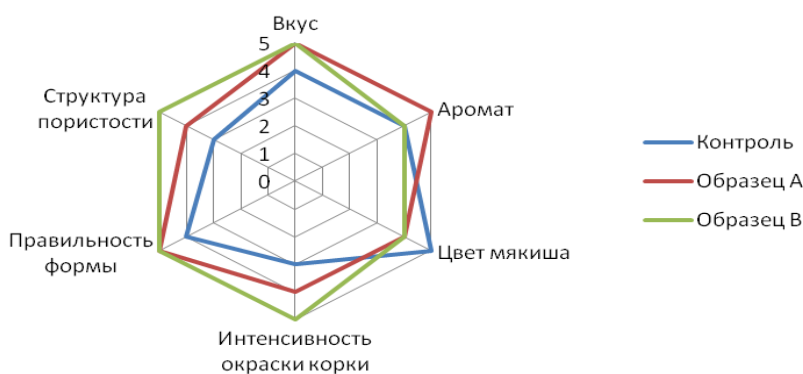


Рисунок 2 – Дегустационная оценка хлеба

Заключение. На основании представленных исследований установили, что закваска на основе соевого молока и ферментированного напитка (*Medusomyces Gisevi*) в количестве 15% и 25% улучшает показатели качества готового изделия. Использование данной добавки в рецептуре хлеба увеличивается содержание белка, усиливаются структурно - механические свойства теста, что приводит к увеличению водопоглотительной способности. Благодаря этой способности, повышаются сроки хранения, и снижается скорость черствения пшеничного хлеба, а так же повышались органолептические свойства готового хлеба: вкус,

аромат, цвет мякиша. По полученным экспериментальным данным можно отнести пшеничный хлеб с добавкой, к продуктам функционального и специального назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Борисенкова Н. В. Использование соевых продуктов при производстве хлеба и хлебобулочных изделий. - Мегалион, - 2007. - С.71.
2. Маликова В. И. Актуальность применения генетически немодифицированной сои в хлебопекарной промышленности // Хлебопечение России. – 2008. – №1. – С. 21-22
3. Петибская В. С. Соя: химический состав и использование. – Майкоп: ОАО Полиграф- ЮГ, 2012. – С. 432.

4. Гарбузов Г. А. Чайный гриб и лечебные грибные закваски. – Питер. - 2006. – С. 96.
5. Дробот. В.И. Использование нетрадиционного сырья в хлебопекарной промышленности. - Киев.: Урожай, 1988. – С. 148.
6. Сборник технологических инструкций для производства хлеба и хлебобулочных изделий. – М.: Прейскурантидат, 1989. – С. 494.
7. Пат. 2526651 РФ. Способ производства пшеничного хлеба. / Р.А. Фёдорова, В.М. Пономаренко – № 2526651. Опубл. 02.07.2014.
8. Лисицын А.Б., Гутник Б.Е., Анисимова И.Г. Продукты из соевой муки нового поколения / Пищевая промышленность. – 2002. - №4 – С. 50-52.
9. Handbook of cereal science and technology/ Second edition. Revised and expanded by K.Kulp/ – CRC Press. 2000. – р. 149-160
10. Шабров А.В., Дадали В.А., Макаров В.Г. Биохимические основы действия микрокомпонентов пищи. – М.: Авваллон, 2003. – С. 184.
11. Скурихин И.М, Тутельян В.А. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник. Москва: 2012. – С. 8.
12. Калашникова С.В., Манжесов В.И., Тертычная Т.Н. Применение соевой муки в производстве мучных и кондитерских изделий / Функциональные продукты питания: Тезисы – Краснодар, 2001 – С.120-121.
13. Цыганова Т.Б. Научные основы применения в хлебопекарной промышленности добавок, содержащих белки и пищевые волокна: Дис... доктора техн. наук. - М.; 1992. – 300 с.
14. Большаков А.З. Время чувствовать сорго. – Ростов-на-Дону: ЗАО «Ростиздат», 2008. – С. 60.
15. Гапонова Л.В., Логвинова Т.Т., Першикова А.В. Соя в лечебно-профилактическом и детском питании [Электронный ресурс] – URL: <http://WWW/COYA.ru/htm>. – 6 с. (дата обращения: 15.09.2020).
16. Федорова Р.А. Хлеб функционального назначения с добавкой настоя чайного гриба /Р.А. Федорова, О.В. Головинская // Хлебопечение России. – 2011. – №6. – С.22– 23.
17. Виноградова А.А. Лабораторный практикум по общей технологии пищевых производств / А.А. Виноградова, Г.М. Мелькина, Л.А. Фомичева. – М.: Агропромиздат, 1991. – С.335.
18. Щеглова, А.В. чайный гриб: чудо–целитель в трёхлитровой банке / А.В. Щеглова. – М. :РИПОЛ классик, 2005. – С. 64.
19. Строганов Д.А. Формирование рынка натуральных продуктов лечебно–профилактического назначения / Д.А. Строганов // Пищевая промышленность. – 2002. – №2. – С.83.
20. Корячкина С.Я., Березина Н.А., Хмелева Е.В. Методы исследования качества хлебобулочных изделий / С.Я. Корячкина, Н.А. Березина, Е.В. Хмелева. – ОрелГТУ, 2010. – С. 191.
21. Пучкова Л.И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства / Л.И. Пучкова – СПб.: ГИОРД, 2004. – С. 264.
22. Tu C, Hu W, Tang S, Meng L, Huang Z, Xu X, Xia X, Azi F, Dong M. Isolation and identification of *Starmerella davenportii* strain Do18 and its application in black tea beverage fermentation / Food Science and Human Wellness/ Volume 9, Issue 4, December 2020, P. 355-362

Статья поступила в редакцию 28.01.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 613.268, 633.854.78., 664, 665-3

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0029

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕКАРСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ АНТИОКСИДАНТНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ НА ХРАНИМОСПОСОБНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА

© 2021

Тимакова Роза Темерьяновна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры пищевой инженерии
Уральский государственный экономический университет

(620144, Россия, Екатеринбург, улица 8 марта/Народной воли, 62/45, e-mail: trt64@mail.ru)

Аннотация. На сохраняемость и качество нефасованного нерафинированного подсолнечного масла оказывает влияние применение разных видов лекарственно-технического сырья. В результате проведенных исследований установлено, что при обогащении опытных образцов нефасованного нерафинированного подсолнечного масла высшего сорта лекарственно-техническим фитосырьем антиоксидантной направленности – порошком крапивы двудомной и порошком шалфея лекарственного, органолептические показатели и показатели окислительной порчи при хранении до 60 сут. соответствовали требованиям ГОСТ 1129-2013 для масла высшего сорта в отличие от контрольных необогащенных образцов масла. Кислотное число в опытных образцах находилось в пределах 1,12-1,19 мг КОН/г, перекисное число – 5,57-5,63 ммоль акт. кислорода/кг при увеличении массовой доли влаги и летучих веществ до 0,86-0,87 %. В присутствии антиоксидантов растительного происхождения, содержащихся в крапиве двудомной и шалфее лекарственном, выявлена устойчивость к окислению за счет обеспечения антиоксидантной защиты моно- и полиненасыщенных жирных кислот в липидах и соответственно несущественному уменьшению в жирнокислотном составе: по мононенасыщенным жирным кислотам на 0,06-0,08 % в опытных группах по сравнению с изменением в контрольной группе – на 0,36 %, по полиненасыщенным жирным кислотам – на 0,11-0,14 % по сравнению с контрольными образцами на 0,68 % соответственно. Обогащение фитосырьем опытных образцов нефасованного нерафинированного подсолнечного масла высшего сорта способствует продлению сроков годности до 60 сут. Не установлено достоверной разницы антиоксидантного эффекта в зависимости от применяемых видов лекарственно-технического фитосырья: крапивы двудомной и шалфея лекарственного. Практическая значимость полученных результатов определяется обоснованием возможности продления сроков годности нефасованного нерафинированного подсолнечного масла, используемого как сырьевой и готовый пищевой продукт.

Ключевые слова: лекарственно-техническое фитосырье, крапива двудомная (*Urtica dioica*) рода Крапива семейства Крапивные порядка Розовоцветные, шалфей лекарственный рода Шалфей (*Salvia*) семейства Яснотковые (*Lamiaceae*) порядка Ясноткоцветные, антиоксиданты, нефасованное нерафинированное подсолнечное масло, срок годности, сохраняемость, жирные кислоты, кислотное число, перекисное число.

STUDY OF THE EFFECT OF MEDICINAL AND TECHNICAL RAW MATERIALS OF ANTIOXIDANT ORIENTATION ON THE STORAGE CAPACITY OF SUNFLOWER OIL

© 2021

Timakova Roza Temer'janovna, candidate of agricultural Sciences, associate Professor of food engineering
Ural state University of Economics

(620144, Russia, Ekaterinburg, street March 8/People's will, 62/45, e-mail: trt64@mail.ru)

Abstract. The preservation and quality of unpacked unrefined sunflower oil is influenced by the use of different types of medicinal and technical raw materials. In result of the conducted researches it is established that the enrichment of prototypes bulk unrefined sunflower oil, top grade medicinal technical fotoserie antioxidant orientation – powder, nettle powder and sage, organoleptic characteristics and parameters of oxidative damage during storage up to 60 days. they met the requirements of GOST 1129-2013 for premium grade oil, in contrast to the control un-enriched oil samples. The acid number in the experimental samples was in the range of 1.12-1.19 mg KOH/g, the peroxide number-5.57-5.63 mmol ac. oxygen/kg with an increase in the mass fraction of moisture and volatile substances to 0.86-0.87 %. In the presence of antioxidants of plant origin that is contained in the nettle and sage, the identified oxidation stability by providing antioxidant protection of mono - and polyunsaturated fatty acids in lipids, respectively, and insignificant decrease in fatty acid composition by: monounsaturated fatty acids 0.06-0.08 percent in the experimental groups compared with the change in the control group – by 0.36% in polyunsaturated fatty acids – 0.11 to 0.14 % in comparison with control samples by 0.68 %, respectively. Enrichment fotoserie prototypes bulk refined sunflower oil of the highest grade helps to extend shelf life to 60 days. There was no significant difference in the antioxidant effect depending on the types of medicinal and technical phytosources used: dioecious nettle and medicinal sage. The practical significance of the results obtained is determined by the justification of the possibility of extending the shelf life of unpacked unrefined sunflower oil used as a raw and finished food product.

Keywords: drug-technical botanicals, nettle (*Urtica dioica*) Nettle kind of Nettle family order Razvivaetsya, *Salvia officinalis* kind of Sage (*Salvia*) of the family Lamiaceae (*Lamiaceae*) about Clear-colored, antioxidants, unpackaged unrefined sunflower oil, shelf life, persistence, fatty acids, acid number, peroxide number.

Введение. Инновационное развитие агропромышленного сектора экономики РФ определяется комплексным подходом к внедрению «новых передовых инновационных решений» и «разработке технологий производства, направленных на повышение качества пищевой продукции».

Вместе с тем, вопросы сохранения ценных пищевых ресурсов на каждом этапе жизненного цикла товара: от выращивания, сбора и первичной переработки сельскохозяйственного сырья, производства и хранения готового пищевого продукта до продажи конечному потребителю предопределяют выбор способов хранения. Для большинства видов пищевого сырья и пищевых продуктов основными факторами биохимических изменений, приводящих к их порче, являются микробиологические и ферментативные процессы и первичная зараженность вредителями. Общеизвестно, что при хранении растительного масла – продукта массового спроса, крупнейшим экспортером которого по маслу подсолнечному является Россия, к наиболее важным параметрам относятся температура воздуха, затемненность мест хранения и газовый состав среды хранения. Оптимальным решением может служить хранение в инертных средах. С 2017 года на территории РФ с целью уменьшения микробиологической обсемененности, уничтожения патогенной микрофлоры, продления сроков годности применяются радиационных технологий для обработки разных видов пищевых продуктов и сельскохозяйственного сырья [1, 2]. При этом, согласно требований ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию» для масла растительного (кроме сырья для производства продукции детского питания) микробиологические показатели не регламентированы в качестве показателей безопасности. При обработке излучением не установлено значительного влияния на вязкость, точку плавления и плотность масел, число двойных связей практически не изменяется при дозах облучения до 50 кГр [3, 4]. В тоже время существующие традиционные способы сохранения масла обеспечивают соблюдение требований соответствующих нормативных документов.

В промышленном производстве в соответствии с технологией переработки из масла-сырца производится масло растительное нерафинированное, наиболее полезное для организма человека за счет содержания биологически активных веществ (жирорастворимые витамины: *A*, *E* и *K*, ненасыщенные жирные кислоты: олеиновая, линолевая и альфа-линоленовая) и в тоже время отличающееся более короткими сроками годности до 4 мес. согласно требований ГОСТ 1129-2013 «Масло подсолнечное. Технические условия», в том числе нефасованное – до 1,5 мес., и масло растительное рафинированное дезодорированное.

На устойчивость к окислительным процессам и соответственно на сроки годности растительных масел оказывает влияние количество двойных и тройных связей в жирных кислотах [5, 6].

Технология «холодного прессования» отличается в разных странах по температурному режиму: если в странах ЕС температура находится в пределах 27-30°C, то в США – более широкий интервал температур 60- 99°C [7]. К оптимальной температуре можно отнести диапазон от 32-40°C до 50°C, по данным [5].

Существует мнение [8], что поверхностный слой полимерных материалов пищевой упаковки полиэтилена (ПЭ), полипропилена (ПП), полиамида (ПА) и полиэтилентерефталата (ПЭТ) также может влиять на окисление льняного масла, арахисового масла, рапсового масла и подсолнечного масла за счет воздействия на разложение гидропероксидов масла в летучие продукты.

Введение в состав продуктов натуральных антиоксидантов: куркумин, гвоздику, порошок стручкового перца; экстракты зеленого чая, кожуры граната, облепихи, цитрусовых, розмарина, мяты; листья оливкового дерева способствует продлению сроков хранения за счет замедления процессов окислительного старения [9-18]. Использование в пищевой промышленности новых мицеллированных форм антиоксидантов (токоферолы, экстракт розмарина, витамин С) за счет повышения их удельной активности позволяет продлить сроки хранения [12-19]. Синтетические антиоксиданты, такие как трет-бутилгидрохинон (Е 319) бутилгидроксианизол (Е 320), бутилгидрокситолуол (Е 321) отличаются своей эффективностью и дешевизной в отличие от натуральных антиоксидантов. Их содержание регламентируется нормативными актами.

Для повышения потребительской привлекательности выпускаются масла с характерными вкусоароматическими запахами, например торговых марок «*Almador*» (с маслом чеснока, с ароматом базилика) и «*Altero*» (с экстрактом розмарина и базилика, с экстрактом чеснока и лимона) и др.

По нашему мнению, для повышения хранимостности масла растительного и снижения потерь от окислительной порчи возможно использование лекарственно-технического сырья антиоксидантной направленности. На основании вышеизложенного, **целью** исследования является оценка сохраняемости масла подсолнечного нерафинированного нефасованного, обогащенного разными видами измельченного лекарственно-технического фитосырья антиоксидантного действия.

Материалы и результаты исследования. К предмету исследования относятся образцы нефасованного нерафинированного подсолнечного масла (страна производства РФ). В качестве добавок применяется лекарственно-техническое фитосырье, измельченное на шаровой мельнице ВМ-5. С одной стороны, фитосырье способствует формированию вкусоароматических характеристик, с другой стороны – обладает антимикробными свойствами и повышенной антиоксидантной активностью за счет полифенольных соединений, что замедляет протекание окислительных процессов.

Сформированы 3 группы объектов исследования:

1-я контрольная группа (образцы нефасованного нерафинированного подсолнечного масла высшего сорта), 2-я опытная группа (образцы нефасованного нерафинированного подсолнечного масла высшего сорта с добавлением 0,5 вес. % порошка крапивы), 3-я опытная группа (образцы нефасованного нерафинированного подсолнечного масла высшего сорта с добавлением 0,5 вес. % порошка шалфея). Выбор лекарственно-технического фитосырья обусловлен высоким в них содержанием антиоксидантов.

При добавлении 0,5 вес. % порошка фитосырья обеспечивается соответствие таких органолептических показателей обогащенного фитосырьем масла, как прозрачность, запах и вкус требованиям ГОСТ 1129-2013 «Масло подсолнечное. Технические условия». Смешивание образцов подсолнечного масла с порошками фитосырья осуществлялось при температуре масла +15-18°C в закрытом смесителе мешалки в течение 10-15 мин до получения суспензии. В процессе хранения взвешенные частицы фитосырья, на которых могут сорбироваться фосфолипиды, оседали на дно, что позволяет использовать такое масляное сырье после фильтрации для последующей рафинации.

Антиоксидантную активность (АОА) в фитосырье определяли с использованием анализатора МПА-1 по стандартной методике согласно патента на потенциометрический метод, основанным на химическом взаимодействии антиоксидантов (без разделения на отдельные антиоксиданты) [20], кислотное и перекисное числа – титриметрическим методом по ГОСТ 31933-2012 и ГОСТ 26593-85, массовую долю влаги и летучих веществ – по ГОСТ 11812-66, БАВ – по ГОСТ 24027.2-80, ГОСТ Р 52690-2006, ГОСТ Р 54058-2010 и ГОСТ 34213-2017. Исследования проводили в пятикратной повторности.

В лекарственно-техническом сырье исследовали содержание биологически активных веществ. В крапиве двудомной содержание флавоноидов составило 0,22±0,01% в пересчете на рутин, дубильных веществ – 6,93±0,03% в пересчете на танин, эфирных масел – 0,71±0,03%. Крапива богата витамином С – 17,16±0,03 мг/100г. Шалфей лекарственный отличается высоким содержанием эфирных масел – 2,45±0,03% и флавоноидов – 0,27±0,01%, содержание дубильных веществ и витамина С более низкое, чем в крапиве, и составляет 4,71±0,01% и 8,73±0,01 мг/100г соответственно. Антиоксидантная активность в порошке крапивы составила 0,871±0,016 мМ-экв, в порошке шалфея – 0,876±0,020 мМ-экв.

Органолептические и физико-химические показатели оценивали через 45 сут, 52 сут и 60 сут хранения согласно МУК 4.2.1847-04. Результаты исследований физико-химических показателей представлены в таблице 1.

В ходе проведения исследования установлено, что органолептические показатели в контрольных образцах нефасованного нерафинированного подсолнечного масла через 52 сут и 60 сут хранения не соответствовали требованиям ГОСТ 1129-2013 для масла

высшего сорта, в опытных образцах 2-й и 3-й группы органолептические показатели соответствовали маслу высшего сорта при хранении до 60 сут: масло прозрачное, с легком помутнением, запах и вкус – свойственные виду масла. Кислотное и перекисное число в образцах 1-й контрольной группы на 60-е сутки хранения находились в пределах максимально допустимых значений согласно требований ГОСТ 1129-2013. В опытных образцах 2-й и 3-й групп органолептические показатели и показатели окислительной порчи в процессе хранения до 60 сут соответствовали требованиям действующего стандарта для масла высшего сорта.

Таблица 1 – Характеристика нефасованного нерафинированного подсолнечного масла

Жирные кислоты	Продолжительность хранения, сут			
	0	45	52	60
1-я контрольная группа				
НЖК	11,50±0,03	11,63±0,02	12,09±0,05	12,54±0,04
МНЖК	33,77±0,03	33,71±0,02	33,59±0,03	33,41±0,06
ПНЖК	54,73±0,05	54,66±0,03	54,32±0,04	54,05±0,05
2-я опытная группа				
НЖК	11,50±0,03	11,68±0,01	11,60±0,03	11,72±0,02
МНЖК	33,77±0,03	33,73±0,02	33,73±0,04	33,69±0,03
ПНЖК	54,73±0,05	54,69±0,01	54,67±0,02	54,59±0,04
3-я опытная группа				
НЖК	11,50±0,03	11,66±0,04	11,59±0,05	11,67±0,03
МНЖК	33,77±0,03	33,74±0,05	33,73±0,04	33,71±0,03
ПНЖК	54,73±0,05	54,70±0,02	54,68±0,03	54,62±0,02

В таблице 2 представлен жирнокислотный состав липидов образцов подсолнечного масла в процессе хранения.

Таблица 2 – Жирнокислотный состав липидов нефасованного нерафинированного подсолнечного масла, % (M±m; n=5)

Показатели	Продолжительность хранения, сут			
	0	45	52	60
1-я контрольная группа				
Массовая доля влаги и летучих веществ, %	0,04±0,01	0,96±0,09	1,22±0,06	1,73±0,12
Кислотное число, мг КОН/г	0,54±0,02	1,23±0,08	1,46±0,02	1,69±0,14
Перекисное число, ммоль акт. кислорода/кг	3,22±0,05	5,79±0,11	6,14±0,08	8,32±0,12
2-я опытная группа				
Массовая доля влаги и летучих веществ, %	0,03±0,01	0,22±0,02	0,56±0,08	0,87±0,06
Кислотное число, мг КОН/г	0,41±0,01	0,77±0,05	1,05±0,06	1,19±0,05
Перекисное число, ммоль акт. кислорода/кг	2,89±0,04	4,13±0,04	5,14±0,09	5,63±0,09
3-я опытная группа				
Массовая доля влаги и летучих веществ, %	0,03±0,01	0,20±0,02	0,52±0,06	0,86±0,05
Кислотное число, мг КОН/г	0,40±0,01	0,75±0,06	1,01±0,08	1,12±0,06
Перекисное число, ммоль акт. кислорода/кг	2,85±0,06	4,10±0,06	5,09±0,05	5,57±0,10

В процессе хранения во всех образцах 1-й контрольной и 2-й и 3-й опытных групп неупакованного нерафинированного подсолнечного масла произошло увеличение доли насыщенных жирных кислот (НЖК): на 1,04% в образцах 1-й контрольной группы, на 0,22% – во 2-й опытной группе и на 0,17% – в 3-й опытной группе с одновременным уменьшением

доли мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК) – на 0,36%, 0,08% и 0,06% в 1-й, 2-й и 3-й группах соответственно и уменьшением доли полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) – на 0,68%, 0,14% и 0,11% соответственно.

Заключение. Согласно результата проведенных исследований установлено, что на сохраняемость нефасованного нерафинированного подсолнечного масла оказывает определенное влияние антиоксидантный потенциал применяемого для обогащения лекарственно-технического фитосырья: порошка крапивы и порошка шалфея. Содержащиеся в крапиве и шалфее биологически активные вещества, обеспечивая антиоксидантную защиту моно- и полиненасыщенных жирных кислот в липидах и соответственно более низких числовых значений показателей окислительной порчи, способствуют продлению сроков годности до 60 сут опытных образцов нефасованного нерафинированного подсолнечного масла высшего сорта. Не установлено достоверной разницы в антиоксидантном эффекте в зависимости от применяемых видов лекарственно-технического сырья: крапивы двудомной и шалфея лекарственного. Полученные результаты исследований имеют практическое значение для использования лекарственно-технического сырья для сохранения масличного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Тимакова Р.Т. Радиационные технологии: формализованный подход к применению в АПК / Р.Т.Тимакова // Проблемы и перспективы развития агропромышленного производства: монография (научное издание). – Под научной редакцией Л.Б. Винничек, А.А. Галиуллина. – Пенза : РИО ПГАУ, 2020. – С. 58-78.
2. Тимакова, Р.Т. Научно-практические аспекты идентификации и обеспечения сохраняемости пищевой продукции, обработанной ионизирующим излучением: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.18.15 / Тимакова Роза Темерьяновна. – Екатеринбург, 2020. – 36 с.
3. Безопасность и пищевая ценность облученной продукции [Текст] : пер. с англ. – М. : Медицина, 1995. – 209 с.
4. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности [Текст] / под общ. ред. Г. В. Козьмина, С. А. Гераскина, Н. И. Санжаровой. – Обнинск : ВНИИ-РАЭ, 2015. – 400 с.
5. Бирбасова, А.В. Устойчивость к окислению растительных масел в зависимости от жирнокислотного состава / А.В. Бирбасова, Т.И. Тимофеев, С.Н. Никонович, А.И. Шейко // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2015. – № 1 (343). – С. 61-64.
6. Lu, M.Y. Physical properties and cellular antioxidant activity of vegetable oil emulsions with different chain lengths and saturation of triglycerides / M.Y. Lu, T. Zhang, Z.R. Jiang, Y.W. Guo, F.C. Qiu, R.R. Liu, L.S. Zhang, M. Chang, R.J. Liu, Q.Z. Jin // LWT-FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY. – 2020. – Vol. 121: 108948. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108948
7. Калиенко, Е.А. Влияние способа подготовки семян льна к прессованию на выход и качество масла / Е.А. Калиенко, А.С. Заруба, С.К. Мустафаев, А.П. Гюлушанян, С.Г. Ефименко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 126. – С. 141-154.
8. Hu, K.Q. Investigation on food packaging polymers: Effects on vegetable oil oxidation / K.Q. Hu, Z.Y. Huyan, S.X. Ding, Y.Y. Dong, X.Z. Yu // Food chemistry. – 2020. – Vol. 315: 126299. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.126299
9. Frankel, E. N. Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality / E. N. Frankel // Food Chemistry. – 1996. – Vol. 57. – P. 51–55.
10. Yanishlieva, N. V. Stabilization of edible oils with natural antioxidants / N. V. Yanishlieva // European J. Lipid Sci. and Techn. – 2001. – Vol. 103 (11). – P. 752–767.
11. Макарова, Н.В. Исследование окислительной стабильности нескольких видов растительных масел при различных технологических параметрах / Н.В. Макарова, М.С. Воронина // Инновации и продовольственная безопасность. – 2019. – № 3 (25). – С. 82-90. DOI:10.31677/2311-0651-2019-25-3-82-90
12. Asnaashari, M. Influence of light and temperature on lipid oxidation and colour changes of corn oil including curcumin / M. Asnaashari, R. Farahmandfar, R. Esmacilzadehkenari // Int. J. Adv. Sci. Eng. and Technol. – 2017. – Vol. 5, N 3. – P. 38–41.
13. Aydeniz, B. Performance of different natural antioxidant compounds in frying oil / B. Aydeniz, E. Yilmaz // Food Technol. Biotechnol. – 2016. – Vol. 54, N 1. – P. 21–30.
14. Bopitiya, D. Efficacy of pomegranate (*Punica granatum L.*) peel extracts in suppressing oxidation of white coconut oil used for deep frying / D. Bopitiya, T. Madhujith // Trop. Agr. Res. – 2014. – Vol. 25, N 3. – P. 298–306.
15. Терещук, Л.В. Растительные экстракты с антиоксидантными свойствами / Л.В. Терещук, О.В. Шарманова // В сборнике: Концепции, теория и методика фундаментальных и прикладных научных исследований. Сборник статей по итогам Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург. – 2020. – С. 96-100
16. Ahn, J.-H. Effect of natural antioxidants on the lipid oxidation of microencapsulated seed oil / J.-H. Ahn, Y.-P. Kim, H.-S. Kim // Food Contr. – 2012. – Vol. 23. – P. 528–534.
17. González-Fuentes, P. A. Effect of olive pruning extract on lipid oxidation in sunflower oil / P. A. González-Fuentes, M. C. Zuñiga, C. A. Olea-Azar et al. // Cien. Inv. Agr. – 2017. – Vol. 44, N 3. – P. 262–271.
18. Башилов, А.В. Особенности кинетики перекисного окисления липидов в присутствии антиоксидантов растительного происхождения / А.В. Башилов // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2009. – № 1. – С. 110–113.
19. Нечаев, А.П. Влияние антиоксидантов в нативной и мицеллированной формах на сроки годности эмульсионного жирового продукта / А.П. Нечаев, А.В. Самойлов, В.В. Бессонов, Ю.В. Николаева, В.В. Тарасова, О.В. Пилипенко // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89, № 5. – С. 101-109.
20. Пат. № RU 2235998C2, Российская Федерация. МПК G01N27/60, Способ определения оксидантной/антиоксидантной активности растворов / Х.З. Брайнина (RU), А.В. Иванова (RU) // заявитель и патентообладатель Уральский государственный экономический университет (RU), Общество с ограниченной ответственностью научно-производственной внедренческое предприятие «Ива» (RU), заявл.14.11.2002; опубл. 10.09.2004

Статья поступила в редакцию 10.02.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 579.674

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0030

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОФЛОРЫ ЗАПЕЧЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЯСА ИНДЕЙКИ

© 2021

Моисеева Наталья Сергеевна, научный сотрудник отдела

научных направлений комплексной переработки сельскохозяйственного сырья

Голуб Ольга Валентиновна, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела

научных направлений комплексной переработки сельскохозяйственного сырья

Чекрыга Галина Петровна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела

научных направлений комплексной переработки сельскохозяйственного сырья

*Сибирский научно-исследовательский и технологический институт**Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук**(630501, Новосибирская обл., Новосибирский район, р.п. Краснообск,**e-mails: natasha555_@mail.ru, golubiza@rambler.ru, niip56@mail.ru)*

Аннотация. Продукция из мяса индейки пользуется большой популярностью из-за ее высоких вкусовых качеств и пищевой ценности. Однако ограничена информация о микробиологических изменениях упакованных продуктов из мяса индейки. Цель работы – исследование влияния целостности упаковки запеченного продукта из мяса индейки на микрофлору. Материалы исследований – запеченные изделия (грудные мышцы и мышцы бедра индейки), упакованные массой 500-800 г в пакеты из полиэтилена низкой плотности толщиной 20-30 мкм под вакуумом и хранившиеся при температуре 0-6 °С и относительной влажности воздуха не выше 75 %. Установлено отсутствие микроорганизмов в продуктах сразу после запекания, что соответствовало требованиям микробиологической безопасности пищевой продукции. В упакованной продукции превышение норм содержания мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов отмечено на 11 сутки хранения; бактерии группы кишечных палочек, условно-патогенные бактерии *S. aureus* и патогенные (бактерии рода *Salmonella* и вида *L. monocytogenes*) не выявлены. После вскрытия упаковки в грудных мышцах индейки после 24 ч хранения отмечено превышение норм содержания мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выявлены бактерии группы кишечных палочек; в мышцах бедра – после 12 ч хранения; условно-патогенные и патогенные микроорганизмы отсутствовали. В результате проведенных исследований установлены сроки годности запеченных изделий из мяса индейки в вакуумной упаковке в течение 7 суток; после нарушения целостности упаковки, грудных мышц – не более 12 ч, мышц бедра - не более 1 ч.

