

18+

vek21.penzgtu.ru

ISSN 2221-951X

XXI век : ИТОГИ ПРОШЛОГО И ПРОБЛЕМЫ НАСТОЯЩЕГО

наука

XXI век : ИТОГИ ПРОШЛОГО
И ПРОБЛЕМЫ НАСТОЯЩЕГО

№ 4 (48) Т. 8 2019



2019

№ 4 (48) Т. 8

технические науки



XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего *плюс*

Учредитель – ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»

Главный редактор

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

Заместители главного редактора:

Авроров Валерий Александрович, доктор технических наук, 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
Алексеев Геннадий Валентинович, доктор технических наук, профессор
Алехина Марина Анатольевна, доктор физико-математических 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, доцент
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
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
Рыжаков Виктор Васильевич, доктор технических наук, профессор
Стороженко Павел Аркадьевич, член-корреспондент Российской академии наук,
доктор химических наук, профессор
Таранцева Клара Рустемовна, доктор технических наук, профессор
Тихомирова Елена Ивановна, доктор биологических наук, профессор
Фатыхов Юрий Адгамович, доктор технических наук, профессор
Шалагин Сергей Викторович, доктор технических наук, доцент
Ципенко Антон Владимирович, доктор технических наук, доцент
Школьникова Марина Николаевна, доктор технических наук, доцент

Ответственный секретарь

Жарова Олеся Сергеевна, кандидат философских наук

Основан в 2011 г.

18+

Том 8
№ 4 (48)
2019

Журнал выходит
4 раза в год

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

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

Компьютерная верстка:
О.С. Жарова

Технический редактор:
О.С. Жарова

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

Подписано в печать 06.12.2019.
Выход в свет 16.12.2019.
Формат 60X84 1/8
Печать ризография.
Усл. печ. л. 24,32.
Тираж 100 экз. Заказ № 1779.

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:

Авrorов 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)

Алексеев Геннадий Валентинович, доктор технических наук, профессор,

заведующий кафедрой «Процессы и аппараты пищевых производств»

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, информатики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия)

Алехина Марина Анатольевна, доктор физико-математических наук, профессор,

заведующий кафедрой «Математика и физика»

(Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, 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)

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. Миллионщикова, г.Грозный, Чеченская Республика)

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

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

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

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

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

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

Сторожко Павел Аркадьевич, член-корреспондент Российской академии наук, доктор химических наук, профессор, генеральный директор ГНЦ РФ «Государственный орден 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

Колонка редактора.....	12
------------------------	----

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**МЕТОДЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ**

Трокоз Дмитрий Анатольевич, Холуденева Алина Олеговна, Веселова Марина Дмитриевна, Забродина Ксения Андреевна, Сафронова Валерия Сергеевна.....	14
--	----

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДДЕРЖКИ ГРУППОВОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДЕ

Подвесовский Александр Георгиевич, Михалева Оксана Алексеевна.....	20
--	----

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОСЕРВИСОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АНАЛИЗА И ДИНАМИЧЕСКОЙ
ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПОТОКОВ**

Садохов Михаил Александрович, Вицентий Александр Владимирович.....	26
--	----

**ТИПОВОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ АВТОРИЗАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ
В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ**

Трокоз Дмитрий Анатольевич, Мартышкин Алексей Иванович, Федяшов Марк Сергеевич, Карлыганов Алексей Дмитриевич, Лысцов Никита Александрович.....	33
--	----

**ВЛИЯНИЕ МНОГОПОТОЧНОСТИ ПРИ ОПЕРАЦИЯХ СОРТИРОВКИ ДАННЫХ
НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

Пашенко Дмитрий Владимирович, Мартышкин Алексей Иванович, Сальников Игорь Иванович.....	39
--	----

**АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ СЕТЕВЫХ СООБЩЕСТВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ
ПЛОЩАДОК ЭЛЕКТРОННОГО УЧАСТИЯ**

Видясова Людмила Александровна, Бершадская Елена Григорьевна, Мартышкин Алексей Иванович.....	48
---	----

**К РАСЧЕТУ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ЗАПРОСА
ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ**

Бутаев Михаил Матвеевич, Чулков Валерий Александрович.....	56
--	----

**СТРУКТУРА И ОБОБЩЕННЫЙ АЛГОРИТМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И
АНАЛИЗА ПУБЛИКАЦИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СМИ**

Комаров Виталий Николаевич, Рошин Сергей Михайлович.....	61
--	----

**КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИДЕНТИФИКАЦИИ
ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ С ДАТЧИКОВ
НА ПОВЕРХНОСТНО-АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ**

Мещерякова Елена Николаевна.....	67
----------------------------------	----

**ФОРМАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА КЭШИРОВАНИЯ ДАННЫХ В ПРИЛОЖЕНИИ
ДЛЯ SAILFISH OS С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ АВТОМАТОВ**

Трокоз Дмитрий Анатольевич, Калининченко Евгений Иванович, Федюнин Роман Николаевич, Родионов Владислав Сергеевич, Саватеев Максим Валерьевич.....	72
---	----

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

Логачёв Максим Сергеевич, Самарин Юрий Николаевич, Винокурова Ольга Аскольдовна.....	77
--	----

**КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ДОСТИЖЕНИЯ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ
ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Мальшаков Григорий Викторович.....	83
------------------------------------	----

ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ, АЛГОРИТМОВ И ПРИНЦИПОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АППАРАТНОГО МОДУЛЯ БУФЕРНОГО УСТРОЙСТВА ПАМЯТИ МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ Мартышкин Алексей Иванович, Мартенс-Атюшев Дмитрий Сергеевич.....	89
РАЗРАБОТКА ГРАФИЧЕСКОГО РЕДАКТОРА ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ МАНЕВРОВОЙ РАБОТЫ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ТРАНСПОРТЕ Нечай Татьяна Алексеевна, Роганов Владимир Робертович, Кувшинова Ольга Александровна, Короп Геннадий Викторович.....	97
РЕФЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА Бабич Андрей Михайлович, Акимов Максим Вячеславович.....	105
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ	
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕПЫ СТОЛОВОЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ГАСТРОТУРИЗМА Степанова Алла Георгиевна, Голуб Ольга Валентиновна, Давыденко Наталия Ивановна.....	113
ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БЕРЕЗОВОГО ГРИБА ЧАГА В КАЧЕСТВЕ НАТУРАЛЬНОГО ОБОГАТИТЕЛЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ И МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ Авроров Валерий Александрович, Сарафанкина Елена Александровна, Мурашкина Оксана Александровна.....	119
РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЛЕДЕНЦОВОЙ КАРАМЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАТУРАЛЬНОГО КРАСИТЕЛЯ ИЗ ОКОЛОПЛОДНИКА ОРЕХА МАНЬЧЖУРСКОГО Левчук Тамара Викторовна, Левочкина Людмила Владимировна, Чеснокова Наталья Юрьевна, Кузнецова Алла Алексеевна.....	124
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ КАК ИСТОЧНИКА ПИЩЕВОГО КРАСИТЕЛЯ АНТОЦИАНОВОЙ ПРИРОДЫ Чеснокова Наталья Юрьевна, Левочкина Людмила Владимировна, Приходько Юрий Вадимович, Фадеева Маргарита Евгеньевна.....	131
ВЛИЯНИЕ ПШЕНИЧНЫХ ОТРУБЕЙ И КСАНТАНОВОЙ КАМЕДИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЯСНЫХ ИЗДЕЛИЙ Бочкарева Зенфира Альбертовна, Пчелинцева Ольга Николаевна.....	137
АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ЗАМОРОЗКИ НА ПИТАТЕЛЬНЫЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОДУКТОВ Вельдина Юлия Васильевна, Вольникова Елена Александровна.....	142
ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЕЗЖИРЕННОГО ЙОГУРТА С ДОБАВЛЕНИЕМ ФЕРМЕНТНО МОДИФИЦИРОВАННЫХ КРАХМАЛОВ Никитина Елена Владимировна, Юргаева Татьяна Александровна, Гамула Ольга Олеговна.....	147
ПРИМЕНЕНИЕ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ CHLORELLA В ТЕХНОЛОГИИ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ Трухина Елена Владимировна, Базарнова Юлия Генриховна, Аронова Екатерина Борисовна.....	153
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ РЕСТОРАНОВ «МАКДОНАЛДС», «КФС» И «БУРГЕР КИНГ» Асфондьярова Ирина Владимировна, Каткова Нина Михайловна, Павловская Наталья Антоновна.....	160

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЙОГУРТОВ С ДОБАВКАМИ СУХОГО ЭКСТРАКТА ФЕНХЕЛЯ	
Яковченко Наталья Владимировна, Дубровский Игнатий Игоревич, Арсеньева Тамара Павловна, Горшкова Светлана Борисовна.....	165
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА РЖАНО-ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА, ВЫРАБОТАННОГО НА ОСНОВЕ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ	
Китаевская Светлана Владимировна, Романова Наталья Константиновна, Попова Евгения Владимировна, Камартдинова Дарья Рафаэловна.....	171
О ВАЛЬЦЕВАНИИ ТЕСТОВЫХ МАСС ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛУФАБРИКАТОВ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ	
Мурашкина Оксана Александровна, Авроров Валерий Александрович, Сарафанкина Елена Александровна.....	177
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ФАРША КУРИНОГО, ОБРАБОТАННОГО ВЫСОКИМ ГИДРОСТАТИЧЕСКИМ ДАВЛЕНИЕМ	
Донскова Людмила Александровна, Волков Алексей Юрьевич, Коткова Виктория Викторовна.....	182
ВЛИЯНИЕ ДИГИДРОКВЕРТЕЦИНА НА СРОКИ ГОДНОСТИ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ	
Погосян Давид Гарегинович.....	188
<i>БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА</i>	
ВЫВОД ЗАВИСИМОСТЕЙ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВНУТРЕННИХ ИСТОЧНИКОВ В КАБИНЕ КРАНА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ХОДУ	
Баланова Марина Васильевна.....	193
ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАБОТНИКОВ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР	
Заровняев Александр Петрович.....	197
К ВОПРОСУ О ТРАЕКТОРИЯХ КАРЬЕРЫ ВЫПУСКНИКОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	
Назарова Ольга Михайловна, Сайфетдинова Марьям Кяримовна, Гарькин Игорь Николаевич, Антошкин Денис Иванович.....	204
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕНОСНЫХ ПОЖАРНЫХ ДЫМОСОСОВ	
Григорьев Алексей Николаевич, Макаренко Алексей Игоревич, Левин Вячеслав Анатольевич Протасова Елена Валерьевна.....	210
ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ В МЕГАПОЛИСАХ. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ИННОВАЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	
Гурковская Елена Александровна, Романенко Александр Иванович, Тараканова Валентина Викторовна Бузетти Константин Дантевич, Чигринов Михаил Дмитриевич.....	215
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОВЕДЕНЧЕСКОГО АУДИТА БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ	
Макаров Павел Вячеславович.....	221
ПОНИЖЕННОЕ ДАВЛЕНИЕ ВОЗДУХА КАК ОДИН ИЗ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ ДЛЯ КАБИННОГО ЭКИПАЖА ВОЗДУШНОГО СУДНА	
Шуреков Владимир Васильевич, Самохина Светлана Сергеевна, Мухунова Юлия Витальевна.....	227
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИВЕДЕННЫХ ЗОН ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ	
Юсупджанов Владимир Исмаилович, Кутузова Екатерина Владимировна.....	233

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ПО ВОПРОСАМ ОХРАНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА Донцов Сергей Александрович.....	239
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СВЕТОВЫХ ОПОВЕЩАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЗАДЫМЛЕННОСТИ Савошинский Олег Петрович, Прищенко Алина Владимировна, Козырев Артём Михайлович, Васильев Михаил Александрович, Зыбина Ольга Александровна.....	245
МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ОБОСОБЛЕННОГО УЧАСТКА МАССОВОЙ ВЫДАЧИ ГОРЮЧЕГО В НАЛИВНОЙ ТРАНСПОРТ Чернов Антон Леонидович, Мокроусов Алексей Сергеевич, Квашнин Борис Сергеевич.....	250
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКИ ПРИ РАЗМЕЩЕНИИ И ХРАНЕНИИ ЯДЕРНЫХ ОТХОДОВ Гурковская Елена Александровна, Тараканова Валентина Викторовна, Бузетти Константин Дантевич, Иванов Михаил Владимирович, Халусяк Анна Игорьевна.....	257
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПРИ ЧИСЛЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРА МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ВОДОЙ Ципенко Антон Владимирович, Ларина Елена Владимировна.....	263

CONTENT

Editor column	12
----------------------------	----

INFORMATION SCIENCE, COMPUTING DEVICES AND CONTROLLING

METHODS OF AUTOMATED TESTING USING CONTROL AUTOMATA

Trokoz Dmitry Anatolyevich, Holudeneva Alina Olegovna, Veselova Marina Dmitrievna, Zabrodina Ksenia Andreevna, Safronova Valeria Sergeevna.....	14
---	----

TECHNOLOGY FOR GROUP EXPERTISE SUPPORT IN DISTRIBUTED ENVIRONMENT

Podvesovskii Aleksandr Georgievich, Mikhaleva Oksana Alekseevna.....	20
--	----

USE OF GEOSERVICE FOR SOLVING THE PROBLEMS OF ANALYSIS AND DYNAMIC VISUALIZATION OF LOGISTIC FLOWS

Sadokhov Mikhail Aleksandrovich, Vicentiy Alexander Vladimirovich.....	26
--	----

STANDARD SOLUTION OF CLIENT AUTHORIZATION TASK IN INFORMATION SYSTEM

Trokoz Dmitrii Anatolevich, Martyshkin Alexey Ivanovich, Fedyashov Mark Sergeevich, Karlyganov Alexey Dmitrievich, Lystsov Nikita Alexeevich.....	33
---	----

IMPACT OF MULTITHREADING IN DATA SORTING OPERATIONS ON THE PERFORMANCE OF THE COMPUTER SYSTEM

Pashchenko Dmitry Vladimirovich, Martyshkin Alexey Ivanovich, Salnikov Igor Ivanovich.....	39
--	----

ALGORITHMIC APPROACH TO THE ANALYSIS OF NETWORK COMMUNITIES OF USERS OF ELECTRONIC PARTICIPATION PLATFORMS

Vidiasova Lyudmila Aleksandrovna, Bershadskaya Elena Grigorevna, Martyshkin Alexey Ivanovich.....	48
---	----

ON THE TIME CHARACTERISTICS CALCULATION OF THE SEQUENTIAL REQUEST PROCESSING IN THE INFOCOMMUNICATION SYSTEM

Butaev Mikhail Matveevich, Chulkov Valery Aleksandrovich.....	56
---	----

STRUCTURE AND GENERALIZED ALGORITHM OF THE SYSTEM OF MONITORING AND ANALYSIS OF ELECTRONIC MEDIA PUBLICATIONS

Komarov Vitaly Nikolaevich, Roschin Sergey Mikhailovich.....	61
--	----

CONCEPT OF CONSTRUCTION OF CYBER-PHYSICAL SYSTEM OF IDENTIFICATION OF FREQUENCY-TIME PARAMETERS OF SIGNALS FROM SENSORS ON SURFACE-ACOUSTIC WAVES

Meshcheryakova Elena Nikolaevna.....	67
--------------------------------------	----

FORMALIZATION OF DATA CACHING ALGORITHM IN SAILFISH OS APPLICATION USING AUTOMATA THEORY

Trokoz Dmitry Anatolyevich, Kalinichenko Evgeny Ivanovich, Fedyunin Roman Nikolaevich, Rodionov Vladislav Sergeevich, Savateev Maxim Valerievich	72
--	----

INTEGRAL INDICATOR OF QUALITY OF EDUCATIONAL PROGRAMS

Logachev Maxim Sergeevich, Samarin Yuriy Nikolayevich, Vinokurova Olga Askoldovna.....	77
--	----

COMPLEX OF ACHIEVEMENT OF INTEROPERABILITY OF APPLIED SOFTWARE

Malshakov Grigory Viktorovich.....	83
------------------------------------	----

RESEARCH OF THE ORGANIZATION, ALGORITHMS AND PRINCIPLES OF OPERATION OF THE HARDWARE MODULE BUFFER MEMORY DEVICE IN A MULTIPROCESSOR COMPUTING SYSTEM

Martyshkin Alexey Ivanovich, Martens-Atyushev Dmitry Sergeevich.....	89
--	----

DEVELOPMENT OF GRAPHIC EDITOR FOR SPECIALIZED INFORMATION AND COMPUTING SYSTEM FOR PLANNING OF MANEUVERING WORK IN INDUSTRIAL TRANSPORT

Nechay Tatyana Alekseevna, Roganov Vladimir Robertovich, Kuvshinova Olga Alexandrovna, Korop Gennadiy Viktorovich.....97

REFLEX ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEM

Babich Andrey Mikhailovich, Akimov Maksim Vyacheslavovich..... 105

FOOD TECHNOLOGY

PROSPECTS FOR THE USE OF CANTEEN TURNIPS IN THE MANUFACTURE OF FOOD PRODUCTS FOR GASTROTOURISM

Stepanova Alla Georgiyevna, Golub Olga Valentinovna, Davydenko Nataliia Ivanovna.....113

ABOUT USE OF THE BIRCH MUSHROOM CHAGA, FRUITS AND PUMPKIN SEEDS AS NATURAL ENRICHING AGENTS OF BAKERY AND FLOUR CONFECTIONERY

Avrorov Valery Altksandrovich, Sarafankina Elena Aleksandrovna, Murashkina Oksana Aleksandrovna.....119

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF A CRIMEA CARAMEL WITH THE USE OF A NATURAL DYE FROM AGREEDS NUT OF MANCHURSKY

Levchuk Tamara Victorovna, Liovochkina Lyudmila Vladimirovna, Chesnokova Natalya Yuryevna, Kuznecova Alla Alekseevna.....124

USE OF SECONDARY PRODUCTS OF PROCESSING OF BLACK CURRANT AS A SOURCE OF ANTHOCYANIN

Chesnokova Natalya Yuryevna, Prikhod'ko Yuri Vadimovich, Levochkina Lyudmila Vladimirovna, Fadeeva Margarita Evgenievna..... 131

INFLUENCE OF WHEAT BRAN AND XANTHAN GUM ON FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF MEAT PRODUCTS

Bochkareva Zenfira Albertovna, Pchelinceva Olga Nikolaevna..... 137

THE ANALYSES OF RECENT FOREIGN RESEARCHES OF THE EFFECTS OF FREEZING ON NUTRITIONAL AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF FOODS

Veldina Yuliya Vasiyevna, Volnikova Elena Aleksandrovna..... 142

CHEMICAL, TEXTURAL AND SENSORY PROPERTIES OF NON-FAT YOGHURT WITH ADDITION OF ENZYMIC MODIFIED STARCH

Nikitina Elena Vladimirovna, Yurtaeva Tatyana Alexandrovna, Gamula Olga Olegovna..... 147

APPLICATION OF MICROALGAE BIOMASS CHLORELLA IN PASTA TECHNOLOGY

Trukhina Elena Vladimirovna, Bazarnova Julia Genrikhovna, Aronova Ekaterina Borisovna.....153

COMPARATIVE EVALUATION OF PRODUCT QUALITY OF RESTAURANTS “MACDONALDS”, “KFS” AND “BURGER KING”

Asfondyarova Irina Vladimirovna, Katkova Nina Mikhailovna, Pavlovskaya Natalia Antonovna..... 160

DEVELOPMENT OF YOGURT PRODUCTION WITH ADDITIVES OF DRY FENNEL EXTRACT

Iakovchenko Natalia Vladimirovna, Dubrovskii Ignatii Igorevich, Arseneva Tamara Pavlovna, Gorshkova Svetlana Borisovna.....165

OPTIMISATION OF COMPOSITION RYE BREAD THAT WAS PRODUCED FROM FROZEN DOUGH

Kitaevskaya Svetlana Vladimirovna, Romanova Natalia Konstantinovna, Popova Evgenia Vladimirovna, Kamartdinova Darya Rafaelovna.....171

ON THE ROLLING TEST FOR THE MASS PRODUCTION OF SEMI-FINISHED FLOUR CONFECTIONERY PRODUCTS	
Murashkina Oksana Aleksandrovna, Avrorov Valery Altksandrovich, Sarafankina Elena Aleksandrovna.....	177
ASSESSMENT OF QUALITY AND SAFETY OF MINCED CHICKEN, PROCESSED HIGH HYDROSTATIC PRESSURE	
Donskova Ludmila Alexandrovna, Volkov Alexey Yurievich, Kotkova Victoria Viktorovna.....	182
THE INFLUENCE OF DIHYDROQUERCETIN ON THE EXPIRATION DATE WHOLE MILK PRODUCTS	
Pogosyan David Gareginovich.....	188
<i>HUMAN ACTIVITY SAFERY</i>	
THE OUTPUT OF THE DEPENDENCY OF ACOUSTIC IMPACT OF DOMESTIC SOURCES IN THE CRANE CABIN ON RAILWAY TO THE COURSE	
Balanova Marina Vasilievna.....	193
WAYS TO REDUCE THE EMPLOYEE'S MORBIDITY UNDER THE CONDITIONS OF LOW TEMPERATURES	
Zarovnyaev Alexander Petrovich.....	197
TO THE QUESTION OF CAREER TRAJECTORIES OF GRADUATES OF THE DIRECTION OF TRAINING ON SAFETY IN EMERGENCY SITUATIONS	
Nazarova Olga Mikhailovna, Sayfetdinova Maryam Kyarimovna, Garkin Igor Nikolaevich, Antoshkin Denis Ivanovich.....	204
INCREASING THE EFFICIENCY OF PORTABLE FIRE FIGHTERS	
Grigoryev Aleksey Nikolaevich, Makarenko Alexey Igorevich, Levin Vyacheslav Anatolyevich, Protasova Elena Valeryevna.....	210
TECHNOGENIC RISKS IN MEGAPOLIS. PROBLEMS AND SOLUTIONS AT THE INTRODUCTION OF INNOVATIVE CONSTRUCTION TECHNOLOGIES	
Gurkovskaya Elena Aleksandrovna, Romanenko Alexander Ivanovich, Tarakanova Valentina Viktorovna, Busetti Konstantin Dantevich, Chigrinov Mikhail Dmitrievich.....	215
ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF BEHAVIORAL SAFETY AUDIT AT THE ENTERPRISES OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY	
Makarov Pavel Vyacheslavovich.....	221
REDUCED AIR PRESSURE AS ONE OF THE HARMFUL FACTORS FOR THE CABIN CREW OF THE AIRCRAFT	
Shurekov Vladimir Vasilyevna, Samokhina Svetlana Sergeevna, Mukhunova Yuliya Vitalyevna.....	227
THE METHOD OF DETERMINING THE REDUCED DAMAGE AREAS OF ELEMENTS OF HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES	
Yusupdzhanov Vladimir Ismailovich, Kutuzova Ekaterina Vladimirovna.....	233
PSYCHOLOGICAL FEATURES OF STAFF TRAINING ON OCCUPATIONAL SAFETY AND SAFETY	
Dontsov Sergey Alexandrovitch.....	239
ESTIMATION OF EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF LIGHT SIGNALS UNDER CONDITIONS OF LIGHTNESS	
Savoshinsky Oleg Petrovich, Prishchenko Alina Vladimirovna, Kozyrev Artem Mikhailovich, Vasilyev Mikhail Aleksandrovich.....	245

METHODS AND MEANS OF MASS DISTRIBUTION OF FUEL IN BULK TRANSPORT IN THE CONDITIONS OF REGROUPING OF TROOPS

Chernov Anton Leonidovich, Mokrousov Alexey Sergeevich, Kvashnin Boris Sergeevich.....250

ENVIRONMENTAL CONTROL OF THE CALCULATION MODEL OF THE INDUSTRIAL SITE IN THE PLACEMENT AND STORAGE OF NUCLEAR WASTE

Gurkovskaya Elena Aleksandrovna, Tarakanova Valentina Viktorovna, Buseti Konstantin Dantevich, Ivanov Mikhail Vladimirovich, Halusyak Anna Igorevna.....257

TECHNOLOGICAL METHODS FOR NUMERICAL SIMULATION OF FIRE SUPPRESSION OF THE ELECTRIC TRANSFORMER WITH FINE WATER

Tsipenko Anton Vladimirovich, Larina Elena Vladimirovna.....263

30 декабря 1959 года - день рождения Пензенского государственного технологического университета, ранее - Пензенской государственной технологической академии, ещё ранее - Пензенского технологического института, бывшего завода-вуза. Сегодня ПензГТУ - это учебное заведение с богатейшим опытом и традициями подготовки специалистов в разнообразных областях современной техники и экономики, с развитой материально-технической базой и высококвалифицированным кадровым потенциалом.

ПОДГОТОВКА КАДРОВ В СОВРЕМЕННОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ОБЩЕСТВЕ

Востребованность специалистов на современном рынке труда определяется степенью удовлетворения требований и ожиданий потребителей в соответствии с развитием технического прогресса. По мнению ученых Московской школы управления «Сколково», создавших «Атлас новых профессий», до 2030 года появятся 186 новых профессий, 57 – полностью устареют, а девяносто процентов существующих сейчас профессий, сохранив названия, кардинально поменяют содержание. А значит, специалисту будущего уже сейчас необходимо изменить подходы к своему образованию, осваивая в первую очередь междисциплинарные навыки, такие как системное мышление, мультиязычность и мультикультурность, работа в условиях неопределенности, экологическое мышление и др. Это означает, что человек должен постоянно обновлять свои знания, учиться без длительных перерывов. При этом доступность новых технологий и возможность их использования должны обеспечиваться применением дистанционного открытого образования на основе использования информационных и телекоммуникационных ресурсов для доставки учебного материала с целью его самостоятельного изучения обучающимся, организации диалогового обмена между ним и преподавателем, когда процесс обучения независим от времени и пространства.

Современное образование ставит основной своей задачей «научить учиться», используя все преимущества классического и сетевого подхода к организации обучения. Информационно-образовательная среда, в нашем понимании, – это единое образовательное пространство, построенное с помощью интеграции информации на традиционных и электронных носителях с помощью компьютерно-телекоммуникационных технологий взаимодействия. При этом необходимо создавать и постоянно совершенствовать личностно-ориентированную систему обучения профессиональной деятельности, способную отвечать на запросы рынка труда и соответствовать современному развитию технического прогресса. Решение проблемы профессиональной ориентации способствует формированию гармоничной личности, стремящейся к достижению жизненных целей (личностных, профессиональных). Такой подход к профессиональному образованию способствует решению задачи занятости, особенно в сельской местности и малых городах, что создает возможность повысить плотность бизнеса и закрепить кадры. Мировая практика доказывает целесообразность создания автоматизированных и автоматических систем для формирования навыков профессиональной деятельности. В настоящее время разработаны и успешно функционируют тренажеры различной направленности (авиационные, танковые и автомобильные), компьютерные самоучители (например, обучающие игре в шахматы и т.п.). При этом современные технологии обучения позволяют существенно расширить применение тренажеров, построенных на основе персональных компьютеров, и программ моделирования профессиональной деятельности.

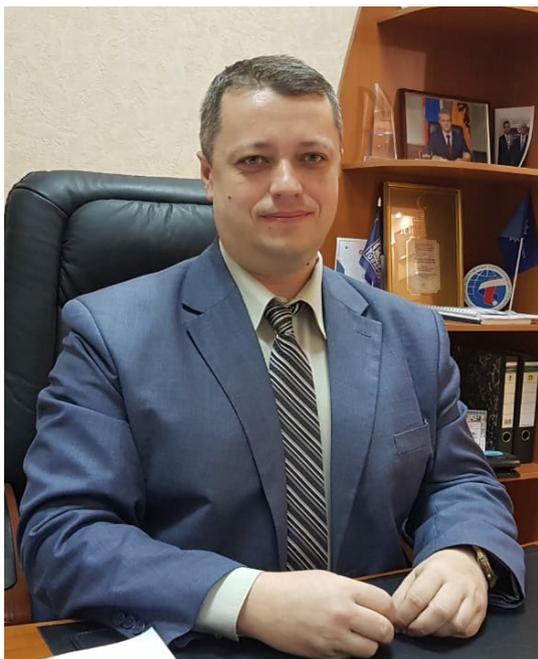
В настоящее время сложились условия личностно-ориентированного обучения на основе интеллектуальных учебников, позволяющих обучающимся реализовывать процесс преимущественно самостоятельного обучения по индивидуальной траектории. Такой подход основан на разработанных компьютерных моделях обучения, когда тактика и стратегия обучения меняется в зависимости от запросов бизнеса и возможностей обучаемого. Концепция построения обучения основана не на накоплении знаний, а на организации созидательной деятельности для достижения поставленной цели. В соответствии с этим обучающийся не только усваивает необходимый в данное время объем знаний, приобретает навыки профессиональной деятельности, но и учится мыслить абстрактно и решать встающие перед ним проблемы. Это позволяет реализовать междисциплинарное образование, включающее как гуманитарные, так и точные науки, которое, по мнению ученых, будет превалировать над узкоспециализированным.

Отмеченные выше подходы к обучению были положены в основу формирования образовательной среды, основанной на совместной деятельности обучающихся, научно-педагогических кадров и ведущих специалистов предприятий, которая была создана в Пензенском государственном технологическом университете (бывшем заводе-ВТУЗе – филиале Политехнического института). Следуя традициям завода-ВТУЗа, университет отказался от подготовки «абстрактного специалиста», связав воедино теоретическое обучение и производственную подготовку. Это позволило создать уникальный научно-образовательный комплекс, ведущий подготовку кадров для различных уровней производства – от рабочего до руководителя.

Сегодня университет решает задачу подготовки специалиста, который, зная основные законы развития экономики, умеет самостоятельно и ответственно принимать решения, адаптироваться к преобразованиям происходящим в экономике, профессиональной деятельности, а также в обществе в целом. Появилась возможность реализовать концепцию образования на протяжении всей жизни человека со всеми ее преимуществами – гибкостью, разнообразием и доступностью во времени и пространстве. И такой подход к профессиональному образованию позволит обучающимся соответствовать реалиям и вызовам современного рынка труда.



В.Б. Мусеев



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

Член-корреспондент Академии информатизации образования, член экспертного совета ВАК по управлению, вычислительной технике и информатике. Член трех диссертационных советов.

С июля 2019 г. – ректор Пензенского государственного технологического университета.



Моисеев Василий Борисович, доктор педагогических наук, профессор, кандидат технических наук.

Заслуженный работник высшей школы РФ, почетный работник высшего образования России, почетный работник науки и техники РФ, почетный машиностроитель.

С 1989-2016 г.г - ректор Пензенского государственного технологического университета».

СОВРЕМЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ В XXI ВЕКЕ

В современном мире становятся несостоятельными традиционные формы образования. Учить по старинке современных студентов становится сложно и неэффективно. Нужны другие подходы и методы. Сотрудники Российского государственного педагогического университета им. Герцена считают: «новому условному «поколению Z» присуще мировоззрение, которое принято обозначать как «постматериализм». Поколение Z» выросло среди цифровой глобализации – буквально в интернете, в котором всё связано со всем. Цифровые технологии для них – это та реальность, в которой они живут. Они ориентированы на стремительный социальный рост, на частую смену жизненной обстановки, на быстрые результаты от приложенных к чему-либо усилий. Это поколение ещё называют сетевым. Что же это значит. А значит это, что пришло время сетевых программ, коротких образовательных модулей, которые могут осваиваться в сетевой форме с использованием Internet-курсов и индивидуальных программ обучения. Многие из вчерашних школьников приходят в университет, чтобы развить те увлечения, которыми их «заразила» школа или колледж.

Роль современного университета – гибко подстраиваться под такие запросы и выпустить из своих стен действительно конкурентоспособного, уверенного в своих силах выпускника, которому будет комфортно в любом профессиональном сообществе. Очень важна и социальная роль университетов. Он должен выступать центром культуры и формировать личность у обучающихся. В современном мире не так много мест и поводов у «сетевого поколения» сделать что-нибудь вместе в «реальной» жизни.

Современный университет это уже не только образовательное учреждение – это целая корпорация, в которой работают и учатся российские и иностранные студенты. Именно здесь работодатели ищут будущих сотрудников, часто проверяя их на реальных проектах. Всё чаще появляются случаи заключения «пожизненных» контрактов с лучшими студентами российских ВУЗов. Сначала это делали только западные компании, но теперь это начали внедрять и Российские компании в сфере IT. Не удивительно, ведь потребность российского рынка в профессионалах только растёт. И часто не важно, какую специальность заканчивает студент, ведь в современном мире быстрая адаптация к новым условиям – одно из главных критериев успеха. Это относится и к нам, тем кто учит наших студентов. Мы постоянно меняемся, учимся и исследуем, воспитываем и готовимся к новым занятиям. Это сложная и ответственная работа. И современным наш университет делают прежде всего его преподаватели.