Ключевые слова: запеченные изделия из мяса индейки, микробиологические показатели, хранение, упаковка, микробиота.

STUDY OF THE MICROFLORA OF BAKED TURKEY MEAT PRODUCTS

© 2021

Moiseeva Natalia Sergeevna, researcher of the Department

of scientific directions of complex processing of agricultural raw materials

Golub Olga Valentinovna, doctor of Sciences, professor, chief researcher of the Department of scientific directions

of complex processing of agricultural raw materials

Chekryga Galina Petrovna, candidat of Science, leading researcher of the Department of scientific directions of

complex processing of agricultural raw materials

*Siberian research and technological Institute of the Siberian Federal scientific center of agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences**(630501, Russia, Novosibirsk region, Novosibirsk region working village Krasnoobsk,**e-mails: natasha555_@mail.ru, golubiza@rambler.ru, niip56@mail.ru)*

Abstract. Turkey meat products are very popular because of their high taste and nutritional value. However, there is limited information about microbiological changes in packaged turkey meat products. The aim of the work is to study the effect of the integrity of the packaging of baked turkey meat products on the microflora. Research materials - baked products (pectoral muscles and thigh muscles of a turkey) packed with a mass of 500-800 g in bags of low-density polyethylene with a thickness of 20-30 microns under vacuum and stored at a temperature of 0-6 °C and a relative humidity of no more than 75 %. The absence of microorganisms in the products immediately after baking was established, which met the requirements of microbiological safety of food products. In the packaged products, the excess of the norms of the content of mesophilic-aerobic and facultative-anaerobic microorganisms was noted on the 11th day of storage; bacteria of the Escherichia coli group, conditionally pathogenic bacteria *S. aureus* and pathogenic (bacteria of the genus *Salmonella* and the species *L. monocytogenes*) were not detected. After opening the package, in the pectoral muscles of the turkey after 24 hours of storage, an excess of the norms of the content of mesophilic-aerobic and facultative-anaerobic microorganisms was noted, bacteria of the Escherichia coli group were detected; in the thigh muscles-after 12 hours of storage; conditionally pathogenic and pathogenic microorganisms were absent. As a result of the conducted studies, the shelf life of baked turkey meat products in vacuum packaging was established for 7 days;

after violating the integrity of the packaging, the pectoral muscles - no more than 12 hours, the thigh muscles - no more than 1 hour.

Keywords: baked turkey meat products, microbiological indicators, storage, packaging, microbiota.

Введение. В последние годы в мире наблюдается рост спроса на мясо индейки благодаря его высоким вкусовым качествам и пищевой ценности. Нутриентный состав мяса индейки обуславливает интенсивность протекания окислительно-восстановительных процессов, создавая благоприятную среду для быстрого роста микроорганизмов во время хранения. Однако, информации о сроках хранения продукции из мяса индейки, влиянии упаковки, условий упаковывания и хранения, крайне мало. Например:

– Ю.В. Короткевич из ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» проведено изучение антибиотикорезистентности микроорганизмов, выделенных из пищевых продуктов, в том числе из фарша индейки (обнаружены *E.coli*, выделены энтерококки с геном tetM) [1];

– специалистами Московского государственного университета пищевых производств проведены микробиологические исследования в отношении полуфабрикатов из мяса индейки по содержанию мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, бактерий групп кишечной палочки, бактерий рода *Salmonella*, стафилококков, *Listeria monocytogenes*, клостридий и бактерий рода *Proteus*, показавшие, что наиболее выражены изменения микробиоты при увеличении срока хранения, вида упаковки и места реализации [2];

– исследования, проведенные *I. Blacha, C. Krischek* и *G. Klein*, показали, что газовый состав в упаковке с мясом индейки оказывает непосредственное влияние на качество продукции, наилучшие характеристики отмечены в продуктах, хранившихся в упаковках с повышенным содержанием кислорода [3];

– испанскими учеными установлено, что использование эфирного масла в продуктах из индейки, не содержащих химических консервантов, инактивирует в них рост *Salmonella spp.* [4];

– учеными Дании и Сингапура доказано, что продукты розничной торговли, в том числе индейка, могут служить переносчиком *Staphylococcus aureus* между домашним скотом и людьми [5];

– португальскими учеными установлено, что темное мясо индейки после 12 сут хранения в условиях аэробно-аэробно-аэробных микроорганизмов и азота, чем другие цветные категории продукции [6].

При разработке новой продукции из мяса индейки многие исследователи уделяют внимание микрофлоре при определении сроков годности. Например:

– специалистами Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого определено содержание мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, бактерий группы кишечной палочки, а также патогенных микроорганизмов при определении влияния технологии *sous*

vide на кулинарную продукцию из филе индейки;

– М.А. Вайтанис и З.Р. Ходыревой исследовано содержание и/или наличие мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, бактерий группы кишечной палочки и плесеней при разработке мясорастительного фарша на основе мяса индейки с конопляной мукой [7].

Таким образом, проведение исследований о влиянии упаковки продукции из мяса индейки на срок ее хранения является актуальным.

Целью статьи является исследование влияния целостности упаковки запеченного продукта из мяса индейки на микрофлору.

Материалы и результаты исследования. Материалы исследований – запеченные изделия (грудные мышцы и мышцы бедра индейки) упакованные массой 500-800 г в пакеты из полиэтилена низкой плотности толщиной 20-30 мкм под вакуумом и хранившиеся при температуре 0-6°C и относительной влажности воздуха не выше 75%. Согласно МУК 4.2.1847-04 исследуемые изделия относятся к скоропортящимся продуктам со сроком годности 7 суток, то рассматривался коэффициент резерва равный 1,5 [8].

В запеченном продукте из мяса индейки определены следующие микробиологические показатели - количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ); бактерии рода *Salmonella*; бактерии рода *Listeria monocytogenes*; бактерии группы кишечных палочек (БГКП); коагулазоположительные стафилококки *Staphylococcus aureus*; бактерий рода *Proteus*; бактерий рода *Pseudomonas, Bacillus* – согласно ГОСТ Р 54354-2011 [9].

Основные этапы изготовления запеченного продукта из полуфабриката мяса индейки, подвергнутого посолу (филе грудки или бедра индейки) следующие:

– полуфабрикат освобождается от упаковки, заворачивается в фольгу толщиной 0,012±0,001 мм по ГОСТ 745-2003 [10] и размещается в жарочный шкаф (например, термокамера АГН-130.3, Россия) для запекания в течение 1,5-2,0 ч (в зависимости от массы полуфабриката) до достижения в центре продукта температуры 76-78°C при температуре 98-102°C;

– готовый продукт охлаждается в течение 3-6 ч (в зависимости от массы продукта) в холодильной камере (например, камера холодильная POLAIR KXH-2,94, Россия) для достижения в центре продукта температуры 8-10°C при температуре 0-4°C;

– готовый продукт подвергается контролю, после этого фасуется целым изделием в пакеты из полиэтилена низкой плотности толщиной 20-30 мкм под вакуумом по ГОСТ 12302-2013 [11], маркируется в соответствии с требованиями действующей нормативной документации, укладывается в транспортную упаковку, соответствующую требованиям действующей нор-

мативной документации, реализуется.

В процессе хранения на трансформацию качества запеченных мясных продуктов может оказывать влияние остаточная микрофлора запеченного продукта, которая состоит в основном из сапрофитных спорообразующих микроорганизмов, в основном бацилл, а также грамположительных палочек (молочнокислые палочки, *L. monocytogenes*) и грамотрицательных палочек (*E.coli* и др.). Считается, что основным фактором распространения листериоза является пища [12]. Отмечается, что готовые к употреблению продукты питания, в том числе в различных видах упаковки с ограниченным доступом кислорода, хранящиеся в условиях бытовых холодильников, контаминируются и поддерживают рост *L. monocytogenes* [13, 14].

Использование фольги позволяет сохранить сочность готового продукта и снизить риск проникновения микроорганизмов из внешней среды. Воздействие температурой 100°C в течение 1,5 часов, до достижения температуры внутри продукта 76-78°C, губительно действует на микроорганизмы психрофильной и частично мезофильной групп. Стоит отметить, что при запекании усиливается консервирующее воздействие хлорида натрия - в процессе часть воды испаряется, увеличивая концентрацию хлорида натрия, которая подавляет жизнедеятельность выживших микроорганизмов.

Охлаждение в течение 1,5-2,0 часов, до достижения температуры внутри продукты 10°C и ниже, приостанавливает жизнедеятельность микроорганизмов термофильной и частично мезофильной групп.

При вакуумировании продукта, остаточное содержание кислорода внутри остается на уровне не более 0,1 %, что ничтожно мало, и недостаточно для развития микробного роста [15 – 17].

В микробиоте как грудных мышц, так и мышц бедра индейки, сразу после запекания, не выявлено содержания мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, бактерий группы кишечных палочек, условно-патогенных бактерий *Staphylococcus aureus* и патогенных, в частности бактерий рода *Salmonella* и вида *L. monocytogenes* (табл. 1).

Из данных таблицы 1 видно, что на 3-и сутки хранения запеченных грудных мышц индейки выявлены мезофильно-аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы, количество которых в грудных мышцах индейки составило $2,00 \times 10^2$ КОЕ/г продукта, в мышцах бедра индейки – $2,34 \times 10^2$ КОЕ/г продукта, что на порядок меньше регламентированного предела (не более $1,0 \times 10^3$ КОЕ/г продукта). Не выявлены бактерии группы кишечных палочек, условно-патогенных бактерий *S. aureus* и патогенных (бактерий рода *Salmonella* и вида *L.monocytogenes*).

На 7-е сутки хранения количество мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов составило в грудных мышцах индейки $6,41 \times 10^2$ КОЕ/ г продукта, т.е. количество микроорганизмов за четверо суток хранения увеличилось почти в 3 раза. В мышцах бедра – $1,04 \times 10^3$ КОЕ/г продукта, где ко-

личество мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов находилось на пределе допустимой нормы. Остальные регламентированные показатели условно-патогенные и патогенные микроорганизмы не выявлены.

Таблица 1 – Микробиота запеченного продукта из бескостного мяса индейки в процессе хранения до вскрытия упаковки

Срок хранения, сут	Показатели				
	КМА-ФАНМ, КОЕ/г	БГКП	S. aureus	Salmonella	L.monocytogenes
Грудные мышцы индейки					
0	н/р	–	–	–	–
3	$2,00 \times 10^2$	–	–	–	–
7	$6,41 \times 10^2$	–	–	–	–
11	$1,18 \times 10^3$	–	–	–	–
Мышцы бедра индейки					
0	н/р	–	–	–	–
3	$2,34 \times 10^2$	–	–	–	–
7	$1,04 \times 10^3$	–	–	–	–
11	$2,18 \times 10^3$	+	–	–	–
Требования ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»	не более $1,0 \times 10^3$	не допускается в 1 г		не допускается в 25 г	

Примечание: «-» не обнаружено; «+» обнаружено; «н/р» - нет роста

На 11 сутки количество мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в грудных мышцах бедра составило $1,18 \times 10^3$ КОЕ/г продукта – наблюдали незначительное, но превышение регламентированного нормативной документацией, а в мышцах бедра количество составило $2,18 \times 10^3$ КОЕ/г продукта, произошло увеличение в 2 раза относительно предыдущего показателя (7 суток) и превышение допустимой нормы в 2 раза. Выявлены бактерии группы кишечных палочек, условно-патогенных и патогенных микроорганизмов не обнаружено.

Посевы, проведенные на селективных средах для выявления бактерий родов *Pseudomonas* и *Bacillus*, были стерильными, что характеризует отсутствие бактерий этих родов.

В настоящее время существуют требования по указанию в маркировочной надписи сроков годности продукции после вскрытия вакуумной упаковки, например, в п. 116 ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции» [18]. В связи с этим проведены исследования микробиоты запеченных продуктов из мяса индейки после нарушения целостности упаковки. Исследовали запеченные изделия из мяса индейки критического срока хранения – 6 сут с учетом коэффициента резерва (1,5).

Как отмечено выше, вакуумирование продукта, приводит к гибели остаточной после запекания и охлаждения аэробной микрофлоры, но в этот период могут развиваться анаэробы, представляющих собой организмы, жизнедеятельность которых осуществляется за счет расщепления органических и неорганических веществ в условиях низкого содержания или полного отсутствия свободного кислорода. Вегетативные формы анаэробных микроорганизмов интенсив-

но размножаются при упаковке продуктов питания, особенно под вакуумом [19].

При вскрытии пакета с продуктом резко меняются условия хранения – появляется доступ кислорода и анаэробные микроорганизмы частично прекращают своё развитие, начинают развиваться аэробные, скорее всего попавшие извне – вторичное обсеменение. К тому же условия хранения в бытовом холодильнике не стабильны, где при открывании – закрывании холодильной камеры в зависимости от окружающей среды температура варьирует от +4°C до +10°C, начинается усиленное развитие микробиоты, и как следствие, порча продукта, ведущая к риску пищевого отравления, и годность продукта уменьшается в часовой прогрессии.

Из данных таблицы 2 видно, что при хранении запеченных грудных мышц индейки после нарушения целостности упаковки в течение 12 часов соответствовали требованиям ТР ТС 021/2021 по всем микробиологическим показателям [20]. Микробиота мышц бедра, после нарушения целостности упаковки, превышала содержание мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов почти в 3 раза, обнаружены бактерии группы кишечной палочки. Условно-патогенные и патогенные микроорганизмы, предусмотренные техническим регламентом, отсутствовали.

Таблица 2 - Микробиота запечённого продукта из бескостного мяса индейки в процессе хранения после вскрытия упаковки

Срок хранения, ч	Показатели				
	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i>	<i>L. monocytogenes</i>
Грудные мышцы индейки					
0	6,41×10 ²	–	–	–	–
12	9,08×10 ²	–	–	–	–
24	1,29×10 ³	+	–	–	–
36	7,45×10 ³	+	–	–	–
Мышцы бедра индейки					
0	1,04×10 ³	–	–	–	–
12	2,81×10 ³	+	–	–	–
24	0,47×10 ⁴	+	–	–	–
36	6,14×10 ⁵	+	–	–	–
Требования ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»	не более 1,0×10 ³	не допускается в 1 г	не допускается в 25 г		

Примечание: «-» не обнаружено; «+» обнаружено

После 24 часов хранения в микробиоте запеченных грудных мышц индейки наблюдали небольшое превышение содержания мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выявлены бактерии группы кишечных палочек.

После 36 часов хранения содержания мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов превысило требуемое количество в 7 раз, также выявлены бактерии группы кишечных палочек. Остальные регламентируемые показатели отсутствовали.

Микробиота запеченных мышц бедра, после на-

рушения целостности упаковки, по содержанию мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов на 24 часа хранения превышала нормативное содержание этих бактерий на порядок, а после 36 часов хранения - на два порядка, присутствовали бактерии группы кишечной палочки в обоих сроках хранения. Условно-патогенные бактерии *S. aureus* и патогенные – бактерии р. *Salmonella*, вид *L. monocytogenes* отсутствовали.

Заключение. Таким образом, на примере запеченных изделий из мяса индейки показано влияние изменений одного из условий хранения (целостности упаковки) на микробиологические показатели продукции, определяющие безопасность ее использования. Полученные данные микробиоты запеченного продукта из бескостного мяса индейки в процессе хранения (при температуре 0-6°C и относительной влажности воздуха не выше 75% в пакетах из полимерной пленки под вакуумом), свидетельствуют о:

– разности качественной и количественной сторон её развития, которая явно обусловлена типом мышц мяса, т.е. разностью комплекса мышечной ткани (грудка, бедро);

– том, что срок годности продукции до вскрытия упаковки – не более 7 суток; после вскрытия упаковки – не более 12 ч грудных мышц, не более 1 ч мышц бедра.

Полученные данные могут служить основой для разработки не только рекомендаций по предотвращению бытовых пищевых отравлений при употреблении продуктов из мяса индейки, но и применения новых, перспективных типов и видов их упаковки, пролонгирующих сроки хранения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Короткевич, Ю.В. Изучение антибиотикорезистентности микроорганизмов, выделенных из пищевых продуктов // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85. - № 2S. – С. 142.
2. Абдуллаева, А.М. Микробиологическая безопасность полуфабрикатов из мяса индеек /А.М. Абдуллаева, Р.К. Валитова, В.И. Казанцева // Аллея науки. – 2018. – Т. 2. - № 9(25). – С. 307-314.
3. Blacha I., Krischek C. and Klein G. Influence of modified atmosphere packaging on meat quality parameters of turkey breast muscles. Journal of food protection, 2014, V. 77, Is. 1, pp. 127-132. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-13-242>
4. Possas A., Posada-Izquierdo G.D., Pérez-Rodríguez F. et al. Application of predictive models to assess the influence of thyme essential oil on Salmonella Enteritidis behaviour during shelf life of ready-to-eat turkey products. International Journal of Food Microbiology. 2017, V. 240, pp. 40-46. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.08.003>
5. Li H., Andersen P.S., Stegger M. et al. Antimicrobial Resistance and Virulence Gene Profiles of Methicillin-Resistant and –Susceptible Staphylococcus aureus From Food Products in Denmark. Frontiers in microbiology, 2019, V. 10, pp. 2681. doi: 10.3389/fmicb.2019.02681
6. Fraqueza Dr M.J., Ferreira M.C. and Barreto A.S. Spoilage of light (PSE-like) and dark turkey meat under aerobic or modified atmosphere package: microbial indicators and their relationship with total volatile basic nitrogen. British Poultry Science, 2008, V. 49, Is. 1, pp. 12-20. <https://doi.org/10.1080/00071660701821675>
7. Вайтанис, М.А. Использование конопляной муки при производстве мясных рубленых полуфабрикатов /М.А. Вайтанис, З.Р. Ходырева //Вестник КрасГАУ. – 2021. - № 1 (166). – С. 126-133.

8. Методические указания МУК 4.2.1847-04. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов (утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 6 марта 2004 г.)
9. ГОСТ Р 54354-2011. Мясо и мясные продукты. Общие требования и методы микробиологического анализа. – Введ. 2013 – 01 – 01. - М.: Стандартинформ, 2013. – 38 с.
10. ГОСТ 745-2003. Фольга алюминиевая для упаковки. Технические условия. – Введ. 2004 – 09 – 01. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 16 с.
11. ГОСТ 12302-2013. Пакеты из полимерных пленок и комбинированных материалов. Общие технические условия. – Введ. 2014 – 01 – 01. М.: Стандартинформ, 2019. – 20 с.
12. Тартаковский, И.С. Листерии: роль в инфекционной патологии человека и лабораторная диагностика /И.С. Тартаковский, В.В. Малеев, С.А. Ермолаева. – М.: Медицина для всех, 2002. – 195 с.
13. Книзе, А.В. Эпизоотическая ситуация по листериозу в странах мира и России / А.В. Книзе, А.И. Бузун, Р.К. Шарма // Листерии на рубеже тысячелетий: мат. между. симп. – Покров: Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной вирусологии и микробиологии РАСХН, 1999. - С. 118-123.
14. Костенко, Ю.Г. Листерии – критерий безопасности мясных продуктов / Ю.Г. Костенко, Т.С. Шагова, К.С. Янковский //Мясная индустрия. – 1997. - № 3. – С. 23-24.
15. Bingol E. B. and Ergun O. Effects of modified atmosphere packaging (MAP) on the microbiological quality and shelf life of ostrich meat. Meat Science, 2011, V. 88, Is. 4, pp. 774–785. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.03.013>
16. Blacha I., Krischek C. and Klein G. Quality alterations of turkey and pig meat during storage in modified atmosphere and vacuum packages. Archiv für Lebensmittelhygiene, 2013. V.64, Is. 6, pp.160–167.
17. Dhananjayan R., Han I. Y., Acton J. C. and Dawson P. L. Growth depth effects of bacteria in ground turkey meat patties subjected to high carbon dioxide or high oxygen atmospheres. Poultry science, 2006, V. 85, Is. 10, pp. 1821–1828. <https://doi.org/10.1093/ps/85.10.1821>
18. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013), утвержденный Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 года.
19. Снеговая, Н.В. Анаэробные бактерии – угроза в вакууме //Пищевая индустрия. – 2018. - № 4(33). – С. 36-37.
20. Технический Регламент Таможенного Союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержденный Решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 г. - № 880. - 242 с.

Статья поступила в редакцию 07.02.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 664.663.9

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0031

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУКИ ИЗ СЕМЯН НУТА В ТЕХНОЛОГИИ ПШЕНИЧНОГО БАТОНА

©2021

Зуева Елена Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции»
Пензенский государственный аграрный университет
(440014, Россия, Пенза, улица Ботаническая, 30, e-mail: zueva.e.a@pgau.ru)

Слугинова Наталья Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры «Технология и техносферная безопасность»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, e-mail: Princess_natalia@mail.ru)

Варламова Елена Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции»

Погосян Давид Гарегинович, доктор биологических наук,
профессор кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции»
Пензенский государственный аграрный университет
(440014, Россия, Пенза, улица Ботаническая, 30, e-mails: varlamova.e.n@pgau.ru, pogosyan.d.g@pgau.ru)

Аннотация. В статье изучалось влияние муки из семян нута в дозе 15 % от общей массы пшеничной муки высшего сорта на качество пшеничного батона «Нарезной». Результаты исследований качественных показателей опытных образцов показали, что их внешний вид полностью соответствует той форме, где они выпекались. Корку сверху можно было охарактеризовать как выпуклую, с боков отсутствовали какие-либо выплыва или подтеки. Образцы лабораторной выпечки в виде подовых батонов представляли собой форму ровного вытянутого овала, с боков отсутствовали признаки, характерные для слипшихся при расстойке и выпечки изделий. Добавление нутовой муки способствовало формированию у этих образцов гладкой, без шероховатостей, без нарушенной целостности (отсутствие трещин и разрывов) румяной корки светлого коричневого цвета с оттенком золотистого. При разжевывании образца чувствовался полный, дающий ощущение «сдобы», слегка сладкий вкус с едва уловимыми оттенками привкуса грецкого ореха. Нутовая мука придавала светло-желтый, слегка кремовый оттенок мякишу. Наличие непромышленного сырья, комочков в мякише, повышенной влажности и недостаточной его пропеченности не наблюдалось. Внесение муки из семян нута не оказало отрицательного влияния на качество изделий. Содержание влаги в мякише составило 41,3 %, в контроле 40,8%. Отмечался рост кислотности на 0,9 град (в контроле 1,7 град). Пористость мякиша в образце с нутовой мукой составила 76,0 % (контроль 76,5 %), что отвечает требованиям ГОСТа 27844-88. Пористость мякиша имела равномерную, состоящую из мелких и средних по размеру пор, нежную структуру.

Ключевые слова: нутовая мука, влажность, пористость, кислотность мякиша батона.

THE USE OF FLOUR FROM SEEDS OF CHICKPEA IN WHEAT LOAF TECHNOLOGY

©2021

Zueva Elena Aleksandrovna, candidate of agricultural Sciences,
associate professor of the department "Processing of agricultural products"
Penza State Agrarian University

(30 Botanic Street, Penza, 440014, Russia, e-mail: zueva.e.a@pgau.ru)

Sluginova Natalia Ivanovna, candidate of agricultural Sciences,
associate professor of the department "Technology and technosphere security"
Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baidukova proezd/ul. Gagarina, 1a/11, e-mail: Princess_natalia@mail.ru)

Varlamova Elena Nikolaevna, candidate of agricultural Sciences,
associate professor of the department "Processing of agricultural products"

David Gareginovich Poghosyan, doctor of biological sciences,
professor of the department "Processing of agricultural products"

Penza State Agrarian University

(30 Botanic Street, Penza, 440014, Russia, e-mails: varlamova.e.n@pgau.ru, pogosyan.d.g@pgau.ru)

Abstract. The article studied the effect of chickpea seed flour at a dose of 15 % of the total weight of wheat flour of the highest grade on the quality of the wheat loaf "Rifled". The results of studies of the quality indicators of experienced samples showed that their appearance fully corresponds to the form in which they were baked. The crust on top could be described as convex, and there were no bulges or smudges on the sides. The samples of laboratory baking in the form of hearth loaves were in the form of an even elongated oval, with no signs on the sides characteristic of products stuck together during proofing and baking. The addition of nut flour contributed to the formation of a smooth, non-rough, non-broken surface (no cracks or breaks), ruddy crust of a light brown color with a hint of golden color in these samples.

When chewing the sample, a full, slightly sweet taste was felt, giving a feeling of "muffin", with barely noticeable hints of walnut flavor. Chickpea flour.

Keywords: chickpea flour, humidity, porosity, acidity of the loaf crumb.

Введение. Для полноценного существования человек нуждается в различных питательных веществах – белках, жирах, углеводах, минеральных веществах. Как часто мы, недооценивая роль правильного питания, готовим пищу наспех, не придаем значения подбору продуктов и блюд, а затем сетуем на возникшие различные заболевания, вследствие дефицита отдельных компонентов – белков, пищевых волокон, витаминов [1, 8].

Хлеб очень широко используется в питании различных слоев населения. Это высококалорийный продукт, содержащий большинство необходимых человеку пищевых веществ. Главной составной частью хлеба являются углеводы, в основном крахмал, количество которых достигает 30-50%. Однако хлеб отличается относительно низким содержанием белка, при этом ценный источник витаминов группы В. Количество белка в разных сортах хлеба колеблется от 4,7-5,6% в ржаном до 6,1-7,9 в пшеничном, содержание клетчатки в ржаном хлебе в среднем составляет 1,1%, в пшеничном – от 1,3 из обойной муки до 0,1% из муки высшего сорта. От содержания клетчатки во многом зависит усвояемость пищевых веществ хлеба. Состояние иммунитета населения определяется не столько количественной стороной питания, сколько его качеством и биологической ценностью. Поэтому вопрос обогащения и регулирования химического состава хлеба, повышения его биологической ценности за счет использования в производстве хлеба и хлебобулочных изделий нетрадиционных для хлебопечения культур, а именно соя, горох, нут, люпин, фасоль, содержащих в своем составе значительное количество легкоусвояемых белков является актуальным [2, 3, 6, 7, 10, 13, 15, 16].

Нут – это культура, как бы специально созданная для удовлетворения потребностей человека. Семена нута содержат до 30% белка, 7-8% жира, до 60% углеводов. Они богаты минеральными солями кальция, фосфора, калия, марганца, магния, бора, железа, кремния и витаминами С, В₁, незаменимыми аминокислотами лизином, метионином и триптофаном [4, 5, 6, 9, 11, 18]. Эта добавка отличается хорошо сбалансированным белковым, липидным и витаминно-минеральным комплексами, поэтому ее использование в хлебопечении позволит не только повысить пищевую, биологическую ценность, но и расширить ассортимент хлебобулочных изделий, придать им функциональные свойства [12].

Проведенные разными авторами исследования по выбору дозы ввода нутовой муки в пшеничную в диапазоне от 10 до 30% от массы муки, позволили установить, что наиболее оптимальным с точки зрения качества муки и хлеба является ввод 10-15% нутовой муки [8, 11].

Целью работы было определить, как нутовая мука

в дозе 15% от массы пшеничной муки может повлиять на качество пшеничного батона «Нарезной».

В задачи исследований входили изучение технологии производства батона «Нарезной» и пшеничного батона с нутовой мукой, а также выявление изменений технологического процесса при включении в рецептуру батона «Нарезной» муки, полученной при измельчении нута в дозе 15% от массы муки высшего сорта из пшеницы, проведение контроля качества батона «Нарезной» и батона с нутовой мукой по показателям, определяемым с помощью зрительного впечатления, вкуса и запаха, а также химических реактивов, проведение сравнительного анализа полученных результатов.

Материалы и методы исследований. Нутовая мука, используемая в рецептуре пшеничного батона согласно техническим условиям 9293-009-89751414-10 представляет собой муку, образованную в результате мелкого измельчения семян бобовой культуры – нута. Ее разрешено применять в технологиях изготовления различных видов хлебобулочных изделий, макаронной, кондитерской и других видов продукции. Мука из нута на вид белая, иногда слегка с желтоватым или кремовым оттенком, без запаха плесени или сперттого, напоминающего запах долго непрветриваемого зерна нута, с характерным для нута вкусом, не напоминающего вкус посторонних примесей, без горечи, не кислый. Содержание влаги в муке должно быть в пределах 15%. Зараженность вредителями, в том числе мертвыми вредителями – не наблюдалась.

Для того чтобы определить качество батона нами проведена была лабораторная выпечка по ГОСТу 27699 – 88. В качестве контрольного варианта выпекали батон «Нарезной», в качестве сравнения батон с 15% содержанием нутовой муки. В каждом опытным варианте выпекались три опытных образца – один подовый и два формовых.

После выпечки образцы опытных батончиков выдерживали 4 часа в помещении с комнатной температурой, где проходило их остывание, а затем нами были проведены их исследования и обработка результатов по показателям качества, а именно оценивали внешние факторы, чтобы они соответствовали форме хлеба, оценивали состояние верхней корки, ее цвет, толщину, наличие притисков, трещин. После разреза образцов визуально осматривали равномерность и состояние пористости изделий, пропеченность мякиша путем надавливания пальцем и визуально наблюдали с какой скоростью мякиш принимал прежнюю форму, цветовую окраску мякиша. Вкусовые ощущения и ароматические составляющие батона определяли посредством разжевывания образцов и определения запаха.

Определение показателей пористости, влажности, кислотности мякиша проводили с использованием

средств контроля и вспомогательных устройств и с соблюдением порядка подготовки и проведения анализа, предусмотренных ГОСТом 5669-96, ГОСТом 21094-75, ГОСТом 5670-96 [14, 17, 19, 20].

Для определения отношения объема пор к объему мякиша в целом, выраженное в процентах, от образца батона отрезали корку, затем центральную часть длиной не менее 7-8 см. В средней части куска, отступая от края корок на 1 см и более вращательным движением цилиндра из прибора Журавлева отбирали образцы объемом 27 м³ и одновременно их взвешивали.

Для определения влажности мякиша опытных образцов отбирали выемки в четырех местах массой не менее 20 г. Выемки быстро измельчались, после чего взвешивались с погрешностью не более 0,05 г. в предварительно подготовленные бюксы по 5 г. Анализ проводился в двух параллелях. Навески в открытых бюксах устанавливали в сушильный шкаф ШС-СПУ 80-02 для высушивания при температуре 130°C. Время сушки – 45 минут. Время охлаждения составляло минимум 20 минут, максимально 2 часа, после чего их взвешивали и рассчитывали содержание влаги в % в мякише батончиков.

Определение кислотности проводили следующим образом: измельченную пробу мякиша массой 25 г, заливали водой объемом 250 см³, тщательно измельчили до кашеобразной консистенции в ступе. Далее полученную смесь в течении двух минут взбалтывали и оставляли на 10 мин для осаждения осадка. Затем через марлю начинали фильтровать раствор в колбу. В каждый образец вносили по 3-4 капли фенолфталеина и раствором NaOH титровали до не исчезающего светло-розового цвета.

Результаты исследований. Для производства батона «Нарезной» и пшеничного батона с нутовой мукой тесто готовили на основе густой опары с содержанием влаги 43%. На опару расходовали муки 45% от общего количества. Замес опары проводили в машинах А2-ХТБ. В тестомешалке смешивали расчетное количество воды, дрожжи в виде суспензии и 45% муки от ее общей массы согласно рецептуре (табл. 1). Перемешивание всех компонентом осуществляли 8-10 мин до состояния массы без комочков. Густая опара созревала 180-270 мин с температурой в начале 25-29°C и до роста объема в 1,5-2 раза и значения кислотности 2,5-3,5 град. Как только опара достигала готовности, на ее основе замешивали тесто, добавляя и непрерывно перемешивая не менее 8-10 мин остаточное количество воды, водный раствор солей и сахара, маргарин и муку. Температура теста сразу после замеса составляла 32°C, влажность 42%.

После замеса теста брожение длилось 60-90 минут, в течении которого оно подвергалось двум обминкам.

Перед тем, как выложить тесто, закончившее брожение, стол обрабатывали малым количеством муки с целью снижения потерь при его разделке в виде прилипших к столу комочков. Затем вручную с помощью острого ножа проводили разделку теста на довольно

длинные, одинаковые по толщине отрезки, которые впоследствии перед взвешиванием скручивали в длинный жгут. Равные по весу порции теста обрабатывали мукой, чтобы они не прилипали к ладоням и по две штуки на столе движениями по кругу в направлении слева направо осуществляли их подкатку и оставляли в состоянии покоя в течение 5-8 минут (предварительная расстойка).

Таблица 1 – Компоненты рецептуры и технологические показатели приготовления пшеничного теста

Компоненты	Количество требуемого сырья на 100 кг муки			
	опара		тесто	
	батон «Нарезной»	батон с нутовой мукой	батон «Нарезной»	батон с нутовой мукой
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, кг	45	45	55	40
Мука нутовая, кг	-	-	-	15
Дрожжи хлебопекарные прессованные, кг	1,0	1,0	-	-
Соль пищевая, кг	-	-	1,5	1,5
Сахар – песок, кг	-	-	4,0	4,0
Маргарин столовый, кг	-	-	3,5	3,5
Вода, кг	25-30	25-30	по расчету	по расчету
Температура после замеса	25-29	25-29	27-32	27-32
Сроки брожения, мин	210-240	210-240	60-90	60-90

Сформированные изделия располагали на противне, который предварительно был обработан растительным маслом, таким образом, чтобы швы, образованные при придании формы батону находились снизу и при окончательной расстойке и выпечки заготовки не сливались в единое целое, а сохраняли форму и внешний вид, отвечающий стандартам.

Как правило готовые хлебные изделия имеют мякиш с мелкой, равномерно развитой пористостью, легко пережевываются, усваиваются организмом человека в большей степени, если окончательная расстойка теста проходила при соблюдении оптимальных параметров, а именно температура не выше 45°C, влажность – 75-85%, время расстойки не менее 50 мин в расстоечном шкафу VF 15.

Выпечку батончиков «Нарезной» и пшеничного с нутовой мукой осуществляли в печи Восход 1500 с пароувлажнением в первой зоне, с температурой 160-170°C, а во второй зоне 230-240°C. Продолжительность выпечки 25 минут.

Результаты исследований качественных показателей опытных образцов показали, что их внешний вид полностью соответствует той форме, где они выпекались. Корку сверху можно было охарактеризовать как выпуклую, с боков отсутствовали какие-либо выплыва или подтеки.

Образцы лабораторной выпечки в виде подовых батончиков представляли собой форму ровного вытянутого овала, с боков отсутствовали признаки, характер-

ные для слипшихся при расстойке и выпечки изделий. Добавление нутовой муки способствовало формированию у этих образцов гладкой, без шероховатостей, без нарушенной целостности (отсутствие трещин и разрывов) румяной корки светлого коричневого цвета с оттенком золотистого.

При разжевывании образца чувствовался полный, дающий ощущение «сдобы», слегка сладкий вкус с едва уловимыми оттенками привкуса грецкого ореха.

Нутовая мука придавала светло-желтый, слегка кремовый оттенок мякишу. Он имел упругую, быстро-восстанавливающуюся при сильном сжатии структуру. Наличие непромышленного сырья, комочков в мякише, повышенной влажности и недостаточной его пропеченности не наблюдалось.

Внесение муки из семян нута не оказало отрицательного влияния на качество изделий. Содержание влаги в мякише составило 41,3%, в контроле 40,8%. Отмечался рост кислотности на 0,9 град (в контроле 1,7 град). Следовательно, добавку необходимо применять с осторожностью при повышенной кислотности муки, так как по ГОСТу кислотность для нарезного батона из муки высшего сорта не должна превышать 2,5 град.

Пористость мякиша в образце с нутовой мукой составила 76,0% (контроль 76,5%), что отвечает требованиям ГОСТа 27844-88. Пористость мякиша имела равномерную, состоящую из мелких и средних по размеру пор, нежную структуру. Крупные поры и пустоты, а также непромышленные или уплотненные участки мякиша не обнаружены. Содержание белка на 100 г готовой продукции увеличивалось с 6,0 до 7,2 г, или на 20,0%, углеводов на 0,2%. Энергетическая ценность 100 г хлеба составила 218,8 ккал.

Заключение. Таким образом результаты исследования по изучению влияния нутовой муки на качество пшеничного батона показывали, что использование ее в его рецептуре перспективно и актуально, так как позволит расширить ассортимент продукции и привлечь новых покупателей, а также выпускать качественные новые изделия, не уступающие контрольному образцу по внешнему виду, но с более выраженным вкусом, ароматом и пищевой ценностью. При этом следует считать рациональным внесение нутовой муки в дозировке 15% от общей массы муки пшеничной высшего сорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вершинина, О.Л. Инновационные технологии в хлебопечении / О.Л. Вершинина, Ю.Ф. Росляков, В.В. Гончар // Научные труды КубГТУ, 2015. - №2. - С. 15-25.
2. Варламов, В.А. Влияние приемов возделывания озимой пшеницы на технологические свойства муки / В.А. Варламов, Е.Н. Варламова // Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава ВО Пензенская ГСХА: К 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА. - Пенза: МНИЦ, 2016. - С. 158-160.
3. Кормопроизводство Среднего Поволжья / А.Н. Кшиникаткина, А.А. Галиуллин, Е.А. Зуева и др. - Пенза: РИО ПГСХА, 2008 - 180 с.
4. Медведев, П.Ф. Кормовые растения Европейской части СССР: справочник. / П.Ф. Медведев, А.И. Сметаникова. - Л.: Колос, 1981. - 336 с.

5. Кормопроизводство: учебник / А.Ф. Иванов, В.Н. Чурзин, В.И. Филин. - Москва: Колос, 1996. - 400 с.

6. Кшиникаткина, А.Н. Кормопроизводство. Часть 1. Полное кормопроизводство: учебное пособие / А.Н. Кшиникаткина, П.Г. Аленин, С.А. Кшиникаткин. - Пенза: РИО ПГСХА, 2014. - 268 с.

7. Пьяникова, Э.А. Использование нутовой муки в производстве хлебобулочных изделий / Э.А. Пьяникова, Е.Д. Ткачева // Сборник научных статей 5-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых: Наука молодых - будущее России. - Курск, 2020. - С. 139-142.

8. Кузнецова, Е.А. Влияние продуктов переработки бобовых культур на качество хлебобулочных изделий из пшеничной муки // Е.А. Кузнецова, С.А. Мордвинкин, О.В. Калмыкова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии, 2020. - Т. 8. - №1. - С. 33-39.

9. Садыгова, М.К. Технологический потенциал нута: монография / М.К. Садыгова. - Саратов: Издательство «КУБиК», 2012. - 132 с.

10. Варламова, Е.Н. Производство пшеничного хлеба с использованием муки льна / Е.Н. Варламова. // Сборник статей VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию юбилею А.Н. Кшиникаткиной, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Заслуженного работника сельского хозяйства РФ. «Инновационные технологии в АПК: теория и практика», 2020. - С. 198-199.

11. Миронова, И.В. Перспективы использования нутовой муки при изготовлении хлебобулочных изделий / Миронова И.В., Нигматьянов А.А., Сенченко О.В., Шавалеева Э.Ф. // Вестник ВСГУТУ, 2018. - № 4 (71). - С. 121-127.

12. Ладодо, К.С. Продукты и блюда в детском питании / К.С. Ладодо, Л.В. Дружинина. - Москва: Росагро-промиздат, 1991. - 190 с.

13. Соломонова, Н.А. Повышение пищевой и биологической ценности хлебобулочных изделий за счет использования муки из зернобобовых культур / Н.А. Соломонова, А.А. Галиуллин // Сборник статей VII Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии в АПК: теория и практика», 2019. - С. 92-96.

14. Зуева, Е.А. Влияние гречневой муки на качество пшенично-ржаного хлеба / Е.А. Зуева // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 180-летию ФГБОУ ВО "Донского государственного аграрного университета": Инновационные технологии пищевых производств, 2020. - С. 52-55.

15. Курочкин, А.А. Технологические решения в производстве булочных изделий с повышенной пищевой ценностью / Курочкин А.А., Шматкова Н.Н., Шабурова Г.В. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология, 2016. - Т. 6. - № 4 (19). - С. 149-155.

16. Галиуллин, А.А. Использование биологически активных добавок в производстве мучных кондитерских изделий / Галиуллин А.А. // Сборник статей XIV Международной научно-практической конференции: «Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы», 2019. - С. 245-248.

17. Шиндяпкина, К.В. Использование тритикалевой муки в хлебопечении / К.В. Шиндяпкина, А.А. Галиуллин // Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции: Экологические проблемы и здоровье населения, 2016. - С. 86-89.

18. Садыгова, М.К. Использование нутовой муки в производстве хлебобулочных изделий / М.К. Садыгова // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова, 2009. - №1. - С. 29-33.

19. Шабурова, Г.В. Технология хлебопекарного производства: лабораторный практикум / Г.В. Шабурова, В.П. Чистяков - Пенза: РИО ПГСХА, 2005. - 130 с.

20. Ерхалева, Е.Н. Использование нутовой муки в технологии производства пшеничного хлеба / Е.Н. Ерхалева // Сборник статей Международной научно-практической конференции молодых ученых: Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России, 2018. - С. 150-152.

Статья поступила в редакцию 08.02.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 331.4, 624.9, 004.942

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0032

ИНТЕГРАЦИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ТРАВМАТИЗМА

©2020

Нам Галина Евгеньевна, аспирант

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
(190005, Россия, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, e-mail: yamibum@gmail.com)*

Аннотация. В данной статье анализируются серия документов ISO 45000, применяемая в строительстве, которая позволяет обобщить требования для обеспечения здоровья и безопасности всех лиц, находящихся на строительной площадке на каждом этапе жизненного цикла объекта. Целью данного исследования является изучение того, как потенциальные опасности факторы, которые сопутствуют видам работ на строительной площадке, могут быть выявлены и устранены на ранней стадии планирования строительного проекта на базе международных стандартов серии 45000. Особое внимание уделено исследованию возможности внедрения BIM-технологий для совершенствования управления безопасностью на объекте строительства. Такой подход требует координации и единства действий при решении вопросов безопасности, в том числе охраны труда и здоровья. Автором предложено использование информационного моделирования для имитации ситуаций и технологических процессов, что позволит моделировать и управлять безопасностью с учетом фактического состояния здания и процессов на время производства работ. Это позволит прогнозировать, а, следовательно, снижать риски. Будущий вклад этой работы – это автоматизированная система управления безопасностью, которая эффективно интегрирует безопасность с BIM и предоставляет практикам метод обнаружения и предотвращения опасностей, связанных с процессами строительных работ.

Ключевые слова: управление безопасностью, охрана труда, информационное моделирование, алгоритм, BIM технологии, травматизм.

INTEGRATION OF BIM TECHNOLOGIES AND SAFETY MANAGEMENT IN CONSTRUCTION FOR MINIMIZING INJURY

©2020

Nam Galina Evgenievna, post-graduate student

*Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
(190005, Russia, Saint Petersburg, Vtoraya Krasnoarmeiskaya street 4, e-mail: yamibum@gmail.com)*

Abstract. This article analyzes the ISO 45000 series of documents used in construction, which allows to join the requirements. The requirements must ensure a high level of health and safety of all persons on the construction site at each stage of the facility's life cycle. The purpose of this research is to study how potential hazards factors that accompany different types of work on a construction site can be identified and eliminated during the early stage of planning a construction project based on ISO 45000 series. Special attention is given to the study of the possibility of introducing BIM technologies to improve management safety at the construction site. This approach requires coordination and unity of action to address safety issues, including occupational health and safety. The author proposes to use the information modeling for simulation situations and technological processes, which will allow managing safety, taking into account the actual state of the building and processes at the time of work. This point of view will allow to predict and, consequently, reduce risks. A future contribution of this work is an automated safety management system that effectively integrates safety with BIM and provides a method to detect and prevent hazards associated with construction works.

Keywords: safety management, occupational safety and health, information modeling, algorithm, BIM technologies, injuries.

Введение. Строительная отрасль – одна из наиболее травмоопасных отраслей промышленности в мире. Это обусловлено большим количеством одновременно выполняемых различных технологических процессов, действующих опасных и вредных производственных факторов, которые изменяются во времени и пространстве на территории строительной площадки, тем самым повышая уровень профессиональных рисков на рабочем месте.

Существующая проблема безопасности работников строительной отрасли остается актуальной несмотря на ежегодное количественное снижение статистических значений численности пострадавших во время трудовых процессов.

По данным Росстата на сегодняшний день статистика несчастных случаев представлена в таблице 1.

Приведенная таблица свидетельствует о том, что с каждым годом количество пострадавших среди мужчин и женщин уменьшается. Несмотря на данный факт, уровень пострадавших остается на высоком уровне. Улучшение условий безопасности на строительных объектах продолжает оставаться проблемой во всем мире. Повышение безопасности в строительстве может быть достигнуто с помощью хорошо известных мер, таких как улучшение обучения рабочих, строгое соблюдение правильных инструкций и правильное использование средств индивидуальной защиты. Однако на практике реализация таких мер яв-

ляется недостаточной.

Процесс строительных работ связан с воздействием негативных факторов, которые невозможно предусмотреть на стадии разработки проектной документации. Это обусловлено объективными изменениями

плана (сроков) производства работ, подрядчиков, как производителей работ, погодными условиями, сбоем поставок строительных материалов, и т.п. наличием на стройплощадке лиц, не связанных с производством работ.

Таблица 1 - Статистические данные пострадавших при несчастных случаях на производстве [1]

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве, тыс. человек										
всего	47,7	43,6	40,4	35,6	31,3	28,2	26,7	25,4	23,6	23,3
мужчины	33,4	30,7	28,6	24,9	21,9	19,7	18,6	17,6	16,6	16,3
женщины	14,3	12,9	11,8	10,7	9,4	8,5	8,1	7,8	7,0	7,0
из них со смертельным исходом										
всего	2,00	1,82	1,82	1,70	1,46	1,29	1,29	1,14	1,07	1,06
мужчины	1,90	1,70	1,67	1,57	1,35	1,20	1,21	1,07	1,00	0,99
женщины	0,10	0,13	0,15	0,13	0,11	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06

Как известно, важным аспектом в решении проблемы является комплексный подход [2]. Нынешние мероприятия по охране труда в РФ отстают от технологического прогресса и методов, используемых в европейских странах [2, 3]. Следовательно, система управления охраной труда нуждается в глобальной оптимизации, отвечающей современным требованиям и технологиям.

В данной статье на основе анализа современного состояния управления безопасностью выдвигается гипотеза о возможности повышения уровня безопасности в строительстве за счет внедрения серии *ISO 45000* и информационного моделирования.

Целью статьи являются исследование возможности цифровизации управления безопасностью для минимизации несчастных случаев на строительной площадке.

Материалы и результаты исследования. В марте 2018 года Международная организация по стандартизации (*ISO*) опубликовала последнюю версию нового универсального стандарта *ISO 45001*, переход на который должно завершиться в марте 2021 года. Стандарты серии *ISO 45000* содержат практическое руководство по управлению безопасностью, в том числе в части психологического здоровья сотрудников предприятия.

Поставив перед собой задачу обеспечить безопасное строительство с учетом требований *ISO 45001 – Occupational Health And Safety* (далее – *OH&S*), переход на который должен быть завершён 12 марта 2021 года, мы столкнулись с проблемой учета состояния объекта и всех проводимых по сетевому графику (в том числе отклонений от него) работ [4].

Субъектом управления стало высшее руководство предприятия, а объектом управления технологические процессы и персонал, который, через обратный канал связи, передаёт реакцию или своё текущее состояние с точки зрения обеспечения *OH&S*.

Включение в программу требований *ISO 45001* должно обеспечить основу для повышения безопасности, снижения рисков на предприятии, рабочем месте и улучшать здоровье и благосостояние на работе,

позволяя организации активно улучшать свои показатели *OH&S*.

Стандарты включают новые концепции менеджмента охраны труда и производственной безопасности, предусматривающие усиление ответственности руководителей, совершенствование управления рисками и рост вовлеченности сотрудников. Внедрение стандарта направлено на уменьшение потенциальных рисков как для работников, так и для работодателей благодаря снижению стоимости потерь рабочего времени, а также сокращению потерь от мер, принятых контролирующими органами [5].

Основные потенциальные выгоды от использования такой программы:

- сокращение инцидентов на рабочих местах;
- снижение прогулов и текучести кадров, что приводит к повышенной производительности;
- снижение стоимости премии страхования;
- формирование культуры здоровья и безопасности, где сотрудники берут на себя активную роль в их собственной *OH&S*;
- лидерство каждого работника и обязательство активно улучшить показатели *OH&S*;
- применение узаконенных юридических и нормативных требований;
- повышение репутации организации;
- улучшение морального состояния персонала.

Для упрощения внедрения *ISO 45001* в феврале 2019 г. был опубликован стандарт *BS 45002-2*: Системы менеджмента профессионального здоровья и безопасности - Общие рекомендации по применению *ISO 45001 - Часть 2: Риски и возможности*. Этот руководящий документ содержит объяснения и практические примеры того, как организации любого размера могут управлять рисками и возможностями в своей системе управления безопасностью [6].

Также он может принести пользу организациям, уже внедряющим систему менеджмента *OH&S*, а также те, кто просто добивается улучшения своих показателей в области безопасности. Руководство, содержащееся в *BS 45002-2*, может помочь организациям лучше идентифицировать и понимать связанные

с работой риски для сотрудников. Серия BS 45002, которая в настоящее время состоит из четырех частей, заменила ныне отмененный BS 18004, руководящий документ к OHSAS 18001 [6].

ISO 45001 использует методологию процесса *Plan-Do-Check-Act* (далее – *PDCA*), непрерывного цикла, главной целью которого является усовершенствование, повышение качества. *PDCA* широко распространен в различных отраслях [5]. Например, на предприятии при помощи постоянного аудита процесса производства могут быть обнаружены слабые места в тех или иных процессах. Однако, применение данного цикла носит локальный характер. Новые факторы, влияющие на процесс строительства, угрозы, заставляющие менять подходы к реализации проекта, время, имеющее огромное влияние на финансовый вопрос, делают необходимым применять цикл *PDCA* на предприятии непрерывно, т.е. на всю систему управления безопасностью в совокупности с информационными технологиями.

Как известно, основной задачей сетевого графика является построение рационального распределения времени и ресурсов для выполнения сложного комплекса строительных работ. При отклонении от сетевого графика строительства все процессы, происходящие на строительной площадке, становятся источниками новых ситуаций, не предусмотренных проектной документацией. Соответственно, меняется ситуационная картина – меняются и меры безопасности для работников строительной площадки. Контроль за всеми происходящими процессами на строительной площадке проблематичен за счет большого объема параллельных рабочих процессов, выполняемых различными подрядными организациями [7]. Например, на объекте Лахта-центр одновременно работало до 12000 персонала 600 предприятий, выполняя различные технологические процессы. При этом для целого ряда технологических процессов, в целях обеспечения безопасности, необходимо было учитывать меняющиеся, как минимум раз в 4 часа, погодные условия на различных уровнях строительства, расположенных на различной высоте. Ситуационная картина постоянно меняется во времени и пространстве, как следствие, меняются и условия, в которых находятся все сотрудники, а также лица, находящиеся на стройплощадке по тем или иным причинам, в результате меняются меры для обеспечения безопасности. Любые изменения требуют грамотного и быстрого реагирования. Контроль и управление строительными процессами на объекте при таком большом объеме переменных требуют учета большого количества информации и принятия решений, с учётом возникающих рисков, возможен при совместном сопровождении изменений информационной моделью [8] (*BIM*) для решения задач *OH&S*.

Основанием для перехода на технологии информационного моделирования служит «Поручение Президента России Председателю Правительства России» от 19.07.2018 г. за №Пр-1235: «В целях модернизации

строительной отрасли и повышения качества строительства обеспечьте: переход к системе управления жизненным циклом объектов капитального строительства путем внедрения технологий информационного моделирования...» [9]. При этом внедрение *OH&S* мы рассматриваем как неотъемлемую часть выполнения данной задачи. Следует обратить внимание на то, что само строительство, в соответствии с серией ISO 19650, требует управление *H&S* на всех этапах жизненного цикла. Отличие в терминологии *OH&S* и *H&S*, возникло из-за различной ведомственной подчиненности этих сфер управления. В то же время, понятие *H&S* и её применения, как принципа «умной безопасности» включает и обеспечение *OH&S*. Это обусловлено и составом разделов проектной документации. Рассмотрение высшим руководством предприятий этих двух понятий разделено, что и приводит к повышению рисков.

В соответствии с изменениями в статье 57.5 «Информационная модель объекта капитального строительства» Градостроительного Кодекса РФ, «застройщик, технический заказчик, лицо, обеспечивающее или осуществляющее подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицо, ответственное за эксплуатацию объекта капитального строительства, в случаях, установленных Правительством Российской Федерации, обеспечивают формирование и ведение информационной модели» [10].

Проект нового СП 48.13330.2019 «Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004», утвержденный приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 декабря 2019 г. N 861/пр. и вступивший в силу 25 июня 2020 года, разработан в целях модернизации строительной отрасли и внедрения передовых технологий. Были внедрены понятия информационного моделирования, жизненного цикла проекта и научно-технического сопровождения проектирования и строительства в п. 4.12 и п. 4.15 [11].

Обеспечение безопасности на строительной площадке – это непрерывный процесс, основной функцией которого является управление безопасностью, через управление людьми, рисками, ресурсами, средствами защиты и т.п. Как известно, основным составляющим методологии управления в сложной системе является алгоритм управления отработанный порядок принятия решений по управлению, планированию и передачи информации в процессе управления. Назовем такой алгоритм «Строительство-*H&S*». Опишем его функционирование на примере решения задачи управления строительными процессами.

Основная часть этих процессов:

1. Подготовительный;
2. Основной (непосредственного строительства объекта (или объектов));
3. Ввод в эксплуатацию готового строения [12].

Каждый из этих процессов имеет локальные цели, для которых выбираются конкретные действия и (или) решения. На каждый процесс можно влиять, а значит

оказывать управляющее воздействие, т.е. управлять. Необходимо иметь возможность моделировать любые изменения, которые предполагаются произвести в ходе строительства, капитального ремонта или демонтажа.

Жизненный цикл здания – это единый сложный процесс, изменяющийся во времени и пространстве, он имеет особенности для зданий различного класса функциональной опасности, но и эти различия могут быть учтены. Поэтому алгоритм «Строительство-*H&S*» должен включать все стадии и процессы жизненного цикла, а также все обязательные для исполнения требования в соответствии с нормативной базой.

В августе 2019 г. в Минстрое представили доработанную концепцию внедрения системы управления жизненного цикла объектов капитального строительства с использованием *BIM*-технологий. До 2021 г. планируется завершение формирования классификатора строительной информации и запуск подсистемы его ведения. До конца 2022 г. ожидается завершение разработки нормативных и технологических основ для внедрения системы управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием *BIM*-технологий.

Наконец, до 2025 г. должен состояться переход к системе управления жизненным циклом объектов капитального строительства путем внедрения технологий информационного моделирования [13].

За оставшееся время необходимо дополнить и внедрить алгоритм «Строительство-*H&S*», задачей которого является повышение уровня безопасности на всех этапах жизненного цикла. Опираясь на безопасное мышление в подходе к управлению информацией, станет возможным перевести систему управления безопасностью и охраной труда на современный уровень, отвечающий требованиям серий *ISO 45000*, *ISO 19650*, что будет отвечать требованиям как Министерства строительства, так и Министерства труда.

Представим строительный процесс как большую сложную техническую систему, состоящую из множества взаимосвязанных различных элементов. В такой системе происходит произвольная комбинация «повреждений» его элементов. Под «повреждением» будет понимать отклонение по времени от графика производства работ в ту или иную сторону, отказ механизмов или применение ранее не предусмотренного механизма, травма или отсутствие работника на рабочем месте, изменение метеорологических условий и т.п.

При возникновении таких коллизий, например, сообщении МЧС об усилении ветра до величин, ограничивающих или запрещающих работу альпинистов или строительных кранов, появляется необходимость в кратчайшее время разработать единое скоординированное по всему объекту строительства решение с целью обеспечения безопасности работников, безопасности объекта, а также максимально возможного выполнения сетевого графика работ и поддержания

его работоспособности как большой неделимой системы. Другими словами, следует принимать все процессы на строительной площадке как единый «организм» [14].

Принимаемые решения должны соответствовать следующим требованиям:

1. Решения должны следовать по пути конкретных действий на строительной площадке.

2. Любое разработанное действие должно быть последовательными.

3. Необходимо учитывать ситуацию, когда работник, механизм или процесс строительства получает «повреждение», следовательно, запланированные технологические действия должны быть изменены.

4. Должна предусматриваться возможная ситуация, когда после ряда возникших «повреждений» какую-либо систему можно вынужденно собрать из оставшихся неповрежденных элементов. В таком случае получившийся вариант обязательно должен быть проанализирован на возможные сбои.

5. Решения должны содержать прогноз будущего состояния всей технической системы при условии, что все работники строительной площадки в точности выполняют все рекомендованные им действия [4].

Каждое изменение отношения между элементами отражается на структуре технической системы. Математически структура описывается с помощью графов, в том числе ориентированных, цветных, неправильно раскрашенные графов. Поэтому за основу описания сложной технической системы примем математический аппарат теории графов.

Для более точного описания системы следует произвести ее разбивку на элементы. При этом глубина разбивки будет определяться предназначением математической модели. Предполагается, что целью использования модели является автоматизация процессов мониторинга, анализа и контроля за безопасностью технологических процессов и условий труда, а также прогнозирование и предотвращение несчастных случаев для минимизации травматизма на строительной площадке. Целесообразно за элемент принимать отдельную операцию, выполняемую одним сотрудником или механизмом, например, крепление стропальщиком стропы к грузу или перемещение крана с грузом. Каждый отдельный элемент будем описывать вершиной графа.