Д.В. Пащенко

ПЕНЗЕНСКОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ УНИВЕРСИТЕТУ – 60 ЛЕТ

УДК 004.054

МЕТОДЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ

© 2019

Трокоз Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет

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

Холуденева Алина Олеговна, старший преподаватель кафедры «Техническое управление качеством»,
Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: linblondy@mail.ru)

Веселова Марина Дмитриевна, студент кафедры «Вычислительная техника»
Пензенский государственный университет

(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: marina_veselova58@mail.ru)

Забродина Ксения Андреевна, студент кафедры «Вычислительная техника»
Пензенский государственный университет

(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: kzabrodina1999@gmail.com)

Сафронова Валерия Сергеевна, студент кафедры «Вычислительная техника»
Пензенский государственный университет

(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: valer.safronova@gmail.com)

Аннотация. Данная статья посвящена описанию методологии автоматизированного тестирования, способной охватить все уровни автоматизированного тестирования распределенных информационных систем со сложной архитектурной организацией, при помощи теории автоматов, которые необходимы для наглядного представления данного механизма. Интерпретирование последовательности выполнения тестового сценария при помощи конечного автомата позволяет облегчить понимание процесса выполнения автоматизированного тестирования. Такой вид тестирования, в отличие от ручного, включает в себя различные уровни, которые обеспечивают контроль качества продукта на всём его жизненном цикле. Существуют различные множество методологий автоматизированного тестирования, которые разработаны для реализации данных уровней. Из этого множества можно выделить две основные группы: методика на основе ключевых слов и методика, основанная на использовании моделей в явном виде. Однако, каждая из них имеет свои недостатки, сужающие круг области применения. Предложенная в данной статье новая методология является универсальной, сочетающая в себе высокоуровневую абстракцию, которая облегчает процесс создания тестового набора, и углубленную проверку спецификаций системы при помощи механизма тестирования, позволяющего повысить качество разрабатываемого продукта путем полного покрытия тестовых сценариев. Спроектированная в данной статье методология актуальна для систем со сложной архитектурной организацией.

Ключевые слова: Тестирование, автоматизированное тестирование, методологии автоматизированного тестирования, UniTESK, конечный автомат.

METHODS OF AUTOMATED TESTING USING CONTROL AUTOMATA

© 2019

Trokoz Dmitry Anatolyevich, candidate of technical Sciences,
associate Professor of sub-department «Calculating machine and systems»
Penza State Technological University

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

Holudeneva Alina Olegovna, senior lecturer of sub-department «Technical quality management»,
Penza State Technological University

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

Veselova Marina Dmitrievna, student of group 16VV1 of sub-department «Computer engineering»
Penza State University

(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: marina_veselova58@mail.ru)

Zabrodina Ksenia Andreevna, student of sub-department «Computer engineering»
Penza State University

(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: kzabrodina1999@gmail.com)

Safronova Valeria Sergeevna, student of sub-department «Computer engineering»
Penza State University

(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: valer.safronova@gmail.com)

Abstract. This article describes test automation methodology that can cover all levels of automated testing of distributed information systems with a complex architectural organization using the theory of automata which are

necessary for the visualization of this mechanism. Interpreting the execution sequence of a test scenario using a finite state machine makes it easier to understand the process of performing automated testing. This type of testing, unlike manual testing, includes various levels that ensure quality control of the product throughout its life cycle. There are many different automated testing methodologies that are designed to implement these levels. Two main groups can be distinguished from this set: a methodology based on keywords and a methodology based on the use of models in an explicit form. However each of them has its drawbacks narrowing the area of application. The new methodology proposed in this article is universal, combining a high-level abstraction that facilitates the process of creating a test set, and in-depth verification of system specifications using a testing mechanism that allows you to improve the quality of the product being developed by fully covering test scenarios. The methodology designed in this article is relevant for systems with complex architectural organization.

Keywords: Testing, automated testing, automated testing methodologies, UniTESK, finite automaton.

Введение. Четвертая техническая революция привела к кардинально новому пониманию информационных технологий. Она охватила такие аспекты, как виртуальная и дополненная реальности, интернет вещей, работа с большими данными и с облачными хранилищами, а также внесла огромный вклад в развитие и применение интеграционных систем. А поскольку в настоящее время программное обеспечение, независимо от того, под какую платформу оно разрабатывается, имеет сложную архитектуру, что обусловлено кластеризацией программных модулей на структурные взаимосвязанные компоненты, количество критических ошибок возрастает с геометрической прогрессией, что приводит к ухудшению качества разрабатываемой системы [1,2]. Во избежание подобных ситуаций необходимо осуществлять поиск ошибок еще на этапе разработки продукта. Подобный процесс называют тестированием.

Виды тестирования. Тестирование можно классифицировать на две основные группы: ручное и автоматизированное [3]. Под ручным тестированием распределенных информационных систем понимают поиск, осуществляемый специалистом по тестированию, критических, плавающих и незначительных ошибок, а также выявление причин их возникновения.

Ручное тестирование позволяет проанализировать возможные действия будущего пользователя данной системы, проверить логику работы функционала, сопоставить ожидаемые и реальные результаты, и, соответственно, выявить удобство использования данного продукта, подчеркнуть его недостатки, которые, возможно, не были учтены на этапе проектирования. Кроме того, предоставляется возможность отследить несоответствия с макетной реализацией, а также обнаружить специфические ошибки путем анализа статистических данных.

Однако подобный способ тестирования не может покрыть весь объем тестовых сценариев, поскольку тестировщик, ввиду человеческого фактора, не способен в полной мере проверить все функциональные составляющие системы после каждого ее обновления. Что является критичным фактором, так как выведение нового функционала может повлечь за собой ненамеренное повреждение уже отлаженных ранее процессов.

Для решения данной проблемы были созданы системы автоматизированного тестирования, осу-

ществляющие автоматическое выполнение тестовых сценариев, описанных с использованием ранее подготовленных тестовых данных, а также программный анализ результатов запуска автотестов, с последующим формированием отчета. Они позволяют покрыть большой объем тест-кейсов, что значительно повышает производительность процесса отладки, а также облегчают работу и экономят время специалистов по тестированию, так как берут на себя проверку статичного функционала [4].

Автоматизация тестирования повышает надежность процесса отладки в целом, поскольку осуществляется проверка всех деталей, описанных в тест-кейсах [5].

Однако необходимо учитывать, что изменение программного кода продукта требует актуализации самих тестов.

Наглядное представление процессов ручного и автоматизированного тестирования представлено на рисунке 1.

Автоматизированное тестирование в свою очередь можно разделить на следующие уровни [6,7]:

1. Модульное тестирование (Unit Testing) производит валидацию отдельных компонентов программных модулей во избежание появления ошибок в уже отлаженных ранее процессах. Реализацию данного уровня тестирования производит непосредственно разработчик системы.

2. Интеграционное тестирование (Integration Testing) позволяет отладить взаимосвязи между компонентами распределенной информационной системы. Оно основано на заранее определенных входных и выходных данных исследуемого объекта, поскольку реализация взаимосвязи между компонентами может быть изменена.

3. Системное тестирование (System Testing) проводится уже на отлаженном программном обеспечении, с целью проверки поведения системы как единого объекта. На данном этапе выполняется проверка спецификаций для определения возможных рабочих характеристик системы. На основании выходных данных этого уровня формируется оценка качества разрабатываемого продукта.

4. Приемочное тестирование (Acceptance testing) позволяет увидеть, как будет вести себя система в условиях ее эксплуатации реальным пользователем. Основной целью описанного тестирования является определение готовности распределенной информационной системы к использованию.



Рисунок 1 – Схема ручного и автоматизированного тестирования

Методологии автоматизированного тестирования. Для реализации уровней автоматизированного тестирования были разработаны специализированные методики тестирования, каждая из которых имеет свои особенности.

Одним из подходов к автоматизированному тестированию является написание тестов на основе ключевых слов [8]. При таком методе выполнение каждого шага сценария описывается ключевым словом, характеризующим какое действие должно совершиться в тот или иной момент. Поскольку процесс тестирования оперируется высокоуровневыми абстракциями, созданный тестовый сценарий может быть использован как при автоматизированном тестировании, так и при ручном. В первом случае при запуске теста ключевые слова интерпретируются при помощи компоновщика с использованием библиотек тестирования, обращающихся к драйверам ОС, после чего выполняются указанные команды. Данный способ дает возможность модульной проверки приложения, позволяющей производить отладку системы на ранних этапах ее разработки. Последовательность действий при автоматизированном тестировании с помощью ключевых слов изображена на рисунке 2.

Существенным фактором при выборе текущей концепции является написание автоматизированного теста без знаний языков программирования, что уменьшают затраты на создание и упрощают сопровождение тестового набора. Однако данный подход не полностью охватывает глубину проверки в информационных системах со сложной структурной организацией.

Второй из наиболее часто используемых технологий тестирования является UniTESK, разработанная на основе моделей в явном виде [9]. В основу

технологии UniTESK заложен принцип “черный ящик”, базирующийся на тестировании интерфейса прикладной программы [10].



Рисунок 2 – Схема автоматизированного тестирования с помощью ключевых слов

Тестовый сценарий строится по вышеуказанному принципу на контрактных спецификациях, которые в свою очередь представляют собой набор пред- и постусловий. Предусловие описывает все возможные состояния возникшего события, а постусловие - в какое состояние событие может

перейти в конкретный момент времени. Генерация тестов происходит автоматически на основе спецификаций с использованием языков программирования близким к языкам, при помощи которых была разработана тестируемая система, что значительно расширяет спектр применения UniTESK, поскольку уменьшаются временные затраты на ее изучение. Процесс тестирования системы происходит последовательно-параллельно [11]. В качестве основных компонентов можно выделить: тестовую и целевую системы. Тестовая система включает в себя итератор воздействий, работающий под управлением обходчика, реализует построение тестового сценария. Из итератора воздействий созданные данные передаются в оракул, который в свою очередь произво-

дит проверку на валидность полученной информации. После чего медиатор интерпретирует команды в последовательность реальных воздействий на целевую систему [12,13]. Наглядное представление взаимодействия компонентов отображено на рисунке 3.

Шаги сценария выполняются с малыми задержками между пред- и постусловиями, однако последовательность выполнения шагов может отличаться на этапе запуска теста от первоначальной, при этом полнота выходных данных не изменится. Ввиду сложного подхода к процессу тестирования появляется необходимость наличия у разработчика автоматизированного тестирования высокого уровня знаний в соответствующей квалификации.

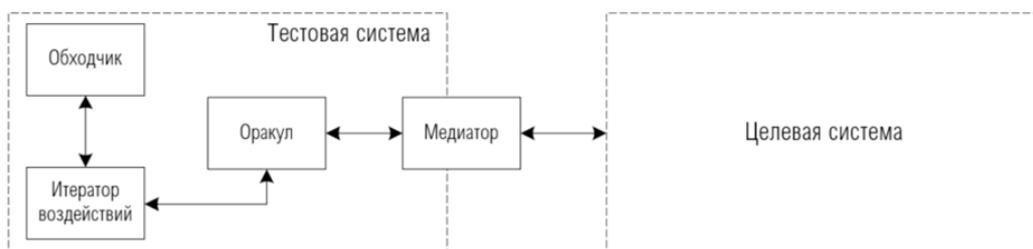


Рисунок 3 – Схема взаимодействия компонентов при автоматизированном тестировании, основанном на технологии UniTESK

Математическая модель алгоритма автоматизированного тестирования. Описанные ранее методы имеют свои достоинства и недостатки, однако их совместное использование может устранить недочеты каждой из них, уменьшить временные затраты на изучение данной методологии и произвести более детальную проверку информационных систем со сложной структурной организацией.

При создании своей методики тестирования стоит учесть некоторые аспекты [14]:

1. Наличие единицы действия – ключевого слова, позволяющего осуществлять переход из одного состояния в другое.

2. Множество состояний, возникающих по завершении события, что может привести к непредсказуемым результатам, а в дальнейшем спровоцировать нестабильное выполнение теста. Во избежание неблагоприятных последствий целесообразно разделить результаты в два множества: успешное и аварийное завершение модуля, с последующей обработкой каждого из вариантов.

Совокупность описанных аспектов можно представить при помощи модели конечного управляющего автомата [15]. Поскольку она предполагает наличие в себе необходимой нам единицы действия – событие, а также наличие пары выходных состояний, возникающих в результате выполнения события.

Далее представлены условные обозначения, использованные для построения модели конечного автомата, который переходит в сигнальное состояние после выполнения соответствующих функций в ко-

нечном операционном автомате [16,17].

T_{start} – условное обозначение начального состояния системы;

T_{login} – условное обозначение события, при котором осуществляется занесение данных в поле, предназначенное для ввода логина;

$T_{EndLoginErr}$ – событие, сигнализирующее об ошибке во время выполнения ввода данных в поле, предназначенное для логина;

T_{pass} – условное обозначение события, при котором осуществляется занесение данных в поле, предназначенное для ввода пароля;

$T_{EndPassErr}$ – событие, сигнализирующее об ошибке во время выполнения ввода данных в поле, предназначенное для пароля;

T_{Click} – событие, которое вызывает метод click, обрабатывающий событие – клик правой кнопкой мыши по указанному объекту, само событие вычисляется при помощи формулы:

$$T_{Click} = \neg(T_{errNotFound} \vee T_{errNotSuccess}) \& (T_{searchEl} \& T_{clickEl}) \quad (1)$$

$T_{EndClickErr}$ – событие, которое возникает при появлении ошибки во время выполнения метода click;

T_{time} – событие, вызывающее задержку итерации;

$T_{endTimeErr}$ – событие, возникающее по истечении тайм-аута;

T_{see} – условное обозначение события, которое позволяет проверить наличие определённого элемента на странице;

$T_{endSeeErr}$ – условное обозначение события, возникающее, когда заданный элемент не был найден;

T_{END} – событие, сигнализирующее об успешном завершении модуля;

T_{ERR} – событие, сигнализирующее об аварийном завершении модуля;

- – сигнал, обозначающий переход в другое состояние в случае успешного завершения итерации;
- \bar{x} – сигнал, обозначающий переход в другое состояние в случае неуспешного завершения итерации.

В качестве примера для автоматизированного тестирования рассмотрен модуль «Авторизация» в приложении.

Для того, чтобы авторизоваться в системе пользователю необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Ввести учетные данные пользователя в поля «Логин» и «Пароль» в произвольном порядке;
2. Нажать кнопку входа в систему;
3. Дождаться ответа системы, свидетельствующего об успешном или неуспешном выполнении процедуры;
4. Сравнить полученный результат с результатом, описанном в тестовом сценарии.

Представленный ниже на рисунке 4 конечный автомат демонстрирует общий алгоритм выполнения модуля «Авторизация».

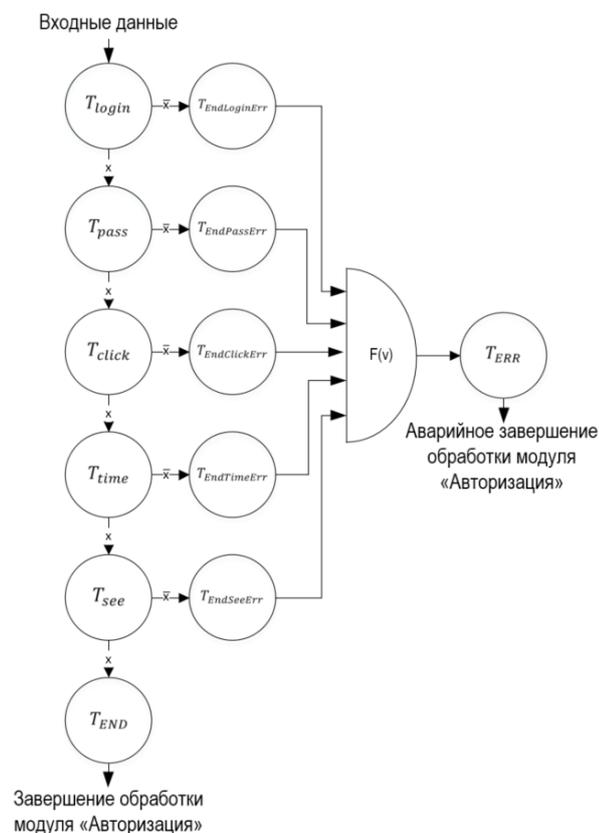


Рисунок 4 – Математическая модель модуля «Авторизация»

В основе каждой команды заложены подобные принципы, воздействующие на систему, детальное представление которой можно рассмотреть на примере выполнения метода «Click», реализующего событие нажатия правой кнопки мыши по объекту. Сама процедура включает в себя следующие этапы:

1. Поиск необходимого элемента на странице/экране приложения;
2. Симуляция нажатия на выбранный элемент;
3. Обработка успешного / неуспешного исполнения предыдущего действия;
4. Формирование результатов выполнения метода «Click».

На шагах, требующих ответа от системы, возможно возникновение внештатных ситуаций, приводящих к экстренному завершению процедуры или всего теста.

Далее будут представлены условные обозначения, которыми оперирует автомат, изображенный на рисунке 5.

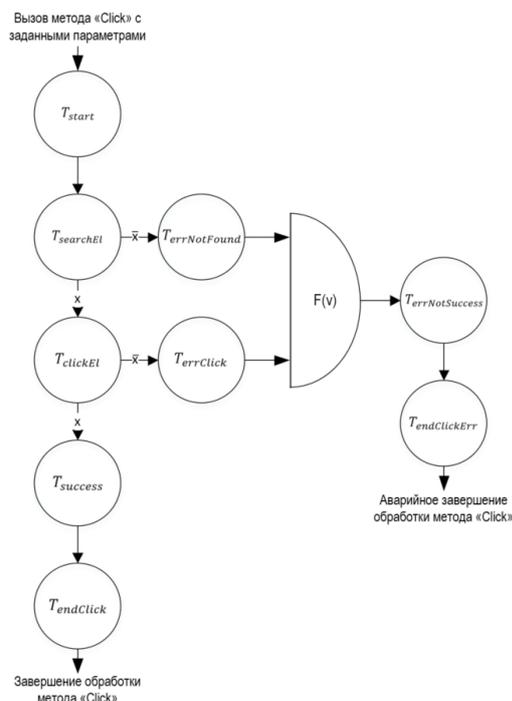


Рисунок 5 – Математическая модель метода Click

T_{start} – условное обозначение события, сигнализирующее о запуске метода;

$T_{searchEl}$ – событие, осуществляющее поиск нужного элемента;

$T_{errNotFound}$ – событие, сигнализирующее об ошибке, возникшей во время операции поиска нужного элемента;

$T_{clickEl}$ – условное обозначение события, сигнализирующее о запуске команды, приводящего элемент в активное состояние;

$T_{errClick}$ – событие, которое сообщает о возникновении ошибки во время запуска команды;

$T_{success}$ – событие, сигнализирующее об успешном

ном заверении команды;

$T_{errNotSuccess}$ – событие, сигнализирующее об аварийном заверении команды;

$T_{endClick}$ – событие, сигнализирующее об успешном заверении метода;

$T_{endClickErr}$ – событие, сигнализирующее об аварийном заверении модуля;

• – сигнал, обозначающий переход в другое состояние в случае успешного завершения итерации;

\bar{X} – сигнал, обозначающий переход в другое состояние в случае неуспешного завершения итерации.

Заключение. В данной статье была рассмотрены методики автоматизированного тестирования: на основе ключевых слов и моделей в явном виде, которые являются базовыми для всех уровней автоматизированного тестирования. На основе описанных методологий была спроектирована модель, сочетающая в себе достоинства каждой из них, и способной покрыть значительное количество тест-кейсов на разных уровнях отладки распределенных информационных систем со сложной архитектурной организацией.

За счет формализованного описания с использованием конечного автомата механизм автоматизированного тестирования позволяет повысить качество разрабатываемого продукта ввиду детализации этапов тестового сценария и возможных исходов системы, что приводит к систематизации и наглядному представлению процесса написания тестовых сценариев [18].

Кроме того, упрощается использование данного метода специалистами разных категорий, что приводит к расширению сферы применения в области автоматизации тестов [19,20].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ «Конкурс на лучшие проекты фундаментальных научных исследований», грант № 19-07-00516 А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гребенюк В.М. Оценка целесообразности внедрения автоматизированного тестирования // Интернет-журнал Науковедение. – 2013. – №. 1 (14). – С. 2–8.

2. Кузнецов А. А., Ковалёв С. П. Тестирование и мониторинг в распределенных автоматизированных системах технологического управления // ЖВТ. – 2009. – №. 4. – С. 57–69.

3. Галимова Е.Ю., Коваленко А.Н. Выбор способа тестирования как решение многокритериальной задачи // ИВД. – 2016. – №. 3. (42). – С. 3–13.

4. Raluca Lefticaru, Florentin Ipatе. (2007). «State-based Testing is Functional Testing». Academic and Industrial Conference Practice and Research Techniques.

5. Butler K.M. (1996). “Integrating automated diagnosis into the testing and failure analysis operations”. Proceedings of Proceedings International Test Conference 1996. Test and Design Validity Conference, Washington, DC, USA.

6. Уровни автоматизированного тестирования [Электронный ресурс]: URL: <https://qa-academy.by/qaacademy/news/avtomatizaciya-testirovaniya/> (дата

обращения: 04.08.2019).

7. Howden W.E. Functional Program Testing // IEEE Trans. Software Engineering. – 2000. – №. 6. – С. 162–169.

8. Тютин Б. В., Веселов А. О., Котляров В. П. Тестирование на основе ключевых слов с использованием диаграмм последовательности событий // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2014. – №. 3. (198). – С. 78–84.

9. Кознов Д.В., Арчак Н.А. Апробация технологии тестирования UniTesK // Системное программирование: Сб. ст. / С. – Петерб. Гос. Ун-т, 2004. – С. 335–347.

10. Иванников В. П., Петренко А. К., Кулямин В. В., Максимов А. В. Опыт использования UniTESK как зеркала развития технологий тестирования на основе моделей // Труды ИСП РАН. – 2013. – С. 208–216.

11. Сортов А. А., Хорошилов А. В. Функциональное тестирование Web-приложений на основе технологии UniTesK // Труды ИСП РАН. – 2004. – №. 1. – С. 77–88.

12. Хатько Е.Е. Один способ реализации алгоритма генерации тестов в тестировании на основе моделей. – Труды 53 науч. конф. МФТИ. «Современ. проблемы фундамент. и приклад. наук.» Ч. 1. – М.: МФТИ, 2010. – С. 92–94.

13. Чупилко М. М. Автоматизация системного тестирования моделей аппаратуры на основе формальных спецификаций // Труды ИСП РАН. 2010. – С. 115–128.

14. Richard Hooper. (2011). “Optimal switching architecture for Automated Test Equipment”. Proceedings of 2011 IEEE AUTOTESTCON Conference, Baltimore, MD, USA.

15. Рубинов К.В., Веденев В.В., Парфенов В.Г. Метод разработки тестов для программных интерфейсов приложений на основе конечно-автоматной модели тестирования // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2008. – №. 53. – С. 273–280.

16. Вашкевич Н.П., Бикташев Р.А., Синев М.П. Формализация алгоритмов управления многопоточным доступом к разделяемым ресурсам на основе использования событийных недетерминированных автоматов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2014. – №. 1. – С. 128–133.

17. Пивнева С.В. Минимизация недетерминированных конечных автоматов по различным критериям // Вектор наук ТГУ. – 2011. – №1(15).

18. Агибалов Г.П. Применение конечных автоматов в моделировании // Современные информационные технологии. – 2009. – №. 10. – С. 389–392.

19. Вашкевич Н. П. Недетерминированные автоматы в проектировании систем параллельной обработки. – 2004.

20. Новосельцев В.Б., Соколова В.В. Обработка рекурсивных данных конечными автоматами // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – №. 7. – С. 130–133.

Статья поступила в редакцию 28.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 519.81; 004.7:004.891

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДДЕРЖКИ ГРУППОВОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДЕ

© 2019

Подвесовский Александр Георгиевич, кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Информатика и программное обеспечение»

Брянский государственный технический университет

(241035, Россия, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7, e-mail: apodv@tu-bryansk.ru)

Михалева Оксана Алексеевна, старший преподаватель кафедры
«Информатика и программное обеспечение»

Брянский государственный технический университет

(241035, Россия, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7, e-mail: gordonmi@mail.ru)

Аннотация. Разработка интеллектуальной основы и создание экспертно-аналитических программных платформ поддержки принятия групповых решений в распределенной среде в настоящее время является актуальным направлением исследований, в рамках которого ставятся и решаются задачи, связанные с созданием новой технологии распределённого экспертного оценивания и развитием существующих математических моделей принятия групповых решений, учитывающих специфику распределенного взаимодействия лиц, принимающих решения, аналитиков, экспертов и других участников процесса. Статья продолжает серию публикаций материалов исследований авторов в области математического моделирования и компьютерной поддержки задач группового экспертного оценивания объектов в распределенной среде. Рассмотрены особенности формализации таких задач, и предложена технология поддержки распределенной групповой экспертизы, основу которой составляет комплекс математических моделей обработки результатов групповой экспертизы применительно к двум типам экспертных оценок – ординальным и кардинальным абсолютным. Для автоматизации предложенной технологии разработан программный комплекс поддержки групповой экспертизы с обеспечением возможности распределенного взаимодействия участников процесса принятия решений. Рассмотрены принципы построения архитектуры программного комплекса, и выделены возможные категории пользователей. Описаны результаты экспериментальной апробации выполненных разработок при решении прикладных задач.

Ключевые слова: принятие решений, экспертные сети, экспертные оценки, групповая экспертиза, согласованность экспертных оценок, оценка компетентности экспертов; распределенная система, система поддержки принятия решений.

TECHNOLOGY FOR GROUP EXPERTISE SUPPORT IN DISTRIBUTED ENVIRONMENT

© 2019

Podvesovskii Aleksandr Georgievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Head of Informatics and Software Engineering Department

Bryansk State Technical University

(241035, Russia, Bryansk, 50 let Oktyabrya boul, 7, e-mail: apodv@tu-bryansk.ru)

Mikhaleva Oksana Alekseevna, Senior Lecturer of Informatics and Software Engineering Department

Bryansk State Technical University

(241035, Russia, Bryansk, 50 let Oktyabrya boul, 7, e-mail: gordonmi@mail.ru)

Abstract. The development of an intellectual framework and the creation of expert and analytical software platforms for group decision-making support in a distributed environment is currently an urgent area of research, within which a number of tasks are posed and solved. These tasks are related to the creation of a new technology for distributed expert evaluation and the development of existing mathematical models for making group decisions, taking into account a specificity of distributed interactions of decision makers, analysts, experts and other participants of the decision-making process. The article continues the series of publications of materials of the authors' research in the field of mathematical modeling and computer support of tasks of group expert estimation of objects in distributed environment. The peculiarities of such tasks formalization are described, and the technology for group expertise support is presented. The technology is based on the set of mathematical models for processing the results of group expertise for two types of expert assessments – ordinal and cardinal absolute. For the purpose of automation of the proposed technology, a software package for group expertise support was developed, which ensures the possibility of distributed interaction between participants in the decision-making process. The principles of the software package architecture construction are considered, and the possible categories of users are identified. The results of experimental testing of the proposed decisions for solving applied problems are described.

Keywords: decision support, expert networks, expert judgements, group expertise, consistency of expert judgements, evaluation of expert competency, distributed system, decision support system.

Введение. Современные тенденции развития информационных аналитических систем поддержки управленческой деятельности подтверждают актуальность направления исследования, связанного с разработкой новой технологии интеллектуальной и экспертно-аналитической поддержки принятия решений в распределенной среде. При этом территориально-распределенная форма организации взаимодействия участников процесса поддержки принятия решений становится возможной благодаря развитию современных информационно-телекоммуникационных сетей связи. Благодаря этому обстоятельству получили развитие экспертные сети и сетевые экспертные сообщества [1-4], и возникла новая технология распределённого экспертного оценивания, когда к этапам процесса принятия решений подключаются сетевые экспертные процедуры [5;6].

Перенесение процесса принятия решений в распределенную среду затрудняет применение традиционных методов организации экспертной деятельности [7-9], поэтому требуется разработка новых эффективных методов поддержки групповой экспертизы, учитывающих особенности территориально-распределённого взаимодействия участников данного процесса.

В настоящее время в число значимых направлений исследований многих ведущих научных коллективов России и других стран входят проблемы информатизации экспертной деятельности в распределенной среде, что подтверждается множеством научных работ последних лет [3;5;10-13]. Однако, несмотря на большой объем теоретических разработок, существующие программные решения все еще находятся на ранних стадиях своего жизненного цикла и функциональные возможности программных платформ поддержки оценочной и аналитической составляющих экспертной деятельности ограничены.

В настоящей статье предлагается рассмотреть особенности программной реализации технологии поддержки групповой экспертизы в распределённой среде.

Постановка и особенности задачи группового экспертного оценивания объектов в распределённой среде. В работе [14] авторами были выделены закономерности и свойства, присущие задаче группового экспертного оценивания объектов, и с учетом этого предложена концептуальная модель данной задачи. Задача группового экспертного оценивания объектов в условиях распределенной среды подпускает следующее формальное представление

$$\langle T, D, X, K, F, H, C; X^* \rangle, \quad (1)$$

где T – тип задачи (например, отбор, ранжирование, оценка); $D \hat{=} U$ – предметная область задачи; $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ – множество объектов экспертного оценивания; K – критерий, на основании которого осуществляется отбор, ранжирование или оцен-

ка; F – дополнительная информация, зависящая от типа задачи (см. далее); $H = \{H_1, H_2, \dots, H_n\} \hat{=} E$ – множество экспертов, отобранных для решения задачи; C – формализованная информация о компетентности экспертов в контексте решаемой задачи, X^* – итоговое решение.

Информация C играет важную роль при определении состава и численности экспертной группы H и может быть представлена в виде набора степеней относительной компетентности экспертов в предметной области D , либо иметь более сложное представление. Дополнительная информация F зависит от типа задачи и, как правило, задается в форме ограничений, связанных с параметрами процедуры оценивания. Так, для задачи отбора $F = \langle l_{\min}, l_{\max} \rangle$, где l_{\min}, l_{\max} – соответственно нижняя и верхняя границы числа отбираемых объектов (при этом $0 < l_{\min} < l_{\max} < m$); для задачи количественного оценивания $F = \langle v, v_{\min}, v_{\max} \rangle$, где v – числовой показатель, значения которого оцениваются, v_{\min}, v_{\max} – границы области его значений.

Описание технологии поддержки групповой экспертизы в распределенной среде. В данном разделе приведем краткое описание этапов процесса решения задачи экспертного оценивания в рамках технологии поддержки групповой экспертизы в распределённой среде. Материал раздела основан на результатах авторов, представленных в работах [14;15].

На рисунке 1 представлена технология поддержки групповой экспертизы в распределенной среде. Разработанная технология может быть представлена в виде обобщенного алгоритма, с подключением сетевых экспертных процедур, что дает возможность управления согласованностью экспертных суждений. Этапы алгоритма соответствуют задачам, возникающим в процессе принятия решений.

Этап 1. Формирование экспертной группы. Данный этап начинается с целевого запроса к сетевому экспертному сообществу E для формирования группы экспертов, обладающих требуемой компетентностью H в заданной предметной области D . Обзор существующих методов формирования экспертной группы можно найти, например, в работе [16].

Этап 2. Выбор типа экспертных оценок и способа их получения. По результатам сетевого стратегического совещания определяется тип экспертных оценок, и разрабатываются соответствующие оценочные системы. В состав оценочной системы входят: шкала S , используемая для представления оценок по критерию K ; алгоритм M получения и формализации экспертных оценок; множество F ограничений, связанных с параметрами процедуры оценивания. В работе [17] показано, что все многообразии проблем экспертного оценивания в различных предметных областях может быть сведено к конечному набору формализованных задач определения экспертных оценок различных типов, что позволяет создавать алгоритмы и программы для их решения.