В случае, если данный элемент потребляет подводимую к нему энергию (электричество, воздух), вещество (кирпичи, раствор, и т.п.) или информацию, то они обозначаются ребрами, входящими в вершину графа (рис. 1). Если элемент передает информацию, энергию и т.д., то это свойство обозначается выходящими из него ребрами. Если элемент сам является источником энергии, информации и т.д., то это свойство описывается петлей при вершине графа, то есть он получает энергию из своих ресурсов и раздает её потребителям (рис. 2). Математическое описание графа является основой алгоритма «Строительство-*H&S*», который, в свою очередь, должен лечь в основу прикладного

программного обеспечения для управления безопасностью на базе серий *ISO 45000*.

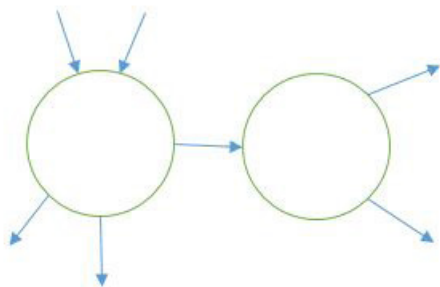


Рисунок 1 – Элементы с входящими и выходящими дугами

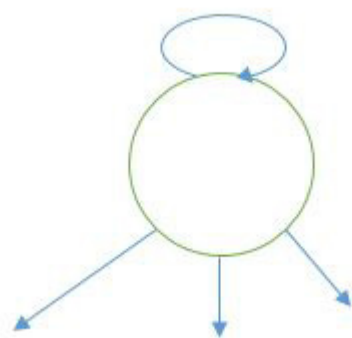


Рисунок 2 – Элемент как источник энергии (с петлей в вершине)

Заключение. Тенденция развития цифровой строительной отрасли в мире говорит о необходимости внедрять информационное моделирование в систему управления безопасностью. Нынешний курс, нацеленный на цифровизацию строительных процессов, затронет всех технических специалистов, включая специалистов по охране труда. *BIM*-технологии активно используются в проектировании зданий, но недостаточно внедрены и урегулированы в области охраны труда. Дальнейшая проработка математической модели на основе серий международных стандартов позволит выполнять требования по безопасности еще на стадии проектирования объекта. Такая модель допускает совместную работу специалистов смежных областей в процессе жизненного цикла объекта, что позволит избежать коллизий во время реализаций различных видов работ на одном промежутке времени. Такой подход сократит не только расходы и время на устранения повреждений [15], но и значительно снизит количество несчастных случаев во время строительных процессов. Особенностью модели будет служить ее динамический характер, который предполагает моделирование ситуаций в зависимости от меняющихся исходных данных объекта строительства с течением времени. Автоматизация моделирования поможет значительно улучшить процедуру планирования на основе *BIM* за счет сокращения времени и усилий по моделированию вручную.

Нынешнее развитие информационного моделиро-

вания как связующего звена между различными несвязными дисциплинами проектирования строительной отрасли основывается на желании не выходить за рамки своей дисциплины [16]. Только через создание единой информационной модели и разработку алгоритма, обеспечивающего интегрированное проектирование (*Integrated Project Delivery — IPD*) для комплексной реализации проекта жизненного цикла здания, можно добиться ожидаемых результатов, которых не могут дать существующие *BIM*-программы. Будущее программное обеспечение, в основу которого ляжет разработанный алгоритм, должно быть максимально простым и легкой в обращении для работы специалистов разных профессий в интегрированной среде с большим массивом данных.

В основу дальнейшего исследования положена адаптация безопасного управления строительством в соответствии с *ISO 19650-5* «Организация и оцифровка информации о зданиях и строительных работах, включая информационное моделирование зданий (*BIM*) – управление информацией с использованием информационного моделирования зданий – Часть 5: Безопасное мышление в подходе к управлению информацией» для создания новых условий развития информационного моделирования в строительной отрасли на территории РФ.

Опубликованный в июне 2020 г. стандарт 19650-5, обязывающий применять безопасное мышление в подходе к управлению информацией, требует пересмотреть структуру управления безопасностью, на основе *BIM*-технологий, что позволит организациям понять ключевые проблемы уязвимости [16]. Алгоритм «Строительство-*H&S*», как средство управления, должен обеспечить принятие обоснованных управляющих решений при возникновении «повреждений» как причин возникновения повышенных рисков, формирования «дорожной карты» и последовательности управляющих решений для обеспечения профессионального здоровья и безопасности на предприятии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Федеральная служба государственной статистики. Условия труда. Производственный травматизм. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.gks.ru/working_conditions (дата обращения 20.06.2020)
2. Вольф И. Пока патриархи спорят о BIM, девелоперы внедряют нейросеть // Отраслевой журнал «Строительство». – 2019. – № 7-8. – С.37-38. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://anchb.ru/files/pdf/pc/Otraslevoy_zhurnal_Stroitelstvo_-_2020_god_05_2020_pc.pdf (дата обращения: 01.10.2020).
3. Шарманов В. В. Методика оценки факторов достижения безопасности на строительной площадке на основе информационного моделирования // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2017. №3 (34). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-otsenki-faktorov-dostizheniya-bezopasnosti-na-stroitelnoy-ploshchadke-na-osnove-informatsionnogo-modelirovaniya> (дата обращения: 18.10.2020).
4. Нам Г.Е., Георгиади В.В. BIM-моделирование как инструмент внедрения принципов ОН&S в строительство // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы III Междунар. науч.-прак. конф. – СПб.: СПбГА-СУ, 2020. С. 87–95.
5. ISO 45001:2018(E) «Occupational health and safety

management systems. Requirement with guidance for use» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:45001:ed-1:v1:en> (дата обращения 27.07.2020)

6. British standard - BS 45002-2 General guidelines for the application of ISO 45001 – Part 2: Risks and opportunities – has published [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.bsigroup.com/en-GB/about-bsi/media-centre/press-releases/2019/february/british-standard---bs-45002-2--general-guidelines-for-the-application-of-iso-45001---part-2-risks-and-opportunities--has-published/> (дата обращения 20.09.2020)

7. Yan Liu, Sander van Nederveen, Marcel Hertogh. Understanding effects of BIM on collaborative design and construction: An empirical study in China // International Journal of Project Management. 2017. № 35. P. 686-698.

8. Juan Pedro Cortés-Pérez, Alfonso Cortés-Pérez, Paloma Prieto-Muriel. BIM-integrated management of occupational hazards in building construction and maintenance // Automation in Construction. 2020. № 113. P. 103-115.

9. BIM Ассоциация. BIM в документах. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bim-association.ru/what-is-the-bim/bim-in-documents/> (дата обращения 11.05.2020)

10. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) (статьи 1 - 453) (с изменениями на 8 декабря 2020 года) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/9027690> (дата обращения 01.07.2020)

11. СП 48.13330.2019 «Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/564542209> (дата обращения 17.07.2020)

12. Постановлением Правительства РФ №87 от 16.02.2008 года «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902087949> (дата обращения 29.06.2020)

13. Вольф И. BIM в мире – обыденность, в России – пока эксклюзив // Отраслевой журнал «Строительство». – 2020. – № 5. – С.32-35. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://ancb.ru/files/pdf/pc/Otraslevoiy_zhurnal_Stroitelstvo_-_2020_god_05_2020_pc.pdf (дата обращения 18.08.2020)

14. Нам, Г. Е. Георгиади В. В. Возможности информационного моделирования, внедрённого в систему управления охраной труда // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Безопасность в строительстве». – СПб: СПбГАСУ, 2019. – С. 233–238.

15. A. Jrade, J. Lessard. An integrated BIM system to track the time and cost of construction projects: a case study // J Constr Eng. 2015. P. 1-10.

16. ISO 19650-5:2020 «Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 5: Security-minded approach to information management». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:19650:-5:ed-1:v1:en> (дата обращения 17.08.2020).

Статья поступила в редакцию 15.01.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 504.064.4, 628.312.5

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0033

АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ СТОЧНЫХ ВОД АЗС

© 2021

Полянская Екатерина Александровна, кандидат биологических наук,

доцент кафедры «Биотехнологии и техносферная безопасность»

Парфенова Екатерина Анатольевна, кандидат биологических наук,

доцент кафедры «Биотехнологии и техносферная безопасность»

Бодров Алексей Владимирович, аспирант кафедры «Биотехнологии и техносферная безопасность»

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11,

e-mails: polyanka05@mail.ru, ka-r-omel@mail.ru, efremova_s15@mail.ru)

Фаюстова Юлия Анатольевна, аспирант ПензГТУ,

главный специалист по охране труда, филиал «Мордовский» ПАО «Т Плюс» (ОП Пенза)

(440022, Россия, г. Пенза, ул. Новочеркасская, 1, *e-mail: ylechka@mail.ru)*

Красная Елена Геннадьевна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Биотехнологии и техносферная безопасность»

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, *e-mail: krasna-elena@mail.ru)*

Аннотация. Статья посвящена анализу безопасности сточных вод автозаправочных станций (АЗС). Отмечена важность выполнения не только требований промышленной безопасности, но и требований по соблюдению природоохранного законодательства и обеспечению экологической безопасности на автозаправочных станциях, в том числе в части сброса и очистки сточных вод. Одной из необходимых практических задач в части соблюдения и реализации требований безопасности обозначен анализ качественного и количественного состава стоков автозаправочных станций. На примере городских, магистральных и сельских АЗС проведен анализ химического состава их сточных вод. Определено содержание нефтепродуктов и взвешенных веществ в данных сточных водах и проведено их сравнение с нормативами. Предложен коэффициент для количественного сравнения безопасности АЗС различного типа. Показано, что превышение содержания нефтепродуктов в сточных водах на выходе с очистных сооружений и в скважинах на территории АЗС, свидетельствует о просачивании нефтепродуктов через некачественно заасфальтированные поверхности, а также могут быть результатом аварийных утечек топлива. По результатам исследования предложены конкретные мероприятия по обеспечению экологической безопасности на АЗС, которые позволят снизить степень загрязнения их сточных вод, повысить эффективность очистки действующих очистных сооружений и предотвратить нарушения действующего природоохранного законодательства.

Ключевые слова: сточные воды, нефтезагрязнение, нефтепродукты, автозаправочные станции, экологическая безопасность.

THE SAFETY ANALYSIS OF GAS STATIONS WASTEWATER

© 2021

Polyanskova Ekaterina Aleksandrovna, candidate of Biological Sciences, associate Professor of the Department of Biotechnology and Technosphere Security

Parfenova Ekaterina Anatolyevna, candidate of Biological Sciences,

associate Professor of the Department of Biotechnology and Technosphere Security

Bodrov Aleksey Vladimirovich, postgraduate of the Department of Biotechnology and Technosphere Security

Penza state University of technology

(440039, Russia, Penza, Baidukova passage/Gagarin street, 1A / 11,

e-mails: polyanka05@mail.ru, ka-r-omel@mail.ru, efremova_s15@mail.ru)

Fayustova Yulya Anatolyevna, postgraduate, chief specialist on labor protection,

branch «Mordovsky» public joint stock company «T Plus» separate division Penza

(440022, Penza, Novoчеркасская street, 1, *e-mail: ylechka@mail.ru)*

Krasnaya Elena Gennadyevna, candidate of Technical Sciences associate Professor of the Department of Biotechnology and Technosphere Security

Penza state University of technology

(440039, Russia, Penza, Baidukova passage/Gagarin street, 1A / 11, *e-mail: krasna-elena@mail.ru)*

Abstract. The article is devoted to the safety analysis of wastewater from gas stations. The importance of meeting industrial safety requirements and requirements for compliance with environmental legislation and ensuring environmental safety at gas stations, including wastewater discharge and treatment, was noted. One of the necessary practical tasks in terms of compliance and implementation of safety requirements is the analysis of the qualitative and quantitative composition of gas station effluents. An analysis of the chemical composition of their wastewater was

carried out using the example of urban, road and rural gas stations. The content of oil products and suspended solids in these waste waters was determined and compared with the standards. A coefficient for quantitative comparison of the safety various types gas stations is proposed. It is shown, that the excess of the content of oil products in wastewater at the outlet from treatment facilities and in wells on the territory of a gas station indicates the seepage of oil products through poorly asphalted surfaces, and may also be the result of emergency fuel leaks. Based on the results of the study, specific measures were proposed to ensure environmental safety at gas stations, which will reduce the degree of pollution of their wastewater, increase the efficiency of cleaning the existing treatment facilities and prevent violations of the current environmental legislation.

Keywords: waste waters, oil pollution, oil products, gas stations, environmental safety.

Введение. Автозаправочные станции предназначены для заправки транспортных средств жидким моторным топливом и характеризуются различным расположением резервуаров (подземным и надземным) и их разнесением по топливно-раздаточным колонкам [1]. В зависимости от расположения на местности различают городские, сельские, дорожные АЗС [2].

Автозаправочные станции являются опасными объектами, при неправильной эксплуатации которых может возникнуть пожар, авария и нанесен значительный материальный ущерб. Поэтому при их эксплуатации должны выполняться не только требования промышленной безопасности, но и требования по соблюдению природоохранного законодательства и обеспечению экологической безопасности. Производственная деятельность не должна оказывать негативного воздействия на окружающую среду и превышать предельно-допустимую нагрузку [3, 4].

Согласно существующим нормативно-техническим документам для обеспечения экологической и промышленной безопасности установлены различные расстояния для жилой застройки.

Размер санитарно-защитной зоны АЗС зависит от объемов топлива, хранящегося на территории предприятия. Для АЗС, предназначенных только для заправки легковых транспортных средств жидким моторным топливом, с наличием не более трех топливораздаточных колонок, в том числе с объектами обслуживания водителей и пассажиров, а также для криогенных АЗС с объемом хранения сжиженного природного газа не более 50 м³ размер ориентировочной санитарно-защитной зоны составляет 50 метров (V класс опасности). Автозаправочные станции для заправки транспортных средств жидким и газовым моторным топливом, а также криогенные АЗС с объемом хранения сжиженного природного газа от 50 до 100 м³ относятся к классу опасности с ориентировочной санитарно-защитной зоной 100 метров (IV класс опасности) [5].

С точки зрения пожаровзрывоопасности расстояние от АЗС до жилой застройки составляет не менее 25 метров [6].

Различие между городскими, сельскими и магистральными АЗС заключается в объеме отпускаемого топлива, в количестве топливно-раздаточных колонок, в наличии на территории объектов для обслуживания водителей и пассажиров, а также в сбросе очищенных сточных вод.

Как известно, сброс сточных вод АЗС в городской

коллектор, в поверхностные водоемы и на рельеф местности без очистки запрещен, при этом на многих АЗС очистка стоков не осуществляется и наблюдается превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ. Сброс сточных вод в водоемы разрешен, если показатели очистки соответствуют ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. Если говорить о качественном составе данных сточных вод, то в составе содержатся не только нефтепродукты, но и взвешенные вещества (песок, глина и другие частицы), при этом в зависимости от времени года могут происходить колебания состава стока [7].

Так как, АЗС расположены на открытой местности, дождевой сток с площадки поступает в систему ливневой канализации за счет сооружений бетонных ограждения по периметру, что предотвращает поступление загрязненных стоков на территорию. Места въезда и выезда автомобилей перекрываются дождеприемниками на всю ширину проезжей части. Сброс ливневых сточных вод с территории организован через дождеприемные колодцы [8].

В связи с этим, двумя наиболее важными требованиями к автозаправочной станции с точки зрения обеспечения экологической безопасности в настоящее время являются: предотвращение загрязнения дождевых (ливневых) сточных вод и управление промышленным стоком. Определение качественного и количественного состава стоков автозаправочных станций является одной из необходимых практических задач на этапах реализации соблюдения требований безопасности [9].

Целью исследования является сравнение химического состав сточных вод АЗС Пензенского региона и разработка мероприятий по снижению степени загрязнения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать химический состав сточных вод АЗС различного типа;
- оценить степень загрязнения сточных вод в зависимости от места расположения;
- по результатам исследования предложить мероприятия по обеспечению экологической безопасности.

Методы исследования. В ходе исследования определялось содержание нефтепродуктов и взвешенных веществ в ливневых сточных водах [10].

Для определения нефтепродуктов использовался спектрофлуориметрический метод по утвержденной методике ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 Количественный

химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» [11].

Определение содержания взвешенных веществ проводилось гравиметрическим методом по утвержденной методике ПНД Ф 14.1:2:4.254-2009 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций взвешенных веществ и прокаленных взвешенных веществ в питьевых, природных и сточных водах гравиметрическим методом» [12].

Материалы и результаты исследования. Объектами исследования были выбраны АЗС, расположенные в городе Пензе и Пензенской области, а также на федеральной автодороге М5 «Урал». Отбор проб проводился на очистных сооружениях, а также из скважин, расположенных на территории АЗС.

Исследуемые АЗС относятся к стационарным с подземным размещением резервуаров, тремя двусто-

ронными топливораздаточными колонками. В среднем время пребывания автомобиля у топливораздаточной колонки – 5-7 минут. Средний объем заправляемого топлива в бак – 30 литров. Максимальная пропускная способность одной ТРК – 10 автомобилей в час. Фактический максимальный расход топлива через двустороннюю ТРК – приблизительно 0,6 м³/час [2,6].

АЗС, расположенные в городе осуществляют сброс очищенных сточных вод в горколлектор, а сельские и магистральные на рельеф местности или поверхностный водоем. Отбор и анализ проб проводился в ноябре [13]. При сбросе сточных вод в городскую канализацию содержание нефтепродуктов не должно превышать 2 мг/дм³, взвешенных веществ – 300 мг/дм³ [14]. При сбросе очищенных сточных вод на рельеф или в водоем ПДК принимается равным нормативам для водоемов рыбохозяйственного назначения и составляет для нефтепродуктов – 0,05 мг/дм³, взвешенных веществ – 10 мг/дм³ [15]. Результаты исследования содержания нефтепродуктов в сточных водах АЗС, мг/дм³ представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Содержание нефтепродуктов в сточных водах АЗС, мг/дм³

Объекты исследования	Место отбора проб			
	Локальные очистные сооружения		Скважина	
	вход	выход	1	2
№1	0,13±0,0014	0,05±0,0005	0,02±0,0002	0,02±0,0002
№2	0,32±0,035	0,06±0,0007	0,21±0,0023	0,15±0,0016
№3	0,86±0,009	0,52±0,0057	0,36±0,0039	0,08±0,0009
№4	0,22±0,002	0,17±0,0019	0,06±0,0006	0,04±0,0004
№5	0,11±0,001	0,03±0,0003	0,05±0,0005	0,02±0,0002
№6	0,07±0,008	0,05±0,0005	0,04±0,0004	0,03±0,0003
№7	0,23±0,003	0,12±0,0013	0,17±0,0019	0,15±0,0016
№8	0,29±0,003	0,14±0,0015	0,41±0,0044	0,28±0,0031

Анализ полученных данных показывает, что на городских АЗС №1, №2, №3, осуществляющих сброс очищенных сточных вод в горколлектор, не наблюдается превышение ПДК по нефтепродуктам как на выходе с очистных сооружений, так и в скважинах на территории предприятия (рис. 1).

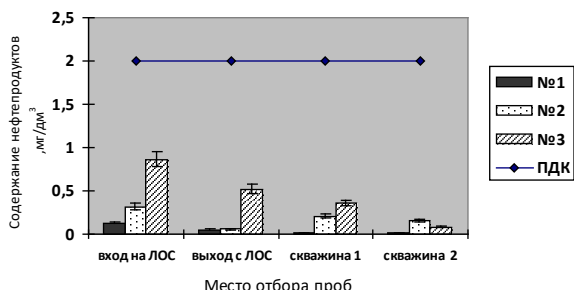


Рисунок 1 – Содержание нефтепродуктов в сточных водах городских АЗС №1, №2, №3 в сравнении с ПДК

На АЗС №4, №5, №6, №7, №8, в районных центрах Пензенской области и на автомагистрали, осуществляющих сброс очищенных сточных вод на рельеф местности или в водоем, наблюдается превышение ПДК по нефтепродуктам на выходе с очистных сооруже-

ний: АЗС №4 – в 3,4 раза; АЗС №7 – в 2,4 раза; АЗС №8 – в 2,8 раза. Также на АЗС №4, №7, №8 наблюдается превышение ПДК нефтепродуктов в скважинах на территории предприятия: АЗС №4 – в 1,2 раза; АЗС №7 – в 3÷3,4 раза; АЗС №8 – в 5,6÷8 раз (рис. 2).

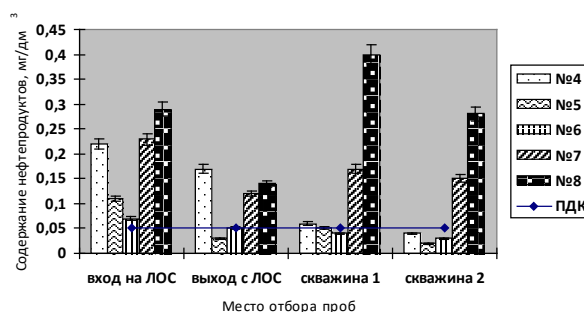


Рисунок 2 – Содержание нефтепродуктов в сточных водах сельских и магистральных АЗС №4, №5, №6, №7, №8 в сравнении с ПДК

Также анализ результатов показал, что в сточных водах всех исследуемых АЗС не наблюдается превышение ПДК по взвешенным веществам и значений концентраций находится в диапазоне от 1-2 мг/дм³.

Для количественного сравнения техногенной на-

грузки рассматриваемых АЗС нами предложен коэффициент пропорциональности, который представляет собой отношение количества нефтепродуктов на входе на очистные сооружения АЗС (q_1) к количеству отпускаемого топлива в сутки Q [16,17,18]:

$$K_1 = \frac{q_1}{Q}$$

Количество отпускаемого топлива на АЗС составляет в среднем от 8500 до 45000 л/сут в зависимости от места расположения АЗС и количества заправляемых машин.

Данные расчетов представлены на рисунке 3.

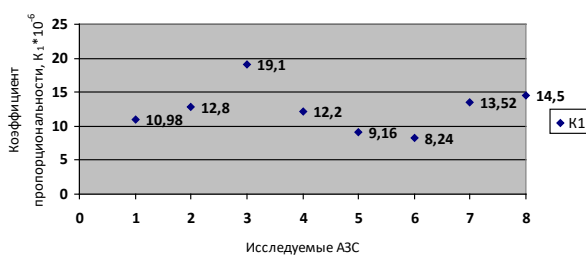


Рисунок 3 – Коэффициент пропорциональности (K) для исследуемых АЗС

Из рисунка видно, что наибольший коэффициент относится к АЗС №3, которая расположена на выезде из города. На данной АЗС поток машин больше по сравнению с АЗС №1, №2, и расход топлива выше, чем на АЗС №7, №8.

Таким образом, наименьшую техногенную нагрузку оказывают сельские АЗС №5, №6, а наибольшую магистральные АЗС №7, №8, а также городская АЗС №3.

Закключение. Содержание нефтепродуктов в сточной воде зависит не только от объема продаваемого топлива, но и от возможных аварийных утечек, а также при стоянке на территории АЗС неисправного автомобиля [7,8].

Повышенное содержания нефтепродуктов в стоках может свидетельствовать о том, что на исследуемых объектах происходит просачивание нефтепродуктов с территории АЗС через не заасфальтированные или некачественно заасфальтированные поверхности, а также происходят аварийные утечки топлива из резервуаров, при транспортировке и переливе из автоцистерны [9,19].

Для обеспечения экологической безопасности на территории АЗС необходимо проведение следующих мероприятий:

1. Осуществить сбор ливневых сточных вод со всей площадки станции. Для этого создать соответствующие уклоны территории с целью направления стока в резервуар-накопитель или на очистные сооружения АЗС. Для предотвращения возможных утечек территорию АЗС необходимо выполнять из устойчивых к воздействию нефтепродуктов твердых водонепроницаемых материалов [1,9].

2. Предусмотреть на площадке АЗС специальные инженерные устройства с максимальными возможностями для сбора аварийно утекающих нефтепро-

дуктов в случае разгерметизации топливной емкости бензовоза или контейнера, обрыва бункеровочных шлангов и т.п. Для ликвидации последствий возможного разлива нефтепродуктов на каждой автозаправочной станции предусмотреть запас сорбента для сбора нефтепродуктов [3,7].

3. Обеспечить регулярную своевременную очистку канализационных сетей, резервуаров - накопителей и очистных сооружений от осадков и уловленных нефтепродуктов, замену фильтрующих материалов, вывоз загрязненного поверхностного стока на специализированные предприятия для очистки.

4. Исключить попадание сточных вод, образующихся при зачистке резервуаров, в сети канализации сточных вод. Для этого во время слива нефтепродуктов из автоцистерны закрывать запорной арматурой сливной трубопровод и лоток (трубопровод) отвода ливневых стоков [1,7,19].

5. Загрязненный нефтепродуктами грунт, фильтрующий материал и осадки сточных вод подвергнуть утилизации согласно требованиям законодательства [20].

Предложенные мероприятия по обеспечению экологической безопасности позволяют снизить степень загрязнения сточных вод на АЗС, повысить эффективность очистки действующих очистных сооружений и предотвратить нарушения действующего природоохранного законодательства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кияшко Г.А., Федосеева А.Ю. Оценка экологической безопасности деятельности АЗС. М.: Изд-во МСПТ, 2010. 100 с.
2. НПБ 111-98. Автозаправочные станции. Требования пожарной безопасности с изменениями: № 1 от 02.07.1999 г., № 2 от 08.11.2000 г., № 3 от 20.07.2001 г., № 4 от 23.05.2002 г. – М.: ФГУП ЦПП, 2002. – 32 с.
3. Гармонов, К.В. Влияние автозаправочных станций в черте городской застройки на экологическое состояние окружающей среды / К.В. Гармонов, И.И. Полосин // Экология промышленного производства, 2014. – №1. – С. 51-54.
4. 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.
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2001. — 51 с.
6. НПБ 111-98. Автозаправочные станции. Требования пожарной безопасности. – М.: ГУГПС МВД России, 1999. – 55 с.
7. Систер В.Г., Миташова Н.И., Кольцова Е.С. Очистка сточных вод АЗС от нефтепродуктов// Известия МГТУ МАМИ. 2013. Т. 2. № 3 (17). С. 35-40.
8. Востриков А.Б. Характеристика сточных вод на АЗС//В сборнике: Современные технологии в мировом научном пространстве: сборник статей Международной научно-практической конференции. 2016. С. 139-141.
9. Бакаева, Н.В. Практические рекомендации по повышению экологической безопасности автозаправочных станций в черте городской застройки / Н.В. Бакаева, О.В. Пилипенко, К.В. Гармонов // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии, 2018. – № 4 (24) – С. 85-96.
10. Субботина В.А. Анализ химического состава сточных вод на АЗС//В сборнике: Инженерные изыскания в строительстве. Материалы первой научно-практической конференции молодых специалистов. 2017. С. 162-166.
11. ПНД Ф 14.1.2:4.128-98 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых,

сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». – М.: 2012. – 34 с.

12. ПНД Ф 14.1:2:4.254-2009 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций взвешенных веществ и прокаленных взвешенных веществ в питьевых, природных и сточных водах гравиметрическим методом». – М.: 2012. – 10 с.

13. Другов, Ю. С. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов: Практическое руководство / Другов Ю.С., Родин А.А., - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: БИНОМ. ЛЗ, 2017. - 270 с.

14. Постановление администрации города Пензы от 10 сентября 2020 года № 1270 «Об установлении нормативов состава сточных вод для абонентов централизованной системы водоотведения». 2020. – 5 с.

15. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменениями и дополнениями от 10 марта 2020 г.), 2020. – 134 с.

16. Сулова А.Н., Таранцева К.Р. Основные оценки рисков от автотранспорта на экосистему города //Системы обеспечения техносферной безопасности - 2018 - №1 - С. 269-271

17. 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. Беллинского. 2011. № 26. С. 677-681.

18. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. Анализ и оценка техногенной безопасности//Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2003. № 1. С. 47-50.

19. Иншаков С.А., Иншаков Н.А. Оценка экологической безопасности деятельности АЗС// Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2014. Т. 19. № 5. С. 1420-1421.

20. 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.

Статья поступила в редакцию 20.01.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 331.452

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0034

РАЗРАБОТКА ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ОПОСРЕДОВАННОЙ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

© 2021

Перятинский Алексей Юрьевич, кандидат технических наук,
заведующий кафедрой «Промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности»

Свиридова Татьяна Валерьевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности»

Ильина Оксана Юрьевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности»

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

(455000, Россия, Магнитогорск, проспект Ленина, 38,

e-mails: peralex@inbox.ru, ntv_3110@mail.ru, o.ilina@magtu.ru)

Аннотация. В статье предложен интегральный показатель качества производственного процесса, который в дальнейшем возможно использовать для оценки эффективности и безопасности производства. Необходимость разработки данного показателя обусловлена современным состоянием производственных процессов горно-металлургических предприятий и текущим уровнем травматизма в Российской Федерации. Анализ существующей ситуации показывает, что для решения проблемы обеспечения безопасности в условиях непрерывной работы доменного производства требуется разработать подход, основанный на снижении величины отклонения производственного процесса от безопасного состояния и снижении доли неопределенности путем повышения его устойчивости. В статье определены характеризующие качество производственного процесса коэффициенты: планирования, подготовленности, обеспечения ресурсами, выявления отклонений, компетентности, информированности и согласованности взаимодействия персонала, мотивации и контроля. Использование данного показателя даст возможность разрабатывать конкретные мероприятия по повышению готовности и адаптивности персонала к осуществлению трудовых функций. Это позволяет уменьшить количество ситуаций, в которых требуется принятие сложных решений, что, в свою очередь, ведет к повышению управляемости и стабильности производственного процесса и росту его безопасности с учетом технико-технологических, организационно-управленческих, трудовых и информационных факторов. В итоге формируется методология безопасного и эффективного производственного процесса на горно-металлургических предприятиях.