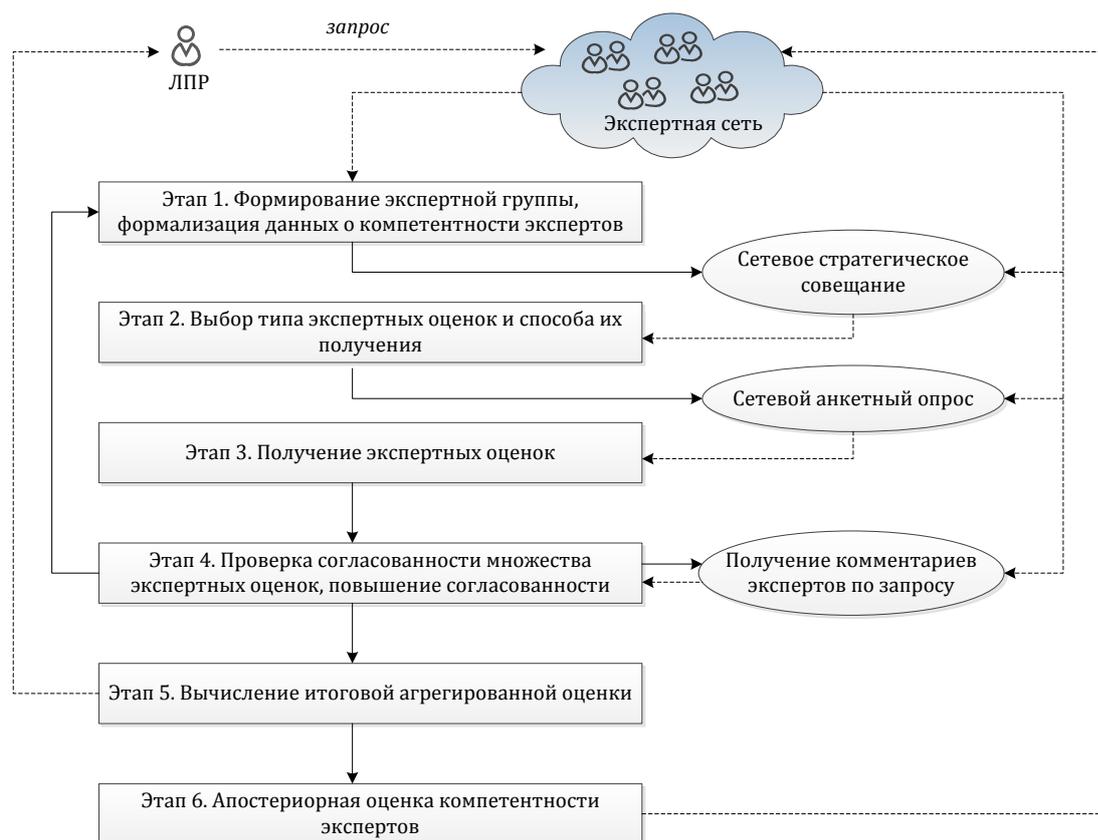


Рисунок 1 – Технология поддержки групповой экспертизы в распределенной среде

Этап 3. Получение и формализация экспертных оценок. На данном этапе экспертные оценки формализуются и представляются множеством наборов оценок $V(X)$. Формализованное представление $V(X)$ зависит от выбранного на этапе 2 типа используемых оценок (номинальные, ординальные, кардинальные абсолютные, кардинальные относительные и др.).

Этап 4. Проверка согласованности множества экспертных оценок, определение ее достаточности. Данный этап предполагает выбор и применение метода оценки согласованности множества $V(X)$, с учетом информации C о компетентности экспертов, с последующим применением критерия оценки достаточности согласованности Y . В случае, когда степень согласованности множества экспертных оценок является недостаточной, выполняется процедура обратной связи с экспертами, целью которой является повышение согласованности множества $V(X)$. В результате формируется согласованное множество экспертных оценок $V^*(X)$, пригодное для вычисления итоговой агрегированной оценки.

Этап 5. Вычисление итоговой агрегированной оценки. Основным содержанием этапа является выбор агрегирующей функции j и ее применение к согласованному множеству оценок $V^*(X)$. Результатом данного этапа является представление итогового решения X^* .

Этап 6. Апостериорная оценка компетентности экспертов. На последнем этапе происходит

оценка фактической эффективности работы экспертов в контексте решенной задачи, и на основе этого происходит корректировка матрицы компетентности экспертов W'_D для предметной области D .

С целью обеспечения возможности автоматизации процесса поддержки групповой экспертизы в распределенной среде требуется разработка и исследование математических моделей его этапов. Как видно из рисунка 1, процесс групповой экспертизы проходит три последовательные стадии: подготовка к экспертизе (этап 1), проведение экспертизы (этапы 2-3) и обработка результатов экспертизы (этапы 4-6). В работе [18] авторами был предложен комплекс математических моделей обработки результатов распределенной групповой экспертизы, включающий в себя:

- модель оценки и повышения согласованности экспертных суждений;
- модель агрегирования экспертных оценок;
- модель апостериорной динамической оценки компетентности экспертов.

Программный комплекс поддержки групповой экспертизы в распределенной среде. Предложенные технология, модели и алгоритмы поддержки групповой экспертной деятельности были реализованы в составе программного комплекса поддержки групповой экспертизы в распределенной среде. Программный комплекс ориентирован на решение задач группового экспертного оценивания, с обеспе-

чением возможности распределенного взаимодействия лиц, участвующих в процессе решения. Такое взаимодействие становится возможным, благодаря функционированию программного комплекса в сети Интернет и возможности удаленного доступа к ней для всех групп пользователей. Программный комплекс реализует все задачи, предусмотренные технологией поддержки групповой экспертизы. При этом особое внимание уделяется возможности обеспечения повышения согласованности множества экспертных суждений, с применением разработанного алгоритма на основе процедур обратной связи с экспертами, и поддержке предложенного метода апостериорной динамической оценки компетентности экспертов.

Программный комплекс предполагает взаимодействие со следующими категориями пользователей.

1. Лицо, принимающее решения (ЛПР) – является инициатором процесса групповой экспертизы и потребителем его результатов.

2. Аналитик – в его функции входит формализация задачи экспертного оценивания, интерпретация и проверка корректности получаемых результатов.

3. Координатор (модератор) – управляет всем процессом решения задачи (от подбора группы экспертов до выдачи согласованного решения).

4. Эксперт – принимает непосредственное участие в оценивании объектов.

5. Главный менеджер – осуществляет общее руководство процессами решения задач.

6. Администратор – отвечает за разработку, поддержку, сопровождение программной части комплекса.

Архитектура программного комплекса представлена на рисунке 2.

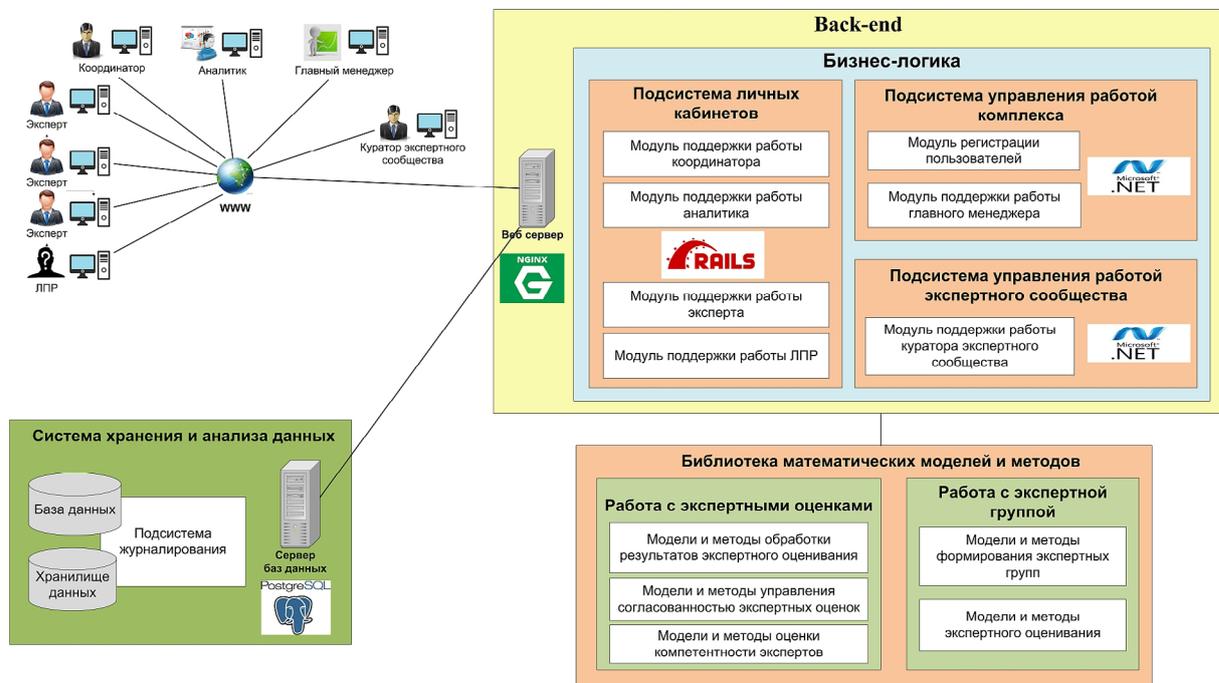


Рисунок 2 – Архитектура программного комплекса поддержки групповой экспертизы в распределенной среде

В основу построения архитектуры была положена трехзвенная модель «клиент – сервер приложений – сервер баз данных». Вся бизнес-логика, основу которой составляет комплекс рассмотренных выше математических моделей поддержки групповой экспертизы реализована на уровне сервера приложений, что значительно упрощает дальнейшее расширение его функциональности. Важнейшим компонентом программного комплекса является библиотека математических моделей и методов обработки результатов групповой экспертизы. Разработанная библиотека математических моделей, реализует методику оценки и повышения согласованности экспертных оценок, модель агрегирования для ординального и кардинального абсолютно-

го экспертного оценивания, модель апостериорной оценки компетентности экспертов. Взаимодействие библиотеки с программными подсистемами осуществляется через систему личных кабинетов. С использованием интерфейсов личных кабинетов происходит вызов соответствующих математических моделей и обеспечивается выполнение функций, предназначенных для разных ролей пользователей.

Экспериментальная проверка программного комплекса. Апробация технологии поддержки групповой экспертизы и программного комплекса, автоматизирующего данную технологию, подтвердила эффективность разработанной технологии, работоспособность программного комплекса, адекватность и достоверность реализованных в

нем методики и моделей поддержки групповой экспертизы. В составе программного комплекса более детально рассмотрим библиотеку математических моделей, в которой заложена вся его вычислительная часть, необходимая для обработки результатов групповой экспертизы. Комплекс математических моделей, реализованный в библиотеке, был протестирован на прикладных задачах группового экспертного оценивания. В частности решалась задача выбора архитектуры в рамках проекта разработки комплексной информационной системы кафедры «Информатика и программное обеспечение» Брянского государственного технического университета [19]. Группа экспертов состояла из семи компетентных специалистов в данной предметной области, которые находились в условиях распределенного взаимодействия. В качестве объектов оценивания были выбраны следующие виды архитектур: монолитная, сервис-ориентированная, микросервисная и сервис-ориентированная с сервисной шиной [20; 21]. С учетом сформированных требований к комплексной информационной системе был определен набор критериев для оценки архитектур. По каждому критерию эксперты выполняли два вида оценивания: ординальное (ранжирование по предпочтительности) и кардинальное (оценка в баллах

от 1 до 10). Обработка полученных экспертных оценок осуществлялась с помощью упомянутой библиотеки математических моделей и методов и включала в себя: вычисление оценки согласованности экспертных суждений и оценку ее достаточности; процедуру обратной связи с экспертами; агрегирование оценок; формирование апостериорных оценок компетентности экспертов. На основе анализа результатов применения алгоритма повышения согласованности экспертных оценок был сделан ряд выводов. Так, при высоких значениях коэффициента согласованности (более 0,66) для получения согласованного множества оценок было достаточно не более двух обращений к наименее компетентным экспертам. Для меньших значений число запросов к экспертам составляло 3 и более. При этом отказ одного или нескольких экспертов изменить свою оценку приводил к увеличению числа обращений к экспертам, и в некоторых случаях множество оценок согласовать не удавалось, однако окончательное значение коэффициента согласованности оставалось близким к порогу применения.

В таблице 1 приведен пример применения процедуры повышения согласованности при ранжировании архитектурных решений по критерию «Скорость получения первого серверного прототипа».

Таблица 1 – Применение процедуры повышения согласованности множества индивидуальных ранжирований по критерию «Скорость получения первого серверного прототипа»

Порог обнаружения (T_o)	$T_o = 0,008$		
Порог применения (T_u)	$T_u = 0,725$		
Начальное ранжирование	$A_4 \rightarrow A_3 \rightarrow A_1 \rightarrow A_2$		
Начальный коэффициент согласованности $L_c(V)$	$T_o < 0,70 < T_u$		
№ эксперта	Перестановка рангов		
Эксперт № 7	$r_1 \leftrightarrow r_2$	$r_2 \leftrightarrow r_3$	$r_3 \leftrightarrow r_4$
	$L_c(V) = 0,73 > T_u$	$L_c(V) = 0,63 < T_u$	$L_c(V) = 0,69 < T_u$
Количество обращений к эксперту	1		
Итоговое ранжирование	$A_4 \rightarrow A_3 \rightarrow A_2 \rightarrow A_1$		

В целом результаты экспериментальной проверки позволили сделать вывод о работоспособности программного комплекса и корректности реализованных в его составе математических моделей и алгоритмов обработки результатов групповой экспертизы в распределенной среде.

Заключение. В статье рассмотрена технология поддержки групповой экспертизы в распределенной среде, в основе которой лежит комплекс математических моделей и алгоритмов обработки результатов групповой экспертизы применительно к двум типам экспертных оценок – ординальным и кардинальным абсолютным. Предложенные технология, модели и алгоритмы были реализованы в составе программного комплекса поддержки групповой

экспертизы в распределенной среде. Описаны результаты экспериментальной проверки и апробации предложенных решений.

Среди актуальных направлений дальнейших исследований можно отметить расширение спектра задач экспертного оценивания, поддерживаемых моделями, например, поддержку номинальных и кардинальных относительных оценок. К направлениям дальнейшего развития программного комплекса можно отнести совершенствование подсистемы журналирования процессов, связанных с работой экспертной группы, реализацию методов априорного оценивания компетентности экспертов и формирования рекомендаций по составу и численности экспертной группы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Коргин Н.А. Технологии сетевой экспертизы / Н.А. Коргин, Д.А. Новиков, А.Т. Райков // Проблемы теории практики управления. – 2012. – № 3. – С. 61–69.
2. Славин Б.Б. Современные экспертные сети // Открытые системы. – 2014. – №7. – С. 30–33. – URL: <http://www.osp.ru/os/2014/07/13042916>.
3. Экспертные сети и технология посткраудсорсинга. – URL: <http://www.starbase.ru> (дата обращения 29.06.2016).
4. Гугунова П.И. Коллективное информационное взаимодействие участников экспертных сетей: анализ современного состояния исследований / П.И. Гугунова, А.М. Кашевник // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2017. – Т. 17. – № 5. – С. 859–871.
5. Губанов Д.А. Сетевая экспертиза / Д.А. Губанов, Н.А. Коргин, Д.А. Новиков, А.Н. Райков. – 2-е изд. – М.: Эгвес, 2011. – 166 с.
6. Ситуационные центры. Опыт, состояние, тенденции развития / Н.И. Ильин, Н.Н. Демидов, Е.В. Новикова. – М.: Медиа Пресс, 2011. – 336 с.
7. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект. – Киев: Наукова Думка, 2002. – 378 с.
8. Литвак Б.Г. Экспертные технологии в управлении. – М.: Дело, 2004. – 400 с.
9. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование: экспертные оценки. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 486 с.
10. Тоценко В.Г. Исследование методов группового экспертного оценивания экспертами, работающими в INTERNET / В.Г. Тоценко, В.В. Цыганок // Реестрация, зберігання та оброб. даних. – 2004. – Т. 6, № 2. – С. 81–87.
11. Павлов А.Н. Особенности работы с экспертами в вычислительных сетях // Научно-техническая информация. Серия 1. Организация и методика информационной работы. – 2006. – №7. – С. 14–23.
12. Павлов А.Н. Информационные технологии для формирования коллективной экспертной оценки // Ситуационные центры: модели, технологии, опыт практической реализации: материалы науч.-практ. конф. РАГС / Под общ. ред. А.Н. Данчула. – М.: Изд-во РАГС, 2007. – С. 150–159.
13. Foundation – Skolkovo Community. – URL: <http://sk.ru/foundation/>
14. Подвесовский А.Г. Особенности моделирования процессов принятия групповых решений в распределенных экспертных сетях / А.Г. Подвесовский, О.А. Михалева // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2016. – Т. 2. – № 4 (52). – С. 239–250.
15. Podvesovskii A.G., Mikhaleva O.A. (et. al.) A Model of Control of Expert Estimates Consistency in Distributed Group Expertise // A. Kravets et al. (Eds.): CIT&DS 2017, Communications in Computer and Information Science, Vol. 754. – Springer International Publishing AG 2017. – pp. 361–374.
16. Постников В.М. Анализ подходов к формированию состава экспертной группы, ориентированной на подготовку и принятие решений // Наука и образование: электронный научно-технический журнал. – 2012. – № 5. – URL: <http://technomag.edu.ru/doc/360720.html>.
17. Тоценко В.Г. Об унификации алгоритмов организации экспертиз // Проблемы правовой информатизации, 2006. – № 2(12). – С. 96–101.
18. Подвесовский А.Г. Математические модели и информационные технологии поддержки принятия решений в распределенных экспертных сетях / А.Г. Подвесовский, О.А. Михалева, Е.А. Козлов, А.А. Вершинин // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2016. – Т. 12 (№ 2). – С. 134–146.
19. Васин А.В. Программная платформа автоматизации деятельности кафедры «Информатика и программное обеспечение» / А.В. Васин, Д.Г. Лагерев // Достижения молодых ученых в развитии инновационных процессов в экономике, науке и образовании: материалы VIII междунар. науч.-практ. конф. / под ред. О.М. Голембиовской. – Брянск: БГТУ, 2016. – С. 137–140.
20. Календарев А. Современная веб-архитектура. От монолита к микросервисам // Системный администратор. – 2017. – № 1–2 (170–171). – С. 80–83.
21. Даниленко И.Н. Архитектурные шаблоны интеграции разнородных информационных систем на основе сервисной шины / И.Н. Даниленко, Д.А. Кузин, К.С. Игнатова // Вестник кибернетики. – 2015. – № 4(20). – С. 100–104.

Статья поступила в редакцию 28.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 004.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОСЕРВИСОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АНАЛИЗА И ДИНАМИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПОТОКОВ

© 2019

Садохов Михаил Александрович, стажер-исследователь

Институт информатики и математического моделирования

Кольский научный центр Российской академии наук

(184209, Россия, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Ферсмана, 24А, e-mail: mixad23@gmail.com)

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

Кольский научный центр Российской академии наук

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

Мурманский арктический государственный университет (филиал в г. Апатиты)

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

Аннотация. Данная статья посвящена изучению возможности использования существующих геосервисов (картографических сервисов) для решения задач анализа и динамической визуализации логистических потоков. Актуальность работы обусловлена необходимостью повышения качества и оперативности решения логистических задач за счет использования современных географических информационных систем и технологий. Сложность решения логистических задач связана с большой вариативностью начальных условий и необходимостью учета большого количества разнородных факторов для построения оптимальных маршрутов перевозок. В работе проводится сравнение трех наиболее популярных на сегодняшний день геосервисов: Яндекс.Карты, *Google Maps* и *OpenStreetMap*. Кратко описаны основные функциональные возможности и ограничения использования для каждого из рассмотренных сервисов. Обоснован выбор сервиса Яндекс.Карты в качестве источника пространственных данных для разрабатываемого веб-геосервиса анализа и визуализации логистических потоков. В тексте работы описаны основные этапы проектирования и программной реализации веб-геосервиса для анализа и динамической визуализации логистических потоков. Представлены соответствующие UML-диаграммы, фрагмент программного кода и скриншоты интерфейса. В заключении приводятся выводы о возможностях применения и практической ценности разработанного веб-геосервиса.

Ключевые слова: картографические сервисы, визуализация пространственных данных, неогеография, логистика, геовизуализация, построение маршрутов.

USE OF GEOSERVICE FOR SOLVING THE PROBLEMS OF ANALYSIS AND DYNAMIC VISUALIZATION OF LOGISTIC FLOWS

© 2019

Sadokhov Mikhail Aleksandrovich, research intern

Institute for Informatics and Mathematical Modeling

Kola Science Centre of the Russian Academy of Science

(184209, Russia, Murmansk region, Apatity, Fersman St., 24A, e-mail: mixad23@gmail.com)

Vicentiy Alexander Vladimirovich, PhD (Tech. Sci.), senior researcher, Associate Professor of the Department “Computer Science and Computer Engineering”

Institute for Informatics and Mathematical Modeling

Kola Science Centre of the Russian Academy of Science

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

Apatity branch of Murmansk Arctic State University

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

Abstract. This paper is devoted to studying the possibility of using existing geoservices (map services) to solve the problems of analysis and dynamic visualization of logistics flows. The relevance of the work is due to the need to improve the quality and efficiency of solving logistics problems through the use of modern geographical information systems and technologies. The complexity of solving logistic problems is associated with the great variability of the initial conditions and the need to take into account a large number of heterogeneous factors to build optimal transportation routes. The work compares the three most popular geo services today: Yandex.Maps, Google Maps, and OpenStreetMap. The basic functionality and usage restrictions for each of the considered services are briefly described. The choice of Yandex.Maps service as a source of spatial data for the developed web geoservice of analysis and visualization of logistics flows is justified. The text of the work describes the main stages of design and software implementation of web geoservice for analysis and dynamic visualization of logistics flows. The corresponding UML diagrams, a fragment of the program code and screenshots of the interface are presented. In the final part of the paper, conclusions are drawn on the applicability and practical value of the developed web geoservice.

Keywords: mapping services, spatial data visualization, neogeography, logistics, geovisualization, route building.

Введение. Эффективное решение логистических задач связано с необходимостью одновременного учета множества разнородных факторов. В настоящее время принято выделять пять основных направлений в логистике: логистика физического распределения, транспортная логистика, информационная логистика, производственная логистика и закупочная логистика [1]. Для каждого из этих направлений характерны свои методы и средства решения типовых задач [2]. В данной работе авторы ограничиваются рассмотрением задач транспортной логистики [3].

В настоящее время важным условием развития и успешной конкуренции предприятий, деятельность которых так или иначе связана с логистикой, является степень их обеспеченности современными информационными технологиями. Для повышения когнитивного эффекта при анализе и корректировке существующих и генерации новых логистических маршрутов необходимо обеспечить высокую степень визуализации данных, ориентированной на потребности пользователя и решаемой им задачи [4]. Например, типовой задачей для оператора информационной логистической системы является подбор оптимального транспортного средства в зависимости от заданных параметров, таких как вид груза, объем груза, способ упаковки груза, дальность перевозки, наличие свободного в данный момент транспорта, маршрута следования, сроков доставки, стоимости амортизации транспортного средства и так далее. Решение таких задач связано с большой вариативностью начальных условий, что обуславливает их высокую сложность. Повысить эффективность решения подобных задач можно, в числе прочего, за счет интеграции в логистические системы инструментов анализа и визуализации данных.

Таким образом, можно уверенно говорить о том, что задачи анализа логистических потоков и их визуализации в реальном масштабе времени в настоящее время актуальны для широкого круга стейкхолдеров. Поэтому необходимо разрабатывать новые основанные на возможностях современных географических сервисов методы, алгоритмы и программные средства анализа и визуализации транспортных потоков.

Постановка задачи. Практически все современные информационные системы, предназначенные для информационной поддержки логистической деятельности, имеют модули визуализации транспортных потоков [5]. Функциональность таких модулей в различных программных средствах может сильно различаться – от простого отображения объектов и их базовых характеристик на экране до наличия встроенных средств моделирования, анализа и оптимизации [6].

В данной работе была поставлена задача разработки веб-геосервиса для анализа и визуализации логистических потоков с использованием одного из

существующих геосервисов в качестве источника пространственных данных. В связи с такой постановкой задачи на первом этапе необходимо было провести анализ функциональных возможностей существующих геосервисов, чтобы выбрать из них наиболее подходящий для достижения поставленных целей. Для решения задачи проанализированы три популярных геосервиса, обладающих на данный момент наибольшим функционалом. Это Яндекс.карты [7], Google Maps [8] и Open Street Map [9]. Результаты данного этапа работы, а также особенности разработки веб-геосервиса для анализа и визуализации логистических потоков представлены ниже.

Материалы и результаты исследования. Геосервисы (картографические сервисы) могут определяться по-разному в зависимости от задач исследования. В данной работе используется обобщенное определение геосервиса как специализированной информационной системы, предоставляющей пространственные данные в виде интерактивной карты посредством интерфейса прикладного программирования (*API – Application Programming Interface*). Наличие у геосервиса актуального API является важнейшим фактором его использования. Именно с помощью API становится возможным использование основных функций геосервиса в сторонних веб-приложениях, к которым относится и разработанный в рамках данной работы веб-геосервис для анализа и визуализации логистических потоков. Ниже кратко рассмотрены три различных геосервиса с точки зрения предоставляемых ими возможностей для создания собственных карт, их настройки и размещения на них дополнительной информации, важной для анализа и визуализации данных.

Яндекс.Карты — это картографический сервис от российской компании Яндекс. Сервис был запущен в 2004 году. На данный момент Яндекс.Карты дают возможность получить подробные карты большинства городов и стран мира, информацию о различных организациях, располагает средствами для построения маршрутов, в том числе и с учетом пробок. Разработчикам предоставляется мощный API и весь необходимый инструментарий для работы с ним, включающий конструктор карт, геокодер, набор компонентов для размещения карт на сторонних веб-ресурсах, интерфейс настройки параметров и другие инструменты разработчика [10].

На использование сервиса Яндекс.Карты налагается ряд условий и ограничений. Среди наиболее значимых с точки зрения разработки веб-геосервиса для анализа и визуализации логистических потоков можно отметить следующие. До начала пользования сервисом необходимо пройти регистрацию. Использование сервиса возможно только для сайтов и приложений, находящихся в открытом доступе для бесплатного использования. Кроме того, количество обращений к геокодеру, маршрутизатору и панорамам со стороннего ресурса не должно превышать

25000 в сутки [11].

Сервис *Google Maps* был создан компанией *Google* в 2005 году. Сервис включает в себя непосредственно картографический сервис, спутниковые снимки и инструмент для просмотра улиц (*Google Street View*). *Google Maps API* позволяет размещать картографические изображения на сторонних ресурсах и управлять ими на основе *JavaScript*. Средства разработчика включают в себя *Android API* для работы с картами в приложениях на базе *Android*, *Javascript API* для создания и управления картами на сторонних веб-сайтах, *Geocoding API*, обеспечивающий доступ к службам геокодирования статичных адресов для размещения контента на карте, *Directions API*, предоставляющий возможность составления маршрутов, расчёта времени поездки, определения расстояний, и др., а также *Places API Web Service* для получения информации о местах, определенных в данном *API*, таких как организации, географические объекты, достопримечательности и др.

Как и у Яндекс.Карты, сервис *Google Maps* имеет ряд ограничений, среди которых можно отметить необходимость регистрации, ограничения на количество запросов в сутки к некоторым функциям, а также запрет на использование возможностей сервиса на коммерческое использование в бесплатной версии [12].

Проект *OpenStreetMap* был основан в 2004 году. На данный момент проект поддерживается некоммерческой организацией *OpenStreetMap Foundation* и является открытым некоммерческим картографическим сервисом, существующим на пожертвования пользователей [13]. В рамках проекта создается и постоянно уточняется общая карта мира. Картографические данные собираются, обрабатываются и публикуются на основе «принципа вики» самими участниками проекта на безвозмездной основе.

Таким образом, в качестве источников картографической геоинформации могут выступать самые разные данные — от спутниковых снимков и результатов аэрофотосъемки, до данных с дронов, персональных носимых устройств, и просто графических изображений каких-либо геообъектов [14]. Необходимо также отметить, что в силу изначальной некоммерческой направленности проекта, использование данных из коммерческих источников без соответствующих разрешений в проекте запрещено. Для работы с картографической информацией в рамках сервиса, предоставляется доступ к официальному редактору проекта *JOSM* [15].

Несмотря на открытость и бесплатность проекта, по данным различных тестов и сравнений, точность карт *OpenStreetMap* для густонаселенных мест часто превышает точность, выдаваемую коммерческими картографическими сервисами [16]. Сервис представляет большое количество готовых инструментов для просмотра, изменения, рендеринга, экспорта картографических изображений, а также решения для маршрутизации и навигации с использованием карт *OpenStreetMap*.

Сопоставив функциональные возможности име-

ющихся геосервисов, можно сделать вывод о том, что ни один из них не превосходит остальные по всем параметрам. В этой связи целесообразно выбирать тот или иной геосервис основываясь на требованиях решаемой задачи. Для решения задачи анализа и визуализации логистических потоков преимущественно на территории России наиболее подходящим геосервисом представляется Яндекс.Карты.

Следующими этапами работы являются этапы проектирования и разработки веб-геосервиса для анализа и визуализации логистических потоков.

На этапе проектирования были формализованы и спроектированы внутренняя структура и функциональное наполнение проекта по принципу «сверху-вниз» [17]. При проектировании геосервиса для решения задач анализа и динамической визуализации логистических потоков особенно важно определить особенности получения, обработки и представления картографических данных [18], возможность оперативного получения данных от крупных и мелких перевозчиков в различных локациях, расположение транспортных и логистических узлов, погодные условия и вероятности отмены и задержки рейсов, а также используемые методы построения маршрутов и расчета их стоимости [19].

Кроме прочего на этапе проектирования решаются вопросы разделения полномочий различных групп пользователей по доступу к основным данным и функциям геосервиса, защиты, шифрования и резервного копирования информации [20]. В рамках разрабатываемого веб-геосервиса выделено три основных группы пользователей: администратор системы, непривилегированный пользователь, оператор (привилегированный пользователь). Доступ к наибольшему количеству функций имеет оператор. На рисунке 1 представлена диаграмма вариантов использования в нотации UML [21].

Для визуального отображения структуры и взаимодействия важнейших элементов системы была также разработана диаграмма классов, представленная на рисунке 2. В качестве основных классов были выделены следующие:

- *Database* — класс для работы с базой данных;
- *Registration* — класс для реализации функций регистрации и учета пользователей;
- *Login* — класс, обеспечивающий реализацию входа в систему и разграничение полномочий;
- *Find* — функции поиска разнородных данных;
- *Map* — класс, отвечающий за обработку картографической информации и реализующий основные функции системы для работы с ней;
- *Map_Operator* — класс, который позволяет реализовать дополнительные функции работы с картой, предназначенные для оператора логистического сервиса;
- *Transport* — отвечает за выбор транспорта и использование его на определенном маршруте;
- *Type_Info* — класс предоставляет информацию о параметрах, позволяя использовать большее количество характеристик и параметров объектов.



Рисунок 1 — Диаграмма вариантов использования оператора веб-геосервиса

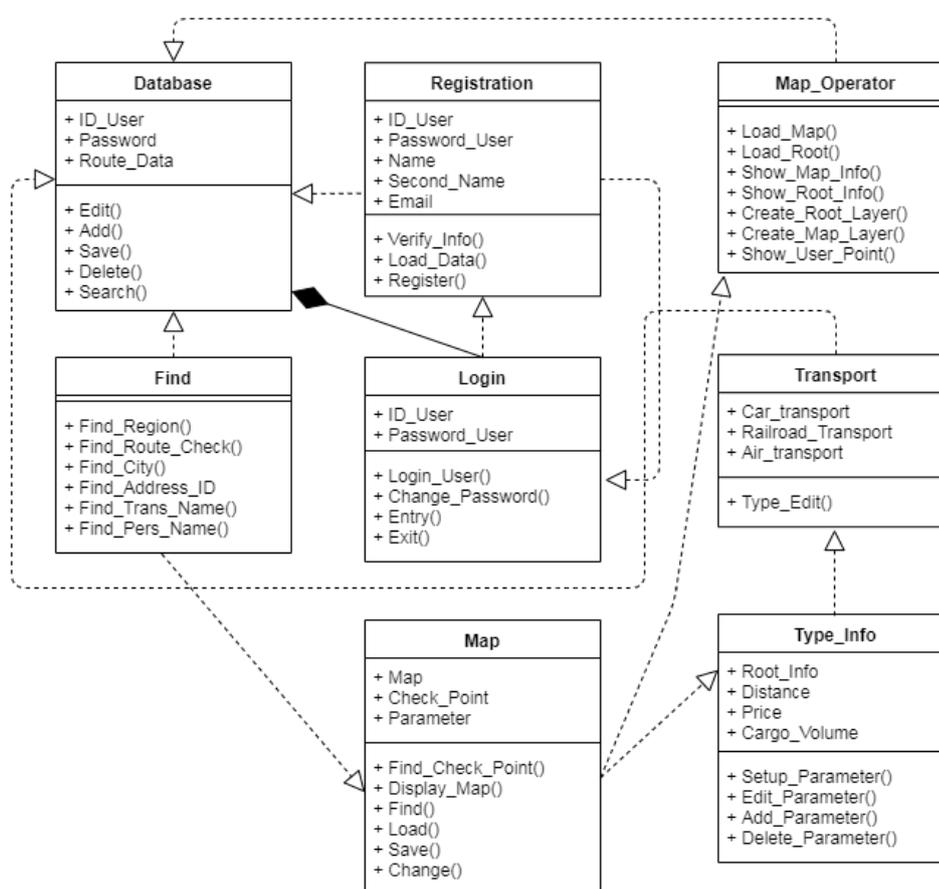


Рисунок 2 — Диаграмма классов веб-геосервиса

Этап проектирования включает в себя построение и других типов диаграмм, но объем данной работы не позволяет описать их все.

Следующим этапом является этап разработки веб-геосервиса для анализа и визуализации логистических потоков. Основными инструментальными средствами разработки являлись:

- язык гипертекстовой разметки *HTML* [22];
- каскадные таблицы стилей *CSS* [23];
- мультипарадигменный язык программирования *JavaScript (JS)* [24];

- программная библиотека для работы с картами в браузерах и приложениях *JavaScript API* от компании Яндекс (*JSAPI*) [25];

- свободно распространяемая система управления реляционными базами данных *MySQL* [26];
- скриптовый язык общего назначения *PHP* [27].

В качестве методической базы разработки были использованы разделы документации для разработчиков сайта Яндекс [28], описывающие возможности модулей для работы с картами (тепловая карта,

поиск организаций, расчет стоимости доставки, геокодирования, геопоиск, и др). В качестве общего руководства по разработке использовались работы [29,30,31], описывающие общие принципы создания интерактивных карт и картографических веб-сервисов, а также работа [32] для лучшего понимания функциональной составляющей разрабатываемого веб-геосервиса для анализа и визуализации логистических потоков.

Возможность использования большого количества готовых модулей, представляемых разработчиком компанией Яндекс, позволяет существенно

упростить и ускорить разработку собственных проектов. Например, в качестве одного из основных модулей, используемых при данной разработке, был выбран модуль `deliveryCalculator.js`. С его помощью можно осуществлять первичный расчет стоимости доставки груза и маршрута в зависимости от различных факторов. Для использования данного модуля в своем проекте достаточно просто подключить его, как это показано на рисунке 3.

Общий интерфейс разработанного веб-геосервиса для анализа и визуализации логистических потоков представлен на рисунке 4.

```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3 <head>
4 <title>Расчет стоимости доставки</title>
5 <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
6
7 <script src="https://api-maps.yandex.ru/2.1/?lang=ru_RU&:"
8 type="text/javascript"></script>
9
10 <script src="deliveryCalculator.js"
11 type="text/javascript"></script>
12 <style>
13   html, body, #map {
14     width: 100%;
15     height: 100%;
16     padding: 0;
17     margin: 0;
18   }
19 </style>
20 </head>
21 <body>
22   <div id="map"></div>
23 </body>
24 </html>
25
```

Рисунок 3 — Подключение модуля `deliveryCalculator.js`

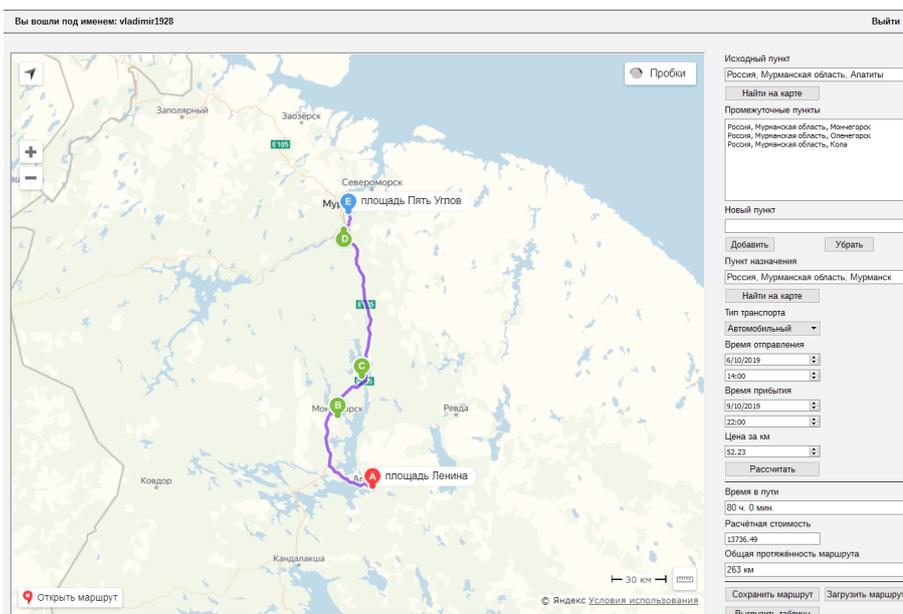


Рисунок 4 — Интерфейс веб-геосервиса анализа и визуализации логистических потоков

Разработанный сервис кроме прочего позволяет осуществлять прокладку маршрутов доставки грузов через произвольное количество промежуточных пунктов, рассчитывать материальные и временные

затраты, общую протяженность маршрута, расстояние между отдельными пунктами, оптимальную последовательность их посещения и другие действия. Благодаря возможности более тонкой настройки

маршрутов (с учетом типа транспортного средства, расхода горючего, стоимости амортизации, массы и типа упаковки груза, особенностей груза и др.) можно осуществлять моделирование и взаимное сравнение различных вариантов доставки различными транспортными средствами при различных начальных условиях и выбирать оптимальный способ до-

ставки в зависимости от условий задачи.

Для поддержки формирования различных отчетов и экспорта данных об этапах моделирования в разработанном веб-геосервисе предусмотрена возможность выгрузки данных в формате таблиц EXCEL. Фрагмент такой выгрузки показан на рисунке 5.

	A	B	C	D	E	F
1	Широта	Долгота	Описание	Подпись	Номер метки	Расстояние
2	67.568041	33.407115	Россия, Мурманская область, Апатиты	+	0	0
3	67.938931	32.937116	Россия, Мурманская область, Мончегорск	-	1	68
4	68.142161	33.26696	Россия, Мурманская область, Оленегорск	Смена водителя	2	37
5	68.878218	33.025232	Россия, Мурманская область, Кола	-	3	101
6	68.97058	33.074981	Россия, Мурманск	Склад №13	4	13

Рисунок 5 — Фрагмент выгрузки данных в таблицу excel

Заключение. По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы.

1. Использование существующих геосервисов для решения задач анализа и динамической визуализации логистических потоков является перспективным, так как позволяет существенно сократить финансовые и временные затраты за счет использования готовых модулей;

2. Выбор конкретного геосервиса в качестве источника пространственных данных является нетривиальной задачей. Сопоставление основных возможностей популярных геосервисов приводит к выводу о невозможности выделения среди них единственного, превосходящего все остальные по совокупности параметров.

3. При выборе конкретного геосервиса в качестве источника пространственных данных необходимо, в первую очередь, руководствоваться требованиями решаемой задачи, и лишь затем обращать более пристальное внимание на особенности реализации тех или иных функций внутри геосервиса.

4. Для решения задач анализа и динамической визуализации логистических потоков на территории Российской Федерации оптимальным геосервисом для предоставления геоданных является Яндекс.Карты.

5. Разработка веб-геосервиса для анализа и визуализации логистических потоков, сопоставимого по функциональности с некоторыми коммерческими аналогами (включая визуализацию геоданных, ввод и хранение собственных геоданных, сохранение и загрузку маршрутов, расчет различных параметров маршрутов, разделение полномочий пользователей, шифрование данных и работу с базой данных), возможна с использованием свободно распространяемого программного обеспечения без использования проприетарных программных продуктов.

6. Разработанный веб-геосервис для анализа и визуализации логистических потоков представляет ценность с точки зрения практического применения. Сервис позволяет не только визуализировать уже разработанные маршруты, но и проводить мо-

делирование и сравнение эффективности перспективных маршрутов по нескольким параметрам, давая возможность найти оптимальный с точки зрения решаемой задачи маршрут для дальнейшего использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Григорьев М. Н., Долгов А. П., Уваров С. А. Логистика. – М.: ГАРДАРИКИ, 2006. – 463 с.
2. Степнов А. Навигация и картографические сервисы в логистике // Молодой ученый. – 2016. – №13. – С. 108–112.
3. Еремеева Л.Э. Транспортная логистика: учебное пособие // Сыктывкарский лесной институт – Сыктывкар: СЛИ, – 2013. – 260 с.
4. Вицентий А.В. Визуализация пространственных данных как подход к построению когнитивных интерфейсов мультипредметных информационных систем поддержки регионального управления // Интернет-журнал «Науковедение». – 2017. – №5 (42). – С. 69.
5. Выпуск редакции 3.0 конфигурации «TMS Логистика. Управление перевозками» на платформе «1С:Предприятие 8.3» // 1С: Предприятие Информация для пользователей и партнеров – 2017. – №9. – С. 1–16.
6. Буланкин А.Ю., Багаева А.П. Исследование геоинформационных систем // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2016. – №9. – С. 421–422.
7. Марков Р.Ю. Разработка геосервиса для визуальной аналитики на основе Яндекс-карт // Системные исследования в энергетике. Труды молодых ученых ИСЭМ СО РАН. – 2018. – С. 108–112.
8. Щукова К.Б. Информационная система управления экологическими и пространственными данными с использованием ГИС Google Earth и Google Maps // Современные технологии поддержки принятия решений в экономике. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2015. – С. 184–186.

9. Богуш И.С. Возможности использования контента OpenStreetMap (osm) в ГИС локального уровня // Геоинформационные технологии в сельском хозяйстве, природообустройстве и защите окружающей среды. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 130-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова и Году экологии в Российской Федерации. ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова». – 2017. – С. 29–31.
10. Кочитов М.Е. Использование интерактивных карт с помощью сервиса Яндекс.Карты на JavaScript // Биробиджан: Постулат. – 2019. – №1. – С. 19–26.
11. Условия использования API Яндекс.Карт [Электронный ресурс] // Документация. URL: <https://tech.yandex.ru/maps/jsapi/doc/2.1/terms/index-docpage/> (дата обращения: 23.10.2019).
12. Дополнительные условия использования сервисов «Google Карты» и «Google Планета Земля» [Электронный ресурс] // Документация. URL: https://www.google.com/intl/ru/help/terms_maps/ (дата обращения: 23.10.2019).
13. Аноп М.Ф., Кравцов Д.С., Нурминский Е.А. Использование данных проекта OpenStreetMap в системе транспортного моделирования Transims // Информатика и системы управления. – 2016. – № 1 (47). – С. 14–25.
14. Vicentiy A.V., Shishaev M.G., Oleynik A.G. Dynamic Cognitive Geovisualization for Information Support of Decision-Making in the Regional System of Radiological Monitoring, Control and Forecasting. // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2016. – vol. 466. – pp. 483–495.
15. Аноп М.Ф. Программа построения графовой модели улично-дорожной сети по данным проекта OpenStreetMap (консольная версия) свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2016619625 29.06.2016.
16. Карпенко Н.В., Попов Д.С. Современные проблемы картографии и визуализации данных, стандарт WFS // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта. – 2017. – № 4. – С. 408–416.
17. Плотко К.О., Долгова Т.Г. Анализ программ ГИС класса в транспортной логистике // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2016. – №9. – С. 434–435.
18. Vicentiy A.V., Shishaev M.G., Vicentiy I.V. The Development of Dynamic Cognitive Interfaces for Multisubject Information Systems (on the Example of Geosocial Service). // Advances in Intelligent Systems and Computing. . – 2017. – vol. 575. – pp. 449–459.
19. Давлетшина А.Д. Этапы и проблемы создания электронной карты // Молодой ученый. – 2017. – № 3. – С. 191–193.
20. Ракунов С.В., Поздняков А.П. Современный подход к проектированию единого геоинформационного пространства предприятия ТЭК // Нефтяное хозяйство. – 2012. – № 5. – С. 104–106.
21. Проскурина В.А. UML-моделирование структуры данных информационной системы отдела транспортной логистики на платформе «1с:предприятие 8.3» // Инновационная наука. – 2016. – № 8. – С. 128–130.
22. Официальный сайт HTML [Электронный ресурс] // URL: <https://www.w3.org/TR/html52/> (дата обращения: 23.10.2019).
23. Официальный сайт CSS [Электронный ресурс] // URL: <https://www.w3schools.com/cssref/> (дата обращения: 23.10.2019).
24. Официальный сайт JavaScript [Электронный ресурс] // URL: <https://www.javascript.com/> (дата обращения: 23.10.2019).
25. Справочник API Яндекс.Карт. Версия 2.1.5. Версия 2.0 [Электронный ресурс] // URL: <https://cache-mskm906.cdn.yandex.net/download.cdn.yandex.net/tech/ru/maps/doc/jsapi/files/yandex-maps-jsapi-reference-2.1.5.pdf> (дата обращения: 23.10.2019).
26. Официальный сайт MySQL [Электронный ресурс] // URL: <https://www.mysql.com/> (дата обращения: 23.10.2019).
27. Официальный сайт PHP [Электронный ресурс] // URL: <https://www.php.net/> (дата обращения: 23.10.2019).
28. API Яндекс.Карт. Руководство разработчика. Версия 1.1.21. [Электронный ресурс] // URL: <https://tech.yandex.ru/maps/jsapi/doc/2.1/versions/index-docpage/> (дата обращения: 23.10.2019).
29. Касьянова Е.Л. Создание интерактивных картографических веб-сервисов // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 3. – С. 87–92.
30. Кикин П.М. Разработка методики создания тематических карт средствами веб-технологий. Автореферат диссертации. – Новосибирск: Изд-во сибирской государственной геодезической академии, 2014. – 105 с.
31. Маринов Н.А. Создание картографических сервисов на основе web API // Сборник материалов научно-практического семинара. – 2013. – С. 21–24.
32. Кадочников А.А. Организация и визуализация данных наблюдений с помощью картографических веб-сервисов // Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. – 2014. – С. 188–196.

Статья публикуется при частичной финансовой поддержке РФФИ и Министерства образования и науки Мурманской области в рамках научного проекта № 17-47-510298 p_a

*Статья поступила в редакцию 01.11.2019
Статья принята к публикации 29.11.2019*

УДК 372.881.1

ТИПОВОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ АВТОРИЗАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

© 2019

Трокоз Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»

Пензенский государственный технологический университет

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

Мартышкин Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»,

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: Alexey314@yandex.ru)

Федяшов Марк Сергеевич, студент

кафедры «Вычислительная техника»

Пензенский Государственный Университет

(440026, Россия, г. Пенза, улица Красная, 40, e-mail: mark02042001@mail.ru)

Карлыганов Алексей Дмитриевич, студент

кафедры «Вычислительные машины и системы»

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: alexeykarlyganov@yandex.ru)

Лысцов Никита Александрович, студент

кафедры «Вычислительные машины и системы»

Пензенский государственный технологический университет

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

Аннотация. Данная статья посвящена описанию методологии построения программного обеспечения в рамках клиент-серверного взаимодействия, созданию модуля, предназначенного для решения задачи авторизации пользователя. В настоящее время часто возникает проблема идентификации пользователя в клиент-серверных приложениях. При этом каждый разработчик данных приложений старается решить эту проблему по-разному. Кроме того, дополнительные ограничения накладывает вариативность программного и аппаратного обеспечения клиентской части. Таким образом отсутствует общая методология построения системы авторизации для клиентского приложения. Задачей данной статьи является обобщение и описание типового решения авторизации в системе. Наиболее абстрактными и структурно сепарированными подзадачами являются сериализация объектов, то есть интерпретация их в вид, пригодный для транспортировки по различным каналам, авторизация пользователей в информационной системе, а также построение архитектуры взаимодействия с сервером с точки зрения клиентского программного обеспечения. В тоже время данные подзадачи логические едины, что позволяет интерполировать представленное решение на множество задач похожего типа. Решение данных задач в значительной мере может ускорить разработку типового программного обеспечения. UML-диаграммы позволяют анализировать структуру программного обеспечения, и при правильном проектировании появляется возможность добавлять новые сущности, не меняя предыдущие наработки. Представление алгоритма в виде детерминированного конечного автомата создаёт возможность добавлять новые состояния и переходы, которые качественным образом могут отразиться на конечно реализации данного автомата, что в конечном счёте поможет реконструировать алгоритм под более конкретные задачи. Описанные в статье решения могут значительно ускорить разработку программного обеспечения. Методы решения и проектирования, представленные в данной статье, актуальны в настоящее время, а, следовательно, могут быть воспроизведены и реализованы с помощью современных средств и инструментов вычислительной техники.

Ключевые слова. Клиент-серверное взаимодействие, межпроцессное взаимодействие, сериализация, алгоритмы, конечный автомат, архитектура программного обеспечения, UML.

STANDARD SOLUTION OF CLIENT AUTHORIZATION TASK IN INFORMATION SYSTEM

© 2019

Trokoz Dmitrii Anatolevich, candidate of technical Sciences,
associate Professor of sub-department «Computers and systems»

Penza State Technological University

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

Martyskin Alexey Ivanovich, candidate of technical Sciences,
associate Professor of sub-department «Computers and systems»

Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: Alexey314@yandex.ru)

Fedyashov Mark Sergeevich, student of sub-department «Computer Engineering»

Penza State University

(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: mark02042001@mail.ru)

Karlyganov Alexey Dmitrievich, student of sub-department «Computers and systems»

Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: alexeykarlyganov@yandex.ru)

Lystsov Nikita Alexeevich, student of sub-department «Computers and systems»

Penza State Technological University

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

Abstract. This article is devoted to the description of the methodology for building software in the framework of client-server interaction, the creation of a module designed to solve the problem of user authorization. Currently, often there is a problem of user identification in client-server applications. At the same time, each developer of these applications tries to solve this problem in different ways. In addition, additional restrictions are imposed by the variability of the software and hardware of the client part. Thus, there is no general methodology for building an authorization system for a client application. The purpose of this article is to generalize and describe a typical authorization solution in the system. The most abstract and structurally separated subtasks are serialization of objects, that is, interpretation of them in a form suitable for transportation through various channels, authorization of users in the information system, as well as building an architecture for interacting with the server from the point of view of client software. At the same time, these subtasks are logical in unity, which allows interpolating the presented solution to many problems of a similar type. Resolving of the problems can accelerate development process of typical software. UML-diagrams let to analyze software's structure, which means that with right methodology of architecting we can add new instances without changing of previous practices. Representation algorithm in final-state machine form allow add a new states and transitions, that can improve the algorithm implementation and rebuild algorithm for more narrow tasks. Described in the article solutions can accelerate software development. Represented resolving method is actual in present, that is that method can be reproduced and implemented with modern facilities and equipment of information technologies and computer science.

Keywords: Client-server communication, interprocess communication, serialization, algorithm, final-state machine, software architecture, UML.

Введение. В настоящее время практически каждое мобильное приложение обменивается информацией с сервером, благодаря чему получает актуальную для пользователя информацию, вследствие чего можно выделить отдельный вид взаимодействия, называемый клиент-серверным [1-2]. Данный вид взаимодействия можно разбить на несколько основных подзадач, дать им необходимое архитектурное и алгоритмическое решения [5], вследствие чего появляется возможность шаблонизировать их, тем самым уменьшив время на разработку типовых задач [3-4]. В данной области целесообразно выделить наиболее общую и частую проблему – авторизация пользователей, которую можно разделить на три подзадачи: сериализация (преобразование объектов в пригодный для передачи по сети формат) моделей, представляющий данные пользователя и данные текущей сессии(токены), авторизация (последовательность действий для подтверждения личности пользователя) и архитектура взаимодействия алгоритмов и моделей (к примеру, данных пользователя и алгоритма авторизации). Многие уже существующие решения дифференцированы друг от друга, то есть рассматриваются независимо, а также предоставляют лишь конкретную реализацию под определенную специфику и не шаблонизированы. Общие решения данных подзадач могут помочь в любой современной разработке не только мобильных приложений, но и любого программного обе-

спечения, являющегося клиентом в некоем взаимодействии.

Сериализация. Практически любое мобильное приложение должно взаимодействовать с сервером, формировать запросы и обрабатывать ответы, подходящие с серверной части.

Наиболее распространённым протоколом прикладного уровня, который позволяет реализовать данное взаимодействие, является протокол HTTP. Очень часто полезной нагрузкой для него являются строки, сериализованные в различные форматы (binary, SOAP, XML, JSON).

Рассмотрим такой текстовый формат как JSON (JavaScript Object Notation). Данный формат позволяет передать большинство базовых типов (int, string, bool и т.д.), поэтому модели, которые представляют собой совокупность полей базовых типов, могут быть закодированы в формат JSON, переданы посредством протокола HTTP, и десериализованы непосредственно в сам объект.

Заметим, что не каждая модель должна быть как сериализована, так и десериализована, поэтому мы можем создать два интерфейса Serializable и Deserializable (Рисунок 1) (далее мы будем рассуждать в контексте языка Dart 2.x).

Все сформированные сервером модели, данные из которых нам понадобятся для функционирования приложения, должны реализовывать интерфейс Deserializable (рисунок 2).

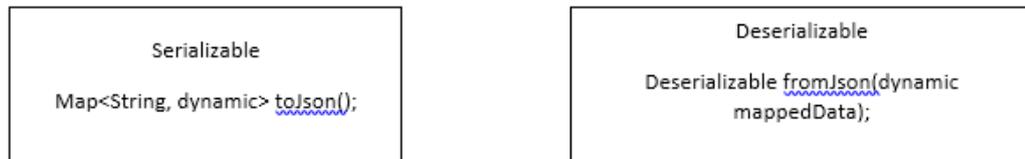


Рисунок 1 – Интерфейсы сериализации

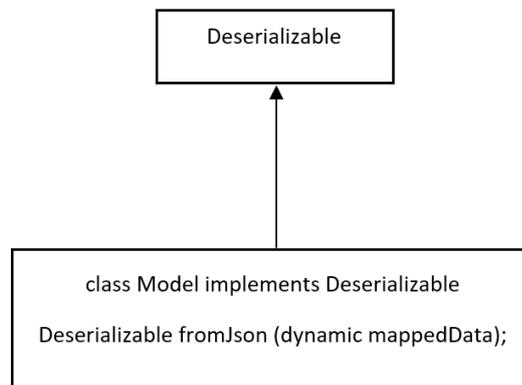


Рисунок 2 – Пример реализации интерфейса Deserializable

Стандартная библиотека `dart:convert` имеет такие функции, как `String jsonEncode(Object object)` и `dynamic jsonDecode(String source)`, которые выполняют преобразования из объекта в JSON строку и из строки в некий объект динамического типа, содержащий в себе поля пришедшего JSON объекта. Посредством данных функций мы можем сформировать собственные методы сериализации непосредственно в объектах.

Объекты, передаваемые между клиентом и сервером, находятся внутри тела сообщений протоколов прикладного уровня, и, прежде чем начать взаимодействие, клиенту необходимо идентифицировать себя. В настоящее время используют множество форм авторизаций; мы же рассмотрим наиболее распространённый вариант – авторизацию по токенам.

Алгоритм авторизации. При авторизации используют следующую схему: пользователь отправляет `https` запрос со своими данными, например, логин и пароль, далее сервер проверяет наличие данного пользователя, и затем отправляет ему токен, который пользователь должен вставлять в каждый `https` запрос для собственной идентификации. В данной технологии используют 2 вида токена: токен подтверждения (`access token`) и токен обновления (`refresh token`). Токен подтверждения действителен в течение короткого срока, по истечении которого сервер объявляет клиента, чей токен доступа истёк, не прошедшим этап авторизации. Токен обновления действителен в течение более длительного срока, и нужен он для получения нового токена подтверждения без нового запроса, который содержит данные пользователя.

Таким образом, нам необходимо задать алгоритм, который на основании времени будет указывать, что

нам необходимо сделать: запросить новый токен, обновить токен, или же продолжать использовать текущий токен подтверждения. Пусть `current_time` – текущее Unix-время (в минутах), `last_time` – последнее время обращения к серверу с целью получения или обновления токенов.

Также добавим константные параметры `expiration_time = 120` – время ликвидности токена обновления, `update_time = 30` – время ликвидности токена подтверждения.

Алгоритм управления токенами можно задать с помощью конечного автомата (рисунок 3) [5-7], множеством состояний (таблица 1) [8-10] которого включает в себя:

- S_1 – Получить время последних манипуляций с токенами
- S_1 – Запросить новый токен по данным авторизации пользователя
- S_3 – Обновить токен
- S_4 – Использовать текущий токен
- S_5 – Несуществующий пользователь
- S_6 – Сохранить токены
- S_7 – Отправить запрос

Множество переходов (таблица 1):

- x_1 – сигнал, генерируемый в случае, если `current_time - last_time >= 120`
- x_2 – сигнал, генерируемый в случае, если `30 <= current_time - last_time < 120`
- x_3 – сигнал, генерируемый в случае, если `current_time - last_time < 30`
- x_4 – сигнал, генерируемый в случае, если при отправке запроса авторизации `response code 200`
- x_5 – сигнал, генерируемый в случае, если при отправке запроса авторизации `response code 400`.

Таблица 1 – Таблица переходов для автомата, управляющего токенами авторизации

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
S_1	S_2	S_3	S_4		
S_2				S_6	S_5
S_3				S_6	S_2
S_4					
S_5					
S_6					
S_7					

СКУ: $S_2(t + 1) = S_1x_1 \vee S_3x_5$
 $S_3(t + 1) = S_1x_2$
 $S_4(t + 1) = S_1x_3$
 $S_5(t + 1) = S_2x_5$
 $S_6(t + 1) = S_2x_4 \vee S_3x_4$

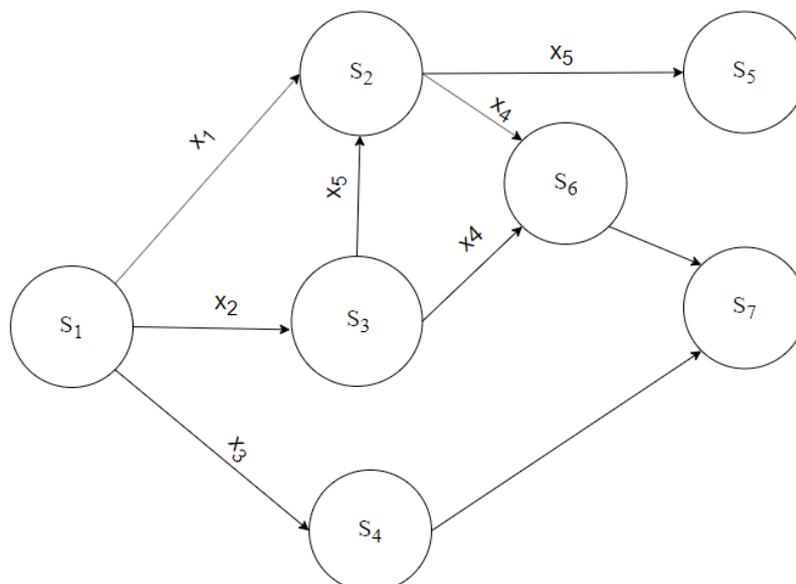


Рисунок 3 – Графическое представление конечного автомата

Архитектура предоставления методов сетевого взаимодействия. В случае простого однопоточного приложения [11] для предоставления методов сетевого взаимодействия возможно создание класса [13-14], имеющего всего один экземпляр данного класса – такой паттерн [12] имеет название «одиночка» (singleton). Объект этого класса должен предоставлять доступ ко всем возможным запросам к определенному REST серверу. Так, например, каждый метода REST API имеет не только протокол соединения, DSN имя или IP адрес сервера, но также и пути, по которым доступны определенные методы. Таким образом, целесообразно будет вынести данные пути в отдельный класс [15-17], поля которого будут представлять собой пути для определённых методов.

Данный объект [18] также может обращаться уже к ранее сохранённым или кэшированным данными, например, токены авторизации или данные пользователя, поэтому этот класс должен иметь

Данный автомат может предоставить шаблонное решение задачи хранения и управления токенами авторизации.

Для этого необходимо переопределить `expiration_time` и `update_time`.

Алгоритм управления токенами – один из методов взаимодействия с сервером, которых может быть большое количество, в связи с этим логично обособить функции данного взаимодействия в некий отдельный узел.

Это позволит наиболее эффективным образом разделить код, используемый для локального управления состоянием приложения, например, перерисовка экранов приложения, и код, получающий данные из удалённого источника, которые, в конечном счёте, будут переданы коду локального управления.

ссылку [19-20] объект класса, взаимодействующего с локальными хранилищами.

Классы `SharedPreferencesSessionController`, `UserDataStorageController` и `UserStatusCacheController` реализуют интерфейс `StorageController`, в силу чего объект класса `Server` может общаться с любыми типами хранилищ, не имея представления о их конкретной реализации. Также, при необходимости мы можем заменить один тип хранилища другим, не меняя функциональность внутри класса `Server`.

Класс `ServerApiConfiguration` необходим для хранения и предоставления путей к методам Rest API. Его

Следует обратить внимание на то, что все поля данного класса задаются единожды во время выполнения, причём все они должны быть переданы конструктору данного класса. В этом случае у нас имеются гарантии, что поля объекта не будут изменены, и известны у Заключение же к моменту использования данного объекта.

Также следует выделить в отдельные сущности те методы, чьей задачей является непосредственное хранение и предоставление доступа ко временным данным, которые возникают во время работы кли-

ента, например, токены авторизации или данные, идентифицирующие пользователя.

UML-диаграмма будет выглядеть следующим образом (рисунок 4):

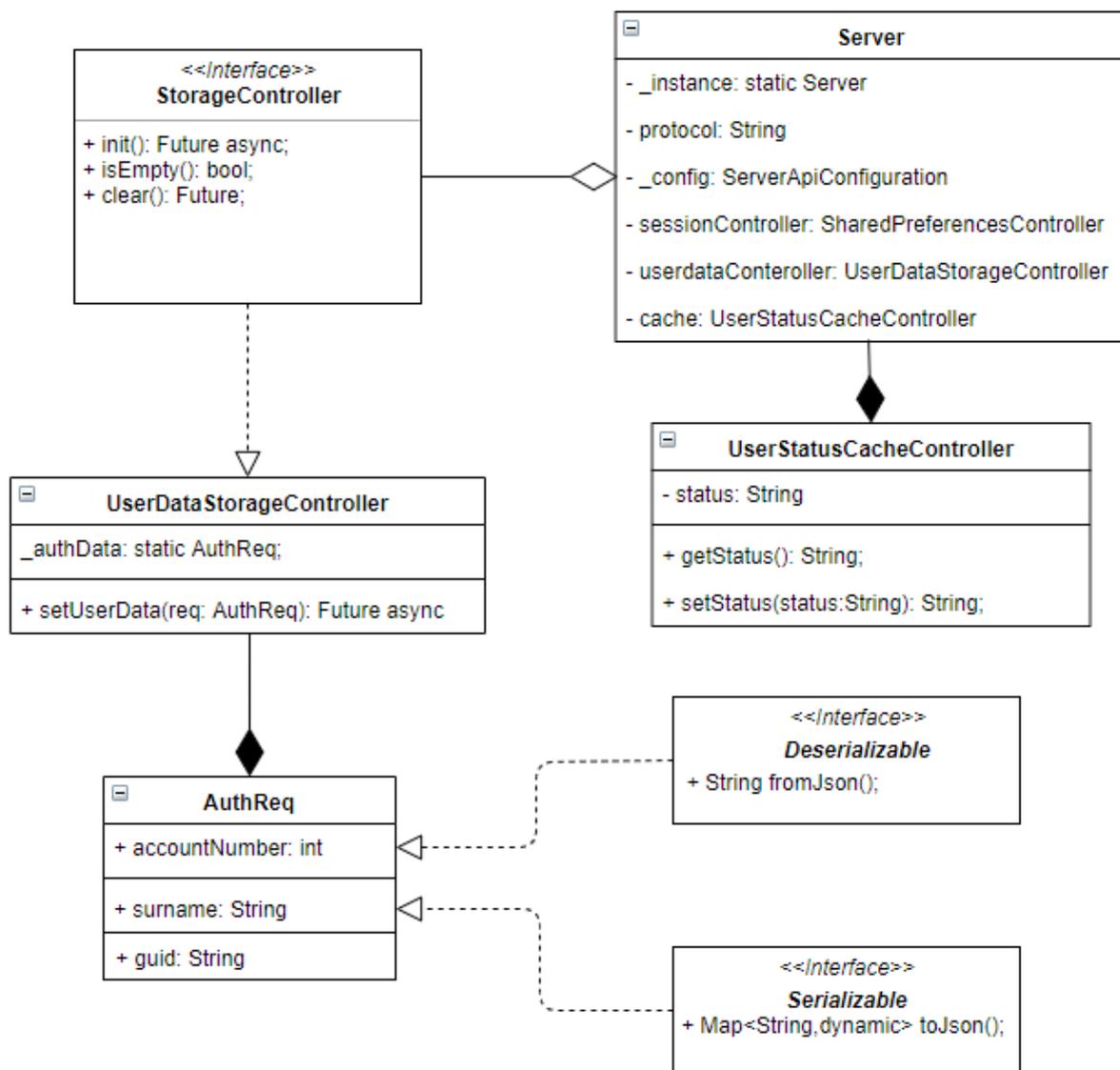


Рисунок 4 – UML-диаграмма сущностей, предоставляющих методы клиент-серверного взаимодействия

Заключение. В данной статье была решена проблема создания обобщенной методологии авторизации пользователя в клиентском приложении в рамках клиент-серверной архитектуры с учетом особенностей программного и архитектурного обеспечения клиентской части. Представленный в статье метод решения задачи авторизации пользователя может быть использован в качестве шаблонного решения множества задач подобного типа, где требуется идентификация и авторизация пользователя, к примеру, авторизация в системах покупки и бронирования, что в конечном счёте может значительно сократить время разработки. Стоит отметить, что современные языки программирования, использующие в своей основе объектно-ориентированную

парадигму и использующие виртуальную машину для своей работы, могут практически идентично реализовать данные решения.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ «Конкурс на лучшие проекты фундаментальных научных исследований», грант № 19-07-00516 А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Пьюривал С., Основы разработки веб-приложений. – СПб.: Изд. Питер, 2015. – 272 с.
2. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети, изд.5. – СПб.: Изд. Питер, 2012. – 960 с.
3. Аквино К., Ганди Т. Front-end. Клиентская разработка. Node.js, ES6, REST – СПб.: Изд. Питер, 2017. – 512 с.