Ключевые слова: травматизм, несчастные случаи, качество производственного процесса, металлургическое производство, критерии качества, безопасность труда, структура производственных процессов, методология безопасного и эффективного производственного процесса.

DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED INDICATOR OF PRODUCTION PROCESS QUALITY FOR A MEDIATED ASSESSMENT OF LABOR SAFETY

© 2021

Peryatinskiy Aleksey Yuryevich, candidate of technical sciences,
head of department of «Industrial ecology and life safety»

Sviridova Tatyana Valeryevna, candidate of technical sciences,
assistant professor of the department of «Industrial ecology and life safety»

Ilina Oksana Yuryevna, 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-mails: peralex@inbox.ru, ntv_3110@mail.ru, o.ilina@magtu.ru)

Abstract. The article proposes an integral indicator of the quality of the production process, which can be further used to assess the efficiency and safety of production. The need to develop this indicator is due to the current state of production processes of mining and metallurgical enterprises and the current level of injuries in the Russian Federation. Analysis of the existing situation shows that to solve the problem of ensuring safety in the conditions of continuous operation of blast furnace production, it is required to develop an approach based on reducing the deviation of the production process from a safe state and reducing the proportion of uncertainty by increasing its stability. The article defines the coefficients characterizing the quality of the production process: planning, preparedness, provision of resources, identification of deviations, competence, awareness and consistency of personnel interaction, motivation and control. The use of this indicator will make it possible to develop specific measures to improve the readiness and adaptability of personnel to perform labor functions. This allows you to reduce the number of situations in which complex decisions are required, which, in turn, leads to an increase in the controllability and stability of the production process and an increase in its safety, taking into account technical, technological, organizational, managerial, labor and information factors. As a result, a methodology for a safe and efficient production process at mining and metallurgical enterprises is being formed.

Keywords: injuries, accidents, quality of the production process, metallurgical production, quality criteria, labor safety, structure of production processes, methodology for a safe and efficient production process.

Введение. Современное состояние горно-металлургических предприятий Российской Федерации характеризуется сохранением высокого уровня тяжелого и смертельного травматизма [1, 2], несмотря на внедрение современного, производительного оборудования и технологий, использование технических средств обеспечения безопасности на производстве. Существующее положение сдерживает рост экономической эффективности предприятий и создает условия для социальной нестабильности в городах с преимущественно градообразующими предприятиями горно-металлургического комплекса [3, 4].

Анализ расследований несчастных случаев показывает, что до 80% травм и аварий происходит вследствие неправильных действий персонала, в том числе ошибочных представлений о реальном уровне опасности [5, 6].

Существующая практика требования от персонала выполнять работы с соблюдением всех норм безопасности в обязательном порядке оправдана в условиях очень стабильного производственного процесса. Такой процесс позволяет выполнять работы по установленному алгоритму с повторяющейся длительностью циклов без отклонений от производственной программы. Однако в реальности производственные процессы нестабильны, склонны к отклонениям от производительного и безопасного состояния. Такие отклонения вынуждают персонал работать в условиях неопределенности и принимать решения, основанные на субъективном представлении об их целесообразности.

В создавшейся ситуации для решения проблемы повышения безопасности и эффективности производственного процесса требуется разработать подход, основанный на снижении величины его отклонения от безопасного состояния и снижение доли неопределенности, путем повышения стабильности производ-

ственных процессов. Для обеспечения теоретических основ создания данного метода необходимо ввести понятие «качество производственного процесса» и определиться с его составляющими.

Разработка интегрального показателя качества производственного процесса позволит сформировать единое представление о методологии целенаправленного формирования безопасного и эффективного производственного процесса на горно-металлургических предприятиях путем повышения качества производственных и трудовых процессов, что является актуальной научной проблемой. В дальнейшем разработанные решения позволят обеспечить приемлемый уровень травматизма и повысить стабильность и эффективность производственных процессов предприятий горно-металлургической отрасли.

Целью исследования является разработка интегрального показателя качества производственного процесса для дальнейшей оценки безопасности и эффективности труда.

Для реализации намеченной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующих показателей качества;
2. Обосновать выбор показателей качества для формирования его интегрального уровня;
3. Разработать интегральный показатель качества производственного процесса для оценки безопасности труда

Материалы и результаты исследований. Производство стали и продуктов из неё это сложный процесс, включающий в себя множество переделов (рис.1), часть из которых, например, доменное производство, являются непрерывными. Все остальные процессы, основные и вспомогательные подчинены обеспечению этой непрерывности (рис. 2).

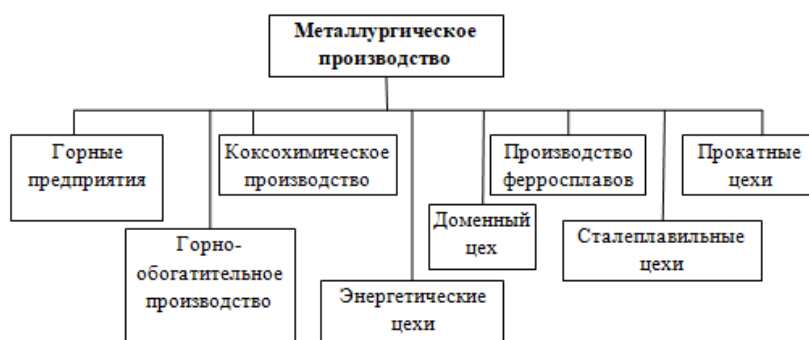


Рисунок 1 – Структура металлургического производства [7]

Непрерывность доменного процесса обусловлена температурой при которой протекают физико-химические процессы в металлургических агрегатах. Она обеспечивается взаимодействием множества служб, и требует четкого планирования и организации работ, управления процессами на требуемом уровне качества. Отклонение процесса от нормального функционирования может привести к чрезмерной затрате ресурсов, возникновению аварийных или катастрофических ситуаций.

Обеспечение непрерывности производства основано на работе надежного оборудования в условиях, когда нет возможности остановить процесс. В условиях высокого энергетического воздействия на персонал, когда интенсивный поток энергии соединяется с человеком и способен нанести ему значительный ущерб [8].

Большинство вспомогательных процессов на предприятиях черной металлургии направлены на поддержание стабильности доменного передела.

Стабильность процесса на предприятиях черной металлургии обеспечивается (рис. 3):

- постоянной скоростью протекания физико-химических процессов;
- постоянной температурой протекания физико-химических процессов;

- постоянной подачей сырья и реагентов и выпуском продуктов физико-химических превращений;
- подготовкой оборудования;
- подготовкой условий;
- подготовкой персонала;
- информированностью персонала.



Рисунок 2 – Структура производственных процессов



Рисунок 3 – Факторы стабильности протекания производственного процесса

Существующая методология, основанная на неукоснительном выполнении правил безопасности на предприятиях черной металлургии, рассчитана на условия с минимальными отклонениями от штатного режима функционирования.

В реальности такие процессы не всегда имеют допустимый уровень отклонения процесса от штатного режима. Величина такого отклонения характеризует качество производственного процесса. Отклонения, повышают в системе энтропию – степень хаоса и создают неопределенность. Она заставляет персонал делать выбор, при осуществлении своей деятельности в неясной, неопределенной обстановке.

Выбор работника связан с субъективным восприятием своей деятельности и чем выше неопределенность создаваемая процессом, тем сложнее работнику

поступить адекватно.

Существующие нормативные документы, в случае возникновения угрозы для жизни и здоровья работника предписывают приостановить процесс до устранения таковой.

В условиях непрерывности процесса, его приостановка может привести к возникновению опасных или аварийных ситуаций.

Однако угрозы прерывания процесса по различным причинам существуют. Причиной этого является нарушение ритмичности подачи ресурсов, нарушение технологии при подготовке сырья, выход из строя оборудования, обеспечивающего бесперебойное ведение процесса, нарушение технологии ведения производственного процесса, и отведения готового продукта.

Таким образом, причины прерывания металлур-

гического процесса обусловлены недостаточной организацией производственных процессов, что в свою очередь влияет на низкое качество производственного процесса. Для дальнейшей разработки интегрального показателя качества производственного процесса введем понятие качества производственного процесса:

Качество производственного процесса – совокупность свойств и характеристик компонентов производственного процесса, формирующая условия, в которых возможно производить продукцию в соответствии с требованиями государства, производителя и конечного потребителя [9-13].

Качество производственного процесса характеризуется следующими факторами:

- технико-технологическими;

- организационно-управленческими;
- трудовыми;
- информационными [14-16].

Эти факторы можно охарактеризовать следующими критериями (рис. 4):

- коэффициент планирования $K_{пл}$;
- коэффициент подготовленности $K_{подг}$;
- коэффициент обеспечения ресурсами $K_{об}$;
- коэффициент выявления отклонений $K_{откл}$;
- коэффициент компетентности персонала $K_{к}$;
- коэффициент информированности персонала $K_{и}$;
- коэффициент согласованности взаимодействия персонала $K_{сог}$;
- коэффициент мотивации персонала $K_{м}$;
- коэффициент контроля $K_{контр}$.

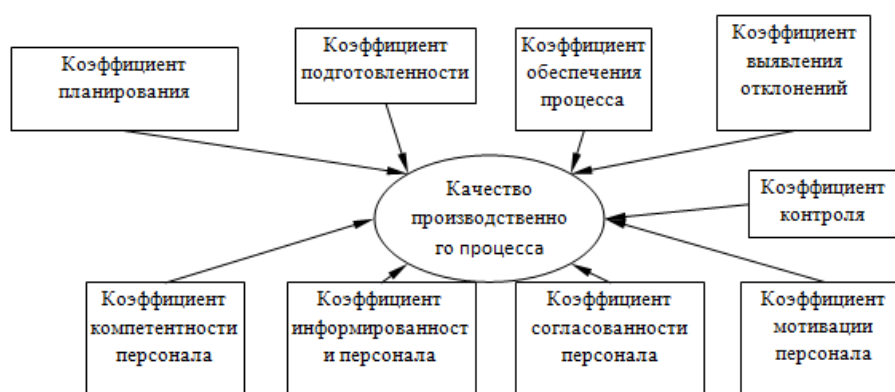


Рисунок 4 – Критерии качества производственного процесса

В данной работе под планированием понимается как разметка какого-либо времени и пространства для чего-либо в соответствие с замыслом. Коэффициент планирования $K_{пл}$ и определяется как отношение мероприятий выполненных в соответствии с планом к определенному времени t , к общему количеству запланированных мероприятий ко времени t .

$$K_{пл} = \frac{N_{вып}}{N_{план}}$$

где $N_{вып}$ – количество мероприятий выполненных в соответствии с планом;

$N_{план}$ – общее количество запланированных мероприятий.

Под подготовленностью производственного процесса понимается состояние готовности системы к действиям в прогнозируемых условиях производства [17,18]. Подготовленность характеризуется коэффициентом готовности:

$$K_{подг} = \frac{N(t)}{N(0)}$$

где $N(t)$ – число объектов находящихся в работоспособном состоянии к моменту времени t ;

$N(0)$ – общее число объектов.

Обеспечение производственного процесса – подготовка материальных и нематериальных ресурсов для обеспечения безотказного протекания производственного процесса. Характеризуется коэффициентом обеспечения $K_{об}$ ЦЦ:

$$K_{об} = \frac{Rф}{Rн}$$

где $Rф$ – фактический ресурс;

$Rн$ – необходимый ресурс.

Под отклонением производственного процесса будем понимать отступление процесса от штатного режима протекания. Оно характеризуется коэффициентом выявляемости и представляет собой отношение числа устраненных или взятых под контроль отклонений, потенциально переводящих производственный процесс в зону недопустимого риска к общему числу таких отклонений.

$$K_{откл} = \frac{N_{устр}}{N_{выявл}}$$

где $N_{устр}$ – количество отклонений, устраненных или взятых под контроль за рассматриваемый период времени;

$N_{выявл}$ – общее количество выявленных отклонений от штатного режима работы, приведших производственный процесс в зону недопустимого риска.

Информированность понимается как достоверное знание персонала о фактическом состоянии объекта.

Компетентность – это способность действовать адекватно реальной обстановке на основе моделей поведения надежно приводящих систему в требуемое состояние.

Коэффициент информированности и компетентности персонала определяются по формулам:

$$K_{\alpha} = \sum_{i=1}^n \rho_i \cdot \alpha_i;$$

$$K_{\beta} = \sum_{i=1}^n \rho_i \cdot \beta_i.$$

где ρ_i – весовой коэффициент рассматриваемых показателей; n – количество показателей для оценки компетентности и информированности работника соответствующей должности;

α_i и β_i – расчетные оценки информативности и компетентности работника по соответствующим показателям, определяемые экспертно, с учетом конкретных условий функционирования предприятия, должности работника и характера выполняемой им работы при соблюдении условий: $1 \leq \alpha_i \leq 5$; $1 \leq \beta_i \leq 5$; $i=1, \dots, n$ [19].

Под *согласованностью* взаимодействия персонала в работе понимается внутренняя слаженность, непротиворечивость действий при достижении цели. Характеризуется коэффициентом согласованности взаимодействия персонала K_{ω} и определяется по формуле:

$$K_{\omega} = \frac{T_{\text{ср.цикла}}}{T_{\text{цикла}}}$$

где $T_{\text{ср.цикла}}$ – среднее время выполнения i -той трудовой операции, ч.

$T_{\text{цикла}}$ – время выполнения i -той трудовой операции, ч.

Под *мотивацией* понимаются факторы, побуждающие к действию [20].

Коэффициент удовлетворенности персонала трудовой деятельностью, 0,25; 0,25-0,5; 0,5-0,75; 0,75-1,0.

$$K_{\mu} = \frac{N_{\mu}}{N_{\text{общ}}}$$

где N_{μ} – количество мотивированных работников, чел;

$N_{\text{общ}}$ – общее количество работников, чел.

Под *контролем* в работе понимается свойство системы выявлять отклонения от штатного состояния на ранней стадии и оперативно его корректировать.

Коэффициент контроля и корректировки отклонений определяется по формуле:

$$K_{\text{контр}} = \frac{N_{\text{откл}}}{N_{\text{общ}} \cdot T_{\text{откл}} \cdot N_{\text{повт}}}$$

где $N_{\text{откл}}$ – количество отклонений зафиксированных в результате контроля;

$N_{\text{общ}}$ – общее количество отклонений;

$T_{\text{откл}}$ – величина отклонения от штатного состояния;

$N_{\text{повт}}$ – количество повторяющихся нарушений.

Для оценки качества производственного процесса на горно-металлургических предприятиях нами разработан интегральный показатель ($\Pi_{\text{кп}}$):

$$\Pi_{\text{кп}} = \frac{K_{\text{пл}} \cdot K_{\text{подг}} \cdot K_{\text{обесп}} \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{к}} \cdot K_{\text{вд}} \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{конт}}}{K_{\text{откл}}}$$

Заключение. Использование предложенного показателя даст возможность разрабатывать конкретные мероприятия по повышению готовности и адаптивности персонала к осуществлению трудовых функций. Это позволяет уменьшить количество ситуаций, в которых требуется принятие сложных решений, что,

в свою очередь, ведет к повышению управляемости и стабильности производственного процесса и росту его безопасности с учетом технико-технологических, организационно-управленческих, трудовых и информационных факторов. В итоге формируется методология безопасного и эффективного производственного процесса на горно-металлургических предприятиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Сайт Росстата https://rosstat.gov.ru/working_conditions
2. Плеханов К.А., Рудой Г.Н., Косиков Е.М. Решение вопросов промышленной безопасности и охраны труда на предприятиях уральской горно-металлургической компании // Горный журнал. 2004. № 11. С. 054-056.
3. Ермолович Е.В. Инновационные подходы и решения в области охраны труда на металлургических предприятиях // Проблемы современной науки и образования. 2016. № 7 (49). С. 69-71.
4. Меркулова А.М., Чавкина Л.Ю. Анализ промышленной безопасности в горно-металлургическом комплексе // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № S14. С. 88-97.
5. Овчинникова Т.И., Меркулова А.М. К вопросу оценки эффективности функционирования системы управления охраной труда, промышленной безопасностью и экологии на горно-металлургических предприятиях // Научно-практические исследования. 2020. № 12-1 (35). С. 34-40.
6. Артемьев В.Б., Лисовский В.В., Кравчук И.Л., Галкин А.В., Перягинский А.Ю. Производственная травма и производственный травматизм: явление и сущность, случайность и закономерность // Уголь. 2020. № 5 (1130). С. 4-11.
7. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия / Под ред.. — Учебник для вузов. - 6-изд., перераб. и доп.. — М.: Академкнига, 2005. — 768 с.
8. Никулин Д.А., Сафонова Ю.А. Задача управления качеством многостадийных производственных процессов В сборнике: Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации. Сборник научных трудов Международной студенческой научно-практической конференции. Ответственный редактор И.В. Поцбенева. 2017. С. 50-55.
9. Михайлов Д.С. Качество производственного процесса В сборнике: Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование. сборник научных трудов 3-й международной молодежной научно-практической конференции: в 2 томах. 2016. С. 84-88.
10. Кобелева Л.А., Зайдуллина Л.К., Бадыханова Р.М. Улучшение качества продукции производственного процесса В сборнике: Экономическая наука и практика. Материалы V Международной научной конференции. 2017. С. 72-74.
11. Колесник М.А. Подходы к управлению производственным процессом для получения заданных характеристик качества. Контроллинг. 2007. № 24. С. 60-64.
12. Анцев В.Ю., Вичук Н.А. К вопросу о выборе методов управления качеством для совершенствования производственных процессов В сборнике: Управление качеством продукции в машиностроении и авиакосмической технике (ТМ-18). Сборник научных трудов X международной научно-технической конференции. 2018. С. 42-44.
13. Черских О.И. Повышение качества производственного процесса на угледобывающем предприятии // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 5. С. 296-305.
14. Банин А.И. Интерпретация показателей качества производственных процессов в российских стандартах В сборнике: Научные исследования и разработки в эпоху глобализации. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор Сукиасян Асатур Альбертович. 2017. С. 9-10.
15. Зобкова Е.Ю., Козлова А.В. Диаграмма Ишикавы, как графический способ исследования факторов в процессе улучшения качества производственных процессов В сборнике: СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ. сборник научных статей 8-й Международной научно-практической конференции. 2018. С. 141-144.

16. Анцев В.Ю., Витчук Н.А. Оценка качества производственного процесса с использованием системы единичных и комплексных показателей. В сборнике: Страна живет, пока работают заводы. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Овчинкин О.В., 2015. С. 39-42.

17. Сомова Ю.В., Свиридова Т.В., Соколова Э.И. Исследование человеческого фактора в системе человек-техническая система-производственная среда с целью повышения безопасности труда на основе этиологии несчастных случаев. В сборнике: Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении. Сборник научных статей 5-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Редколлегия: А.А. Горохов. 2020. С. 304-310.

18. Перятинский А.Ю., Свиридова Т.В. Психологические причины рискованного поведения персонала на производстве В сборнике: Современные достижения университетских научных школ. Сборник докладов национальной научной школы-конференции. 2016. С. 92-97.

19. Могилат, В.Л. Обеспечение эффективного управления промышленной безопасностью горных предприятий путем целенаправленного формирования информационных потоков: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. Спец. 05.26.03 – «Пожарная и промышленная безопасность» (в горной промышленности) /В.Л. Могилат. – М., 2006. – 41 с

20. Перятинский А.Ю., Свиридова Т.В. Устранение конфликта мотивов как метод снижения производственного травматизма В сборнике: Современные достижения университетских научных школ. сборник докладов национальной научной школы-конференции. 2017. С. 100-103.

Статья поступила в редакцию 10.02.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 331.46

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0035

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В ОАО «РЖД»

© 2021

Тесленко Ирина Михайловна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность»**Скоблецкая Оксана Васильевна**, кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры «Техносферная безопасность»**Рапопорт Инна Владимировна**, кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры «Техносферная безопасность»**Куленко Елена Александровна**, аспирант кафедры «Нефтегазовое дело, химия и экология»*Дальневосточный государственный университет путей сообщения**(680000, Россия, Хабаровск, улица Серышева, 47, e-mails: ovskobl@mail.ru, kulenko_elena.95@mail.ru)*

Аннотация. Вопросы охраны труда всегда находятся в центре внимания на железнодорожном транспорте, поскольку от того, как ведется работа в этом направлении, зависят жизни и здоровье не только работников железной дороги, но и пассажиров, а также всех, кто так или иначе имеет дело с этой отраслью. В статье на примере ОАО «РЖД» рассмотрено состояние производственного травматизма в разрезе анализа основных причин, которые влекут за собой несчастные случаи. По результатам исследования установлено, что ключевыми факторами, приводящими к травмам работников ОАО «РЖД» являются: дорожно-транспортные происшествия, организационно-технологические причины, особое место из числа которых занимает человеческий фактор, а также техническое состояние машин и оборудования. Также выделены наиболее опасные специальности и профессии, характеризующиеся высоким уровнем риска производственного травматизма. Особый акцент сделан на необходимости усиленного внимания к психофизиологическим свойствам и качествам работника, который в системе «человек-техника» остается непредсказуемым, а, следовательно, ненадежным ее элементом. На основе проведенного анализа сформулированы рекомендации, касающиеся развития и усовершенствования системы охраны труда на ОАО «РЖД», которая должна иметь единую корпоративную структуру и базироваться на идентификации опасностей, оценке рисков и внутреннем аудите системы безопасности труда.

Ключевые слова: железная дорога, ОАО «РЖД», охрана труда, производственная безопасность, корпоративная система, техника, происшествие, несчастный случай, травма.

ANALYSIS OF THE CAUSES OF OCCUPATIONAL INJURIES AT JSCO "RZD"

© 2021

Teslenko Irina Mikhailovna, candidate of technical sciences,
associate professor of the Department of «Technosphere Safety»**Skobletskaya Oksana Vasilyevna**, candidate of Physics and Mathematics,
associate professor of the Department of «Technosphere Safety»**Rapoport Inna Vladimirovna**, candidate of Physics and Mathematics,
associate professor of the Department of «Technosphere Safety»**Kulenko Elena Alkexandrovna**, post-graduate student of the Department
«Oil and Gas Business, Chemistry and Ecology»*Far Eastern State Transport University**(680000, Russia, Khabarovsk, Serysheva Street, 47, e-mails: ovskobl@mail.ru, kulenko_elena.95@mail.ru)*

Abstract. Occupational safety issues are always in the center of attention in railway transport, because the lives and health of not only railway workers, but also passengers, as well as all those who deal with this industry in one way or another, depend on how work is done in this direction. In the article on the example of JSC "Russian Railways" the state of occupational injuries in the context of the analysis of the main causes that lead to accidents is considered. According to the results of the study, it is established that the key factors leading to injuries of Russian Railways employees are: traffic accidents, organizational and technological reasons, a special place among which is occupied by the human factor, as well as the technical condition of machinery and equipment. The most dangerous specialties and professions, which are characterized by a high level of risk of occupational injuries, are also identified. Special emphasis is placed on the need for increased attention to the psychophysiological properties and qualities of the employee, which in the system of "man-technician" remains unpredictable, and, therefore, its unreliable element. Based on the analysis, recommendations were formulated concerning the development and improvement of the labor protection system at Russian Railways, which should have a unified corporate structure and be based on hazard identification, risk assessment and internal audit of the labor safety system.

Keywords: railway, JSCO "RZD" labor protection, industrial safety, corporate system, equipment, incident, accident, injury.

Введение. Одним из ключевых вопросов в развитии современного менеджмента является создание достойных условий труда, способствующих сохранению здоровья и работоспособности персонала. Со-

гласно последним оценкам Международной организации труда из-за несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний ежегодно умирает 2,83 млн. чел. Около 2,5, млн. смертей (86,3%) вызваны профессиональными заболеваниями, а свыше 387 000 (13,7%) инцидентов являются следствием несчастных случаев на производстве [1].

На железнодорожном транспорте охрана труда имеет особое значение, поскольку эта отрасль характеризуется повышенным риском для жизни.

В настоящее время, в условиях осуществления реформ на железнодорожном транспорте России, крупнейшим перевозчиком и владельцем инфраструктуры которого является ОАО «РЖД», а также в контексте реализации компанией стратегии опережающего роста и внедрения передовых технологий, особую важность приобретает повышение производственной безопасности, улучшение охраны здоровья и условий труда коллектива, а также уменьшение травматизма. Несмотря на общую динамику снижения несчастных случаев на железнодорожном транспорте в РФ, подавляющее большинство травм происходит вследствие несовершенной и неадаптивной системы организации работ и контроля за выполнением требований охраны труда со стороны управленческого контура предприятий [2].

Таким образом, приведенные обстоятельства обуславливают необходимость разработки действенных мер по повышению безопасности труда на железнодорожном транспорте на основе анализа и прогноза производственного травматизма, что обуславливает актуальность, теоретическую и практическую значимость темы данной статьи.

Глубокое научное исследование проблем травматизма началось еще в 30-х годах прошлого века с работы *H.W. Heinrich* [3]. В настоящее время данная проблема неоднократно освещалась в трудах отечественных и зарубежных ученых. В частности, среди них стоит отметить: Загороднюю Е.С. [4], Огородникова С.С. [5], Сайфутдинова Р.А., Козлова А.А. [6], *Zhou Hanchu* [7], *Varghese, Blesson M.* [8], *Stoesz Brenda* [9], *Carol Wilkinson* [10].

Изучению причин травматизма, в том числе оценке человеческого фактора, посвящены труды *Frank R. Spellman* [11], *Groenewold, Matthew* [12], Магомедова Н.З. [13], Локтионова О.А., Кондратьевой О.Е. [14].

Вопросами повышения безопасности труда, анализа и профилактики травматизма непосредственно на железнодорожном транспорте России занимались Салангина Н.П. [15], Торопыгина В.В., Завьялов А.М. [16] и др.

Однако, несмотря на значительный научный и практический вклад отечественных и зарубежных авторов в изучение различных аспектов производственного травматизма и разработку профилактических мероприятий на государственном уровне и на уровне предприятий, в условиях стремительных технологических, организационных, экономических и других изменений, ключевые вопросы охраны требуют по-

стоянного внимания и развития.

Принимая во внимание вышеизложенное, **цель** статьи заключается в проведении анализа причин и факторов производственного травматизма на ОАО «РЖД», что позволит сформулировать рекомендации по усовершенствованию системы охраны труда в компании.

Материалы и результаты исследования. Анализ уровня производственного травматизма на ОАО «РЖД» в течение 2018 г. свидетельствует о существенном уменьшении количества несчастных случаев по сравнению со статистикой 2017 г., так общий травматизм снизился на 7,7%, а травматизм со смертельным исходом – на 19,2 % [17]. Однако профилактика производственного травматизма и охрана труда в каждом обособленном подразделении компании является приоритетным направлением работы, что обусловлено спецификой отрасли.

Так, сотрудники ОАО «РЖД» большое количество видов работ осуществляют на путях без прекращения движения поездов, что является очень опасным фактором. Особенно этот фактор характерен для работников сигнализации и связи, которые реализуют технологический процесс обслуживания путевых устройств: стрелок, сигналов, рельсовых цепей и т.п. в условиях ограниченного промежутка времени перерыва движения поездов. Данный факт, приводит к значительному количеству травм в результате удара, наезда, зажатия подвижным составом. Однако внедрение средств автоматизации в компании позволило снизить число несчастных случаев по данной причине на протяжении 2007-2018 гг. более чем в 5 раз.

Кроме того, с большей опасностью выполняются работы при поиске и устранении неисправности устройств, вызывающих, чаще всего, задержку в движении поездов, это в свою очередь приводит к дорожно-транспортным происшествиям, в которых получают травмы различной тяжести сотрудники компании. Несмотря на комплекс реализуемых мероприятий по охране труда, повышение квалификации и регулярное обучение, ДТП находится на первом месте из перечня причин, приводящих к несчастным случаям в ОАО «РЖД».

Также анализ факторов, влияющих на безопасность труда в ОАО «РЖД» показывает, что за последние несколько лет в проблеме безопасности существует ярко выраженная тенденция роста количества инцидентов по вине человека. Так, нарушение трудовой и производственной дисциплины приводит к возникновению практически каждого пятого несчастного случая в компании.

Современное развитие науки и техники в большей степени позволило решить вопрос обеспечения надежности технических средств. Между тем человек, как элемент человеко-машинной системы «человек-техника» остается непредсказуемым, а следовательно, ненадежным элементом этой системы [18]. Такие профессии как машинист, помощник машиниста локомотивов и вагонного подвижного состава

предъявляют повышенные требования к психофизиологическим свойствам и качествам людей.