4. Крейг У. Spring в действии. – ДМК Пресс, 2015. – С. 21–32.
5. Кормен Томас Х., Лейзерсон Чарльз И., Ривест Рональд Л., Штайн Клиффорд Алгоритмы. Построение и анализ. – М.: Вильямс, 2019. – 1328 с.
6. Скиена С., Алгоритмы. Руководство по разработке. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 720 с.
7. Gill A. Introduction To The Theory Of Finite State Machines. – New York: McGraw-Hill; First Edition, First Printing edition – 1962. – 207 p.
8. Синтез цифровых автоматов: учеб. пособие / Захаров Н.Г., Рогов В.Н. // Ульяновский государственный технический университет. Ульяновск. – 2003. – 135 с.
9. Вашкевич Н. П. Недетерминированные автоматы в проектировании систем параллельной обработки: учеб. пособие / Н. П. Вашкевич. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 280 с.
10. Клейнберг Дж., Тардос Е. Алгоритмы. Разработка и применение. – СПб.: Изд. Питер, 2016. – 800 с.
11. Таненбаум Э., Босс Х. Современные операционные системы. – СПб.: Изд. Питер, 2015. – 1120с.
12. Фримен Эрик. Паттерны проектирования. – СПб.: Изд. Питер, 2013. – 656 с.
13. Павловская Т. С/С++. Процедурное и объектно-ориентированное программирование. Учебник для вузов. – СПб.: Изд. Питер, 2019. – 496 с.
14. Лафоре Р., Объектно-ориентированное программирование в С++. – СПб.: Изд. Питер, 2004. – 928 с.
15. Широков А.И., Мурадханов С.Э. Информатика и программирование. Объектно-ориентированное программирование. На основе языка C#. – М.: МИСиС, 2013. – 310 с.
16. Маклафлин Б., Поллайс Г., Уэст Д. Объектно-ориентированный анализ и проектирование. – СПб.: Изд. Питер, 2018. – 608 с.
17. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Д., Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. – СПб.: Изд. Питер, 2012. – 368 с.
18. Гради Б., Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений. – СПб.: Невский Диалект, 2017. – 720 с.
19. Бертран М., Объектно-ориентированное конструирование программных систем. – М.: Русская Редакция, 2005. – 1204 с.
20. Гаст Х., Объектно-ориентированное проектирование. Концепции и программный код. – М.: Вильямс, 2018. – 1040 с.

Статья поступила в редакцию 29.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 004.94

ВЛИЯНИЕ МНОГОПОТОЧНОСТИ ПРИ ОПЕРАЦИЯХ СОРТИРОВКИ ДАННЫХ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

© 2019

Пашенко Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, профессор, ректор
Пензенский государственный технологический университет

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

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

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

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

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

Аннотация. В статье предлагается методика оценки применения многопоточности на производительность и быстродействие вычислительной системы при выполнении операций сортировки данных, часто возникающих при решении задач моделирования информационных процессов. В последнее время повысился интерес к созданию новых методов сортировки данных, в том числе многопоточных методов сортировки данных. Предмет исследования – оценка влияния многопоточных методов сортировки данных на производительность параллельных систем. Цель работы – анализ существующих методов реализации операции многопоточной сортировки данных и на его основании сопоставление временных характеристик основных функций операционной системы, создание программных средств для осуществления различных методов сортировки данных с оценкой их временных характеристик. Получены статистические оценки продолжительности сортировки данных различными методами, сделаны выводы об их производительности. Основные результаты исследования могут использоваться при проектировании программных продуктов, использующих сортировку данных.

Ключевые слова: битонная сортировка, быстродействие, вычислительная система, многопоточность, мьютекс, операционная система, параллельная система, программное обеспечение, производительность, semaфор, скрипт, сортировка данных, сортировка слиянием, язык программирования C++, Linux.

IMPACT OF MULTITHREADING IN DATA SORTING OPERATIONS ON THE PERFORMANCE OF THE COMPUTER SYSTEM

© 2019

Pashchenko Dmitry Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, rector
Penza State Technological University

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

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

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

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

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

Abstract. The article proposes a method for evaluating the application of multithreading on the performance and performance of a computer system when performing data sorting operations that often occur when solving problems of modeling information processes. Recently, there has been increased interest in creating new data sorting methods, including multithreaded data sorting methods. The subject of the study is to assess the impact of multithreaded data sorting methods on the performance of parallel systems. The purpose of the work is to analyze the existing methods of implementation of multithreaded data sorting operation and on its basis to compare the time characteristics of the main functions of the operating system, to create software tools for the implementation of various methods of data sorting with the assessment of their time characteristics. Statistical estimates of the duration of data sorting by various methods are obtained; conclusions about their performance are made. The main results of the study can be used in the design of software products that use data sorting.

Keywords: bitonic sorting, performance, computing system, multithreading, mutex, operating system, parallel system, software, performance, semaphore, script, data sorting, merge sorting, C++ programming language, Linux.

Введение. Одна из часто встречающихся задач в информатике и программировании – сортировка данных, нуждающаяся в упрощении и поисках путей ускорения дальнейшей работы с данными в отсортированном множестве. Очевидно, что актуальность задачи сортировки в настоящее время возрастает.

Среди алгоритмов сортировки данных можно выделить последовательные и параллельные методы, появление последних непосредственно связано с развитием многопоточных вычислительных систем (ВС).

Каждый из известных алгоритмов сортировки данных подразумевает свой подход, различие в подходах заключается лишь в методах сравнения элементов в процессе выполнения сортировки. Наиболее простыми методами являются, например, пузырьковая сортировка и сортировка включением. Их трудоемкость оценивается квадратичной зависимостью n^2 числа операций от числа элементов n в исходном массиве. Для таких алгоритмов, признанных наиболее эффективными и быстрыми, как сортировка слиянием, сортировка Шелла или быстрая сортировка, которые, число операций, необходимых для проведения сортировки, логарифмически связано с числом элементов неупорядоченного набора данных ($n \cdot \log_2 n$), что отображает минимально возможное число операций сортировки данных.

Постановка задачи. В опубликованных материалах, посвященных способам сортировки данных, рассматриваются различные типы алгоритмов сортировки данных, которые могут выполняться как последовательно, так и параллельно [1–4]. Большое количество статей посвящено применению примитивов синхронизации в многопоточных системах [5–7, 8–11].

Важным вопросом при выполнении экспериментальной части работы стал выбор языка программирования. Критериями выбора того или иного языка является личный опыт разработчика, способствующий ускорению разработки программных средств, оптимизации кода программирования, исключения логических ошибок. Исходя требований к языку программирования, необходимому решению поставленной задачи, признано целесообразным использовать язык C++ [12–15] с учетом его производительности [16–19]. По скорости данный язык может конкурировать с кодом, написанным на языке *Assembler*, а в случае компиляции проекта, написанного на C++ с флагами на максимальную оптимизацию, можно добиться скорости в некоторых случаях до 50% выше чем у *Assembler*.

Данная работа преследует следующие цели:

- выполнить сравнительный анализ способов однопоточной и многопоточной сортировки при разработке программного обеспечения;
- исследовать методы синхронизации потоков при работе с многопоточными приложениями;
- определить временные характеристики некоторых основных функций операционной системы, в том числе реального времени, для различных аппа-

ратных характеристик системы.

Основными задачами работы являются:

- оценка эффективности применения существующих методов для решения задачи сортировки данных;
- численная оценка предлагаемого метода сортировки данных.

Анализ предметной области. Методы многопоточной сортировки данных. Существует большое количество алгоритмов сортировки данных, среди которых можно выделить последовательные и параллельные алгоритмы. Появление параллельных методов сортировки данных непосредственно связано с развитием многопоточных ВС.

Алгоритмы сортировки данных можно классифицировать по многим критериям:

- назначение сортировки (внутренняя и внешняя сортировки);
- вычислительная сложность сортировки;
- емкостная сложность;
- возможность распараллеливания процесса сортировки;
- принцип определения порядка.

Среди известных алгоритмов сложно выделить однозначного лидера, который бы позволял выполнять сортировку чисел любой разрядности с минимальными затратами по времени и с минимальной емкостной сложностью. Однако сравнительный анализ показывает, что алгоритм внутренней сортировки *QuickSort* обеспечивает весьма неплохие результаты. Данный алгоритм имеет вычислительную сложность, сопоставимую в среднем с $O(n \cdot \log(n))$, а в худшем случае – с $O(n^2)$. Хотя алгоритм *QuickSort* и показывает неплохие результаты, его вычислительная сложность сильно зависит от его настройки на конкретную разрядность чисел и размерность массивов. Кроме того, для выполнения сортировки на многопроцессорных ЭВМ требуется использовать стратегию сортировки, учитывающую количество процессоров, из чего вытекает возможность распараллеливания процесса сортировки путем ее разбиения на несколько потоков.

Битонная сортировка (*Bitonic sort*). Основная идея данного алгоритма состоит в том, что исходный массив данных преобразуется в битонную последовательность – последовательность, которая сначала возрастает, а затем убывает. Например, последовательность 4, 8, 15, 16, 23, 42, 30, 25, 10, 5 является битонной. Суть алгоритма битонной сортировки в основном заключается в применении битонных преобразований до тех пор, пока массив исходных данных не будет полностью отсортирован.

Более наглядно битонная сортировка может быть представлена как разновидность сортировочной сети – класса алгоритмических методов сортировки, в которых последовательность сравнений элементов массива не зависит от результатов предыдущих сравнений (рисунок 1). Сети сортировки часто изображаются в виде набора горизонтальных

и вертикальных линий, в которых первые соответствуют передаче сортируемого массива элементов, а вторые – «модулям компараторов» с двумя входами и двумя выходами для выполнения сравнения входных элементов и их перестановку (обмен местами), если данная операция соответствует условию сравнения. Первоначально алгоритм, созданный Кен-

нетом Бэтчером в 1968 году [20], состоял из двух частей. На первом этапе массив исходных данных преобразуется в битонную последовательность (рисунок 2), после чего полученная последовательность несколько раз разбивается на меньшие последовательности до тех пор, пока входные данные не будут отсортированы.

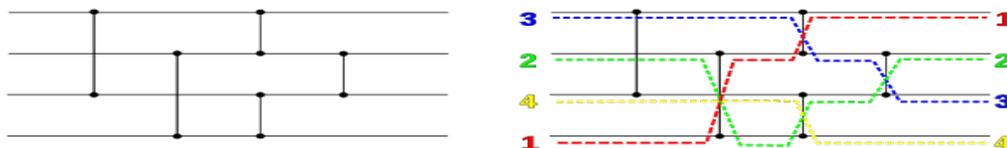


Рисунок 1 – Сортировочная сеть

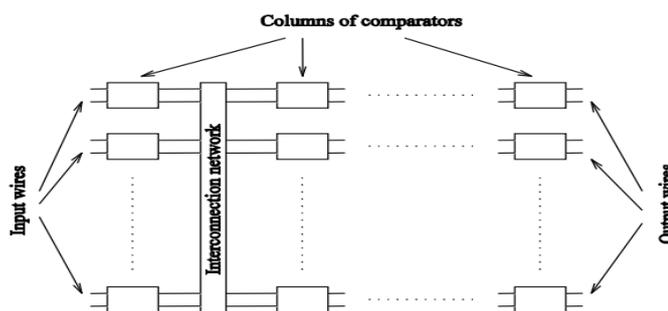


Рисунок 2 – Схема сортировочной сети для битонной последовательности

Перед выполнением сортировки исходная последовательность должна быть преобразована в битонную, в случае, если она не являлась таковой изначально. Важно отметить, что два числа сами по себе уже являются битонной последовательностью, поэтому первоначальная последовательность может быть разбита на более мелкие битовые последовательности, которые далее вновь объединяются.

Алгоритм построения битонной последовательности из массива исходных данных представляет собой разновидность битонного разделения – процедуры, в которой одна битонная последовательность разделяется на две меньшие, в которых элементы первой последовательности меньше или равны элементам второй. Битонная последовательность делится на две части, и n -ые элементы этих частей сравниваются друг с другом. В случае если они не соответствуют условию, их меняют местами. Повторное применение данной операции приводит к сортировке последовательности в порядке возрастания. Битонная сортировка является одним из первых параллельных алгоритмов сортировки, благодаря высокой параллельности битонные сортировщики широко применяются в устройствах, ориентированных на массивные параллельные вычисления, в частности в графических процессорах и ПЛИС типа FPGA. Однако в современных суперкомпьютерах битонные сортировщики используются редко.

Параллельная сортировка слиянием (Parallel Merge Sort). Одним из распространенных методов

многопоточной обработки данных является параллельная сортировка слиянием, которая использует принцип «разделяй и властвуй». Суть данного метода заключается в том, что исходная задача разбивается на подзадачи меньшего размера, которые решаются по отдельности, после чего их решения комбинируются для получения полного решения исходной задачи [21]. Алгоритм такой сортировки состоит в следующем:

- в том случае, если в исходном массиве данных только один элемент, массив может считаться отсортированным, и алгоритм завершает работу;
- в том случае, если в исходном массиве данных находится более одного элемента, массив разбивается на две части и сортируется рекурсивно;
- после завершения сортировки двух частей исходного массива применяется функция слияния, которая из двух отсортированных частей образует конечный отсортированный массив.

Сложность работы алгоритма сортировки слиянием может быть оценена следующим образом

$$T(n) = 2T\left(\frac{n}{2}\right) + O(n) = 4T\left(\frac{n}{4}\right) + 2O(n) = \dots = 2^k T(1) + kO(n); \quad (1)$$

$$2^k = n \rightarrow k = \log n; \quad (2)$$

тогда уравнение принимает вид

$$T(n) = nT(1) + \log n O(n); \quad (3)$$

так как

$$T(1) = const, \text{ to } T(n) = O(n) + \log n O(n) = O(n \log n). \quad (4)$$

Благодаря тому, что сортировка слиянием по-

строена на принципе «Разделяй и властвуй», выполнение данного алгоритма можно весьма эффективно распараллелить. При оценке асимптотики допускается возможность запуска неограниченного количества независимых процессов, т.е. процессов с вычислительными ресурсами, не зависящими от других процессов, что на практике не достижимо. Более того, при реализации алгоритма имеет смысл ограничить количество параллельных потоков.

Общий подход к распараллеливанию таких алгоритмов сводится к следующему: разделить список; параллельно сортировать подсписки; объединить сортированные списки.

В полностью параллельной модели массив исходных данных неоднократно разбивается на подмассивы до получения одноэлементных списков. Затем выполняется их параллельное слияние до получения полностью объединенного списка (рисунок 3, а).

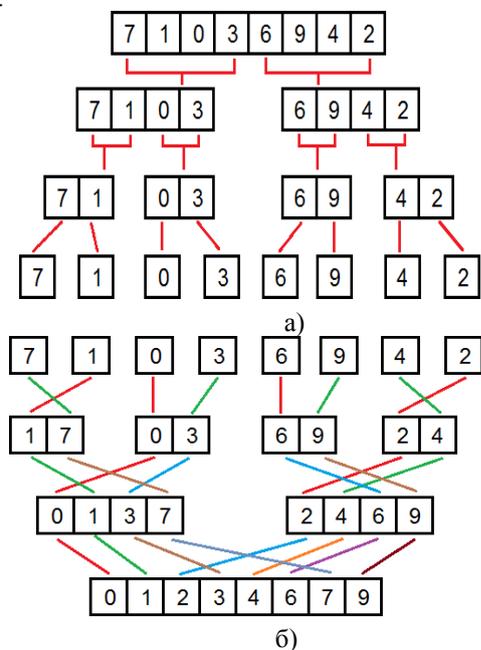


Рисунок 3 – Разбиение исходного массива (а), выполнение сортировки слияния (б)

Для эффективного применения метода многопоточной сортировки данных (рисунок 3, б) необходимо определить, какое количество параллельных процессов может выполняться в используемой вычислительной системе. Затем следует создать древо обработки данных таким образом, чтобы число конечных рабочих узлов было равно выбранному количеству выполняющих процессов (рисунок 4).

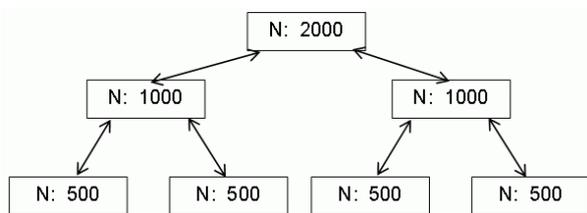


Рисунок 4 – Трехуровневое древо сортировки

В конечных узлах древа обработки используется лучший последовательный алгоритм сортировки и отправки полученного результата в восходящем направлении на внутренние узлы древа обработки для объединения отсортированных подмассивов с последующей отправкой результирующих списков дальше в восходящем направлении. Поскольку на сортировку слиянием затрачивается время

$$T(n) = O(n \log n); \tag{5}$$

то параллельная сортировка слиянием будет иметь следующую сложность

$$T(n) = T\left(\frac{n}{2}\right) + O(n) = O(\log n). \tag{6}$$

Быстрая сортировка, многопоточный метод (Quicksort). Известно много алгоритмов сортировки массивов, которые различаются использованием дополнительной памяти, а также оценками эффективности выполнения в зависимости от размера входных данных. Одним из наиболее быстродействующих на практике считается алгоритм быстрой сортировки. Данный метод сортировки использует принцип «разделяй и властвуй», что способствует его успешному распараллеливанию.

На первом этапе массив исходных данных, состоящий из n элементов, разбивается на p частей (где p – число потоков), и каждый полученный подмассив передается в свой поток. Для каждого подмассива выполняется быстрая сортировка. Далее каким-либо образом выбирается опорный элемент, который рассылается по всем потокам. Одним из способов выбора может быть выбор значения хранящегося в ячейке подмассива с индексом, близким к половине длины подмассива.

Затем производится разделение данных каждого подмассива на элементы, меньшие либо равные значению опорного элемента и большие значения опорного элемента. После этого образуются пары потоков, для которых битовое представление номера отличается только в старшем бите (позиции N) и производится взаимообмен между этими процессами: процесс, который в данной позиции имеет бит, равный нулю, получает от другого часть элементов, меньших опорного и отдаёт часть своих элементов, которые превышают опорный элемент. После передачи обе части сливаются с линейной от размера блока данных процесса сложностью. Таким образом, на каждой итерации набор данных каждого процесса остаётся упорядоченным.

После первой итерации общий гиперкуб разобьётся на два подгиперкуба, процессы одной части содержат элементы меньшие, либо равные опорному (в битовом представлении номеров которых в позиции N стоит 0), а процессы другой части будут иметь элементы, большие опорного. Очевидно, общий гиперкуб из p процессоров, размерности N разбивается на два подкуба по $p/2$ процессоров размерности $N - 1$.

Описанная процедура далее проводится рекурсивно для двух полученных гиперкубов. Однако те-

перь при реализации алгоритма не обязательно использовать рекурсию, а можно придерживаться итеративной схемы: пары на каждой итерации i образуют процессы, чьи номера в битовом представлении отличаются только в позиции i . На второй итерации оба гиперкуба снова распадутся на два, при этом новые опорные элементы выбираются как средние элементы каждого из ведущих процессов новых гиперкубов (они обладают наименьшим номером). Первый из четырёх подгиперкубов будет содержать элементы, меньшие опорного на первой итерации и меньшие опорного элемента второй итерации для данного куба (он меньше, либо равен первому опорному элементу), аналогично для других подгиперкубов. Очевидно, что после N итераций для получения упорядоченного массива останется лишь собрать отсортированные блоки данных с каждого процесса в порядке возрастания их номеров.

Сортировка средством `std::sort`. Стандартная библиотека любого современного языка программирования включает в себя реализацию эффективного алгоритма сортировки. Чаще всего в библиотечных реализациях вместо одного алгоритма, который можно назвать каноническим, используется адаптивная комбинация нескольких алгоритмов. Так, например, одной из самых распространённых является реализация стандартной библиотеки C++ (`libstdc++`), использующая комбинацию таких методов сортировки как пирамидальная сортировка (`heapsort`), сортировка слиянием (`merge sort`), и сортировка вставками (`insertion sort`).

Средство `std::sort` – универсальная функция в стандартной библиотеке C++ для выполнения операции сортировки. Данная функция входит в состав семейства алгоритмов `stl`.

Функция сортировки `std::sort` не привязывается к конкретному алгоритму сортировки, поэтому в разных языковых реализациях могут быть различия. Однако отмечается асимптотическая сложность функции сортировки `std::sort`: в худшем она будет составлять $O(N \log N)$ сравнений, где N – число элементов:

```
#include <algorithm>
#include <iostream>
#include <vector>
#define MAX 1000000
int array[MAX];
using namespace std;
int main(int argc, char* argv[])
{ std::vector<int> s;
  for (int i = 0; i < MAX; i++)
    s.push_back(rand() % 1000000);
  std::sort(s.begin(), s.end());
  std::copy(s.begin(), s.end(), std::ostream_iterator<int>(std::cout, « »));
  std::cout << std::endl; }
```

Методы реализации многопоточности. Для реализации многопоточности при разработке программного обеспечения на языке C++ имеется обширный набор методов. Наиболее популярными и часто используемыми могут считаться:

- реализация с помощью `pthread` в *Unix* системах;
- реализация с помощью класса `thread`, появившегося в стандарте C++11;
- реализация с помощью класса `QThread`, входящего в состав фреймворка *Qt*.

Сутью многопоточности является квазимногозадачность на уровне одного исполняемого процесса, то есть все потоки выполняются в адресном пространстве процесса. Кроме этого все потоки процесса имеют не только общее адресное пространство, но и общие дескрипторы файлов. Выполняющийся процесс всегда имеет как минимум один поток. Однако не следует путать многопоточность ни с многозадачностью, ни с многопроцессорностью несмотря на то, что реализующие многозадачность операционные системы, как правило, реализуют и многопоточность.

Реализация многопоточности с помощью `pthread`. Задача разработки многопоточных приложений в мире C/C++ решается разными способами. В стандарте C++11 и ее старших версиях для этого предусмотрена `std::thread` и другие примитивы. Также поддержка трэдов предусмотрена и в стандарте C11 (`threads.h`). Однако если эти стандарты по каким-то причинам не доступны, или приложение не планируется в обозримом будущем портировать под *Windows*, можно воспользоваться библиотекой `pthread`.

В традиционном *Unix API* код последней ошибки `errno` является глобальной `int` переменной. Он, однако не пригоден для программ с множественными нитями исполнения. В ситуации, когда вызов функции в одном из исполняемых потоков завершился ошибкой в глобальной переменной `errno`, может возникнуть состояние гонки из-за того, что и остальные потоки могут в данный момент проверять код ошибки. В *Unix* и *Linux* эта проблема преодолевается тем, что `errno` определяется как макрос, задающий для каждой нити собственное изменяемое `lvalue`. Реализация многопоточности посредством `pthread` осуществляется следующим образом. Сначала создается потоковая функция, после чего новый поток создается функцией `pthread_create()`, объявленной в заголовочном файле `pthread.h`. Следом за этим вызывающая сторона продолжает выполнять какие-то действия параллельно потоковой функции. Поток завершает выполнение задачи, когда:

- потоковая функция выполняет `return` и возвращает результат произведенных вычислений;
- в результате вызова завершения исполнения потока `pthread_exit()`;
- в результате вызова отмены потока `pthread_cancel()`;
- одна из нитей совершает вызов `exit()`;
- основная нить в функции `main()` выполняет `return`, и в таком случае все нити процесса резко сворачиваются.

Функция `pthread_join ()` ожидает завершения потока, обозначенного `THREAD_ID`. При удачном завершении `pthread_join ()` возвращает код 0, ненулевое значение сигнализирует об ошибке. Если указатель `DATA` отличается от `NULL`, то в него помещаются данные, возвращаемые потоком через функцию `pthread_exit ()` или через инструкцию `return` потоковой функции. Несколько потоков не могут ждать завершения одного, в ином случае один поток завершается успешно, а все остальные – с ошибкой `ESRCH`. После завершения `pthread_join ()` связанное с потоком пространство стека может быть использовано приложением. Точно так же, как при управлении процессами, многопоточной программе может понадобиться досрочно завершить один из потоков. Для досрочного завершения потока можно воспользоваться функцией `pthread_cancel`, при этом `pthread_cancel ()` возвращает код 0. Отсоединенный поток уже не удастся перехватить с помощью вызова `pthread_join()`, чтобы получить статус завершения и прочие данные. Также нельзя отменить его отсоединенное состояние.

Реализация многопоточности с помощью класса `thread`. С появлением стандарта C++11 работа с потоками стала значительно упростилась. Для запуска функции в отдельном потоке достаточно лишь передать ее в конструктор `std::thread`. Стоит обратить внимание на то, что имеется возможность подождать, когда поток закончит свою работу, для чего необходимо использовать метод `thread::join`, который как раз и служит для этих целей. А можно и не дожидаться завершения исполняемой функции, применив метод `thread::detach`:

```
#include <iostream>
#include <thread>
#include <string>
void thread_function(std::string s)
{ std::cout << s; }
int main()
{ std::string stringOne = "Hello, ";
  std::string stringTwo = "World!";
  std::thread threadOne, threadTwo;
  threadOne (&thread_function, stringOne);
  threadTwo (&thread_function, stringTwo);
  std::cout << "main thread" << std::endl;
  threadOne.join();
  threadTwo.join();
  std::cout << std::endl;
  return 0; }
```

Реализация многопоточности с помощью класса `QThread`. Класс `QThread` допускает различную реализацию многопоточности при разработке ПО. В общем случае, если производится наследование от класса `QThread`, то логично будет предположить, что функционала данного класса оказалось недостаточно. Но когда это делается лишь с той целью, чтобы вынести в метод `run ()` некий полезный код для выполнения

в отдельном потоке, то это приводит к усложнению процесса. К тому же может возникнуть проблема с масштабированием приложения и повторным использованием кода, особенно сильно это может проявиться в том случае, когда подобных наследованных классов становится достаточно много. Чтобы рассмотреть следующий вариант организации многопоточности с помощью `QThread` создадим класс `ExampleObject`, объекты которого будут передаваться в отдельные потоки с помощью метода `moveToThread ()` и выполняться в этих потоках. А полезную работу будет совершать слот-метод `run ()`, который будет определен в данном классе. Важно отметить, что класс объектов будет наследован от `QObject`.

Для того, чтобы работа в методе `run ()` могла выполняться циклично, используем цикл `while`, управлять которым будем с помощью переменной `bool m_running`. Для удобства работы с этой переменной определяем её в качестве `Q_PROPERTY`, а по завершении работы будет вырабатываться сигнал `finished ()`.

Алгоритм работы будет следующий:

- создаются объект `QThread` и объект класса `ExampleObject`;
- подключается сигнал `QThread::started()` к методу `ExampleObject::run()`;
- подключается сигнал `ExampleObject::finished()` к слоту `QThread::terminate()`, чтобы по окончании полезной работы завершить выполнение потока;
- устанавливается переменная `m_running` в значение `true`, чтобы разрешить работу цикла, иначе метод сразу завершится;
- запускается поток с помощью метода `start ()`;
- когда необходимо завершить выполнение полезной работы объекта, переменная `m_running` устанавливается в значение `false`. Выполнение метода `run ()` и потока, в котором функционирует объект, завершатся автоматически и корректно.

Условные переменные. Условные переменные позволяют блокировать один или более потоков, пока либо не будет получено уведомление от другого потока, либо не произойдет «ложное/случайное пробуждение».

Спин-блокировки. Основным достоинством и одновременно недостатком спин-блокировки является отсутствие переключения контекста выполнения, что сопряжено с нежелательным активным использованием процессора.

Средства для проведения экспериментов и анализ полученных результатов. Для проверки выдвинутых положений проведен ряд вычислительных экспериментов по различным методам многопоточной сортировки данных.

Тесты осуществлялись в следующих условиях.

- . Аппаратные характеристики:
 - 1) количество ядер в процессоре тестовой машины: 2, 4.

2) частоты процессоров – 3,4 ГГц, 3,1 ГГц, 2,0 ГГц, 1,6 ГГц.

II. ... Программные характеристики:

1) количество используемых программами потоков – 1, 2, 4.

2) количество элементов в исходных массивах: 10000, 50000, 100000, 500000, 1000000, 3000000, 5000000, 10000000, 50000000, 100000000.

Для проведения вычислительных экспериментов были использованы машины со следующей номенклатурой процессоров: Intel(R) Core(TM) i5-7500 CPU @ 3.40GHz, Intel(R) Core(TM) i5-4440 CPU @ 3.10GHz, Intel(R) Core(TM) i7-3537U CPU @ 2.00GHz, Intel(R) Core(TM) i3-4130 CPU @ 3.40GHz. Объем оперативной памяти, установленный в каждой из используемых машин, равен 8Гб.

Для сравнения различных методов сортировки данных необходимо определять расчетное время выполнения алгоритма. Для этого использовалась следующая функция:

```
double t(void) {
    static double t0;
    struct timeval tv;
    gettimeofday(&tv, NULL);
    double h = t0;
    t0 = tv.tv_sec * 1000.0 + tv.tv_usec / 1000.0;
    return t0 - h; }
```

Чтобы удостовериться в работоспособности алгоритмов сортировки данных, был создан массив данных из 500 случайных элементов в диапазоне от 1 до 1 млн. Для этого использовалась стандартная функция *rand()* языка C++ следующим образом:

```
for (int i = 0; i < 500; i++)
    array[i] = rand() % 1000000;
```

Данной процедуре был подвергнут каждый из исследуемых алгоритмов.

Автоматическое выполнение программ сортировки с последующим получением данных о них целесообразно реализовать в одном из видов скриптов, например, в виде *bash*-скрипта, который представляет собой сценарий командной строки, написанный для оболочки *bash*.

Рисунок 5 иллюстрирует динамику роста вре-

мени выполнения сортировки исходного массива данных в зависимости от его размера. Почти на всех вариантах сортировки использование четырех потоков для сортировки данных позволяет выполнить данную операцию за меньшее время. Однако для массивов, размеры которых были в пределах от 10 тыс. до 1 млн. элементов, различие в использовании одного, двух или четырех потоков оказалось довольно малым. Из этого следует, что для данных размеров массивов исходных данных применение многопоточной сортировки данных не дает заметного эффекта.