Более подробная статистика производственного травматизма в ОАО «РЖД» в разрезе основных причин представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Статистика несчастных случаев в ОАО «РЖД» в разрезе основных причин травматизма [19]

Год	Удар, наезд, зажатие подвижным составом		Поражение электрическим током		ДТП		Падение с высоты	
	Травмировано всего	В т.ч со смертельным исходом	Травмировано всего	В т.ч со смертельным исходом	Травмировано всего	В т.ч со смертельным исходом	Травмировано всего	В т.ч со смертельным исходом
2007	56	32	38	16	63	8	74	11
2008	47	24	37	16	52	14	89	8
2009	43	21	33	15	52	10	84	7
2010	41	19	36	16	67	20	65	8
2011	47	25	22	12	41	7	52	8
2012	31	12	19	12	59	12	44	5
2013	25	13	18	8	37	7	46	5
2014	27	11	18	7	44	6	36	5
2015	22	13	14	4	33	3	36	2
2016	19	10	12	4	40	4	25	2
2017	18	9	17	9	15	1	13	
2018	10	4	12	5	34	3	21	1
Всего	386	193	264	124	497	91	539	62

Анализируя производственный травматизм в случаях со смертельным исходом, необходимо отметить, что чаще всего в компании погибают ремонтники искусственных сооружений, слесари по ремонту подвижного состава и машинисты экскаваторов или бульдозеров. А к смертельным последствиям в большинстве случаев приводит поражение электрическим током, реже - чрезвычайные события на транспорте

или падение с высоты.

Помимо рассмотренных выше, для компании также характерными являются следующие причины возникновения несчастных случаев с работниками в процессе выполнения ими производственных заданий: неисправное оборудование или инструменты, отказ предохранительных устройств, отсутствие проверок безопасности машин и оборудования, выполнение работы в темное время суток и в неблагоприятных погодных условиях, недостаточное обучение и контроль со стороны руководства, невыполнение или недостаточное соблюдение правил и норм безопасности.

Аналитическая группировка факторов, приводящих к несчастным случаям персонала компании ОАО «РЖД» представлена на рисунке 1.

Полученные результаты исследования позволяют отметить следующее. Главной задачей системы управления охраной труда в компании ОАО «РЖД» является систематизация работы, повышение ее эффективности и целенаправленности путем рационального и планомерного использования всех организационных, экономических и технических возможностей компании. В данном контексте считаем, что, во-первых, процесс управления охраной труда должен базироваться на риск-ориентированном подходе и быть обеспеченным методиками оценки и прогнозирования риска, которые разработаны с учетом специфики отрасли; во-вторых, в качестве составляющей представляется обязательным наличие автоматизированной системы поддержки принятия управленческих решений на основе прогнозирования риска (на уровне службы охраны труда); в-третьих на уровне Положения о системе управления охраной труда компанией должен быть заложен механизм самосовершенствования системы в зависимости от изменения внешних условий.



Рисунок 1 - Группы причин несчастных случаев ОАО «РЖД» за 2012 – 2018 гг.

Из числа первоочередных мер, которые необходимо провести ОАО «РЖД» можно отметить следующие:

– пересмотр документов по охране труда и приведение их в соответствие с действующим законодательством и международными нормами;

– техническое переоснащение и улучшение состояния оборудования в соответствии с актуальными требованиями безопасности труда (обеспечение дополнительными мерами предосторожности, автоматизированными системами контроля и т.п. [20]);

– проведение мероприятий по повышению личной ответственности работников за соблюдение ими безопасных методов труда.

Заключение. В ходе проведения анализа причин травматизма на ОАО «РЖД» были выявлены и идентифицированы основные и сопутствующие причины наступления несчастных случаев.

Полученные результаты позволили прийти к выводу, что основным направлением усовершенствования производственной безопасности на ОАО «РЖД» в современных условиях является создание единой корпоративной системы управления охраной труда, которая будет базироваться на идентификации опасностей, оценке рисков и внутреннем аудите системы в целом. Это позволит повысить уровень безопасности выполнения работ, уменьшить и предотвратить влияние опасных факторов на персонал компании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Introduction to health and safety at work: for the NEBOSH National General Certificate in occupational health and safety / Phil Hughes, Ed Ferrett. London: Routledge, 2021. 178 p.
2. Аннин В.А. Сверхзадача: добиться нулевого смертельного травматизма // Локомотив. 2019. № 6 (750). С. 6-9.
3. Heinrich H.W. Industrial accident prevention: a scientific approach. McGraw-Hill. New York; London, 1931. 366 p.
4. Загородняя Е.С. Причины производственного травматизма // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР. 2020. № 1-2. С. 300-302.
5. Огородников С.С. Анализ взаимосвязи расходов на охрану труда и уровня производственного травматизма // Естественные и технические науки. 2020. № 10 (148). С. 192-194.
6. Сайфутдинов Р.А., Козлов А.А. Анализ производственного травматизма при оценке профессиональных рисков // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2020. № 1 (89). С. 60-69.
7. Zhou, Hanchu Severity of passenger injuries on public buses: A comparative analysis of collision injuries and non-collision injuries // Journal of safety research. 2020. Volume 74; pp 55-69.
8. Varghese, Blesson M. Heat-related injuries in Australian workplaces: Perspectives from health and safety representatives // Safety science. 2020. Volume 126; pp 15-19.
9. Stoesz Brenda Incidence, risk factors, and outcomes of non-fatal work-related injuries among older workers: A review of research from 2010 to 2019 // Safety science. Volume 126; pp 67-72.
10. Carol Wilkinson Managing health at work: a guide for managers and workplace health specialists. Boca Raton: CRC Press, 2020. 328 p.
11. Frank R. Spellman Industrial hygiene simplified: a guide to anticipation, recognition, evaluation, and control of workplace hazards. Lanham: Bernan Press, 2017. 217 p.
12. Groenewold, Matthew Burden of occupational morbidity from selected causes in the United States overall and by NORA industry sector, 2012: A conservative estimate // American journal of industrial medicine. 2019. Volume 62: Issue 12; pp 1117-1134.
13. Магомедова Н.З. Анализ причин производственного

травматизма // Образование и наука в России и за рубежом. 2020. № 6 (70). С. 50-52.

14. Локтионов О.А., Кондратьева О.Е. Совершенствование подходов к анализу травматизма на промышленных предприятиях // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 11. С. 76-81.

15. Салангина Н.П. Инновационный подход в области управления охраной труда на железнодорожном транспорте // Научные исследования. 2019. № 1 (27). С. 11-13.

16. Торопыгина В.В., Завьялов А.М. Использование новых методов и технологий в управлении охраной труда на железнодорожном транспорте // Проблемы безопасности российского общества. 2019. № 2. С. 14-22.

17. Производственная безопасность и охрана труда URL: <https://ar2018.rzd.ru/ru/sustainable-development/health-safety>

18. Sustainable rail transport: proceedings of RailNewcastle 2017 / Anna Fraszczyk, Marin Marinov, editors. Cham: Springer, 2018. 416 p.

19. Анализ состояния охраны труда в ОАО «РЖД» URL: <http://rly.su/ru/content>

20. Curcuruto, Matteo Multilevel safety climate in the UK rail industry: A cross validation of the Zohar and Luria MSC scale // Safety science. 2018. Volume 110: Number PB; pp 183-194.

Статья поступила в редакцию 21.01.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 614.8

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0036

**ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ
ВОЛОНТЕРОВ-СПАСАТЕЛЕЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

© 2021

Фролова Нина Анатольевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности»,*Амурский государственный университет**(675027, Россия, Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 21, e-mail: ninelfr@mail.ru)*

Аннотация. В рамках реализации федерального проекта «Социальная активность» Ассоциация волонтерских центров реализует Программу мобильности и организации участия волонтеров в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Волонтеры-спасатели, участвующие в ликвидации последствий стихийных или техногенных бедствий, могут подвергаться воздействию широкого спектра физических и психических стрессов, которые имеют долговременные и пагубные психопатологические последствия. В этой связи особую актуальность приобретают ситуационные тренинги, как способ предотвращения или смягчения психопатологических эффектов и повышения устойчивости реагирования к стрессу от критических инцидентов. В статье проведен опрос волонтеров-спасателей в 2019-2020 гг. Результаты показали, что существует прямая корреляция между работой на месте катастрофы, переживанием психических расстройств и негативных последствий. В результате опроса установлено, что большая часть респондентов (85%) испытывают психические посттравматические расстройства. Больше половины из них (60%) поддержали необходимость проведения специальных психологических упражнений, тренингов, эмитирующих работу в условиях экстремальных и чрезвычайных ситуаций. Прохождение предварительного психологического обучения способствует адаптации волонтеров-спасателей к преодолению последствий чрезвычайных ситуаций и снижения посттравматических расстройств.

Ключевые слова: волонтер-спасатель, чрезвычайная, экстремальная ситуация, опрос.

**PSYCHOLOGICAL ASPECTS OF MANAGING THE ACTIVITIES OF VOLUNTEER RESCUERS IN
RUSSIA EXTREME AND EMERGENCY SITUATIONS**

© 2021

Frolova Nina Anatolievna, candidate of Technical Sciences, associate Professor of the Department of Life Safety,
*Amur State University**(675027, Russia, Blagoveshchensk, Ignatievskoe highway, 21, e-mail: ninelfr@mail.ru)*

Abstract. As part of the federal project "Social Activity", the Association of Volunteer Centers is implementing the Mobility Program and organizing the participation of volunteers in the elimination of the consequences of emergencies. Rescue volunteers involved in natural or man-made disasters can be exposed to a wide range of physical and mental stresses that have long-term and harmful psychopathological consequences. In this regard, situational trainings acquire particular relevance as a way to prevent or mitigate psychopathological effects and increase the resistance to stress from critical incidents. The article conducted a survey of volunteer rescuers in 2019-2020. The results showed that there is a direct correlation between working on the spot, experiencing mental disorders and negative consequences. As a result of the survey, it was found that most of the respondents (85%) experience post-traumatic mental disorders. More than half of them (60%) supported the need for special psychological exercises, trainings, emitting work in extreme and emergency situations. Passage of preliminary psychological training contributes to the adaptation of rescue volunteers to overcome the consequences of emergencies and reduce post-traumatic disorders.

Keywords: volunteer rescue, emergency, extreme situation, survey.

Введение. Посттравматическое стрессовое расстройство сопровождается развитием определенной симптоматической картины после воздействия экстремального травматического стрессора, которое является следствием работы волонтеров-спасателей на месте чрезвычайной ситуации [1-3].

К волонтерам-спасателям относятся добровольцы, не принадлежащие к традиционным группам быстрого реагирования, которые участвует в поисково-спасательных операциях на месте бедствия, помогают ликвидировать последствия чрезвычайных ситуаций. Волонтеры также подвергаются риску развития травматических последствий психического здоровья, связанного со стрессом из-за тяжелых условий труда. Опасности, связанные с реагированием на бедствия,

многочисленны и разнообразны. В ходе проведения ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций волонтеры-спасатели наблюдают жуткие картины неожиданной или насильственной смерти, серьезного вреда угрозы смерти, или травмы пострадавших [4-6].

К стрессовым факторам, которые могут вызвать психопатологические эффекты у волонтеров-спасателей относят: работу с тяжелыми травмами, столкновение с индивидуально направленной агрессией или серьезной личной угрозой во время пожаров, аварий или других бедствий, наблюдение за последствиями преступлений и несчастных случаев ни в чем не повинные жертвы и т.д. Их реакция в данный момент сопровождается сильным страхом, беспомощностью или ужасом [7-10]. Характерные симптомы, возника-

ющие в результате воздействия психотравмирующих факторов включают стойкое переживание травмирующего события, онемение общей реакции, симптомы повышенного возбуждения и т.д. При этом данная картина психических факторов может присутствовать в их памяти более 1 месяца, а, следовательно, вызывать клинически значимые расстройства или нарушения в социальной, профессиональной или других важных сферах жизнедеятельности [11-14].

Целью исследований явилось выявление уровня посттравматического расстройства у волонтеров-спасателей, возникающее после ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Основным методом исследований явилось анкетирование волонтеров-спасателей через интернет и веб-сайт *SurveyMonkey*. Исследования проводили в трехлетнем разрезе с 2016-2019 гг. В ходе эксперимента было опрошено 432 волонтера-спасателя из разных регионов России. Структура опрошенных волонтеров выглядела следующим образом: 26% волонтеров-спасателей Центрального федерального округа, 24% – волонтеров-спасателей Северо-Западного федерального округа, 13% - Южного федерального округа, 22% - Сибирского федерального округа и 15% - Дальневосточного федерального округа.

Материалы и результаты исследования. Для подтверждения психических расстройств у волонтеров-спасателей совместно с клиническими психологами была разработана специальная анкета, состоящая из ряда вопросов, позволяющих диагностировать качественную и количественную стороны исследуемого вопроса. Анализ включал модификацию двух ранее существовавших и проверенных инструментов опроса для оценки осведомленности волонтеров о физических, психических и травмирующих факторов стресса [15]. Инструментами опроса явились ранее существовавшие и проверенные диагностические инструменты, используемые для оценки симптоматики посттравматического стрессового расстройства, способности справиться с ситуацией и последствий травматических психических/физических факторов стресса у лиц, оказывающих помощь в экстремальных и чрезвычайных ситуациях. Ответы на опрос были использованы для определения необходимости актуализации и подробного рассмотрения вопросов психического здоровья [16-18].

Исследование проводилось через интернет и веб-сайт *SurveyMonkey*, при этом личного взаимодействия между исследователем и участниками исследования не было. Данные опроса не содержали никакой идентифицирующей информации, тем самым защищая конфиденциальность и неприкосновенность частной жизни участников исследования. Кроме того, все данные хранились в зашифрованной компьютерной базе данных и были защищены паролем. Доступ был ограничен. Для завершивших опрос респондентов были сформированы результаты в виде отчета: текущих знаний и пониманий психических, физических и травматических стрессоров; степень влияния по-

сттравматического расстройства на здоровье, работу и социальные взаимодействия; необходимость прохождения дополнительных тренингов для снижения психических нагрузок, как результата ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Респондентам было предложено ответить на следующие вопросы: (1) Имеют ли представления волонтеры-спасатели о психических расстройствах, связанных с реагированием на стихийные бедствия? (2) Испытывали ли они в жизни какой-либо психологический стресс, как это повлияло на их самочувствие или здоровье в целом? (3) Знают ли они о стратегиях смягчения психического стресса? (4) Существует ли явная необходимость включать дополнительные тренинги или проводить различное обучение по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций? (5) Как будут влиять тренинги на психическое здоровье респондентов? (6) Может ли эта предварительная подготовка в области ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций повысить степень готовности сил волонтеров-спасателей и стать общепринятым элементом в их деятельности? (7) Необходимы ли знания и навыки для распознавания симптоматики посттравматического стрессового расстройства и психических стрессоров, позволяя им использовать защитные стратегии или обращаться за профессиональной помощью? и т.д.

Отдельным блоком был выделен ряд вопросов для сбора анонимных данных и оценки знаний о симптоматике посттравматического расстройства, устойчивости к стрессу и влиянии травматических психических/физических стрессоров среди волонтеров-спасателей. Вопросы были взяты из специальных существующих методик, связанных с посттравматическим расстройством и стрессом: контрольный список посттравматических расстройств – версия 36, 37; шкала устойчивости Коннора-Дэвидсона. Главными диагностическими критериями были критерии по *DSM-IV B, C и D*. Шкала устойчивости Коннора-Дэвидсона состояла из 25 пунктов, причем более высокие баллы отражали большую устойчивость к исследуемому вопросу. В заданиях использовалась 5-балльная шкала Лайкерта с соответствующими значениями: (1) «категорически не согласен»; (2) «не согласен»; (3) «ни согласен, ни не согласен»; (4) «согласен»; и (5) «решительно согласен». В дополнение к шкалам устойчивости в опросе были представлены еще семь вопросов, которые оценивали подготовку, опыт и мнение участников о необходимости прохождения учебного модуля по психическому здоровью. В этих вопросах использовалась 3-балльная шкала с соответствующими значениями: (1) «Да»; (0) «Нет»; и (2) «Не знаю». Опрос занял около 15 минут. Для определения влияния различных факторов были проведены однопробные *T*-тесты на уровне значимости 95% и 99% ($p = 0,05$). Респонденты, работающие в условиях стихийного бедствия, чаще страдали от психических расстройств и негативных последствий, чем респонденты, не пережившие стихийное бедствие. Статистически значимая связь между психическим расстройством и

негативным эффектом наблюдалась в тех случаях, где респонденты с психическим расстройством чаще страдали от негативных последствий, чем респонденты, у которых их не был, и наоборот. Результаты показали, что существует прямая корреляция между работой на месте катастрофы, переживанием психических расстройств и негативных последствий. В результате опроса установлено, что большая часть респондентов (85%) испытывают психические посттравматические расстройства. Больше половины из них (60%) поддерживали необходимость проведения специальных психологических упражнений, тренингов, эмитирующих работу в условиях экстремальных и чрезвычайных ситуаций. Были установлены характерные симптомы, возникшие в результате воздействия экстремальных ситуаций, которые включали: постоянное переживание травмирующего события, онемение общей реакции, симптомы повышенного возбуждения.

Таким образом результаты опроса свидетельствуют, что самым серьезным фактором риска посттравматического стресса является «доза», интенсивность или количество воздействия негативных психических факторов. Восприятие безопасности – предполагаемая безопасность, является важным компонентом поведения в отношении здоровья и способности работать после воздействия травмирующих событий. Также установлено, что респонденты с более низкой восприимчивостью показали более высокие эмоциональные реакции и большую перитравматическую диссоциацию [19-20], а, следовательно, у этой группы лиц больше шансов иметь посттравматическое стрессовое расстройство.

Респонденты также могут испытывать условные рефлексы после определённого времени в результате воздействия травмирующего события. Контекстные стимулы или сигналы окружающей среды, представленные во время травмирующего события, но не связанные с ним, могут вызвать условные реакции. Например, если взрыв произошел в жаркий и пыльный день, аналогичные климатические условия, возникшие много лет спустя в местах, удаленных от первоначального взрыва, могут вызвать нежелательные воспоминания о событии и вызвать сильные эмоциональные реакции. Кроме того, исследования показали, что бедствия, вызванные намерениями человека (например, террористические атаки), создают более негативные психологические последствия для выживших, чем стихийные бедствия. Посттравматическое стрессовое расстройство является одним из наиболее распространенных и изнурительных последствий (инцидентов), связанных с терроризмом.

В качестве снижения посттравматических стрессовых ситуаций было предложено разработать специальный курс (тренинг) психологических упражнений для волонтеров-спасателей и закрепить обязательное прохождение данного курса в законодательном порядке. Основным акцентом в данном обучении станет сосредоточение безопасного обращения и процедуры устранения рисков, представляющих физический и

психический вред здоровью. Кроме того, рекомендуется проводить просвещение по вопросам психического здоровья, как способ предотвращения или смягчения психопатологических эффектов. Такое обучение могло бы дать волонтерам-спасателям необходимые знания и навыки распознавания симптомов посттравматического стрессового расстройства, факторов психического стресса, а также физических и травматических стрессоров. Это дает возможность применять защитные стратегии или обращаться за профессиональной помощью в случае проявления клинической картины.

Предварительная подготовка волонтеров-спасателей должна способствовать обеспечению необходимыми знаниями и навыками для распознавания симптомов посттравматического расстройства, психических, физических и травматических стрессоров, что позволит использовать защитные стратегии в вопросе исключения психических расстройств. Предварительная подготовка способствует смягчению негативных реакции на стресс несколькими способами: подготовительная информация обеспечивает предварительный просмотр среды стресса и делает задачу менее новой и незнакомой, что приводит к более позитивному ожиданию самоэффективности.; знание о предстоящем событии повышает предсказуемость и уменьшает потребность в внимании и отвлечении от необходимости отслеживать и интерпретировать новые события; подготовительная информация может усилить чувство поведенческого или когнитивного контроля над травмирующим событием, предоставляя человеку средства реагирования на стресс.

Так, например, обучение спасателей в Соединённых штатах Америки – *HAZWOPER*, которое состоит из серии стандартизированных курсов, зависящих от типа работы спасателя. Иерархия обучения начинается с курса *HAZWOPER Awareness* (уровень 1), который обычно длится 1-2 часа. Следующим уровнем иерархии является курс «Операции *HAZWOPER* (уровень 2)», который длится 24 часа. Высший уровень обучения - это курс *HAZWOPER Technician* (уровень 3), который представляет собой 40-часовой курс золотого стандарта в иерархии. Респондент может повысить уровень своего обучения с уровня 2 до уровня 3, посетив 16-часовой курс повышения квалификации. Ежегодно респонденты уровня 2 и 3 проходят 8-часовой курс повышения квалификации, подтверждая тем самым свой сертификат волонтера. Зарубежный опыт свидетельствует о том, что большая и регулярная тренировка (даже в режиме *online*, через электронные ресурсы) способствует более высокой устойчивости к травматическому стрессу, который регулярно испытывает спасатель при ликвидации последствий экстремальных и чрезвычайных ситуаций.

Заключение. Таким образом, разработка информационной системы, отбора добровольцев, расширение сети партнерских организаций в реализации учебного модуля является актуальной задачей регионов Российской Федерации. Для просвещения в области

психического здоровья настоятельно рекомендуется разработать учебный модуль обучения психической адаптации к чрезвычайным и экстремальным условиям, которое будет проводиться в виде ситуационных тренингов на базе региональных отделений Министерства чрезвычайных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Toker S., Shirom A., Melamed S., Armon G. Work characteristics as predictors of diabetes incidence among apparently healthy employees // *Journal of Occupational Health Psychology*. 2012. Vol. 17, N 3. P. 259–267.
2. Mc. Eachern A. D., Fosco G. M., Dishion T. J., Shaw D. S., Wilson M. N., Gardner F. Collateral benefits of the family check-up in early childhood: Primary caregivers' social support and relationship satisfaction // *Journal of Family Psychology*. 2013. Vol. 27, N 2. P. 271–281.
3. Холмогорова А. Б., Московская М. С., Шерягина Е. В. Алекситимия и способность к оказанию разных видов социальной поддержки // *Консультативная психология и психотерапия*. 2014. Т. 22, № 4. С. 115–129.
4. Powell T. J., Yeaton W., Hill E. M., Silk K. R. Predictors of psychosocial outcomes for patients with mood disorders: The effects of self-help group participation // *Psychiatric Rehabilitation Journal*. 2001. Vol. 25, N 1. P. 3–11.
5. Denenny D., Thompson E., Pitts S. C., Dixon L. B., Schiffman J. Subthreshold psychotic symptom distress, self-stigma, and peer social support among college students with mental health concerns // *Psychiatric Rehabilitation Journal*. 2015. Vol. 38, N 2. P. 164–170.
6. Тарабрина Н. В. Теоретико-эмпирическое обоснование выделения термина «посттравматический стресс» в самостоятельную категорию // *Стресс, выгорание, совладание в современном мире / под ред. А. Л. Журавлева, Е. А. Сергиенко*. М.: Изд-во ИП РАН, 2011. С. 44–65.
7. Тарабрина Н. В. Психологические последствия воздействия стрессоров высокой интенсивности: посттравматический стресс // *Психологический журнал*. 2012. Т. 33. № 6. С. 20–33.
8. Cai W., Ding C., Tang Y.-L., Wu S., Yang D. Effects of social supports on posttraumatic stress disorder symptoms: Moderating role of perceived safety // *Psychological Trauma: Theory, Research, Practice, and Policy*. 2014. Vol. 6, N 6. P. 724–730.
9. Ferrajao P. C., Oliveira R. A. Self-awareness of mental states, self-integration of personal schemas, perceived social support, posttraumatic and depression levels, and moral injury: A mixed-method study among Portuguese war veterans // *Traumatology*. 2014. Vol. 20, N 4. P. 277–285.
10. Boyraz G., Horne S. G., Armstrong A. P., Owens A. C. Posttraumatic stress predicting depression and social support among college students: Moderating effects of race and gender // *Psychological Trauma: Theory, Research, Practice, and Policy*. 2015. Vol. 7, N 3. P. 259–268.
11. Brinn A. J., Auerbach C. F. The warrior's journey: sociocontextual meaning-making in military transitions // *Traumatology*. 2015. Vol. 21, N 2. P. 82–89.
12. Nuttman-Shwartz O., Dekel R., Regev I. Continuous exposure to life threats among different age groups in different types of communities // *Psychological Trauma: Theory, Research, Practice, and Policy*. 2015. Vol. 7, N 3. P. 269.
13. Bramsen I., van der Ploeg H. M., Twisk J. Secondary traumatization in Dutch couples of World War II survivors // *Journal of Consulting and Clinical Psychology*. 2002. Vol. 70, N 1. P. 241–245.
14. Wetherell J. L. Treatment of anxiety in older adults // *Psychotherapy: Theory, Research, Practice, Training*. 1998. Vol. 35, N 4. P. 444–458.
15. Ron P. Posttraumatic stress disorder among three-generation families in times of war: A comparison between Israeli Jewish and Arabs after the Second Lebanon War (2006) and Cast Lead Operation (2009) // *Traumatology*. 2014. Vol. 20, N 4. P. 269–276.
16. Абульханова К. А. Российский менталитет: кросс-культурный и типологические подходы // *Российский менталитет: вопросы психологической теории и практики / отв. ред. К. А. Абульханова, А. В. Брушлинский, М. И. Воловикова*. М.: Изд-во ИП РАН, 1997. С. 7–37.
17. Александров Ю. И., Александрова Н. Л., Харламенкова Н. Е. Субъективный опыт: личностное и социокультурное // *Человек*. 2011. № 2. С. 104–113.
18. Тарабрина Н. В. Практическое руководство по психологии посттравматического стресса: в 2 ч. Ч. 2. М.: Когито-Центр, 2007.- С. 23-77.
19. Keane T. M., Wolfe J., Taylor K. L. PTSD: Evidence for diagnostic validity and methods of psychological assessment // *Journal of Clinical Psychology*. 1987. Vol. 43. P. 32–43.
20. Харламенкова Н. Е., Быховец Ю. В. Картина травматических событий у пожилых людей и принципы организации психологической помощи // *Психология человека и общества: научно-практические исследования / под ред. А. Л. Журавлева, Е. А. Сергиенко, Н. В. Тарабриной*. М.: Изд-во ИП РАН, 2014. С. 248–261

Статья поступила в редакцию 29.12.2020

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 004

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0037

БЫСТРЫЙ МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИАЦИОННЫХ КАРТ ПУТЕМ ИНТЕРПОЛЯЦИИ В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ

©2021

Юданов Петр Максимович, кандидат технических наук,
старший преподаватель кафедры химии и материаловедения*Академия гражданской защиты МЧС России
(141435, Московская обл., Химки, Соколовская ул., 1, e-mail: reno128@yandex.ru)*

Аннотация. Данная работа относится к области разработки алгоритмов прогнозирования ЧС радиационного характера в целях защиты населения и территорий от поражающих факторов ионизирующего излучения. Целью данной работы является создание методики быстрой оценки и нанесению на карту радиационного фона объектов, на которых проводилась работа с источниками ионизирующего излучения при выводе их из эксплуатации. Результатами данной статьи можно считать построенный алгоритм визуализации, по которому можно разрабатывать модели для каждого конкретного объекта атомной промышленности, а также особенности обчёта и визуализации потока излучения, позволяющего наглядно и полно описать картину и изменения фона каждого конкретного объекта с учётом возможности возникновения множественных и распределённых источников фона. Результаты данной работы будут полезны подразделениям МЧС России и контролирующим органам предприятий атомной промышленности для лучшего планирования и снижения рисков для персонала за счёт быстрой оценки радиационной загрязнённости частей объектов и окружающей местности для обеспечения безопасности персонала по демонтажу. Важнейшими методами обработки данных, использовавшимися в данной работе являлись визуализация и виртуальное моделирование. Визуализация распространения излучения и его ослабления различными препятствиями позволяет создавать модели радиационной обстановки на объекте, автоматически строящие карту радиационного загрязнения местности по вводным данным, зависящим от типа и эксплуатации объекта ядерной промышленности. Виртуальное моделирование является той технологией, которая позволяет достичь эффективного рабочего процесса в ходе вывода из эксплуатации ядерных установок, а также сократить финансовые и временные издержки. Для визуализации была использована виртуальная среда (программное обеспечение) и пакет программ MathLab.

Ключевые слова: радиационная карта, культура безопасности, виртуальное моделирование, вывод из эксплуатации ядерных объектов.

**A FAST METHOD FOR SIMULATING RADIATION MAP BY INTERPOLATION
IN A VIRTUAL ENVIRONMENT**

©2021

Yudanov Petr Maksimovich, candidate of Technical Sciences,
senior lecturer of the Department of Chemistry and Materials Science*Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergencies of Russia
(141435, Moscow region, Khimki, Sokolovskaya st., 1, e-mail: reno128@yandex.ru)*

Abstract. This study relates to the development of algorithms for predicting radiation emergencies in order to protect the population and territories from damaging factors of ionizing radiation. The purpose of this work is to create a method for rapid assessment and mapping of the radiation background of objects on which work was carried out with sources of ionizing radiation during their decommissioning. The results of this article can be considered the constructed visualization algorithm, by which it is possible to develop models for each specific object of the nuclear industry, as well as the features of the calculation and visualization of the radiation flux, which makes it possible to clearly and fully describe the picture and changes in the background of each specific object, taking into account the possibility of the occurrence of multiple and distributed sources background. The results of this work will be useful to the subdivisions of the EMERCOM of Russia and the regulatory authorities of nuclear industry enterprises for better planning and reducing risks for personnel by quickly assessing the radiation contamination of parts of facilities and the surrounding area to ensure the safety of dismantling personnel. The most important data processing methods used in this work were visualization and virtual modeling. Visualization of the propagation of radiation and its attenuation by various obstacles makes it possible to create models of the radiation situation at the facility, which automatically build a map of the radiation contamination of the area according to the input data, depending on the type and operation of the nuclear industry facility. Virtual simulation is a technology that allows you to achieve an efficient workflow during the decommissioning of nuclear installations, as well as reduce financial and time costs. For virtualization, a virtual environment (software) and the MathLab software package were used.