В тех же случаях, когда размеры массива исходных данных насчитывают несколько миллионов элементов, применение многопоточного варианта сортировки оправдано, так как выигрыш во времени сортировки по сравнению с однопоточным вариантом может оказаться значительным.

На рисунке 6 приведена сравнительная статистика по времени выполнения сортировки данных различными методами для размеров исходных массивов данных в диапазоне от 500 тыс. до 5 млн. элементов при различных конфигурациях вычислительных устройств.

Из представленных графиков видно, что при использовании процессора с большей тактовой частотой и с большим количеством ядер на выполнение сортировки данных тратится меньше времени, и это зачастую не зависит от метода сортировки. Однако, при использовании стандартных библиотечных функций результат может несколько отличаться, как в случае *c std::sort* и *std::qsort* (использовалась в быстрой сортировке для однопоточного варианта).

Также было установлено, что увеличение тактовой частоты процессора и числа его ядер не всегда ускоряет выполнение сортировки данных. Особенно заметно это проявляется при использовании библиотечных способов сортировки, таких как *std::sort* и *std::qsort*, так как их внутренние реализации для разных платформ могут различаться. Тем не менее в большинстве случаев увеличение частоты процессора гарантировало повышение производительности методов сортировки данных.

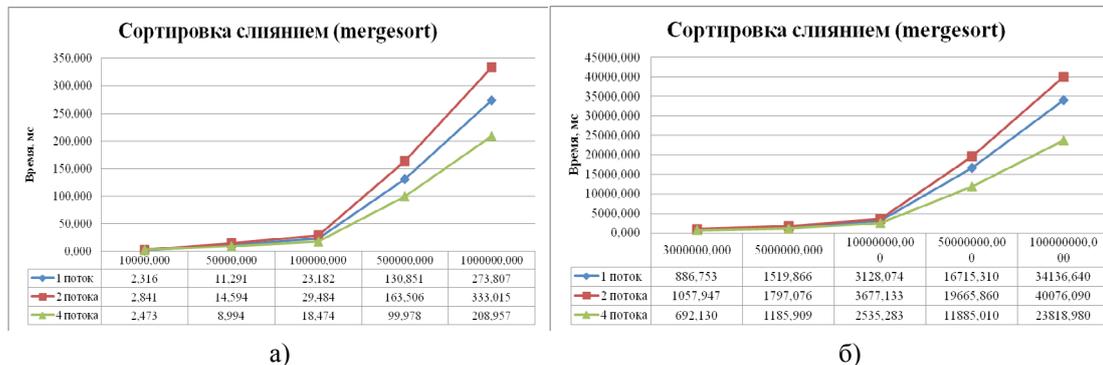


Рисунок 5 – Затраты времени на сортировку методом слияния массивов данных объемом от 10 тысяч элементов до 1 млн. элементов (а) и от 3 млн. элементов до 100 млн. элементов (б) с использованием различного числа потоков на устройстве с 4-ядерным процессором с частотой в 3.4 ГГц

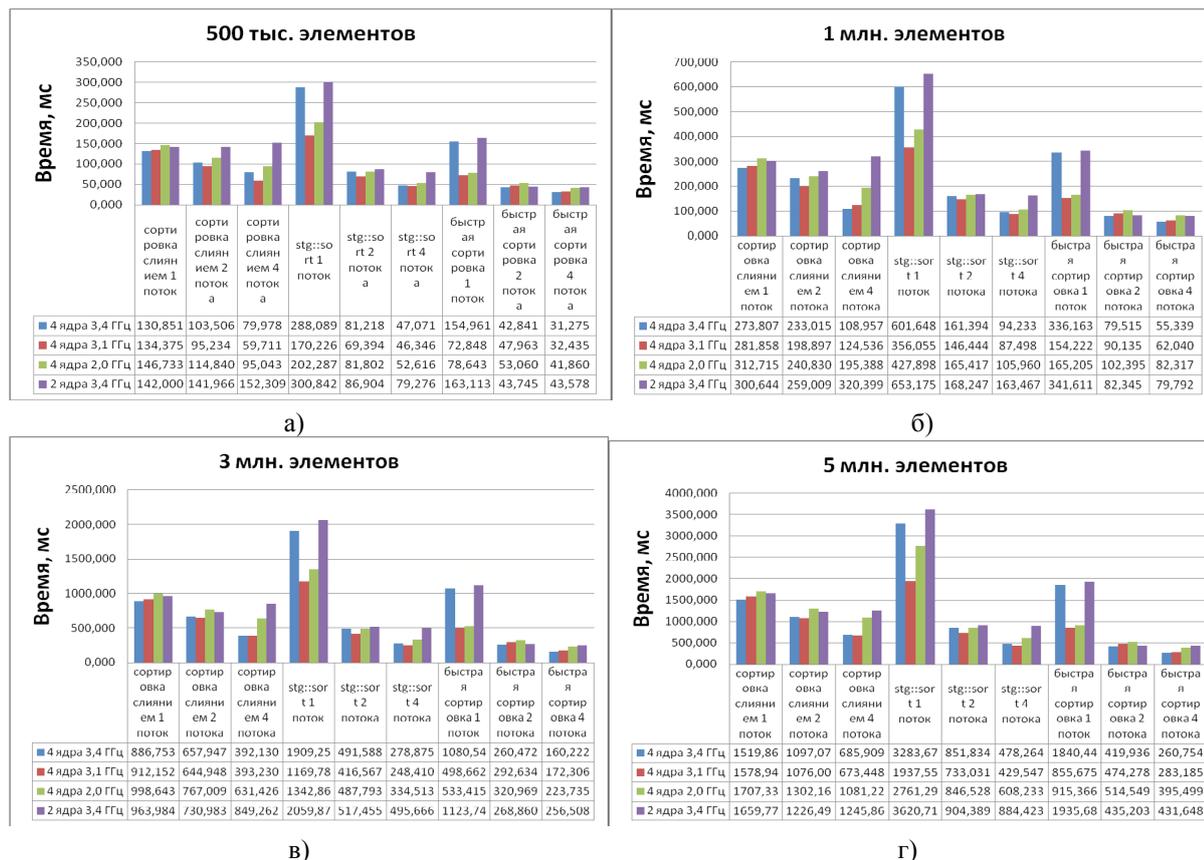


Рисунок 6 – Статистика времени выполнения сортировки 500 тыс. элементов (а), 1 млн. элементов (б), 3 млн. элементов (в), 5 млн. элементов (г)

Заключение. Исследованы различные методы сортировки данных, как последовательные, так и параллельные, и их влияние на производительность вычислительных средств. Проведен анализ наиболее распространенных алгоритмов сортировки данных и разработаны программные средства для проведения экспериментов.

В результате проведенного анализа и поставленных экспериментов установлено, что:

- увеличение частоты процессора и числа ядер вычислительного устройства не всегда приводит к ускорению процесса сортировки данных;
- объемы используемой оперативной памяти практически не зависят от методов сортировки данных, а связаны лишь с размером исходного массива данных;
- для массивов, размеры которых не слишком велики, разность в затратах времени при использовании одного или нескольких потоков достаточно мала, и что нет надобности в усложнении программы для незначительного ускорения выполнения операции сортировки;
- применение многопоточных методов сортировки данных позволяет распределить нагрузку на ядра процессора и снизить пиковую загруженность отдельных ядер в отличие от однопоточных реализаций.

В результате данного исследования решены сле-

дующие задачи:

- систематизированы сведения по времени выполнения сортировки данных, по используемому объему оперативной памяти и по нагрузке на ядра процессора при использовании различных алгоритмов сортировки данных;
- в ходе экспериментов получены численные характеристики различных методов сортировки данных, выработаны рекомендации по эффективному применению многопоточных методов сортировки;
- обоснована методика применения различных методов сортировки данных как однопоточных, так и многопоточных.

Полученные результаты могут использоваться при разработке программных средств, подразумевающих выполнение операции сортировки массивов данных больших объемов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Дупленко, А. Г. Эволюция способов и алгоритмов сортировки данных в массивах / А. Г. Дупленко // Молодой ученый. – 2013. – № 9. – С. 17–19.
2. Иванов К. К., Раздобудько С. А., Ковалев Р. И. Параллельные методы сортировки // Молодой ученый. – 2017. – № 7. – С. 15–16.
3. Скворцов С. В. Параллельные алгоритмы сортировки данных и их реализация на платформе CUDA / С.В. Скворцов, Т.А. Пюрова // Вестник

РГРТУ. – 2016. – №58 – С.42–48.

4. Дупленко А. Г. Сравнительный анализ алгоритмов сортировки данных в массивах // Молодой ученый. – 2013. – № 8. – С. 50–53.

5. Мартышкин А. И. Аналитические модели для оценки производительности семафоров многопроцессорных систем / А.И. Мартышкин, Е.И. Маркин, Д.О. Терешкин, С.А. Раздобудов // European Scientific Conference: Сборник статей XII Международной научно-практической конференции: в 2 ч. 2018. – С. 78–81.

6. Мартышкин А. И. Математические модели семафоров для координации доступа к общим ресурсам многопроцессорных систем // Colloquium-journal. – № 8(19). – ч.1. – 2018. – С. 36–39.

7. Мартышкин А.И. Проблемы производительности семафоров в параллельных системах // Эволюция современной науки: Сборник статей Международной научно-практической конференции: в 3-х частях. Ответственный редактор: Сукиасян Асатур Альбертович, 2016. – С. 81–83.

8. Мартышкин А. И. Современные методы измерения производительности многоядерных систем с технологией HT / А.И. Мартышкин, Е.И. Маркин, А.А. Зоткина, С.А. Раздобудов // World Science: Problems and Innovations: Сборник статей XXV Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 50–52.

9. Мартышкин А.И. Методы планирования и модели для оценки производительности средств синхронизации взаимодействующих процессов в параллельных вычислительных системах / А.И. Мартышкин, Д.С. Маргенс-Атношев, Д.А. Полетаев // Современные социально-экономические процессы: проблемы, закономерности, перспективы: Сборник статей III Международной научно-практической конференции: в 2 частях, 2017. – С. 37–40.

10. Мартышкин А.И. Современные методы измерения производительности многоядерных вычислительных систем // Новые информационные технологии и системы: Сборник научных статей XIII Международной научно-технической конференции, 2016. – С. 128–131.

11. Мартышкин А.И. Математическое моделирование и оценка производительности средств синхронизации процессов в многопроцессорных системах // Наукові записки Міжнародного гуманітарного університету: Статті учасників другої міжнародної мультидисциплінарної конференції, 2016. – С. 151–157.

12. Роберт Седжвик. Фундаментальные алгоритмы на С. Анализ/Структуры данных/Сортировка/Поиск = Algorithms in C. Fundamentals/Data Structures/Sorting/Searching. – СПб.: ДиаСофтЮП, 2003. – 672 с.

13. Уильямс Э. Параллельное программирование на С++ в действии. Практика разработки многопоточных программ. ДМК Пресс, 2014. – 672 с.

14. Раздобудов С. А., Сальников И. И. Исследование и анализ возможности реализации многопоточно-

сти при разработке По на языке С++ // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 3–2. – С. 334–337.

15. Абасова Н. И., Лаврухина Н. А. Анализ рейтингов языков программирования при их выборе // Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем – №7. – 2009. – С. 5–13.

16. Пахунов А. В. Языки программирования: классификация, особенности, критерии выбора // Современная наука – №4. – 2015. – С. 89–91.

17. Кнут Д. Э. Искусство программирования. Том 3. Сортировка и поиск = The Art of Computer Programming. Volume 3. Sorting and Searching / под ред. В. Т. Тертышного (гл. 5) и И. В. Красикова (гл. 6). – 2-е изд. – Москва: Вильямс, 2007. – Т. 3. – 832 с.

18. Дедов С. В. Анализ преимуществ наиболее востребованных современных языков программирования / С.В. Дедов, О.Д. Кирсанов, О.Ю. Тимошевская // Актуальные вопросы современной науки: Сборник статей по материалам XVII международной научно-практической конференции. Уфа, 2018. – С. 63–72.

19. Хьюз К., Хьюз Т. Параллельное и распределенное программирование с использованием С++. 2004. – 672 с.

20. Старченко А. В. Практикум по методам параллельных вычислений / А.В. Старченко, Е.А. Данилкин, В.И. Лаева, С.А. Проханов. – М.: Издательство Московского университета, 2010. – 200 с.

21. Sherenaz W. Al-Haj Baddar, Kenneth E. Batchler. Bitonic merging // Designing Sorting Networks: A New Paradigm. – Springer, 2012. – pp. 2–5. – 148 p.

Статья публикуется при поддержке гранта РФФИ «Конкурс на лучшие проекты фундаментальных научных исследований» (Грант № 19-07-00516 А).

Статья поступила в редакцию 25.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 004.67

АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ СЕТЕВЫХ СООБЩЕСТВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ПЛОЩАДОК ЭЛЕКТРОННОГО УЧАСТИЯ

© 2019

Видясова Людмила Александровна, кандидат социологических наук,
начальник отдела мониторинговых исследований Центра технологий электронного правительств
*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики
(199034, Россия, г. Санкт-Петербург, Биржевая линия, 14, лит. А,
e-mail: bershadskaia.lyudmila@gmail.com)*

Бершадская Елена Григорьевна, кандидат технических наук, профессор,
профессор кафедры «Вычислительные машины и системы»
*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: bereg.50@mail.ru)*

Мартышкин Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»
*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: alexey314@yandex.ru)*

Аннотация. В статье описывается применение алгоритмического подхода к анализу сетевых сообщество пользователей площадок электронного участия. Объектом изучения выступили 36 сетевых сообществ порталов электронного участия Санкт-Петербурга и Ленинградской области. В статье описывается подробное разбиение на исследовательские подзадачи, а также реализация алгоритма сбора и анализа данных о сетевых сообществах. В работе были использованы псевдоклики для эвристических оптимизаций ответа на задачу. В исследовании применен следующий алгоритм: выбор изначального подграфа, который впоследствии уменьшается последовательным удалением вершин по некоторым правилам. Для каждого сообщества были рассчитаны следующие параметры: плотность, диаметр, средняя длина, средняя степень вершины, модулярность. В ходе исследования было проведено сравнение групп по следующим параметрам: число публикаций (постов), число репостов (перепубликации сообщений), доля участников, распространяющие сообщения, доля контента, распространенного за пределы сообщества. Результаты исследования показали неоднородность структуры сообществ городских активистов. Зафиксированная невысокая модулярность групп электронного участия свидетельствует об отсутствии кластеров среди участников сообществ, соединенных связями виртуальной дружбы между собой. Анализ распространения информационных сообщений показал, что сетевые сообщества имеют высокий потенциал для распространения информации и привлечения внимания широкой аудитории к публикуемым петициям.

Ключевые слова: сетевые сообщества, электронное участие, сетевой анализ, атрибутивный граф, сетевой подход, вовлеченность.

ALGORITHMIC APPROACH TO THE ANALYSIS OF NETWORK COMMUNITIES OF USERS OF ELECTRONIC PARTICIPATION PLATFORMS

© 2019

Vidiasova Lyudmila Aleksandrovna, candidate of sociological sciences,
head of the monitoring & research department, e-Governance Center
*Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics
(199034, Russia, St. Petersburg, Birzhevaya line, 14, lit. A, e-mail: bershadskaia.lyudmila@gmail.com)*

Bershadskaia Elena Grigorevna, candidate of technical sciences, professor,
professor of sub-department «Computers and systems»
*Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: bereg.50@mail.ru)*

Martyshkin Alexey Ivanovich, candidate of technical sciences, docent,
associate Professor of sub-department «Computers and systems»
*Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: alexey314@yandex.ru)*

Abstract. The paper describes the application of an algorithmic approach to the analysis of network community of users of e-participation portals. The study was focused on 36 network communities of e-participation portals of St. Petersburg and the Leningrad region. The paper describes a detailed breakdown into research sub-tasks, as well as the implementation of an algorithm for collecting and analyzing data on network communities. In the research pseudo-cliques were used for heuristic optimizations of the answer to the problem. The following algorithm was used in the study: selection of the initial subgraph, which is subsequently reduced by successive

removal of vertices according to some rules. The following parameters were calculated for each community: density, diameter, average length, average degree of apex, modularity. During the study, groups were compared by the following parameters: the number of posts, the number of reposts, the share of participants distributing messages, the share of content distributed outside the community. The study results showed a heterogeneous structure of urban activists' communities. The revealed low modularity of electronic participation groups indicates the absence of clusters among community members connected by virtual friendship. An analysis of the messages distribution showed that network communities have a high potential for disseminating information and attracting the attention of a wide audience to published petitions.

Keywords: network communities, e-participation, network analysis, attribute graph, network approach, engagement.

Введение. Последние годы изучение и анализ социальных сетей стало очень популярным: в XXI веке без социальных сетей не обходится практически никто, а их анализ и изучение могут помочь как различным компаниям, так и потребителям лучше таргетировать различные продукты и находить больше полезной информации [1,2]. Один из таких примеров анализа социальных сетей — нахождение сообществ пользователей, то есть множества людей, объединенных чем-то общим (например, сообщество программистов или более узкое сообщество — сообщество людей, занимающихся машинным обучением в Университете ИТМО) [3].

В качестве объекта исследования выступили сетевые сообщества порталов электронного участия Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Всего в ходе исследования было проанализировано 36 сообществ. Условно рассмотренные сообщества можно разделить по численности на 3 группы:

- большие (более 10000 участников);
- средние (1000 – 10000 участников);
- малые (менее 1000 участников).

В соответствии с данной классификацией было проанализировано 10 малых групп (281-948 участников), 18 средних групп (1023-8600 участников) и 8 больших (18374 – 67888 участников).

По тематике сообществ можно выделить следующие направления:

- группы, посвященные конкретным районам – 12 (Колпинский район, Сестрорецк Зеленогорск Курортный район, Приморский район, Калининский район, Московский район Красивый Петербург, Не все равно! Адмиралтейский район, Красивый Петербург Выборгский район, Центральный район, Центральный район за комфортную среду обитания, Красносельский и Петродворцовый районы, Защитим остров Васильевский, Сделай район лучше);

- группы, посвященные экологическим вопросам – 6 (Экологическое движение «Раздельный сбор», Экодвижение Мусора Больше нет, Зеленый драйвер. Платформа для экологистов, Зеленая коалиция Петербурга, Чистый Петербург);

- группы, посвященные вопросам градостроительства, благоустройства и решению общегородских проблем – 8 (Город для людей, Красивый Петербург, Красивая Ленобласть, Санкт-Петербург – это наш город, Градозащитный Петербург, Солидарная

Ленобласть, Солидарный Петербург, Институт дизайна и урбанистики);

- группы, посвященные активному гражданскому обществу – 5 (Петербургский гражданин, Петербург 3.0 Площадка активных горожан, Гражданский Петербург, Жители Екатерингофского округа, 3 квартала Полустрово);

- группы, посвященные решению конкретной проблемы – 3 (Санкт-Петербург без жестокости, Защитим Парк Интернационалистов, Незаконная торговля Петербурга);

- группы, посвященные вопросам бюджета города – 2 (Открытый бюджет, Твой бюджет Санкт-Петербурга).

Определения и обзор существующих решений. Проблема автоматизации алгоритмов по поиску различных сообществ очень популярна в эпоху социальных сетей, в последние годы она активно разрабатывается [4,5]. На данный момент созданы различные методики выделения сообществ во всем графе социальной сети, а также выделения сообществ, содержащих все выделенные вершины в графе (вершины-запросы). Также были предложены методы разбиения вершин в запросе не на одно, а на несколько сообществ, потому что не все они могут быть тесно связаны и объединены одним сообществом [6]. Практически все оптимизационные задачи, которые приходится решать в процессе нахождения ответа, являются *NP*-полными, то есть для них нельзя найти точное решение за полиномиальное время. Поэтому для решения таких задач применяются различные эвристики, которые в большинстве своем являются статическими, то есть алгоритм построения ответа детерминированный, пошаговый [7,8]. В настоящей работе предлагается новый подход решения таких задач, разбивающий исходную сложную задачу на более простые, а также использующий машинное обучение для эффективной кластеризации на подзадачи [9]. Решение более мелких подзадач позволяет эффективнее решать исходную задачу на более маленьких графах, а правильное объединение ответов в кластерах позволяет не ухудшать результат ответов в малых подзадачах [10,11].

Поиск сообщества по выделенным вершинам в атрибутированном графе: алгоритмы. Перед тем, как начать описание алгоритмов, следует еще раз определиться с формальной постановкой задачи.

Задача. Дан атрибутированный граф социальной сети G , каждая вершина v которого содержит множество атрибутов $attr(v)$. Нужно отвечать на запросы поиска CSP по выделенным вершинам в данном графе – по данному множеству выделенных вершин-запросов $V_q \subseteq V(G)$, а также множеству атрибутов $W_q \subseteq \bigcup_{v \in V_q} attr(v)$, требуется подграф $H \subseteq G$, отвечающий условиям:

- $V_q \subseteq H$;
- H небольшой и плотно связан;
- атрибуты вершин H хорошо коррелируют с атрибутами-запросами W_q .

Представленная формулировка задачи подразумевает ответы на два вопроса:

- что такое «небольшой и плотно связанный» подграф?
- что значит, что атрибуты подграфа хорошо коррелируют с множеством атрибутов-запросов?

На оба этих вопроса ответ будет дан позже, а пока что в дополнение к представленной формулировке задачи введем дополнительные ограничения на некоторые параметры, характерные для практики ее решения:

- $|V_q| \leq 16$. Этому есть несколько объяснений:

во-первых, для больших значений $|V_q|$ с довольно большой вероятностью вершины-запросы не получится объединить в единственное плотно связанное сообщество. Во-вторых, трудно представить жизненную ситуацию, когда в социальной сети нужно искать сообщество по большому количеству людей. Даже если это так, можно либо построить ответ на 16 вершинах, а затем проверить, относятся ли оставшиеся вершины к итоговому подграфу, либо построить несколько сообществ на группах из 16 вершин, а затем каким-то образом объединить ответы.

- $|W_q| \leq 5$. Это ограничение связано по большей части с тем, что W_q — множество мета-данных, которое почти всегда задается вручную и, следовательно, не будет чрезмерно большим. На самом

деле, ограничение в 5 атрибутов диктуется здравым смыслом и практически никак не влияет на алгоритм, однако, в наших экспериментах большие значения $|W_q|$ не рассматриваются.

Общая идея алгоритма. Решение псевдокликой (k, d) -truss. Для начала имеет смысл подвергнуть анализу алгоритм авторов статьи, выбранной бейзлайном [13]: это поможет выявить плюсы и минусы этого алгоритма и детальнее разобраться в теме.

Авторы этой статьи используют псевдоклики для эвристических оптимизаций ответа на задачу. В качестве псевдоклики приводится новая, ранее не существовавшая псевдоклика: (k, d) – связка, представляющая собой k -связку с дополнительным ограничением, состоящим в том, что максимальное расстояние до любой вершины-запроса от любой другой вершины не превосходит d . Более формально, подграф $H \subseteq G$ называется (k, d) -связкой, если он является k -связкой (то есть каждое его ребро содержится хотя бы в $k - 2$ треугольниках) и $\max_{v \in V(H)} \max_{u \in V_q(H)} dist_H(v, u) \leq d$ и

Например, выделенный подграф на рисунке 1 является одновременно 4-связкой (т.к. каждое его ребро содержится минимум в двух треугольниках), а также $(4, 2)$ -связкой (т.к. для вершины v_7 расстояние до q_2 равно 2, а все остальные расстояния от вершины подграфа до вершины-запроса не больше 1). Несложно заметить, что чем меньше значение d , тем плотнее получится H , т.к. значение d тесно связано с диаметром подграфа — сам этот факт интуитивно понятен, но для формального доказательства в бейзлайне приводится доказательство оценки Из сказанного следует свойство: если подграф H является (k, d) -связкой для достаточно большого k и малого d , то гарантируется, что H небольшой и плотно связанный. То есть, (k, d) -связка является типичным примером псевдо-клики для оптимизационной эвристической задачи.

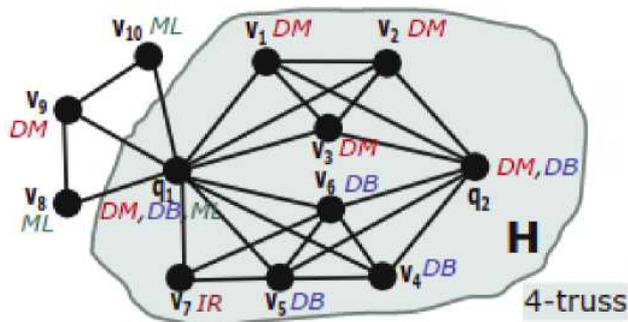


Рисунок 1 – Пример 4-связки и $(4, 2)$ -связки

Аналогичным образом опишем и другие основные свойства подграфа H , являющегося (k, d) -связкой (и в то же время k -связкой):

— $\min_{v \in H} \deg(v) \geq k-1$ (так как k -связка — это $(k-1)$ -ядро);

— k -связка иерархична: $\exists H' : H' - k$ -связка, $H \subseteq H'$, то есть существует $(k-1)$ -связка, в которой H полностью содержится;

$$d \leq \text{diam}(H) \leq \min\left(\frac{2 \cdot |V(H)| - 2}{k}, 2 \cdot d\right).$$

Задачей бейзлайна стоит поиск (k, d) -связки по данным k и d . Однако, т.к. в случае нашего графа у вершин и в запросе также присутствуют атрибуты, одной оптимизации реберной плотности и размера подграфа здесь недостаточно. Поэтому так

же предлагается оптимизировать метрику $f(H, W_q)$, соответствующую уровню однородности атрибутов в H и W_q . Что же есть такое однородность атрибутов подграфа и множества атрибутов, и каким требованиям она должна удовлетворять? Отметим несколько принципов, соответствующих $f(H, W_q)$:

— чем больше вершина U в своем множестве $\text{attr}(U)$ содержит атрибутов из W_q , тем $f(H, W_q)$ больше;

— чем больше вершин в H содержат атрибут $w \in W_q$, тем $f(H, W_q)$ больше;

— чем больше вершин в H не содержат ни одного атрибута $w \in W_q$, тем $f(H, W_q)$ меньше.

В результате проведения ряда исследований и апробации нескольких вариантов значений $f(H, W_q)$ установлено, что лучше всего себя показывает следующая метрика:

$$f(H, W_q) = \sum_{w \in W_q} \theta(H, w) \times \text{score}(H, w) \frac{|V_w \cup V(H)|}{|V(H)|} \times |V_w \cup V(H)| = \frac{|V_w \cup V(H)|^2}{|V(H)|}$$

Здесь $\theta(H, w) = \frac{|V_w \cup V(H)|}{|V(H)|}$ соответствует доле вершин подграфа H , имеющих атрибут w , — чем больше вершин имеет атрибут w , тем больше $\theta(H, w)$, а $\text{score}(H, w) = |V_w \cup V(H)|$ просто соответствует количеству вершин в H , имеющих атрибут w . Таким образом, итоговая функция $f(H, W_q) = \sum_{w \in W_q} \theta(H, w) \times \text{score}(H, w)$

принимает во внимание не только количество атрибутов w в подграфе H , а также и их долю в этом подграфе.

Финальная формулировка оптимизируемой задачи звучит так: по данному графу G , запросу $Q = (V_q, W_q)$, а также по двум целым числам k и d требуется найти подграф H , удовлетворяющий условиям: $H - (k, d)$ -связка;

значение $f(H, W_q)$ максимально среди всех подграфов H , удовлетворяющих первому условию.

Здесь показано, что поставленная задача является NP-полной, то есть не имеет решения за полиномиальное время, поэтому далее приводятся эвристические методы оптимизации и нахождения близкого к правильному ответу за полиномиальное время. Рассматриваемые ниже алгоритмы, как и многие другие алгоритмы по данной теме, являются статическим: выбирается изначальный подграф, который впоследствии уменьшается последовательным удалением вершин по некоторым правилам [12,13,14].

Методология автоматизированного анализа онлайн сообществ. Для анализа связи участников сообществ и их сплоченности были рассчитаны следующие показатели [15,16,17]:

— плотность графа — индикатор полноты связей всех участников сообщества между собой (при связи всех со всеми дает единицу),

— диаметр — параметр удаленности друг от друга двух максимально удаленных узлов графа,

— средняя степень — среднее количество связей одного участника в сообществе,

— средняя длина — расстояние между всеми парами соединенных узлов,

— модулярность — процент присутствия сообществ внутри графа.

Результаты исследования. В ходе исследования было проведено сравнение групп по следующим параметрам: число публикаций (постов), число репостов (перепубликации сообщений), доля участников, распространяющих сообщения, доля контента, распространенного за пределы сообщества. Результаты исследования продемонстрировали, что в среднем каждый участник сетевых сообществ имеет связь дружбы с двумя — шестью другими участниками, и связан с каждым участником сообщества через пять человек.

Показатели модулярности находятся на невысоком уровне (для 94,5% сообществ показатель не превышает 0,5), что свидетельствует об отсутствии кластеров среди участников сообществ, соединенных связями виртуальной дружбы между собой. Наибольшее количество связей было зафиксировано в самой крупной по количеству участников группе «Колпинский район» (33,81) (рисунок 2, а), а также в группе «Защитим остров Васильевский» (23,62) (рисунок 2, б). Стоит отметить, что была выявлена корреляция между количеством участников группы и количеством связей дружбы, которые образуются между участниками (коэффициент корреляции — 0,61).

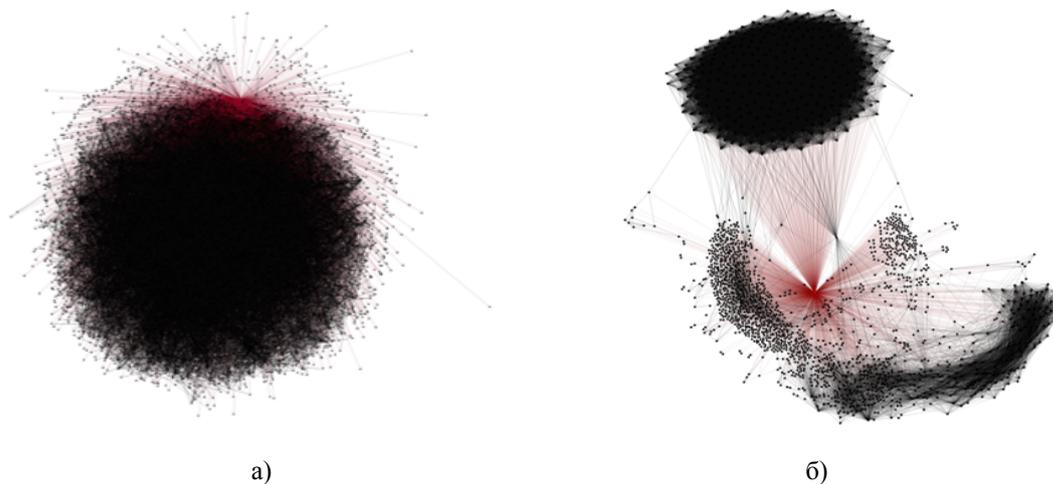
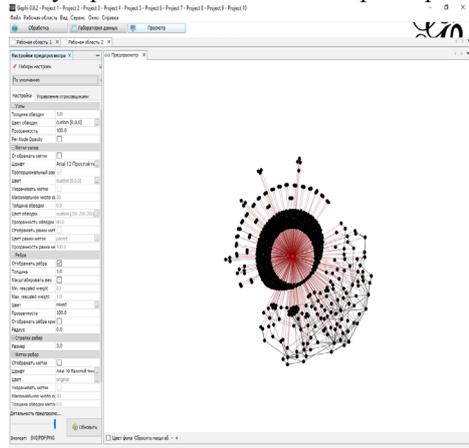


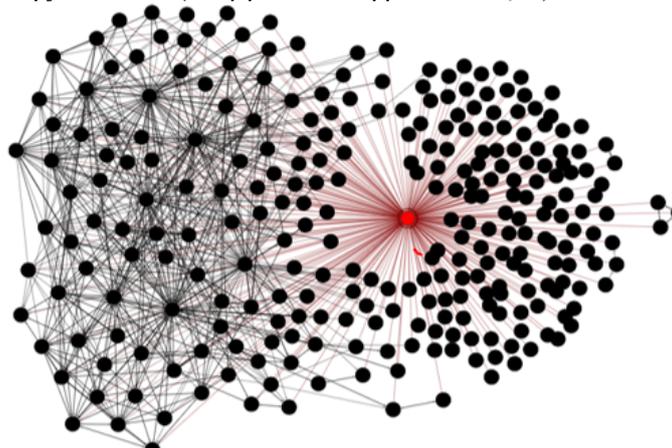
Рисунок 2 – Графы связей участников сетевого сообщества группы «Колпинский район» (а) и «Защитим остров Васильевский» (б), 2019 г.