Keywords: radiation map, safety culture, virtual modeling, decommissioning of nuclear facilities.

Введение. Виртуальная реальность и оценка дозы выводе ядерных объектов из эксплуатации. Радиационные карты в виртуальных средах все чаще применя-

ются для обеспечения ядерной безопасности и радиационной защиты и обеспечивают информационную поддержку для оценки безопасности и моделирования безопасности ядерных объектов. Кроме того, визуализация излучения является сутью виртуального моделирования при выводе ядерных объектов из эксплуатации.

В начале XXI века на территории России происходит большое количество ЧС природного и техногенного характера. Осуществляемая политика на государственном уровне направлена на повышение готовности к реагированию по решению возложенных задач и минимизации возможных потерь среди населения и материального ущерба в результате опасностей, возникающих при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [6-7].

В настоящее время радиационные карты в виртуальной среде все чаще находят свое применение в целях обеспечения ядерной безопасности и радиационной защиты, они оказывают информационное содействие в целях оценки и моделирования безопасности ядерных объектов. Помимо этого, радиационная визуализация является сутью виртуального моделирования в ходе непосредственного вывода из эксплуатации ядерных объектов. Составление радиационных карт осуществляется при помощи расчетов и измерений, что требует значительных финансовых вложений. Для расчетов применяется множество различных методов примерами которых могут служить: метод Монте-Карло, метод дискретных ординат и множество других. В данной статье мы рассматриваем быстрое моделирование радиационной карты с использованием интерполяции в виртуальной среде. Построение карты осуществляется с применением интерполяции радиационных полей после чего происходит визуализация в виртуальной среде.

Материалы и результаты исследования. Начнем непосредственно с применения радиационной карты. Для упрощения процесса построения радиационной карты в виртуальном ядерном объекте существует метод ее моделирования, состоящий непосредственно из расчета и последующей визуализации. Расчет осуществляется с применением *MATLAB*, а визуализация с применением языков программирования *C#* и *UNITY*. Реализация происходит на виртуальной имитационной платформе, после чего ядерные установки выводятся из эксплуатации (рис. 1) [1,3,7].

Принято считать, что с радиационной картой фактически не происходит изменений, что позволяет реализовать оценку дозы излучения в ходе вывода из эксплуатации, при помощи радиационного картирования.

Что же такое карта излучения? Это некий набор мощностей дозы, которые равномерно распределены в трехмерном пространстве, которое охватывает всю рабочую зону. Исходными данными выступают пробы с ядерных установок, увеличение их количества несомненно оказывает положительное воздействие на точность расчетов, но способствует увеличению

загр [4-6].

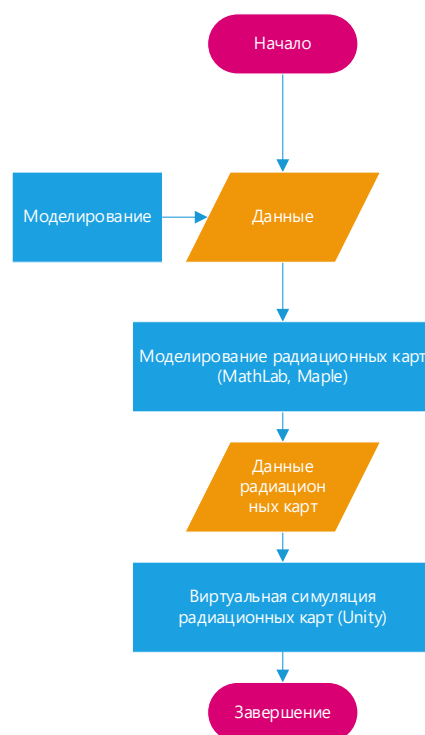


Рисунок 1 – Блок-схема моделирования радиационных карт в виртуальной среде

Отбор проб может реализовываться различными методами. Расчет радиационной карты может быть реализован с помощью программирования *C#*, и он был применен в нашей виртуальной программе моделирования вывода из эксплуатации ядерных установок. С точки зрения физики мощность дозы уменьшается с увеличением расстояния между точкой мониторинга (т.е. целью) и источником излучения. Когда источник излучения неизвестен, трудно описать радиационную карту по правилам и формулам. Поэтому в качестве инструмента для расчета радиационной карты выбираются *NN*. Сеть радиальных базисных функций (РБФ) - это *NN* алгоритм с простой архитектурой, простым учебным процессом и широким применением. Превосходство заключается в использовании линейных алгоритмов обучения для обобщения предыдущей работы, выполненной нелинейными алгоритмами обучения на предыдущем уровне, сохраняя при этом высокую точность нелинейных алгоритмов. Кроме того, он обладает характеристиками наилучшего приближения, глобального оптимума и т.д. [8-10].

Радиационная визуализация способствует пониманию и наблюдению за распределением силы излучения в виртуальной среде. Поскольку радиационная карта представляет собой набор равномерно распределенных мощностей дозы в поперечном сечении трехмерного пространства, традиционная визуализация не подходит для наших исследований. В соответствии с методами радиационной визуализации может быть разработано и реализовано несколько визуализаций радиационной карты с использованием *UNITY*, таких как сетка дозы, кубоид дозы и точка дозы. Точка дозы

отображает радиационную карту в трехмерном пространстве, используя точки разного цвета, куб имеет собственную мощность дозы и независимые цвета. Дозовая сетка отображает радиационную карту на высоте 1 м, используя сетку различных цветов в соответствии с мощностью дозы [11].

С помощью четырех гипотетических сценариев проверяется осуществимость предлагаемого метода. В связи с отсутствием отбора проб на месте, радиационное поле может моделироваться с помощью ПК. **Цель** данного исследования - предложить метод быстрого моделирования радиационных карт с использованием интерполяции в виртуальной среде.

Для прогнозирования данных карты используются статистические данные.

MAPE – средняя процентная ошибка прогноза используется в случаях, когда надо определить модель прогноза дает последовательно завышенные прогнозы или последовательно заниженные прогнозы.

Средняя абсолютная процентная ошибка (МАПО), также известный как среднее абсолютное отклонение в процентах (МАП), является мерой точности предсказания метода прогнозирования в статистике, например, в оценке тренда, также используется в качестве функции потерь для задач регрессии в машине обучение. Обычно точность выражается в виде отношения, определяемого формулой:

$$M = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|$$

где

A_t - фактическое значение,

F_t - прогнозное значение.

MAPE также иногда в виде процента, который является приведенное выше уравнение, умноженное на 100. разница между A_t и F_t делится на фактическое значение A_t снова. Абсолютное значение в этом вычислении суммируется для каждого прогнозируемого момента времени и делится на количество подобранных точек n . Умножение на 100% дает процентную ошибку [12-16].

Рассмотрим моделирование радиационных полей на примере. Размер гипотетической рабочей зоны составляет 19м×19м, а источник излучения расположен в правом верхнем углу рабочей зоны. Рабочая зона разделена на 19×19 ячеек, а расстояние между двумя соседними ячейками составляет 1 м. Выборки для схем а-с представляют собой различные распределения концентрических кругов, как показано на рисунке 2 (а-с). Выборка для схемы *D* представляет собой сеточное распределение, а расстояние между соседними точками выборки составляет 4 м, как показано на рисунке 2.

Далее рассчитываются радиационные карты схем *A - D*. На рисунке 3 показано распределение ошибок схемы *D*.

В тесте 1 выборочные данные составляют только 10% интерполированных данных.

Предлагаемый метод в первую очередь исполь-

зуется для расчета радиационных карт при наличии экранирования, поэтому он отвечает требованиям при выводе из эксплуатации ядерных объектов.

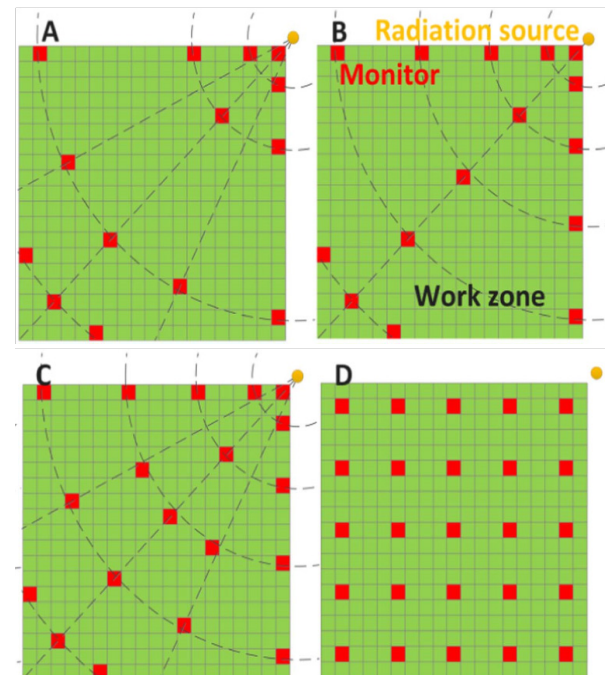


Рисунок 2 – Моделирование радиационных полей

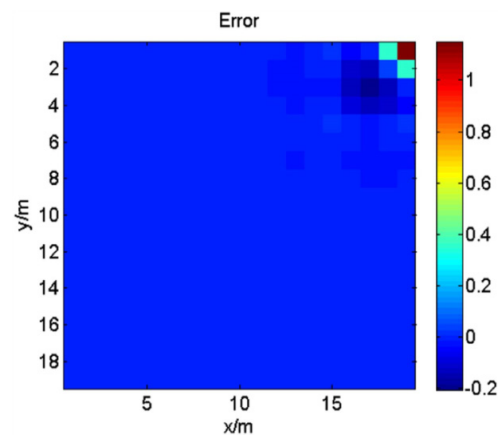


Рисунок 3 – Распределение погрешности радиационной карты схемы *D*.

Предлагаемый в статье метод обладает потенциалом для реализации имитационного моделирования радиационных карт в режиме реального времени в виртуальных средах. Более того, когда источник излучения находится в рабочей зоне, рассмотренные методы выборки и интерполяции не подходят, так как расчет радиационной карты более сложен, чем в случае, когда источник излучения находится за пределами рабочей зоны. Кроме того, текущие исследования сосредоточены на одном источнике излучения с экранированием. В настоящее время ведутся исследования по нескольким источникам, и ключом к исследованиям является метод выборки.

Заключение. Целью данного исследования является изучение метода быстрого моделирования радиационных карт с использованием интерполяции в

виртуальной среде. Предложенный метод в первую очередь используется для расчета радиационных карт при наличии экранирования, поэтому он отвечает нашим требованиям построения ядерной радиации для вывода ядерных объектов из эксплуатации. В *NN* физика не используется, тогда как в *MC* и *RK* полностью учитывается физическое поведение фотонов/нейтронов/электронов.

Сделан вывод о том, что рассмотренный метод обладает потенциалом для реализации моделирования радиационных карт в реальном времени в виртуальных сценах [17-20].

Более того, когда источник излучения находится в рабочей зоне, предлагаемые методы выборки и интерполяции не подходят, поскольку расчет карты излучения является более сложным, чем когда источник излучения находится вне рабочей зоны.

Кроме того, в настоящее время основное внимание уделяется одному источнику излучения с экранированием. В настоящее время ведутся исследования по нескольким источникам, и ключом к ним является метод выборки. Поскольку сложный геометрический источник излучения можно разделить на множество простых источников излучения, исследование сложного геометрического источника излучения аналогично исследованию множественных источников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Балушкин Ф.А., Сесекин А.Н., Ташлыков О.Л., Чебловков И.Б., Щеклеин С.Е., Ченцов А.Г. Использование метода динамического программирования для оптимизации монтажа оборудования энергоблоков АЭС, выводимых из эксплуатации, с целью минимизации облучения // Известия вузов. Ядерная энергетика. 2019. № 4.
2. Наумов А.А., Ташлыков О.Л. Минимизация дозовых затрат при ремонтном обслуживании систем и оборудования АЭС // Известия вузов. Ядерная энергетика. 2018. № 1.
3. Оптимизация радиационной защиты персонала предприятий Минатома России: методические рекомендации МР 30-1490-2001. М.: Минатом РФ; Минздрав РФ; Федеральное управление медико-биологических и экстремальных проблем, 2016.
4. Сесекин А.Н., Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Куклин М.Ю., Ченцов А.Г., Кадников А.А. Использование метода динамического программирования для оптимизации траектории перемещения работников в радиационно опасных зонах с целью минимизации облучения // Известия вузов. Ядерная энергетика. 2016. № 2.
5. Ташлыков О.Л. Методы оценки и снижения дозовых нагрузок при ремонте АЭС: Учеб. пособие. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2019.
6. Масаев В.Н. Аварийно-спасательная техника для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ на малообъемных и рассредоточенных объектах / Масаев В.Н., Минкин А.Н., Сергеев И.Ю. // Сибирский пожарноспасательный вестник. – 2018. – №1. – С. 23-26. – Режим доступа: http://vestnik.sibpsa.ru/wpcontent/uploads/2018/v8/N8_23-26.pdf
7. Валуев Н.П., Пушкин И.А., Стасишин Л.А. Повышение эффективности контроля наземных транспортных средств высокочувствительных дозиметрических систем // ГРУЗО-ВИК. – 2013. – №8. – С. 44-48.
8. Валуев Н.П., Никоненков Н.В., Сергеев И.Ю., Стасишин Л.А. Радиационный контроль транспортных средств с помощью переносных приборов и стационарных систем // Ежемесячный научно-технический и производственный журнал «Грузовик». – 2015. – №9. – Москва: ООО «Издательство Машиностроение». – С. 35-39
9. Сергеев И.Ю., Гарелина С.А., Латышенко К.П., Валуев Н.П. Математическое моделирование дозиметрических систем контроля // Научно-аналитический журнал: «Сибирский пожарно-спасательный вестник». – 2020. – № 1 (16). – Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. – С. 64-68.
10. Валуев Н.П., Сергеев И.Ю. Способ определения местоположения источника радиации в транспортном средстве при динамическом контроле // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2016. – №2. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России. – С. 70-75.
11. Сергеев И.Ю., Валуев Н.П. Способ определения местоположения источника радиации в транспортном средстве при динамическом контроле. Научный журнал «Научные и образовательные проблемы гражданской защиты». – 2016, № 2, с.70-75.
12. Сергеев И.Ю. Предложения по способам контроля радиационной обстановки для системы комплексной безопасности закрытого административного территориального образования с объектами атомной промышленности // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2016. – №1. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России. – С.63-71.
13. Валуев Н.П., Лысова О.В., Сергеев И.Ю. Оценка рисков радиационных инцидентов при динамическом контроле движущихся объектов. // Сборник докладов XX Международной научнопрактической Конференции по проблемам защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций «Глобальная и национальные стратегии управления рисками катастроф и стихийных бедствий». Москва, 2015 года. С. 169-171.
14. Сергеев И.Ю., Пашинин В.А., Валуев Н.П., Косырев П.Н. Способ аэродинамического контроля радиационной обстановки. Технологии гражданской безопасности. ВНИИ-ГОЧС России (ФЦ) Том 15, 2018, № 4 (58). С. 84-87.
15. Сергеев И.Ю. Выбор методики определения вероятности обнаружения радиационной аномалии при динамическом контроле радиационной обстановки // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2019. – № 1 (12). – С. 8-11.
16. Костин М.Ю., Савицкая Е.Н., Санников А.В., Янович А.А. Характеристики радиационного монитора для контроля перемещений радиоактивных материалов движущимися транспортными средствами «Ядерная физика и инжиниринг». – 2015, Т.6, №3-4, С.193-194.
17. Валуев Н.П., Никоненков Н.В., Стасишин Л.А. Автомобильная система динамического радиационного мониторинга территорий. «Грузовик» – 2017, №2, С. 37-41.
18. Марков Г.С., Онищенко Ю.А., Щеголькова В.В., Макарова М.Ю. Особенности жизненного цикла аварийно-спасательной техники // Технологии гражданской безопасности - 2014. - №2. -Том: 11 - С.76-80
19. Виноградов А.Ю., Баканов С.В., Потапенко Ю.П. Анализ современных и перспективных аварийно-спасательных машин, инструментов и приборов для оснащения формирований РСЧС и подготовки спасателей // Технологии гражданской безопасности -2007. - №2. -Том: 4 - С.103-107
20. Марков Г.С. Актуальные направления в развитии аварийно-спасательной техники и технологий. // Технологии гражданской безопасности - 2009. - №3-4. - Том: 6 - С.187-190

Статья поступила в редакцию 28.12.2020

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 614.8.084

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0038

**ИЗУЧЕНИЕ ПРИЧИН НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
МОТИВАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА**

©2021

Старостина Наталья Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры
Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности
Свиридова Татьяна Валерьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры
Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова
(455000, Россия, Челябинская область, г. Магнитогорск, ул. Ленина, 38,
e-mails: nata.starostina@mail.ru, ntv_3110@mail.ru)

Аннотация. В статье проведен анализ причин несчастных случаев на предприятиях горнодобывающего комплекса на Южном Урале. Установлено, что количество несчастных случаев на горных предприятиях по техническим причинам с каждым годом снижается. При этом наблюдается устойчивая тенденция увеличения числа аварий по личностным причинам. Также в статье достаточно подробно проанализированы личностные причины возникновения инцидентов. Выявлена одна из самых главных причин несчастных случаев – личностная неосторожность самого пострадавшего. Для выявления личностной причины произошедших инцидентов необходимо формирование шкалы хронологии событий с целью построения дерева причин. Снизить количество инцидентов по личностным причинам можно, лишь точно установив причины и целенаправленно воздействуя на них. Установлено, что одним из наиболее эффективных методов является мотивация, разные формы которой могут быть применены на различных этапах жизненного цикла организации. Мотивация работников может быть как положительной, так и отрицательной, материальной и нематериальной. Также в статье отмечены и дополнительные средства нематериальной мотивации, такие как: применение наставничества для начинающих работников, формулирование идейной цели предприятия, чувство собственной ответственности и самостоятельности.

Ключевые слова: несчастный случай, личностные причины, психология безопасности, мотивация, производство, безопасность труда, инцидент, авария, дерево событий, наставничество.

**STUDY OF THE CAUSES OF ACCIDENTS AND THE POSSIBILITY OF USING MOTIVATION TO
IMPROVE OCCUPATIONAL SAFETY**

©2021

Starostina Natalia Nikolaevna, candidate of technical sciences,
associate Professor of the Department of Industrial Ecology and Life Safety
Sviridova Tatyana Valerievna, candidate of technical sciences,
associate Professor of the Department of Industrial Ecology and Life Safety
Nosov Magnitogorsk state technical university
(455000, Russia, Chelyabinsk Region, Magnitogorsk, Lenin Street, 38,
e-mails: nata.starostina@mail.ru, ntv_3110@mail.ru)

Abstract. The article analyzes the causes of accidents at the enterprises of the mining complex in the Southern Urals. It has been established that the number of accidents at mining enterprises due to technical reasons decreases every year. At the same time, there is a steady trend towards an increase in the number of accidents for personal reasons. Also, the article analyzes in sufficient detail the personal causes of incidents. One of the main causes of accidents has been identified - the personal negligence of the victim himself. To identify the personal cause of the incidents that occurred, it is necessary to form a scale of the chronology of events in order to build a tree of causes. It is possible to reduce the number of incidents due to personal reasons only by accurately establishing the reasons and purposefully influencing them. It has been established that one of the most effective methods is motivation, different forms of which can be applied at different stages of the organization's life cycle. Employee motivation can be both positive and negative, material and non-material. The article also notes additional means of non-material motivation, such as: the use of mentoring for novice employees, the formulation of the ideological goal of the enterprise, a sense of self-responsibility and independence.

Keywords: accident, personal reasons, safety psychology, motivation, production, labor safety, incident, accident, event tree, mentoring.

Введение. В настоящее время производственный травматизм остается весьма актуальной проблемой. Эта тенденция сохраняется с середины XIX столетия. Как отмечает Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), количество смертей от несчастных случаев и в наше время продолжает занимать третье место в пе-

речне заболеваний после сердечно-сосудистых и онкологических. Производственный травматизм поражает достаточно молодых трудоспособных работников. Чтобы решить данную проблему производственного травматизма обществу необходимо двигаться в том же направлении, которым следует медицина в борьбе

со многими неизлечимыми заболеваниями. Победить травматизм возможно, лишь создав условия, при которых он станет практически невозможным.

Проблемы производственного травматизма поднимаются постоянной и в научной литературе, и на различного рода конференциях. Ашмарина С.В., Бородкин Л.И. [1] рассматривали вопросы травматизма в начале 20 века, во времена существования СССР вопросами безопасности и охраны труда занимались исключительно на местах и выносить это на научное обсуждение было не принято – каждый со своими проблемами справлялся самостоятельно [2].

В настоящее время большое количество информации о положении дел с производственным травматизмом публикуется в научных источниках [3, 4], производится обзор современного состояния в России, а также в мире.

Для эффективного решения проблемы первоочередной задачей является точное формулирование терминов «производственный травматизм», «несчастный случай на производстве», «причины возникновения несчастных случаев». Весьма важным является оценка способности инстинкта самосохранения в предотвращении несчастного случая. Есть ли у работника физиологические и психологические предпосылки к возможности возникновения инцидентов? Одинаковы ли они для всех работников? Почему в момент аварии не всегда срабатывает инстинкт самосохранения и работник становится виновником сложившейся ситуации. Что же происходит с психически нормальным человеком, когда он сам заведомо подвергает себя неоправданной опасности? Такие случаи происходят либо по независящим от человека причинам, либо, когда его побуждают к нарушению правил определенные обстоятельства [5-7].

Цель работы заключается в выявлении истинных причин инцидентов, факторов побуждающих к их возникновению и оценки возможности применения мотивации для снижения риска травмирования.

Несчастные случаи на каждом конкретном предприятии имеют свои характерные особенности, это связано с характером технологического процесса, условиями труда, что не позволяет разработать единую классификацию причин несчастных случаев. Несмотря на это существующие причины можно разделить на несколько подгрупп:

1. **Технические причины**, к которым можно отнести недостатки в конструкциях машин и механизмов, а также транспортных систем; пренебрежение средствами безопасности; непродуманность технологического процесса.

2. **Организационные причины** можно свести к серьезным нарушениям в производственном цикле, несовершенству организации труда, эргономики рабочего места, использованию не по назначению оборудования, инструментов и приспособлений; использованию не сертифицированных средств защиты; безответственному отношению руководства к надзору за безопасным выполнением работ; привлечению к

работе лиц без должных навыков.

3. **Санитарно-гигиенические причины** появляются при повышенной или пониженной температуре, влажности и скорости движения воздуха вместе с ненормированным тепловым излучением и загрязненностью воздуха вредными веществами, радиоактивным и электромагнитным излучениями, а также несоблюдении требований личной гигиены и гигиены производственных и бытовых помещений.

4. **Личностные или психофизические причины** – это причины которые были вызваны нервно-психическим, эмоциональным состоянием работника, которые повлекли ошибки в принятии решений [8].

Наибольший интерес представляет последняя группа – психофизические факторы, которая обычно называется «человеческий фактор».

Человеческий фактор должен являться основой при определении причин несчастного случая, необходимо выяснять и учитывать психологическую составляющую работника и коллектива в целом.

Психофизиологические основы безопасности опираются на физиологию и психологию человека. Психофизиология безопасности труда, как дисциплина, направлена на проведение системного анализа психического и физического состояния работника для обеспечения его нормальной функциональности во время трудовой деятельности.

В настоящее время невозможно обойтись без комплексности при расследовании несчастных случаев и невозможно игнорировать увеличение доли психологической составляющей в трудовой деятельности человека. Без учета эмоционального состояния работника невозможно разработать мероприятия направленные на повышение безопасности труда [9].

Материалы и методы исследования. Статистика расследования несчастных случаев показывает, что в 60 - 90% всех случаев первопричиной становятся не технические ошибки, не конструктивные недоработки машин и механизмов и даже не нарушение правил безопасности, а психологические причины – высокая напряженность трудового процесса, монотонность, неудовлетворительная психологическая обстановка в коллективе, пробелы в воспитании человека, слабый контроль специалиста за соблюдением требований безопасности труда, допуск к работе неподготовленных лиц, утомляемость, нестабильное психическое состояние человека, и т. д. [10,11].

Анализ травматизма на горных предприятиях Урала за последние 10 лет показал, что основные причины несчастных случаев одинаковы, независимо от предприятия, численности работников и системы безопасности труда (рис. 1).

Существует много способов и методов изучения причин аварий и травматизма, основными из которых являются:

– **статистический метод** базируется на статистических данных различных параметров, это может быть возраст пострадавшего, его личный опыт работы, продолжительность рабочей смены, период года

и день недели, а может быть и гендерная принадлежность работника. Давно замечено и статистический метод исследования это подтвердил, в начале и в конце рабочей недели, в начале и в конце рабочей смены количество инцидентов возрастает;

– *метод моделирования* позволяет смоделировать обстановку в условиях лаборатории, при этом условия должны быть идентичны производственным и в плане обстановки, и в плане психоэмоционального состояния работника;

– *клинический метод* применяется реже, чем все остальные и предполагает проведение полного вы-

яснения причин инцидента и полной и всеобъемлющей характеристики всех задействованных в аварии людей. Выявляются особенности поведения людей, структура личности пострадавшего, его здоровье, образованность и тренированность, а также опыт выполнения работы.

– *организационно-субъектный метод* заключается в изучении не только пострадавшего, но окружающей его обстановки, например, рабочего места и участка в целом. Изучаются требования безопасности, которые необходимо выполнять пострадавшему, а также порядок его профессиональных действий [12].

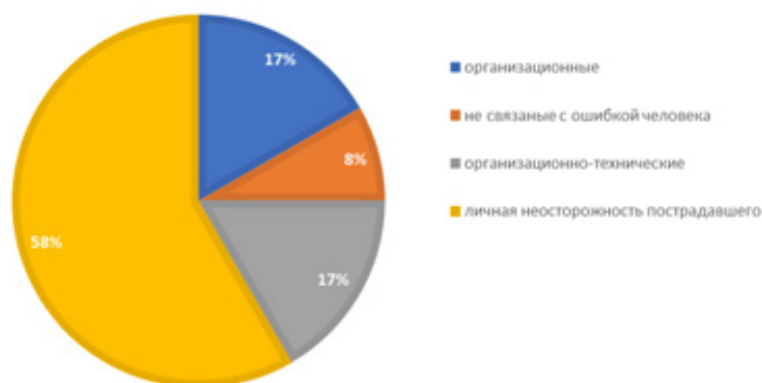


Рисунок 1 – Причины несчастных случаев на горных предприятиях Урала

Однако все эти методы позволяют определить только основную причину несчастных случаев, не вдаваясь в подробности. Как видно из рисунка 1 - 58% всех несчастных случаев приходится на личную неосторожность пострадавшего. Для того чтобы исключить возможность повторения такого рода несчастных случаев необходимо разобраться что же из себя представляет эта группа. В настоящее время начинает активно использоваться методика определения коренных причин несчастных случаев [13].

Результаты исследования. Для выявления коренных причин инцидента необходимо поэтапное выполнение следующих действий:

- осмотр места несчастного случая (фотографирование, составление схемы осмотра);
- планирование последующих мероприятий;
- сбор информации о пострадавшем и его окружении;
- анализ полученной информации;
- установление коренных причин;
- разработка мероприятий, направленных на предотвращение повторения инцидента.

Наиболее интересным этапом является анализ информации, полученной в результате ее сбора.

Полученную информацию необходимо систематизировать таким образом, чтобы стала понятна коренная причина несчастного случая. Для этого необходимо выполнить следующее:

- выстроить все события в хронологическом порядке с описанием условий и времени события.
- определить переломные моменты (критические факторы).

Хронологию событий удобнее всего располагать на горизонтальной или вертикальной оси, где по порядку восстанавливается ход события и условия, существовавшие на тот период времени которые, по мнению членов группы по определению коренных причин несчастных случаев, имеют отношение к данному происшествию.

Критические факторы определяются выявляются на шкале хронологии событий, это может быть, как один фактор, так и несколько. Критические факторы – это такие события, которые стали переломными в развитии инцидента, и отсутствие которых значительно снизило бы вероятность происшествия.

Вся собранная информация необходима для построения «Дерева причин» (рис. 2).

Группа по определению коренных причин несчастных случаев обязана выявить все коренные причины независимо от их значимости (по мнению группы) и сложности. Некоторые виды коренных причин могут указывать не только на недостатки в системе управления охраной труда или промышленной безопасности, но и других направлениях таких как материально-техническое обеспечение, качество предоставляемых материалов и средств безопасности, быстрота получения и обмена информацией.

Как показал проведенный анализ в тех случаях, когда проводилось определение коренных причин - 58% всех несчастных случаев происходили по вине самого пострадавшего, а именно личной неосторожности при ведении работ.

Человеческая жизнь всегда подчинена идеи осуществления деятельности по принципу «наименьше-

го сопротивления». Когда цель достижима коротким путем большинство людей выберет именно его, заведомо пренебрегая длинным. Основываясь на этом многовековом опыте, работники зачастую нарушают порядок выполнения технологических операций, игнорируют использование средств защиты. Рабочие, стремясь сэкономить силы, зачастую выбирают более опасный способ выполнения операций, что является следствием недостаточно организованного труда.