Наименьшее количество связей между участниками было зафиксировано в группе «Красивый Петербург. Выборгский район» (рисунок 3, а). Стоит отметить, что данная группа также имеет самое низкое значение модулярности среди остальных сообществ (0,35). Одно из самых низких значений модулярности было также зафиксировано в груп-

пе «Гражданский Петербург» (0,35) (рисунок 3, б). Стоит подчеркнуть, что обе группы являются одними из самых немногочисленных: 566 и 282 участника соответственно. Однако, анализируя показатели по всем сообществам, корреляции между количеством участников и модулярностью выявлено не было (коэффициент корреляции -0,09).



а)



б)

Рисунок 3 – Графы связей участников сетевого сообщества группы «Красивый Петербург. Выборгский район» (а) и «Гражданский Петербург» (б), 2019 г.

Самая высокая модулярность была выявлена в группах «Сестрорецк, Зеленогорск, Курортный район» и «Город для людей» (0,54). Группа «Сестрорецк, Зеленогорск, Курортный район» является второй по количеству участников (57188), а также имеет самый низкий показатель плотности и самый высокий параметр удаленности участников друг от друга (рисунок 4, а).

Наибольшие параметры удаленности участников друг от друга (плотность и диаметр) также были зафиксированы в группе «Защитим Парк Интернационалистов» (рисунок 4, б). Самые низкие параметры удаленности были зафиксированы в группах «Приморский район» и «Велосипедизация Петербурга» (диаметр – 2). Стоит отметить, что в группе «Вело-

сипедизация Петербурга» каждый участник в среднем имеет 9 связей дружбы с другими участниками, а также связан с каждым другим участников сообщества через 2 человека, что является наименьшим параметром средней длины среди всех проанализированных сообществ.

Результаты исследования продемонстрировали, что более половины сетевых сообществ (66,7%) имеют достаточно высокую долю репостов публикуемого контента (более 50%). В ходе анализа был выделен ряд групп, доля репостов в которых превышает 90%. К таким сообществам были отнесены «Красивый Петербург», «Санкт-Петербург без жестокости», «Велосипедизация Петербурга» и «Центральный район за комфортную среду обитания».

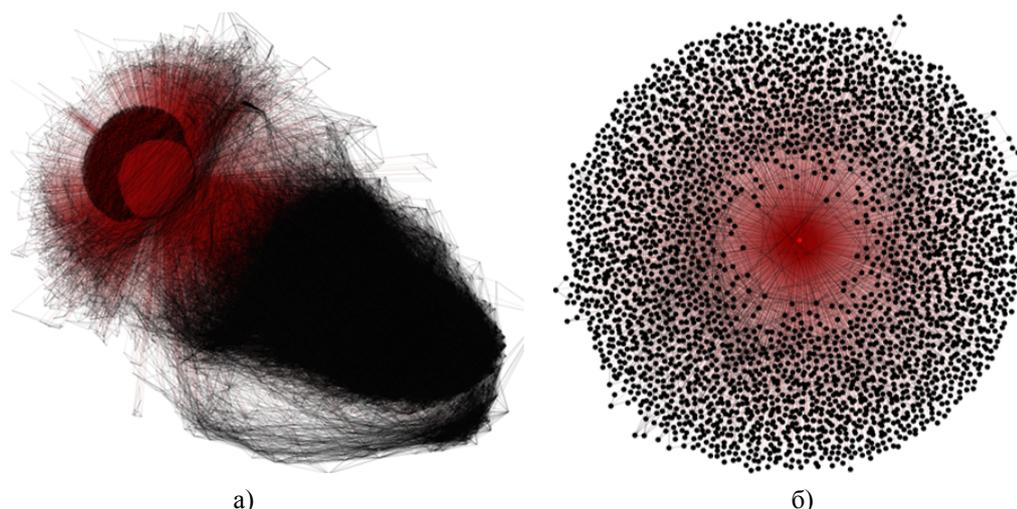


Рисунок 4 – Графы связей участников сетевого сообщества группы «Сестрорецк, Зеленогорск, Приморский район» (а) и «Защитим Парк Интернационалистов» (б), 2019 г.

Стоит особо подчеркнуть, что в ходе анализа не было выявлено корреляции между количеством публикаций в группе и долей репоста контента и сообщений (коэффициент корреляции – 0,05). Кроме того, не было выявлено зависимости от активности публикации контента и количеством активных участников, занимающихся репостом (коэффициент корреляции – 0,003).

Самые низкая доля участников, занимающихся репостом, а также самая низкая доля контента с репостами были зафиксирована в сообществе «Сестрорецк, Зеленогорск, Курортный район». Важно подчеркнуть, что именно данная группа имеет наибольшие параметры удаленности участников друг от друга.

Наибольшая доля репостеров была выявлена в сообществе «Санкт-Петербург без жестокости», где также зафиксирован высокий уровень репостов публикуемого контента (96,79%). Максимальные значения по параметру «% контента с репостами» были отмечены в группе «Центральный район за комфортную среду обитания» (97,67%).

Наибольшая доля репостов, которая приходится на одно сообщение, была отмечена в группе «Красивый Петербург», для которой также выявлена высокая доля участников, занимающихся репостом, и высокая доля репостов контента (95,19%). Самый низкий показатель по данному параметру был зафиксирован для группы «Красивый Петербург. Выборгский район». Стоит отметить, что в этом сообществе также было зафиксировано минимальное количество связей между участниками. В то же время между параметрами «средняя степень» и «количество репостов/сообщениями» по всем сообществам была выявлена очень слабая корреляция (коэффициент корреляции – 0,16).

Данные, полученные в ходе исследования, позволили составить усредненный социальный портрет участников сетевых сообществ. Так, резуль-

таты продемонстрировали, что в сетевых сообществах площадок электронного участия преобладает женская аудитория (61%) (рисунок 5, а). Доля мужской аудитории среди всех участников сетевых сообществ составила 39%. Среди возрастных групп отмечается явное преобладание группы «26 – 35 лет» (47%) (рисунок 5, б).

Наименьшая доля участников относится к возрастной категории «56 – 65 лет» (3%), а также было выявлено полное отсутствие участников старше 65 лет (0%). Доля участников возрастной группы «18 – 25 лет» составила 14%, «46 – 55 лет» – 8%, «56 – 65 лет» – 3% и 3% составили участники возрастной группы «до 18 лет». Анализ рода деятельности участников продемонстрировал, что большая часть является студентами высших учебных заведений (62%) (рисунок 5, в). 36% участников имеют работу, а самая маленькая доля (2%) являются учащимися школ.

Анализ политических взглядов участников продемонстрировал, что большая часть придерживается умеренных, либеральных и индифферентных взглядов на политику (рисунок 6). В качестве дополнительной исследовательской задачи были проанализированы социальные портреты участников сообществ, имеющих высокое количество связей дружбы между участниками, а также высокую долю репостов публикуемого контента и высокую долю участников, осуществляющих репост.

Анализ группы «Колпинский район», имеющей самое высокое количество связей между участниками, продемонстрировал, что большая часть участников также относится к молодым возрастным группам: «26 – 35 лет» – 43%; «36 – 45 лет» – 24% и «18 – 25 лет» – 15%. Большинство участников являются женщинами (65%), обучаются в высших учебных заведениях (52%) или имеют постоянную работу (43%), а также имеют умеренные политические взгляды (100%).

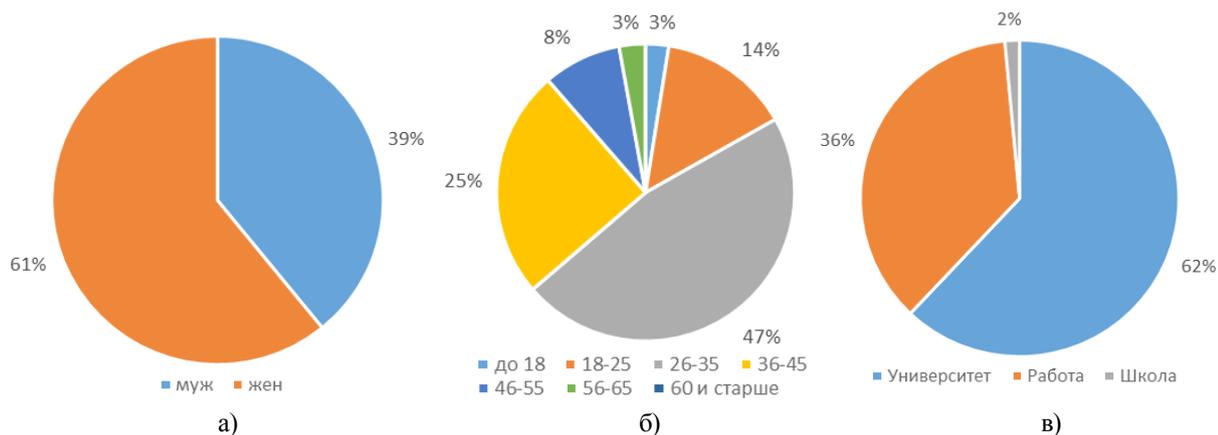


Рисунок 5 – Распределение участников сетевых сообществ по полу (а), возрасту (б) и роду деятельности (в), 2019 г.

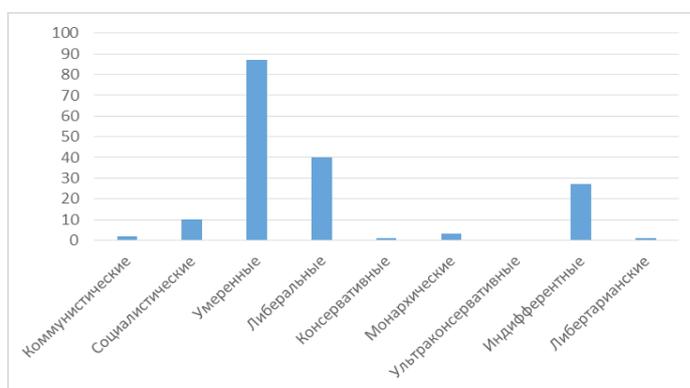


Рисунок 6 – Распределение участников сетевых сообществ по политическим взглядам, 2019 г.

В группе «Санкт-Петербург без жестокости», лидирующей по количеству участников, активно занимающихся репостом, также было отмечено явное преобладание женской аудитории (89%). Большая часть участников относится к возрастной группе «26 – 35 лет» (48%), далее по численности были выделены возрастные группы «36 – 45 лет» (20%) и «18 – 25 лет» (20%). Преобладающая часть участников является студентами высших учебных заведений (62%) или имеют работу (34%). Политические взгляды участников относятся к умеренным (75%) или индифферентным (25%).

В группе «Центральный район за комфортную среду обитания», в которой был зафиксирован самый высокий процент репостов публикуемого контента, также преобладает молодая аудитория: «26 – 35 лет» – 45%; «36 – 45 лет» – 28% и «18 – 25 лет» – 10%. Большая часть участников является представителями женской аудитории (65%), обучаются в высших учебных заведениях (66%) и имеют в равной доле либеральные (33%), умеренные (33%) и индифферентные (34%) взгляды на политику.

Выводы. Результаты проведенного исследования демонстрируют, что изученные группы электронного участия образуют сетевые сообщества пользователей, однако структура этих сообществ неоднородна. Проанализированные сообщества характеризуются низкой плотностью связей между

пользователями, а каждый участник в среднем связан через пять членов группы с другими [18]. В то же время, стоит отметить, что невысокая модулярность групп электронного участия свидетельствует об отсутствии кластеров среди участников сообществ, соединенных связями виртуальной дружбы между собой.

Результаты исследования продемонстрировали, что большая часть участников относится к возрастной категории «26 – 35 лет» и являются учащимися высших учебных заведений, а также имеют в большинстве умеренные, либеральные или индифферентные взгляды на политику. Важно подчеркнуть, что участники, обладающие данными характеристиками, преобладают в каждом проанализированном сетевом сообществе.

Исследование показало, что сетевые сообщества предоставляют возможности для обмена информацией: от 25% до 98% публикаций получают репост. Кроме того, стоит отметить, что более половины сетевых (66,6%) сообществ демонстрируют высокий уровень репостов публикуемого контента. Таким образом, сетевые сообщества имеют высокий потенциал для распространения информации и привлечения внимания широкой аудитории к публикуемым петициям.

В ходе исследования были рассчитаны коэффициенты корреляции для выявления параметров, которые влияют на распространение информации

и привлечение вторичной аудитории. Рассчитанные коэффициенты продемонстрировали отсутствие зависимости между количеством публикуемых сообщений и количеством репостов контента групп (коэффициент корреляции – 0,05). Проверка взаимосвязи между статистическими параметрами сообществ (плотность, модулярность и средняя длина) и распространением информации также не позволила выявить значимых корреляций. Единственный параметр, влияющий на распространение информации – это масштаб группы. Таким образом, были выявлены следующие взаимосвязи:

– чем больше участников в сообществе, тем больше доля репостов публикуемого контента (коэффициент корреляции – 0,68);

– чем больше участников в сообществе, тем больше количество связей дружбы, которые образуются между ними (коэффициент корреляции – 0,61).

Дальнейшие направления исследования авторы видят в разработке моделей построения нейронных сетей на основе данных о реально функционирующих сообществах и поведении его участников [19].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Новые методы работы с большими данными: победные стратегии управления в бизнес-аналитике: научно-практический сборник / под ред. А. В. Шмида. М.: ПАЛЬМИРА. – 2016. – 528 с.

2. Силен Д., Мейсман А. Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных. СПб.: Питер. – 2017. – 336 с.

3. Butakov N., Petrov M., Radice A. Multitenant Approach to Crawling of Online Social Networks // Procedia Computer Science. – 2016. – № 101. – С. 115–124.

4. Тимонин А.Ю., Бождай А.С. «Использование технологий Big Data для построения социального профиля человека на основе открытых источников» // Вестник Пензенского государственного университета. – 2015. – № 2 (10). – С. 140–144.

5. Коршунов А., Белобородов И., Бузун Н., Аванесов В., Пастухов Р., Чихрадзе К., Козлов И., Гомзин А., Андрианов И., Сысоев А., Ипатов С., Филоненко И., Чуприна К., Турдаков Д., Кузнецов С. Анализ социальных сетей: методы и приложения // Труды Института системного программирования РАН. 2014. – Т. 26. – № 1. – С. 439–456.

6. Чураков А. Н. Анализ социальных сетей // СоцИс. – 2001. – № 1. – С. 109–121

7. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. – М.: Издво физико-математической литературы. – 2010. – 228 с.

8. Давыденко В.А., Ромашкина Г.Ф., Чуканов С.Н. Моделирование социальных сетей // Вестник Тюменского государственного университета. – №1, – 2005. – С. 68–79.

9. Базенков Н. И. Обзор информационных систем анализа социальных сетей / Н.И. Базенков, Д.А. Губанов // Управление большими системами. – 2013. – С. 357–394.

10. Работа с неструктурированными данными в распределенной файловой системе Hadoop / Центр компетенции по технологии IBM Big Data. – М. – 2014. – 30 с.

11. Реутов Е.В., Реутова М.Н., Колпина Л.В., Бояринова И.В. Эффективность социальных сетей в региональном сообществе // Социологические исследования. – 2011. – № 1. – С. 79–88.

12. Исследование текстовой информации с помощью DataExplorer / Центр компетенции по технологии IBM Big Data. – М. – 2014. – 23 с.

13. Анализ структурированных и неструктурированных данных с помощью ContentAnalytics / Центр компетенции по технологии IBM Big Data. – М. – 2014. – 66 с.

14. Бершадская Е.Г., Назиров Р.Р. Проблемы сбора и представления неструктурированной информации из открытых источников // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: сборник статей XVI Всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией И.И. Сальникова. – 2018. – С. 64–68.

15. Granovetter M.S. The Strength of Weak Ties//The American Journal of Sociology. – 1973. – Том 78 (6). – С. 1360–1380.

16. Rheingold H. The virtual community. Home-staying on the electronic frontier. London: MIT Press. – 1993.

17. Davern M. Social networks and economic sociology: A proposed research agenda for a more complete social science // American Journal of Economics & Sociology. – 1997. Vol. 56. Issue 3. – С. 287–302.

18. Vidiasova L., Novikov D., Bershadsckaya E. Do Social Networks help to Organize a Community around E-participation Portals in Russia? // ACM International Conference Proceeding Series Challenges in Eurasia. Ser. “eGose 2017 – 2017 International Conference on Electronic Governance and Open Society: Challenges in Eurasia, Proceedings”. – 2017. – С. 62–69.

19. Маркин Е.И., Подопратора И.А., Зоткина А.А., Бершадская Е.Г. Методы разработки искусственных нейронных сетей // Вестник современных исследований. – 2018. – № 3.1 (18). – С. 49–52.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-78-10079 «Исследование моделей адаптации концепции Smart City в условиях современного российского общества»).

Статья поступила в редакцию 20.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 004.9:519.2

К РАСЧЕТУ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ЗАПРОСА ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ

© 2019

Бутаев Михаил Матвеевич, доктор технических наук, профессор, учёный секретарь

АО «Научно-производственное предприятие «Рубин»

(440015, Россия, г. Пенза, ул. Байдукова, 2, e-mail: nts@npp-rubin.ru)

Чулков Валерий Александрович, доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Биомедицинская инженерия»

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: chu@penzgtu.ru)

Аннотация. Цель работы – совершенствование методов расчёта вероятностно-временных характеристик информационных систем. Объектом исследования является аналитический метод расчёта длительности обработки запроса в системе, предметом – формулы расчёта продолжительности последовательной обработки запроса элементами системы с треугольно распределёнными случайными длительностями обработки. При выводе формул расчёта характеристик суммы независимых треугольно распределённых случайных величин применены методы теории вероятностей. Получены формулы основных характеристик для сумм двух и трёх независимых треугольно распределённых случайных величин.

Ключевые слова: плотность вероятности, функция распределения, вероятностные характеристики, инфокоммуникационная система.

ON THE TIME CHARACTERISTICS CALCULATION OF THE SEQUENTIAL REQUEST PROCESSING IN THE INFOCOMMUNICATION SYSTEM

© 2019

Butaev Mikhail Matveevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Scientific Secretary

JSC Scientific and Production Enterprise Rubin

(440015, Russia, Penza, Baidukova St., 2, e-mail: nts@npp-rubin.ru)

Chulkov Valery Aleksandrovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Biomedical Engineering

Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baidukova Passage / Gagarina St., 1a / 11, e-mail: chu@penzgtu.ru)

Abstract. The purpose of the work is to improve methods for calculating the probability-time characteristics of information systems. The object of research is an analytical method for calculating the request processing duration in a system, the subject is formulas for calculating the duration of sequential request processing by system elements triangularly distributed random processing durations. When deriving formulas for calculating the characteristics of the sum of independent triangularly distributed random variables, methods of probability theory are applied. The formulas of the main characteristics for the sums of two and three independent triangularly distributed random variables are given.

Keywords: probability density, distribution function, probabilistic characteristics, infocommunication system.

Одним из основных критериев, определяющих эффективность применения автоматизированной системы управления, была и остаётся оперативность управления [1,2]. Часто для оценки продолжительности процесса управления и отдельных его этапов используется математический аппарат случайных процессов, поскольку продолжительности операций по обработке запросов описываются случайными переменными [3,4]. Наиболее близким отработанным математическим аппаратом для расчёта продолжительности процессов управления является теория случайных PERT-сетей [5–13].

На начальных этапах проектирования инфокоммуникационных систем анализируется влияние слагаемых продолжительности обработки запроса на отдельных этапах на общую продолжительность цикла, анализ выполняется путём расчёта свёртки и смеси случайных переменных, моделирующих обработку запроса в последовательно и параллельно выполняемых этапах обработки запросов [5,13,14]. При последовательном выполнении этапов продолжительность обработки запросов сводится к суммированию продолжительностей обработки на каждом из этапов, т.е. к суммированию независимых

случайных переменных [15–19].

При жёстких ограничениях на продолжительность обработки запросов среднее значение времени смещается в сторону большего значения задаваемого интервала обработки, иными словами, функция распределения вероятности времени исполнения запроса смещается в сторону верхней границы. В простейшем случае смещённое распределение на ограниченном интервале (бета-распределение $f(t)$ при $u = 2, v = 1$ [20]) имеет треугольное распределение:

$$f_1(t) = \begin{cases} 0, & b_1 < t < 0; \\ \frac{2t}{b_1^2} H(b_1 - t), & 0 < t < b_1; \\ 0, & t \leq 0; \\ \frac{1}{b_1^2} [t^2 - (t^2 - b_1^2) H(t - b_1)], & 0 < t < b_1; \\ 1, & b_1 \leq t; \end{cases}$$

где $H(t)$ – обобщённая функция Хевисайда [15]. Случайные переменные $T \in t_i, i \in 1, \dots, n$ независимы и распределены на интервалах

$t_i \in [0; \beta_i]$, $\beta_i > 0$. Для упрощения дальнейших аналитических преобразований случайные переменные упорядочены по возрастанию β_i – значениям верхних границ упорядоченных переменных. Условие упорядочения: $\beta_i \leq \beta_{i+1}$, $i \in 1, \dots, n-1$ [20].

Треугольно распределённая случайная переменная имеет характеристическую функцию:

$$f_i(p) = \frac{2[1 - (1 + b_i p)e^{-b_i p}]}{b_i^2 p^2}$$

$$M(T) = \frac{2b_i}{3}$$

её математическое ожидание равно

$$Me(T) = \frac{b_i}{\sqrt{2}}, \text{ мода } Mo(T) = b_i$$

медиана

Треугольно распределённая случайная переменная

$$D(T) = \frac{b_i^2}{18}$$

характеризуется дисперсией

$$f_{12}(t) = \begin{cases} 0, b_1 + b_2 \leq t \leq 0; \\ \frac{2}{b_1^2 b_2^2} \{t^3 - H(t - b_1)(t - b_1)^2(t + 2b_1) - H(t - b_2)(t - b_2)^2(t + 2b_2) + \\ + H(t - b_1 - b_2)(t - b_1 - b_2)[(t - b_1 - b_2)^2 + 3(b_1 + b_2)(t - b_1 - b_2) + 6b_1 b_2]\}, 0 < t < b_1 + b_2; \end{cases}$$

$$F_{12}(t) = \begin{cases} 0, t \leq 0; \\ \frac{1}{6b_1^2 b_2^2} \{t^4 - H(t - b_1)(t - b_1)^3(t + 3b_1) - H(t - b_2)(t - b_2)^3(t + 3b_2) + \\ + H(t - b_1 - b_2)(t - b_1 - b_2)^2[t^2 + 2(b_1 + b_2)t - 3(b_1 - b_2)^2]\}, 0 < t < b_1 + b_2; \\ 1, b_1 + b_2 \leq t. \end{cases}$$

Характеристическая функция суммы выглядит так:

$$f_i(p) = \frac{4[1 - (1 + b_1 p)e^{-b_1 p}][1 - (1 + b_2 p)e^{-b_2 p}]}{b_1^2 b_2^2 p^4}$$

Математическое ожидание суммы двух независимых треугольно распределённых случайных переменных определяется формулой

$$M(T) = \frac{2(b_1 + b_2)}{3}$$

[14] равна $K_{0,5}$ и определяется численным решением уравнения

$$K_{0,5}^4 - (K_{0,5} - b_1)^3(K_{0,5} + 3b_1) - (K_{0,5} - b_2)^3(K_{0,5} + 3b_2) = 3b_1^2 b_2^2$$

$$Mo(T) = \max_{0 < t < b_1 + b_2} f_{12}(t)$$

, мода равна

$$D(T) = \frac{b_1^2 + b_2^2}{18}$$

а дисперсия суммы

Значение $K_{0,2}$ определяется численным решением уравнения

$$K_{0,2}^4 - (K_{0,2} - b_1)^3(K_{0,2} + 3b_1) = \frac{6}{5} b_1^2 b_2^2$$

аналогично $K_{0,8}$ определяется

$$K_{0,8}^4 - (K_{0,8} - b_1)^3(K_{0,8} + 3b_1) - (K_{0,8} - b_2)^3(K_{0,8} + 3b_2) = \frac{24}{5} b_1^2 b_2^2$$

лем порядка 0,2 ($K_{0,2}$) $= \frac{b_1}{\sqrt{5}}$, $K_{0,8} = \frac{2b_1}{\sqrt{5}}$, начальными моментами 2-, 3-, 4-го порядков, соответственно

$$m_2(T) = \frac{b_1^2}{18}; m_3(T) = \frac{2b_1^3}{5}; m_4(T) = \frac{b_1^4}{3}$$

$$Sk(T) = -\frac{2\sqrt{2}}{5}$$

и коэффициентами асимметрии

$$Ex(T) = \frac{12}{5}$$

и эксцесса

Выражения функции плотности распределения $f_{12}(x)$ и функции распределения вероятности $F_{12}(x)$ суммы двух независимых треугольно распределённых случайных переменных имеют следующий вид:

а начальные моменты 2-, 3-, 4-го порядка, соответственно:

$$m_2(T) = \frac{b_1^2}{2} + \frac{8b_1 b_2}{9} + \frac{b_2^2}{18}$$

$$m_3(T) = \frac{2b_1^3}{5} + b_1^2 b_2 + b_1 b_2^2 + \frac{2b_2^3}{5}$$

$$m_4(T) = \frac{b_1^4 + b_2^4}{3} + \frac{16}{15} b_1 b_2 (b_1^2 + b_2^2) + \frac{3}{2} b_1^2 b_2^2$$

Коэффициенты асимметрии и эксцесса

$$Sk(T) = -\frac{2\sqrt{2}(b_1^3 + b_2^3)}{5\sqrt{(b_1^2 + b_2^2)^3}}$$

$$Ex(T) = \frac{6(2b_1^4 + 5b_1^2 b_2^2 + 2b_2^4)}{5(b_1^2 + b_2^2)^2}$$

соответственно.

Для суммы трёх независимых треугольно распределённых случайных переменных функции плотности $f_{123}(x)$ и распределения $F_{123}(x)$ имеют следующий вид:

$$f_{123}(t) = \begin{cases} 0, b_1 + b_2 + b_3 \leq t \leq 0; \\ \frac{1}{120b_1^2b_2^2b_3^2} \left\{ t^5 - H(t-b_1)(t-b_1)^4(t+4b_1) - H(t-b_2)(t-b_2)^4(t+4b_2) - \right. \\ \left. - H(t-b_3)(t-b_3)^4(t+4b_3) + \right. \\ \left. + H(t-b_1-b_2)(t-b_1-b_2)^3 \left[(t-b_1-b_2)^2 + 5(b_1+b_2)(t-b_1-b_2) + 20b_1b_2 \right] + \right. \\ \left. + H(t-b_1-b_3)(t-b_1-b_3)^3 \left[(t-b_1-b_3)^2 + 5(b_1+b_3)(t-b_1-b_3) + 20b_1b_3 \right] + \right. \\ \left. + H(t-b_2-b_3)(t-b_2-b_3)^3 \left[(t-b_2-b_3)^2 + 5(b_2+b_3)(t-b_2-b_3) + 20b_2b_3 \right] - \right. \\ \left. - H(t-b_1-b_2-b_3)(t-b_1-b_2-b_3)^2 \left[(t-b_1-b_2-b_3)^3 + 5(b_1+b_2+b_3) \times \right. \right. \\ \left. \left. \times (t-b_1-b_2-b_3)^2 + 20(b_1b_2+b_1b_3+b_2b_3)(t-b_1-b_2-b_3) + 60b_1b_2b_3 \right] \right\}, 0 < t < b_1 + b_2 + b_3; \\ \\ \frac{1}{90b_1^2b_2^2b_3^2} \left\{ t^6 - H(t-b_1)(t-b_1)^5(t+5b_1) - H(t-b_2)(t-b_2)^5(t+5b_2) - \right. \\ \left. - H(t-b_3)(t-b_3)^5(t+5b_3) + \right. \\ \left. + H(t-b_1-b_2)(t-b_1-b_2)^4 \left[(t-b_1-b_2)^2 + 6(b_1+b_2)(t-b_1-b_2) + 30b_1b_2 \right] + \right. \\ \left. + H(t-b_1-b_3)(t-b_1-b_3)^4 \left[(t-b_1-b_3)^2 + 6(b_1+b_3)(t-b_1-b_3) + 30b_1b_3 \right] + \right. \\ \left. + H(t-b_2-b_3)(t-b_2-b_3)^4 \left[(t-b_2-b_3)^2 + 6(b_2+b_3)(t-b_2-b_3) + 30b_2b_3 \right] - \right. \\ \left. - H(t-b_1-b_2-b_3)(t-b_1-b_2-b_3)^3 \left[(t-b_1-b_2-b_3)^3 + 6(b_1+b_2+b_3) \times \right. \right. \\ \left. \left. \times (t-b_1-b_2-b_3)^2 + 30(b_1b_2+b_1b_3+b_2b_3)(t-b_1-b_2-b_3) + 120b_1b_2b_3 \right] \right\}, 0 < t < b_1 + b_2 + b_3; \\ 1, b_1 + b_2 + b_3 \leq t. \\ 0, t \leq 0 \end{cases}$$

Характеристическая функция:

$$\begin{aligned} \varphi_t(p) &= \frac{8 \left[1 - (1 + b_1 p) e^{-b_1 p} \right] \left[1 - (1 + b_2 p) e^{-b_2 p} \right]}{b_1^2 b_2^2 b_3^2 p^6} \times \\ &\times \left[1 - (1 + b_3 p) e^{-b_3 p} \right] \end{aligned}$$

Математическое ожидание суммы трёх независимых треугольно распределённых случайных

переменных $M(T) = \frac{2(b_1 + b_2 + b_3)}{3}$, медиана также равна $K_{0,5}$ и находится из решения уравнения

$$\begin{aligned} K_{0,5}^6 - (K_{0,5} - b_1)^5 (K_{0,5} + 5b_1) - (K_{0,5} - b_2)^5 (K_{0,5} + 5b_2) - (K_{0,5} - b_3)^5 (K_{0,5} + 5b_3) + \\ + (K_{0,5} - b_1 - b_2)^4 \left[(K_{0,5} - b_1 - b_2)^2 + 6(b_1 + b_2)(K_{0,5} - b_1 - b_2) + 30b_1b_2 \right] + \\ + (K_{0,5} - b_1 - b_3)^4 \left[(K_{0,5} - b_1 - b_3)^2 + 6(b_1 + b_3)(K_{0,5} - b_1 - b_3) + 30b_1b_3 \right] = 45b_1^2b_2^2b_3^2, \end{aligned}$$

Мода определяется как $Mo(T) = \max_{0 < t < b_1 + b_2 + b_3} f_{123}(t)$, а дисперсия суммы $D(T) = \frac{b_1^2 + b_2^2 + b_3^2}{18}$.
 Значение $K_{0,2}$ находится путём численного решения уравнения

$$K_{0,2}^6 - (K_{0,2} - b_1)^5 (K_{0,2} + 5b_1) - (K_{0,2} - b_2)^5 (K_{0,2} + 5b_2) - (K_{0,2} - b_3)^5 (K_{0,2} + 5b_3) = 18b_1^2b_2^2b_3^2,$$

аналогично $K_{0,8}$

$$\begin{aligned} K_{0,8}^6 - (K_{0,8} - b_1)^5 (K_{0,8} + 5b_1) - (K_{0,8} - b_2)^5 (K_{0,8} + 5b_2) - (K_{0,8} - b_3)^5 (K_{0,8} + 5b_3) + \\ + (K_{0,8} - b_1 - b_2)^4 \left[(K_{0,8} - b_1 - b_2)^2 + 6(b_1 + b_2)(K_{0,8} - b_1 - b_2) + 30b_1b_2 \right] + \\ + (K_{0,8} - b_1 - b_3)^4 \left[(K_{0,8} - b_1 - b_3)^2 + 6(b_1 + b_3)(K_{0,8} - b_1 - b_3) + 30b_1b_3 \right] + \\ + (K_{0,8} - b_2 - b_3)^4 \left[(K_{0,8} - b_2 - b_3)^2 + 6(b_2 + b_3)(K_{0,8} - b_2 - b_3) + 30b_2b_3 \right] = 72b_1^2b_2^2b_3^2. \end{aligned}$$

Начальные моменты 2-, 3-, 4-го порядка, соответственно равны:

$$m_2(T) = \frac{b_1^2 + b_2^2 + b_3^2}{2} + \frac{8(b_1b_2 + b_1b_3 + b_2b_3)}{9};$$

$$m_3(T) = \frac{2(b_1^3 + b_2^3 + b_3^3)}{5} + b_1b_2(b_1 + b_2) + b_1b_3(b_1 + b_3) + b_2b_3(b_2 + b_3) + \frac{16b_1b_2b_3}{9};$$

$$m_4(T) = \frac{b_1^4 + b_2^4 + b_3^4}{3} + \frac{16}{15} [b_1b_2(b_1^2 + b_2^2) + b_1b_3(b_1^2 + b_3^2) + b_2b_3(b_2^2 + b_3^2)] + \frac{3}{2}(b_1^2b_2^2 + b_1^2b_3^2 + b_2^2b_3^2) + \frac{8}{2}(b_1b_2b_3^2 + b_1b_2^2b_3 + b_1^2b_2b_3).$$

$$Sk(T) = -\frac{2\sqrt{2}(b_1^3 + b_2^3 + b_3^3)}{5\sqrt{(b_1^2 + b_2^2 + b_3^2)^3}} \text{ и эксцесса}$$

Коэффициенты асимметрии

$$Ex(T) = \frac{6[2(b_1^4 + b_2^4 + b_3^4) + 5(b_1^2b_2^2 + b_1^2b_3^2 + b_2^2b_3^2)]}{5(b_1^2 + b_2^2 + b_3^2)^2}$$

Несложно вывести формулы для сумм большого числа случайных переменных, однако существенно возрастает их громоздкость. Реализация предложенных формул расчёта в программах ЭВМ затруднений не вызывает.