Предпосылкой такого поведения является безнаказанность работника, как физическая так социальная и материальная. Физическая безнаказанность выражается в уверенности низкой вероятности травмирования. Индифферентное отношение коллектива и руководителя к нарушениям и формирует социальную безнаказанность. Постоянная безнаказанность вызывает привыкание к опасности, создает неправильное восприятие состояния безопасности.

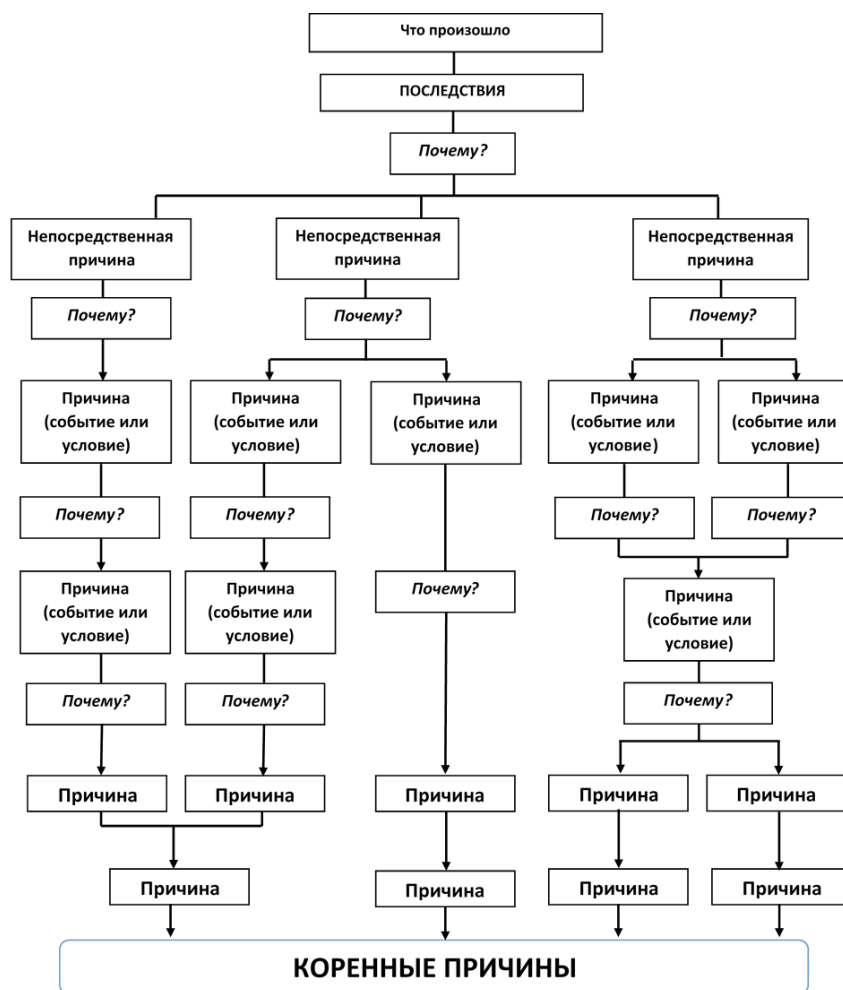


Рисунок 2 – Дерево коренных причин несчастных случаев

В поведении человека психологи выделяют три функциональные части: мотивационную, ориентировочную и исполнительную. Нарушение в любой из этих частей приводит к нарушению в целом.

Работник не соблюдает требования безопасности, основываясь на следующем:

- по незнанию;
- по нежеланию;
- по неумению;
- в связи с невозможностью.

Нарушение ориентировочной части действий проявляется в незнании правил эксплуатации технических систем и норм по безопасности труда и способов их выполнения.

Нарушение исполнительной части действий проявляется в невыполнении правил (инструкций, предписаний, норм), вследствие несоответствия пси-

хических и физических возможностей человека требованиям работы.

Нарушение мотивационной части действий проявляется в нежелании выполнять установленные требования.

Главной целью использования мотивации в обеспечении охраны труда является преподнесение безопасности, как одной из естественных потребностей человека на производстве, сделать безопасность ключевым моментом для работающего, путем использования различных методов стимулирования и пропаганды. Методы мотивации работника на соблюдение требований безопасности труда должны включать в себя различные способы наказания и поощрения, в том числе материальные и нематериальные. Эти методы должны положительно сказываться на продуктивности работников, делая рост собственной производи-

тельности выгодным для них фактом, что в результате напрямую способно повлиять на успех всей компании.

Основой работы руководителя с коллективом должна стать мотивация, учитывающая личностные интересы работника. Для этого необходимо проводить оценку потребностей каждого человека индивидуально. Известны следующие виды поощрений работников: материальные, моральные, психологические и социальные. Предпочтительным вариантом мотивации является формирование психологического комфорта в период выполнения трудовых обязанностей, но важно учитывать и тот факт, что настрой не должен вызывать негативного эффекта у работающих. Все это делает создание и введение эффективного мотивационного комплекса сложным процессом, требующим серьезного подхода со стороны руководства предприятия [14,15].

На сегодняшний момент самым эффективным и востребованным способом мотивирования работников служит материальное стимулирование и система вознаграждений. Возможные виды материального поощрения сотрудников:

- основной оклад, в зависимости от квалификации работника и сложности выполняемых задач;
- премии, надбавки за высокие показатели качества или производительности труда;
- компенсация расходов на транспорт;
- оплата расходов на питание, обучение, лечение, выплаты для молодых матерей;
- возможность получения дополнительного дохода [16-18].

Материальная составляющая имеет большое значение в стимулировании работников, но невозможно всецело на него положиться, ведь постоянное повышение заработной платы практически невозможно. Человек привыкает к уровню своих доходов, что приводит к снижению мотивации, и для дальнейшего стимулирования необходимо пользоваться либо вышеперечисленными способами материального вознаграждения, либо использовать нематериальные способы стимулирования [19].

Применение нематериальной мотивации оказывает положительное влияние на:

- показатели качества работы каждого сотрудника;
- производительность труда;
- экономические показатели компании;
- состоятельность компании в целом.

Для достижения положительного результата необходим сплоченный коллектив работников, готовых к «здоровой» конкуренции.

Примерами нематериальной мотивации являются:

1. Социальная мотивация (медицинская страховка, бесплатные курсы по повышению квалификации или обучающие курсы);

2. Психологическая мотивация. Очень тонкий, но не менее важный и эффективный способ мотивации. Основой такого метода служит общение на равных, взаимоуважение, соблюдение субординации на всех уровнях, личный пример руководства. Необходимо

показывать заинтересованность в проблемах работников и персонала.

3. Моральная мотивация. Примером может послужить вознаграждение работника знаком отличия, грамотой, публичной похвалой. Важно понимать, что необходимо постараться добиться моральной удовлетворенности каждого работника и коллектива в целом.

4. Организационная мотивация. Немаловажно создать для работника удобное место работы, зоны отдыха и питания. Все это поможет создать необходимую для трудовой деятельности атмосферу.

Также можно отметить и дополнительные средства нематериальной мотивации, такие как: применение наставничества для новых работников, формулирование идейной цели предприятия, чувство собственной ответственности и самостоятельности и т.д.

Для разработки оптимального комплекса нематериального стимулирования следует учесть, что:

- он должен учитывать все виды деятельности предприятия;
- в ней должны быть задействованы все сотрудники;
- он должен быть постоянно развивающимся и достаточно мобильным, так корректирование и периодическое обновление программы по запросам работников поможет сохранять ее эффективность;

Помимо всего указанного, важно документально оформить мотивационные действия или поощрения и убедиться в их легитимности. Все эти действия определенно требуют финансовых затрат со стороны руководства, затрат времени на составление и реализацию мотивационных программ, но подобные методы мотивации способны показать более высокие результаты, чем материальное поощрение работников в силу того, что затраты на осуществление нематериальных методов поощрения будут меньше, чем систематические премии и надбавки коллективу предприятия [20].

Заключение. Таким образом, повышение безопасности работ на горных предприятиях должно начинаться с тщательного расследования несчастных случаев, а именно с выявления коренных причин, приведших к получению травмы. Решить эту острую проблему одними только техническими и организационными мероприятиями на сегодняшний день не удастся, поэтому необходимо подключать и психологические методы воздействия на человека. Одним из наиболее эффективных методов является мотивация работника к соблюдению требований безопасности. Что будет являться наиболее эффективной мотивацией для каждого конкретного человека необходимо устанавливать в каждом случае индивидуально.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ашмарина С.В., Бородин Л.И. Травматизм и страхование горнозаводских рабочих в России в начале XX в.: количественный анализ // Экономическая история. Обзорение. Вып. 9 / Под ред. Л.И. Бородинки. М.: Изд-во МГУ, 2003.
2. Байкалов Н.С. Производственный травматизм и охрана труда при строительстве западного участка БАМа (1970-е – 1980-е годы) / Н.С. Байкалова // Научный диалог. – 2019. - №8. – С. 226-242.

3. Лукьянчикова Т.Л., Ямщикова Т.Н., Клецова Н.В. Компаративистский анализ производственного травматизма: Россия и мир // Экономика труда. – 2018. – Том 5. – № 3. – с. 647-662.
4. Самарская Н.А. Состояние условий и охраны труда в современной России // Экономика труда. – 2017. – Том 4. – № 3. – с. 209-222.
5. Сомова Ю.В., Свиридова Т.В., Соколова Э.И. Исследование человеческого фактора в системе человек-техническая система-производственная среда с целью повышения безопасности труда на основе этиологии несчастных случаев // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении. Сборник научных статей 5-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Редколлегия: А.А. Горохов. 2020. С. 304-310.
6. Свиридова Т.В., Боброва О.Б., Саутина Е.Д. Совершенствование методов определения профессиональной пригодности персонала для удаленных трудовых зон // Безопасность жизнедеятельности. – 2018. – № 7. – С. 24-28.
7. Слепцова Е.В. Роль адаптации работников в системе развития персонала // Экономика устойчивого развития: региональный научный журнал. 2014. № 4 (20)
8. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): Учеб. пособие для ВУЗов / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев и др. – 2-е изд., испр. и доп. М.: Высш. Шк., 2001. – 319 с.: ил. ISBN 5-06-004157-3.
9. Свиридова Т.В., Боброва О.Б., Волкова Е.А. Обеспечение устойчивости откосов бортов карьеров с целью предупреждения аварий и чрезвычайных ситуаций // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2016. Т. 14. № 4. С. 5-10.
10. Девислов, В.А. Охрана труда: М.: ФОРУМ: ИНФРА –М, 2005. – 448 с.: ил. С. 326-347
11. Куликова Е. А. Психология безопасности – необходимый компонент качественной подготовки специалиста для транспортной отрасли // Гуманитарные научные исследования. – 2016. – № 9. – Режим доступа: <http://human.snauka.ru/2016/09/16588> (дата обращения: 20.02.2020).
12. Иванова Е.М. Психотехнология изучения человека в трудовой деятельности. – М., 1992 г
13. Сачков Н. Как определить коренные причины несчастного случая: пошаговый алгоритм. //Справочник по охране труда – 2018 - №9.
14. Носкова О. Г. Психология труда: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. Е. А. Климова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 384с
15. Клуб инженеров по охране труда: сайт. Режим доступа: <http://www.trudcontrol.ru/press/News/23902> (дата обращения: 21.02.2020).
16. Свиридова Т.В., Сомова Ю.В., Хазиева Д.С. Разработка методов стимулирования соблюдения правил охраны труда //Современные подходы к трансформации концепций государственного регулирования и управления в социально-экономических системах. сборник научных трудов 9-й Международной научно-практической конференции. 2020. С. 109-113.
17. Хазиева Д.С., Свиридова Т.В. Разработка методов стимулирования соблюдения правил охраны труда // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Тезисы докладов 78-й международной научно-технической конференции. 2020. С. 7.
18. Эфендиев А.Г., Балабанова Е.С., Ребров А.В. Управление человеческими ресурсами и эффективность компаний: есть ли связь [Текст] / А.Г. Эфендиев, Е.С. Балабанов, А.В. Ребров // Российский журнал менеджмента. 2014. Т. 12. № 1. С. 39-68.
19. Мотивация персонала в компании: проблемы и решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hrportal.ru/article/motivaciya-personala-v-kompanii-problemy-i-resheniya> (дата обращения 21.02.2020).
20. Комаров Е.И. Стимулирование и мотивация в современном управлении персоналом // Управление персоналом, 2013. № 1. С. 38-41.

Статья поступила в редакцию 01.02.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021

УДК 620.197.3

DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0039

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ СТОЧНЫХ ВОД ПО СОДЕРЖАНИЮ РАСТВОРЕННОГО ЖЕЛЕЗА

© 2021

Фаюстова Юлия Анатольевна, главный специалист по охране труда,
филиал «Мордовский» ПАО «Т Плюс» ОП Пенза
(440022, г. Пенза, ул. Новочеркасская, 1, e-mail: ylechka@mail.ru)

Полянскова Екатерина Александровна, кандидат биологических наук,
доцент кафедры «Биотехнология и техносферная безопасность»

Парфенова Екатерина Анатольевна, кандидат биологических наук,
доцент кафедры «Биотехнология и техносферная безопасность»

Коростелева Анна Владимировна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Биотехнология и техносферная безопасность»

*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11
e-mails: ka-r-omel@mail.ru, polyanka05@mail.ru, anna-korostelyova@yandex.ru)*

Аннотация. С целью поддержки политики государств, связанной с необходимостью контроля и улучшения качества сбрасываемых в водные объекты, в сети городской канализации сточных вод, существует необходимость изменения технологии очистки сточных вод для улучшения их состава. Сточные воды оказывают влияние на состав вод, качество питьевых вод, которые в свою очередь влияют на здоровье, а, следовательно, и на безопасность человека. Проведена оценка безопасности сточных вод теплоэлектростанции по содержанию в них растворенного железа. Проанализирован состав производственных и сточных вод данного типа. Использован шлам с участка водоподготовки для сорбции железа из сточных вод теплоэлектростанции. Предложен способ подготовки шлама, уточнен его химический состав и свойства. На модельных растворах определена статическая обменная ёмкость предложенного сорбента. Доказана возможность очистки сточных вод от соединений железа до норм ПДК с помощью предложенного метода. Показано, что чем выше изначальная концентрация железа в модельном растворе, тем большая сорбционная ёмкость на выходе. Выявлено, что изменение массы адсорбента не так заметно влияет на статистическую обменную ёмкость, как концентрация загрязняющего вещества в модельных растворах.

Ключевые слова: шлам водоподготовки, энергетическое производство, сточные воды, примеси железа.

SAFETY ASSESSMENT OF WASTEWATER ON THE IRON CONTENT

© 2021

Fayustova Yulya Anatolyevna, chief specialist on labor protection,
branch "Mordovsky" public joint stock company "T Plus" separate division Penza
(440022, Penza, NovoCherkasskaya street, 1, e-mail: ylechka@mail.ru)

Polyanskova Ekaterina Aleksandrovna, candidate of Biological Sciences,
associate Professor of the Department of Biotechnology and Technosphere Security

Parfenova Ekaterina Anatolyevna, candidate of Biological Sciences,
associate Professor of the Department of Biotechnology and Technosphere Security

Korosteleva Anna Vladimirovna, candidate of technical Sciences,
associate Professor of the Department of Biotechnology and Technosphere Security

*Penza state University of technology
(440039, Russia, Penza, baidukova passage/Gagarin street, 1A / 11,
e-mails: ka-r-omel@mail.ru, polyanka05@mail.ru, anna-korostelyova@yandex.ru)*

Abstract. There is a need to control and improve the quality of wastewater discharged into water bodies, in the city sewer network, and to change the technology of wastewater treatment to improve their composition. This is necessary in order to support the policy of States. Wastewater affects the composition of water, the quality of drinking water, which affects health in turn and, consequently, the composition of drinking water affects human safety. An assessment the safety of wastewater from the thermal power plant CHPP-2 in Penza, according to the content of dissolved iron in them was carried out at this work. The iron content must be controlled in drinking water, at the stages of water treatment in production, as well as in wastewater. With qualitative and quantitative methods, the composition of industrial and waste waters of this type of an enterprise has been analyzed. The sludge from the water treatment section was used for the sorption of iron from the waste water of the thermal power plant. A method for preparation of sludge is proposed, its chemical composition and properties are specified and studied. The static exchange capacity of the proposed sorbent was determined on model solutions. The possibility of purifying wastewater from iron compounds to maximum permissible concentration (MPC) norms using the proposed method has been proven. It is shown that the higher the initial concentration of iron in the model solution, the greater the sorption capacity at the outlet. It was revealed that the change in the mass of the adsorbent does not significantly affect the statistical exchange capacity as the concentration of

the pollutant in the model solutions.

Keywords: water treatment sludge, energy production, waste water, iron contaminant.

Введение. В современной обстановке, когда на безопасность жизнедеятельности человека наряду с другими факторами огромное влияние оказывают вирусы, бактерии, всё больше обостряется проблема чистой воды [1]. Содержание растворённого железа в питьевой воде, значительно превышающее допустимые нормы [2,3,16,17], не благоприятным образом сказывается на состоянии человека. Излишки железа полностью не усваиваются в организме и постепенно накапливаются в тканях и внутренних органах, из-за чего начинают развиваться различного рода нарушения. Переизбыток элемента может способствовать множеству тяжелых заболеваний, таких как гемохроматоз (поражение тканей), патологии печени, почек, ослабление иммунитета, общей слабости [14, 17]. Таким образом, чистая вода – основа безопасной комфортной среды для человека [5,17].

Поэтому необходимо контролировать содержание железа наряду с другими загрязняющими веществами не только в питьевой воде, но и на всех стадиях водоподготовки на производстве, для того чтобы найти способы снижения его содержания в сточных водах. Очистка сточных вод от железа может проводиться различными способами. Для предприятий энергетической отрасли возможно использовать в качестве адсорбента шлам водоподготовки, это позволит решить не только проблему очистки сточных вод, но и утилизации шлама и не приведет к удорожанию производства [6, 13, 15].

В данном исследовании проводится мониторинг состава сточных вод [7] на примере производственных и сточных вод Пензенской ТЭЦ-2 [21,21] и предлагается использовать шлам водоподготовки в качестве сорбента железа.

Целью данной работы является анализ свойств полученного адсорбента (измерение статической обменной ёмкости, изучение других свойств) на модельных растворах, доказывающих возможность очистки по рассматриваемому загрязняющему веществу (железу) до норм ПДК. Уточняется химический состав шлама, а также условия высушивания и обработки для дальнейшего использования при очистке сточных вод от растворенного железа.

Методы исследования. Основным методом мониторинга состава вод, анализа модельных растворов, для реализации поставленной цели, является качественный и количественный анализ вод, в том числе с применением государственных стандартных методик измерения массовых концентраций веществ в водах различного состава [8]. Для проведения исследований использовались: прибор для измерения оптической плотности «Юнико»; муфельная печь; «Флюорат-02»; весы лабораторные; сушильный шкаф; лабораторная посуда, реактивы для количественного химического анализа.

Материалы и результаты исследования. ПДК

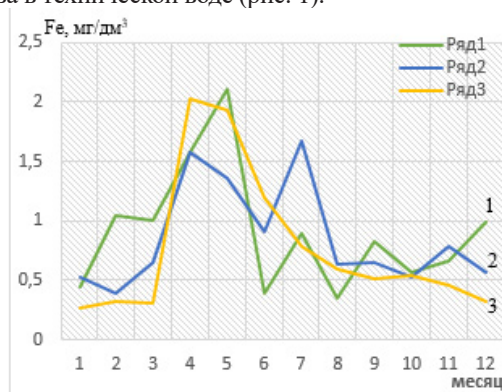
для водоемов рыбохозяйственного назначения составляет 0,1 мг/дм³ [9,17].

Существует несколько способов очистки сточных вод [13,14,15,18,22]:

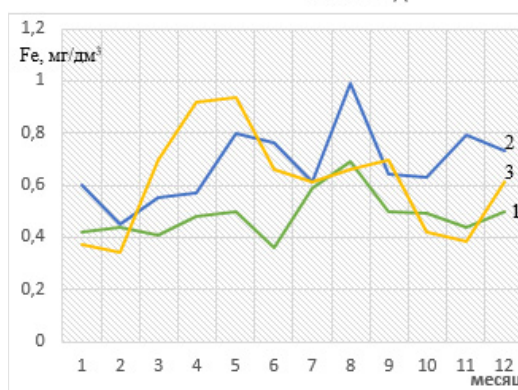
- 1) углевание с коагуляцией шламом осветлителей;
- 2) подщелачивание, углевание с коагуляцией шламом осветлителей;
- 3) осаждение зольной водой из системы гидрозоудаления.

Вышеперечисленные способы имеют практическое значение для энергетических предприятий, т.к. не приводят к удорожанию производства и частично решает проблему утилизации шлама [10].

На Пензенской ТЭЦ-2 так же, как на многих других предприятиях отрасли, при водоподготовке на основном контуре используется известкование с коагуляцией. Анализ состава сточных вод в сравнении с технической (исходной) водой позволяет судить об относительно стабильной работе предприятия, т.к. в процессе его работы в сточные воды не привносится дополнительное количество железа. Содержание железа в сточных водах сопоставимо с содержанием железа в технической воде (рис. 1).



2018 год



2017 год

Рисунок 1 – Содержание ионов железа в сточных водах предприятия водовыпуска 1 (1 ряд), водовыпуска (2 ряд) и в технической воде (3 ряд) в зависимости от времени года.

Несмотря на это, согласно действующим гигиеническим нормативам сточных вод, которые для водовы-

пуска №2 составляют по железу 0,3 мг/дм³ [2, 17], а для водовыпуска № 1 - 0,1 мг/дм³ [3, 17], предприятием выплачиваются штрафы.

Для проверки возможности использования шлама с участка водоподготовки в качестве сорбента для предварительной очистки сточных вод перед направлением их в водовыпуски №1 и №2 была проведена оценка его сорбционной емкости. Для этого шлам был отфильтрован, высушен, обезвожен и измельчен.

Химический состав шлама с участка водоподготовки, после обезвоживания, приведён в таблице 1. Анализ проводился по стандартным методикам [8, 11, 12].

Таблица 1 - Химический состав шлама, %

Fe(Fe ₂ O ₃)	CaO+MgO	CuO	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻ (P ₂ O ₅)	SiO ₂	Потери при прокаливании
8,03	68,73	Не обнаруж.	0,36	0,0013	3,38	13,33

Влажность отобранной пробы шлама составили 96,97%. Адсорбент получен фильтрованием, высушиванием на воздухе в течение суток, затем в сушильном шкафу при 110°C в течение 2 часов. Внешний вид высушенного шлама представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Внешний вид обезвоженного шлама с участка водоподготовки Пензенской ТЭЦ-2

Таблица 2 – COE адсорбента в зависимости от условий приготовления модельных растворов

	Масса сорбента, m _{адс} , г	Концентрация ионов Fe в модельном растворе, мг/дм ³ - (С _{исх})	D при 425 нм без учёта холост.	D при 425 нм с учётом холост.	C _{Fe} (Сравн), мг/дм ³	COE, мг/г сорбента	K _p (COE/[Fe] в модельном растворе)
1	Холостая проба – без адсорбента, без железа m _{адс} = 0; m (Fe) = 0	0	0,013				
2	0,5045	1	0,033	0,020	0,04	0,220	5,53
3	1,0213	1	0,035	0,022	0,044	0,109	2,47
4	1,5065	1	0,034	0,021	0,042	0,074	1,76
5	2,1930	1	0,031	0,018	0,036	0,05	1,42
6	3,5770	1	0,05	0,037	0,074	0,03	0,41
7	0	1	0,598	0,585	1,1	-	-
3	0,5290	2	0,045	0,032	0,128	0,43	3,36
4	0,5112	5	0,049	0,036	0,36	1,1	3,06

Заключение. Таким образом, по полученным данным исследований можно сделать выводы, что шлам водоподготовки энергетических предприятий можно использовать в качестве адсорбента при очистке сточных вод. Согласно полученным результатам шлам обладает достаточно развитой поверхностью в высушенном состоянии, при этом, чем выше изначальная концентрация железа в модельном растворе, тем большая сорбционная ёмкость получается на выходе. Изменение массы же адсорбента не так заметно влияет на COE, как концентрация загрязняющего вещества в изучаемых пробах воды.

Статическая обменная ёмкость исследовалась на модельных растворах, содержащих железо. Модельные растворы готовились следующим образом. Приготовлен раствор из ГСО железа № 7766-2000 партия 1, март 2020, 1 мг/см³ разведением дистиллированной водой с содержанием железа 1 мг/дм³, 2 мг/дм³, 5 мг/дм³, к каждому раствору объёмом 100 мл, помещённому в коническую колбу вместимостью 250 мл добавлен адсорбент с известной массой (табл. 2). После достижения равновесных концентраций (после 2 часов выдержки на воздухе при атмосферном давлении) растворы отфильтровывали, в зависимости от предполагаемой оптической плотности по необходимости брали аликвотную часть полученного раствора и измеряли оптическую плотность, далее рассчитывали статическую обменную ёмкость.

Статическая обменная ёмкость рассчитывалась по формуле [10]:

$$COE = \frac{(C_{исх} - C_{равн}) \cdot V}{m_{адс}}$$

где C_{исх} и C_{равн} – исходная и равновесная концентрации ионов железа в модельных растворах, мг/дм³; V – объём модельного раствора соли железа, дм³; m_{адс} – масса навески сорбента, г.

В таблице 2 представлены полученные значения статической обменной ёмкости (COE) и K_p – коэффициент распределения модельных растворов, в зависимости от количества, содержащегося в них сорбента.

Из представленных результатов видно, что шлам с участка водоподготовки, подготовленный соответствующим образом, обладает достаточной статической обменной ёмкостью и позволяет снизить содержание ионов железа в модельном растворе.

В дальнейших исследованиях предполагается исследовать возможность использования шлама с участка водоподготовки в качестве сорбента других загрязняющих веществ в качестве одного из решений для очистки сточных вод исследуемого предприятия до норм ПДК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Петросян В.С. Химическая безопасность воды // Чистая вода: проблемы и решения. – Москва – 2010. № 1. – с. 31 – 35.
- ГН 2.2.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов

хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования Гигиенические нормативы (с изменениями на 13 июля 2017 года), 145 с.

3. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Приложение к приказу Минсельхоза РФ № 552 от 13.12.2016 с изменениями на 10.03.2020. ВНИРО. – М., 2020. – с. 27.

4. Почекаева Е.И., Попова Т.В. Безопасность окружающей среды и здоровье населения. Феникс, 2012. - 448 с.

5. Хованский А.Д., Богачев И.В. Баян Е.М. Комплексная оценка экологической опасности предприятий и территорий // Экология и промышленность России. – Москва – 2016. Т.20. № 10. – с. 58 – 63.

6. Хамзина Д.А. Очистка водных сред от нефтяных загрязнений гидрофобным карбонатным шламом: дис. канд. технич. наук. - Казань, 2018. – 163 с.

7. Кирсанов В.В. Предложения по повышению эффективности водного мониторинга в РФ // Безопасность жизнедеятельности. – Москва, 2017. – № 12. – с. 40 – 42.

8. ПНД Ф 14.1:2:4.50-96. Количественный химический анализ вод. Методика измерения массовой концентрации общего железа в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с сульфасалициловой кислотой.

9. Лаптев А.Г., Фарахов М.И., Башаров М.М. и др. Энерго- и ресурсосберегающие технологии, и аппараты очистки жидкостей в нефтехимии и энергетике. – Казань.: Отечество, 2012. – 410 с.

10. Лукашевич О.Д., Усова Н.Т. Сорбент из железистого шлама для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов // Вестник Томского государственного архитектурно – строительного университета. – Томск, 2018. – Т. 20. № 1. С. 148 – 159.

11. ГОСТ 27314–91. Топливо твердое минеральное. Методы определения влаги. – Москва.: Стандартинформ, 2001.

12. ГОСТ 11022–95. Топливо твердое минеральное. Методы определения зольности. – Москва.: Стандартинформ, 2007.

13. Николаева Л.А. Адсорбционная очистка промышленных сточных вод модифицированным карбонатным шламом: дис. канд. техн. наук. – Казань, 2016, 267 с.

14. Власова А.Ю. Ресурсосберегающая технология утилизации высокоминерализованных кислых и жестких отходов ионитных водоподготовительных установок ТЭС: дис. канд. технич. наук. – Казань, 2018. – 140 с.

15. Елхов А.Н. Разработка методов получения и использования новых эффективных коагулянтов из отходов производств: дис. канд. техн. наук. – Уфа, 2006, 147 с.

16. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. Анализ и оценка техногенной безопасности // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2003. № 1. с. 47-50.

17. Кукин П.П., Пономарев Н.Л., Таранцева К.Р. Основы токсикологии: Учебное пособие / и др. — М.: Высшая школа, 2008. — 279с: ил. 16.

18. Николаева Л.А., Бородай Е.Н. Ресурсосберегающая технология утилизации шлама водоподготовки на ТЭС. – Казань.; КГЭУ, 2012. – 110 с.

19. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового пользования. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 328 с.

20. 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. – Москва, 2010. - № 12. с. 40-45.

21. 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. Беллинского. – Пенза, 2011. - № 26. С. 677-681.

22. Погодаева Н.И. Извлечение нефтяных примесей и фенола из водных сред сорбентами на основе железосодержащего осадка водоочистки: дис. канд. техн. наук. - Томск, - 2010.

Статья поступила в редакцию 05.02.2021

Статья принята к публикации 12.03.2021