Графики функций $f_1(t), f_{12}(t), f_{123}(t), f_{1234}(t), f_{12345}(t)$ для случая ($b_1 = 1, b_2 = 1,5, b_3 = 3, b_4 = 6, b_5 = 6,5$) приведены на рисунке 1.

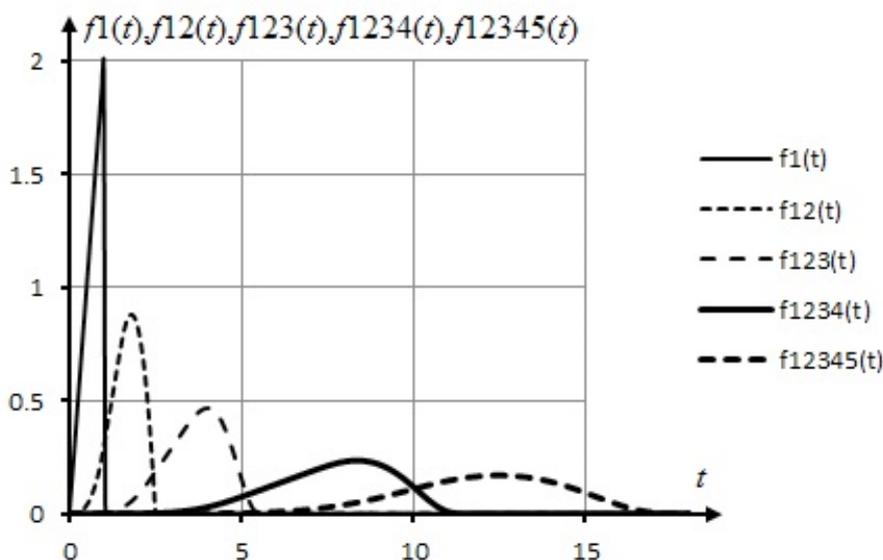


Рисунок 1 – Графики функций плотности вероятности $f_1(t), f_{12}(t), f_{123}(t), f_{1234}(t), f_{12345}(t)$ при $b_1 = 1, b_2 = 1,5, b_3 = 3, b_4 = 6, b_5 = 6,5$

Для представления случайных величин при моделировании инфокоммуникационных систем предложено использовать конечно-интервальные законы распределения, имеющие смещённую треугольную форму. Полученные аналитические выражения для суммы двух и трёх треугольно распределённых случайных переменных, реализованные в виде программ ЭВМ, позволяют более адекватно моделировать процессы функционирования инфокоммуникационных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование

систем: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.

2. Абросимов Л.И. Базисные методы проектирования и анализа сетей ЭВМ. – М.: Университетская книга, 2016. – 248 с.

3. Томас Х. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клифорд Штайн. Алгоритмы: построение и анализ. – М.: «Вильямс», 2011. – 1296 с.

4. Лоу А.М, Кельтон В.Д. Имитационное моделирование. – СПб.: Питер, 2004. – 846 с.

5. Голенко-Гинзбург Д.И. Стохастические сетевые модели планирования и управления разработками. – Воронеж: «Научная книга», 2010. – 284 с.

6. Golenko-Ginzburg D.I., L'ubkin S.M., Rezer V.S., Sitnyakovskii S.L. Using Metric Spaces in Optimum Scheduling // Autom. Remote Control, 2002, 63:9, pp. 1515–1523.

7. Weng-Ming Chu, Koan-Yuh Chang, Chien-Yu Lu, Chang-Hung Hsu, Chien-Hung Liu, Yung-Chia Hsiao. A New Approach to Determine the Critical Path in Stochastic Activity Network // Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering, 2014. – 13 p.

8. Azaron A., Katagiri H., Sakawa M. Time-cost trade-off via optimal control theory in Markov PERT networks // Annals of Operations Research. 2007, 150:47-64. DOI 10.1007/s10479-006-0149-x.

9. George S. Fishman Estimating critical path and arc probabilities in stochastic activity networks // Technical Report No. UNC/ORSA/TR-83/5, 1983.

10. Muppala J.K., Trivedi K.S., Mainkar V., Kulkarni V.G. Numerical computation of response time distributions using stochastic reward nets // Annals of Operations Research. – 1994, vol. 48, pp. 155–184.

11. Roy N., Dubey A., A. Gokhale, Dowdy L. A Capacity Planning Process for Performance Assurance of Component-Based Distributed Systems // ICPE'11, 2011. – pp. 259–270.

12. Xiaoqiang Cai, Xianyi Wu, Xian Zhou. Optimal Stochastic Scheduling // Springer Science+Business Media, 2014. – 416 p.

13. Pinedo M.L. Scheduling. Theory, Algorithms, and Systems // Springer Science+Business Media, 2012. – 673 p.

14. Вадзинский Р.Н. Справочник по вероятностным распределениям. – СПб.: Наука, 2001. – 295 с.

15. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 831 с.

16. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Академия, 2005. – 576 с.

17. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшее образование, 2006. – 479 с.

18. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.

19. Menascé D.A., Almeida V.A.F., Dowdy L.W. Performance by Design: Computer Capacity Planning by Example // Prentice Hall, 2004. – 552 p.

20. Бутаев М.М., Тарасов А.А. Аналитическая оценка времени обработки запроса информационной системой // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 12. С. 69–73.

Статья поступила в редакцию 30.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 004.853

СТРУКТУРА И ОБОБЩЕННЫЙ АЛГОРИТМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА ПУБЛИКАЦИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СМИ

© 2019

Комаров Виталий Николаевич, аспирант

АНО ДПО «НОЦ ВКО «Алмаз-Антей»

ПАО «Машиностроительный завод имени М.И. Калинина, г. Екатеринбург»

(620017, Россия, Свердловская обл., г. Екатеринбург, пр. Космонавтов, 18, e-mail: zik343008@mail.ru)

Рошин Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент

Брянский государственный технический университет

(241035, Брянская область, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7, e-mail: roschinsm@ya.ru)

Аннотация. В статье представлено описание автоматизированного программно-аппаратного комплекса (системы) для мониторинга и анализа публикаций электронных средств массовых коммуникаций. Рассмотрена структура и описание отдельных модулей данной системы, таких как модуль мониторинга, модуль аналитики, модуль хранения, модуль администрирования системы, модуль визуального представления информации, модуль потребителей информации. Показан трёхэтапный процесс анализа текстовых документов, включающий в себя шаги предварительной обработки документов (новостных сообщений), извлечение информации из выбранных документов и интеллектуальный анализ, как основной шаг, с применением методов обработки естественного языка, *text mining*, нейросетевых моделей. Представлены основные задачи, которые решаются с помощью анализа текста: классификация, кластеризация, автоматическое аннотирование, извлечение ключевых понятий. Описан обобщенный алгоритм работы системы на примере захвата данных из новостных RSS каналов, RSS лент для оценки тональности новостных сообщений в региональных СМИ об отдельном предприятии за определенный период времени. Дается заключение о возможности применения системы для своевременного реагирования на информационные вызовы практически в любой сфере, как в бизнесе, так и в работе некоммерческих организаций.

Ключевые слова: мониторинг СМИ, система мониторинга и анализа данных, анализ текста, обработка естественных языков, интеллектуальный анализ данных, когнитивное представление, информационное влияние, хранилища данных.

STRUCTURE AND GENERALIZED ALGORITHM OF THE SYSTEM OF MONITORING AND ANALYSIS OF ELECTRONIC MEDIA PUBLICATIONS

© 2019

Komarov Vitaly Nikolaevich, post-graduate student of the postgraduate studies “Almaz – Antey” Air and Space Defence Corporation”, Joint Stock Company

Public Joint-stock Company “Kalinin Machinery Plant, Yekaterinburg” (PJCS “MZIK”)

(620017, Russia, Sverdlovsk region, Ekaterinburg, etc. Cosmonauts, 18, e-mail: zik343008@mail.ru)

Roschin Sergey Mikhailovich, Candidate of Technical Sciences, associate Professor

Bryansk State Technical University

(241035, Russia, Bryansk region, Bryansk, Boulevard 50 let Oktyabrya, house 7, roschinsm@ya.ru)

Abstract. The article provides a description of an automated software and hardware complex (system) for monitoring and analysis of publications data of electronic means of mass communication. The structure and description of individual modules of this system, such as a monitoring module, analytics module, storage module, system administration module, module for visual presentation of information, and module for information consumers, are considered. The three-step process of analyzing text documents is shown, including the steps of preliminary processing of documents (news messages), extracting information from selected documents and intellectual analysis as a main step using natural language processing methods, text mining, neural network models. The main tasks that are solved using text analysis are presented: classification, clustering, automatic annotation, extraction of key concepts. A generalized algorithm of the system’s operation is described using the example of data capture from RSS news feeds to assess the tonality of news messages in the regional media about an individual enterprise for a certain period of time. The conclusion is made about the possibility of using the system for timely response to information challenges in almost any field, both in business and in the work of non-profit organizations.

Keywords: media monitoring, data monitoring and analysis system, text analysis, natural language processing, data mining, cognitive representation, information influence, data warehouses.

Введение. Ранее, в статье [1], авторами была рассмотрена проблема информационного влияния современных электронных средств массовой информации на общество и, в частности, на предприятия оборонно-промышленного комплекса

России. Показана необходимость регулярного, систематического мониторинга и анализа данных источников новостной информации в сети интернет. Предложена концептуальная модель автоматизированной системы мониторинга и

системного анализа информации электронных средств массовой информации.

В настоящей статье представлена структура и обобщенный алгоритм работы данной системы, разработка которой ведется авторами в рамках диссертационного исследования.

Ожидаемым результатом исследования является создание и внедрение автоматизированной системы мониторинга и анализа информации электронных средств массовой информации в среде интернет на машиностроительном предприятии.

Структура автоматизированной системы мониторинга и анализа информации электронных

СМИ

На рисунке 1 показана структурная схема системы мониторинга и системного анализа информации электронных СМИ. Система, названная «VARVARA», представляет собой программно-аппаратный комплекс и имеет модульную архитектуру.

Модульность системы обеспечивает ее масштабируемость для дальнейшей модернизации, большую надежность в процессе эксплуатации, удобство эксплуатации и обслуживания, а также позволяет вести её разработку по отдельным блокам и компонентам.

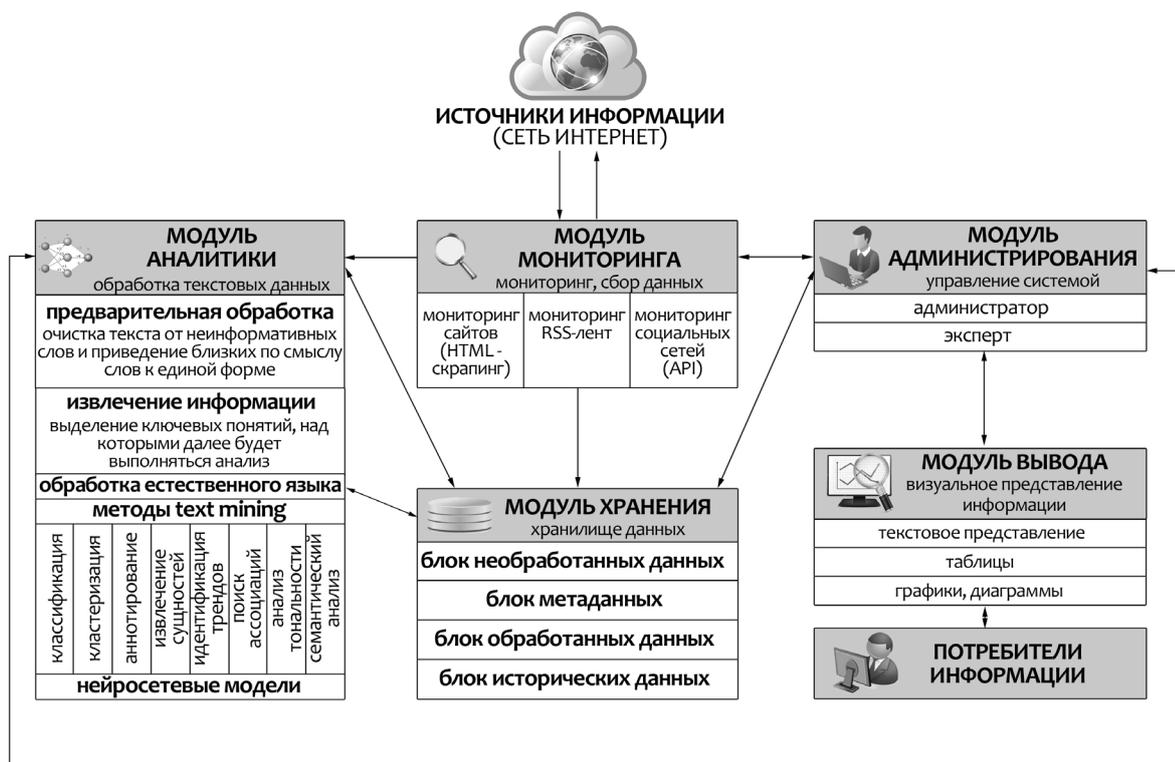


Рисунок 1 – Структурная схема системы мониторинга и анализа информации электронных СМИ «VARVARA»

Основными функциональными модулями системы являются:

1) модуль мониторинга, включающий в себя блок мониторинга сайтов с помощью методов HTML – скрапинга, блок захвата информации из RSS лент и блок мониторинга социальных сетей при помощи встроенных API;

2) модуль хранения (хранилище данных), состоящий из блоков хранения необработанных данных, блока метаданных, блока обработанных данных и блока хранения исторических данных;

3) модуль аналитики, содержащий блоки предварительной обработки, извлечения информации, обработки естественного языка, методов text mining, нейросетевых моделей;

4) модуль администрирования системы;

5) модуль вывода или модуль визуального

представления информации, состоящий из блоков представления информации в текстовом, графическом и табличном виде;

6) модуль потребителей информации, представляющий из себя блок компонентов обеспечения доступа пользователей к системе.

7) Ключевыми модулями системы являются модули сбора (мониторинга), обработки (анализа) и хранения. Они составляют ядро системы и выполняют основные задачи мониторинга и анализа информации электронных СМИ.

Модуль мониторинга представляет собой подсистему сбора данных из публикаций интернет-ресурсов по заданным параметрам. Собранные данные он передаёт в блок необработанных данных модуля хранения или сразу в модуль аналитики на обработку.

Из трёх блоков модуля мониторинга, в рамках проводимого диссертационного исследования, наибольший интерес представляет блок мониторинга RSS-лент. RSS-ленты, RSS-каналы, RSS-фиды позволяют оперативно, в автоматизированном режиме, получать самую свежую сводную новостную информацию. Данный механизм доступа к новостному потоку применяется во всех крупнейших новостных интернет-источниках, и небольшие новостные сайты используют его для расширения своей аудитории.

Модуль аналитики представляет собой подсистему



Рисунок 2 – Процесс анализа текстовых документов

1) предварительная обработка документов (новостных сообщений), в ходе которого документы преобразуются в вид с которым работают методы *text mining*;

2) выделения ключевых понятий в выбранных документах, над которыми в дальнейшем будет выполняться анализ, происходит на этапе извлечения информации;

3) основным шагом в процессе анализа текстов является интеллектуальный анализ, в ходе выполнения которого, с применением методов обработки естественного языка, *text mining*, нейросетевых моделей, извлекаются, имеющиеся в текстах шаблоны и отношения.

При анализе текста, основные задачи, которые требуется решить, это: классификация, кластеризация, извлечение ключевых понятий, автоматическое аннотирование [4].

Классификация (*classification*) – применительно к текстовым документам может называться категоризацией или рубрикацией, применяется для определения к какой категории, рубрике, (одной или нескольким), заранее заданной, относится документ по своему содержанию. Например, может применяться для определения тематики документа. Служит одним из методов структурирования данных.

Кластеризация (*clustering*) – автоматическое выявление групп документов, имеющих семантическую схожесть среди определенного множества документов. Характеристики данных групп не задаются заранее, их формирование ведется только на основе парной схожести описаний документов [5].

Автоматическое аннотирование (*summarization*)

анализа собранных данных из публикаций интернет-ресурсов.

Стоит отметить, что в настоящее время основной формой представления информации является текст. По сути, обработка видео-контента и аудиозаписей возможна при преобразовании их в текстовую форму. Поэтому, задача обработки текстовых данных, при анализе новостной информации, представляет наибольший интерес [2].

Процесс анализа текстовых документов, показанный на рисунке 2, состоит из нескольких шагов [3]:

представляет собой кратко-изложенный, сокращенный текст, содержащий основной смысл аннотируемого документа. Пользователем определяется количество извлекаемых предложений или процент извлекаемого текста по отношению ко всему тексту. Результат включает в себя наиболее значимые предложения в тексте.

Извлечение ключевых понятий (*feature extraction*) используется для идентификация фактов и отношений в тексте (чаще всего это имена и фамилии людей, названия организаций и др.) [6].

Помимо перечисленных задач, с помощью анализа текстовых документов также решается задача идентификации трендов в наборах документов за какой-то период времени, например, для обнаружения изменений потребностей предприятия в тех или иных специалистах. Для решения задачи поиска ассоциаций в заданном наборе документов идентифицируются ассоциативные отношения между ключевыми понятиями.

Модуль хранения представляет собой подсистему хранения необработанных и обработанных данных, а также метаданных и данных, накопленных за длительный период времени (исторические данные) [7]. В результате построения хранилища данных появляется возможность использовать технологии интеллектуального анализа данных *data mining*, и, применительно к текстам, *text mining*.

Необходимость построения хранилища данных обусловлена в том числе и тем, что большой объем новостных потоков вызывает сложности обработки входящей информации. Возникает необходимость ограничения предметной области, т.е. предварительного отбора документов и выявления степени их соответствия интересующей тематики.

Имеется высокая зависимость качества работы информационной системы и методов анализа от размера исходной коллекции анализируемых документов [8].

Одним из ключевых компонентов хранилища данных является OLAP-сервер, отвечающий за хранение данных, предназначенных для анализа и OLAP-клиент, предоставляющий возможность аналитической обработки этих данных [9,10]. К OLAP-клиенту предъявляются требования поддержки представления информации на базе многомерных кубов, что даёт возможность анализировать информацию по определенной технологии [11,12].

По своей архитектуре хранилища данных могут быть [13,14]:

- реляционные – хранение данных происходит в реляционных таблицах, но также есть возможность эмулировать многомерное представление данных (ROLAP);
- многомерные – данные хранятся в виде многомерных кубов на физическом уровне (MOLAP);
- гибридные - объединяют свойства реляционных и многомерных архитектур (HOLAP);
- виртуальные - данные не объединяются физически, их сбор производится в процессе выполнения запроса.

В представленной системе модуль хранения является гибридным хранилищем данных, построенным на основе технологий реляционных баз данных и многомерного представления данных. Применение этих двух технологий обеспечивает как накопление временных данных, так и длительное хранение больших массивов данных. Для управления содержимым хранилища данных и обеспечения доступа к нему требуются соответствующие метаданные, что обеспечивает блок метаданных [15,16].

Модуль администрирования, модуль вывода и модуль потребителей информации являются вспомогательными компонентами системы и служат для управления системой, вывода и представления информации потребителям.

Модуль администрирования является модулем управления.

Через модуль администрирования происходит настройка и управление, как всей системой, так и отдельными модулями и блоками. Взаимодействие администратора с системой происходит через графический интерфейс, который позволяет контролировать работу системы и оперативно вносить корректировки в ее настройки. Через модуль администрирования эксперт по информации проводит оценку полученных из интернет-источников данных и качество аналитической обработки данных.

Модуль вывода формирует из обработанных данных удобовоспринимаемую информацию для представления ее потребителю [17].

Для визуального представления информации, обеспечения её доступности и естественности для восприятия, все большее применение получает когнитивная графика, представляющая собой совокупность методов обработки и визуализации многомерной информации в виде компактных изображений, предназначенных для ускорения понимания текущей ситуации. Данный подход позволяет создавать интуитивное представление о состоянии наблюдаемых объектов, исключая трудоемкий анализ информации.

Наиболее эффективными способами представления больших объемов информации считаются многоуровневые (иерархические) способы. Обычно, применяется три уровня представления информации, при этом увеличение числа уровней в большую сторону усложняет восприятие, снижает оперативность анализа. На первом уровне потребителю предоставляется обобщенная оценка состояния объекта мониторинга. На втором уровне отображается состояние отдельных параметров и показателей объекта мониторинга. На третьем уровне отображается информация о состоянии конкретных показателей в количественной и качественной форме. Иерархическая структура систем дает следующие преимущества:

- позволяет согласовывать потоки информации большого размера с пропускной способностью потребителя;
- значительно уменьшает объемы ненужной информации;
- существенно сокращает необходимость в сведениях об изучаемом объекте, получаемых из предыдущего опыта;
- обеспечивает компактность при размещении на экране;
- предоставляет широкие возможности для обслуживания объектов различного назначения [18].

Поскольку объем входящей информации из публикаций электронных СМИ постоянно увеличивается и накапливается, методы когнитивной графики целесообразно применять и для представления обработанной информации в системе.

Модуль потребителей информации представляет собой оборудованное рабочее место с компьютером, подключенным к системе и установленным программным обеспечением с графическим пользовательским интерфейсом. Также, для оперативного представления информации, возможно применение информационных табло, бегущих строк, выводящих информацию потребителю в удобном для него месте.

Обобщенный алгоритм работы автоматизированной системы мониторинга и анализа публикаций электронных СМИ

Система мониторинга и анализа публикаций электронных СМИ решает задачу сбора и анализа

информации по заданной тематике и настраивается под потребности конкретных пользователей [19]. Это может быть отдельно взятое предприятие, его руководители или специалисты (потребители информации). На рисунке 1 стрелками показаны связи модулей системы и их взаимодействие. Обобщенно алгоритм работы системы на примере сбора данных из RSS каналов представлен на рисунке 3.

Потребитель формирует запрос модулю администрирования на получение интересующей его информации. Например, дать оценку тональности новостных сообщений в региональных СМИ о конкретном предприятии (позитивная, нейтральная, негативная) за определенный период времени. Администратор системы с экспертом

формируют запрос для модуля мониторинга на сбор информации из RSS лент, отвечающих заданной тематике. Модуль мониторинга с установленной периодичностью захватывает все сообщения из RSS лент и отправляет их в блок необработанных данных модуля хранения [20]. Модуль аналитики выгружает данные из хранилища и производит их анализ. По завершению обработки, данные поступают в блок обработанных данных, где они индексируются и в структурированном виде хранятся. Пользователь, через модуль потребителей информации (например, информационное табло) получает аналитическую информацию в удобном для восприятия виде (тексты, графики, диаграммы, таблицы). Удобство восприятия информации обеспечивает модуль вывода.

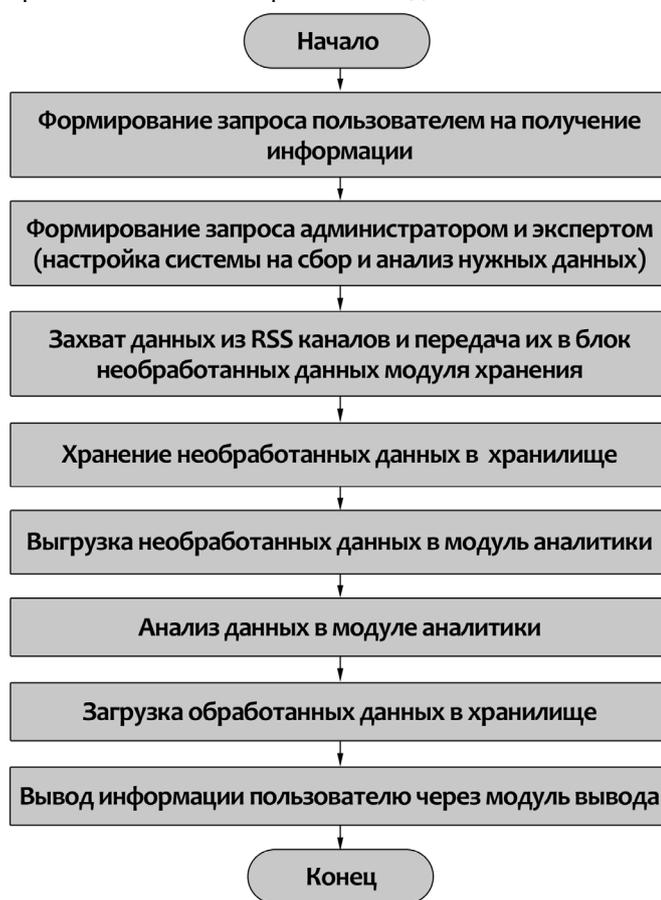


Рисунок 3 – Обобщенный алгоритм работы автоматизированной системы мониторинга и анализа данных

Заключение. В настоящее время информация стала сильнейшим фактором влияния на все процессы жизнедеятельности общества. Деятельность любого предприятия напрямую зависит от информационного поля вокруг него. Негативное информационное воздействие может свести на нет деятельность как малого, так и огромного предприятия. Поэтому крайне важно своевременно реагировать на любые информационные вызовы. Представленная в статье автоматизированная система мониторинга

и анализа публикаций электронных СМИ может стать хорошим помощником в данном вопросе, тем более что ее применение не ограничено рамками какой-либо конкретной сферы деятельности. Она может использоваться как в бизнесе, так и в некоммерческих организациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Комаров В.Н., Рошин С.М. Мониторинг и системный анализ информации электронных СМИ для промышленных предприятий // «Научные

- технологии и интеллектуальные системы». Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. – Самара: ООО «Агентство международных исследований» (Уфа), 2018. – С. 36–40.
2. Акимов Д.А., Редькин О.К., Садыков И.В. Подход к классификации интернет-страниц по степени их информативности // «ВЕСТНИК МГТУ МИРЭА» №4. 2015. Том I. – С. 206–217.
3. Рошин С.М., Автоматизация мониторинга и системного анализа распределенной проблемно-ориентированной информации в среде интернет. 2005. – 195 с.
4. Барсегян А.А., Анализ данных и процессов: учеб. пособие / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, И.И. Холод, М.Д. Тесс, С. И. Елизаров. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
5. Аверченков В.И. Система формирования знаний в среде Интернет / В.И. Аверченков и др. – М.: ФЛИНТА, 2016. – 182 с.
6. Аверченков В.И. Мониторинг и системный анализ информации в сети Интернет / В.И. Аверченков, С.М. Рошин. – Брянск: БГТУ, 2012. – 160 с.
7. Аверченков В.И. Система формирования знаний в среде интернет: монография [электронный ресурс] / В.И. Аверченков, А.В. Заболеева-Зотова, Ю.М. Казаков, Е.А. Леонов, С.М. Рошин. – 3-е изд., стереотип. – М.: ФЛИНТА, 2016. – 181 с.
8. Паклин Н.Б., Орешков, В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям: Учебное пособие. 2-е изд., испр. – СПб.: Питер, 2013. – 704 с.
9. Леонов Е.А. Формализация процесса мониторинга информации в сети Интернет при создании предметно-ориентированных хранилищ данных: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.13.01. – Волгоград, 2011. – 21 с.
10. Белоусов Р.Л. Концептуальная модель системы мониторинга и анализа данных интернет-ресурсов / Р.Л. Белоусов, Н.К. Сороковой, А.А. Моторков // Т-Сomm: Телекоммуникации и транспорт. – 2015. – Том 9. – №10. – С. 50–54.
11. Дюк В.А. Применение технологий интеллектуального анализа данных в естественнонаучных, технических и гуманитарных областях / В.А. Дюк, А.В. Флегонтов, И.К. Фомина // Известия российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2011. – №138. – С. 77–87.
12. Солтон Дж. Динамические библиотечно-информационные системы. – М.: Мир, 1979. – 560 с.
13. Маннинг Кристофер Д., Рагхаван П., Шютце Х. Введение в информационный поиск. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. – 528 с.
14. Барсегян А.А. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, В.В. Степаненко, И.И. Холод. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 336 с.
15. Афанасьева Т.В., Афанасьев А.Н. Введение в проектирование систем интеллектуального анализа данных: учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2017. – 64 с.
16. Трусов В.А. Разработка системы мониторинга средств массовой информации // Информационные ресурсы России. – 2015. – №4. – С. 2–6.
17. Беляев С.А., Васильев А.В., Кудряков С.А. Архитектура системы мониторинга информационных трендов на основе свободного программного обеспечения // Программные продукты и системы / Software & Systems. - 2016. – №4 (29). – С. 85–88.
18. Емельянова Ю.Г., Фраленко, В.П. «Методы когнитивно-графического представления информации для эффективного мониторинга сложных технических систем». Программные системы: теория и приложения, 2018, 9:4(39), С. 117–158.
19. Doumit Sarjoun S IONA: Intelligent Online News Analysis., PhD Computer Science and Engineering. – University of Cincinnati, 2018. – 193 с.
20. Seppe vanden Broucke, Bart Baesens. Practical Web Scraping for Data Science. – Leuven, Belgium: Apress, 2018. – 306 с.

Статья поступила в редакцию 04.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 004.4

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ С ДАТЧИКОВ НА ПОВЕРХНОСТНО-АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ

©2019

Мещерякова Елена Николаевна, старший преподаватель кафедры
«Информационные технологии и системы»

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

Аннотация. Развитие науки и техники привело к необходимости поиска новых алгоритмов организации информационного взаимодействия между техническими и программными средствами, что явилось толчком в развитии киберфизических систем. Киберфизическая система представляет собой сложную систему, обеспечивающую взаимосвязь физических и технических параметров системы, автоматизирующую технологический процесс. В рамках выполнения данного исследования, проведен анализ возможности использования киберфизических систем для идентификации частотно-временных параметров сигналов с датчиков на поверхностно-акустических волнах. Рассмотрены особенности построения и функционирования киберфизических систем, а так же особенности автоматизации процесса идентификации частотно-временных параметров сигналов. Проведен анализ существующих алгоритмов идентификации сигналов и их модификаций, выделены особенности выполнения процедуры распознавания. Выяснено, что для реализации киберфизических систем идентификации частотно-временных параметров сигналов с датчиков на поверхностно-акустических волнах целесообразнее использовать искусственные нейронные сети, что обеспечит выполнение поставленных задач. Проведено моделирование, разработана и описана концепция киберфизической системы идентификации частотно-временных параметров сигналов с датчиков на поверхностно-акустических волнах с использованием UML 2.0.

Ключевые слова: киберфизические системы, технологические процессы, гетерогенные микроструктуры, микросистемная техника, поверхностно-акустические волны, идентификация, моделирование, анализ.

CONCEPT OF CONSTRUCTION OF CYBER-PHYSICAL SYSTEM OF IDENTIFICATION OF FREQUENCY-TIME PARAMETERS OF SIGNALS FROM SENSORS ON SURFACE-ACOUSTIC WAVES

© 2019

Meshcheryakova Elena Nikolaevna, senior teacher of the department “Information technologies and systems”
Penza State Technological University

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

Abstract. The development of science and technology has led to the need to search for new algorithms for organizing information interaction between hardware and software, which was the impetus for the development of cyber-physical system. The cyber-physical system is a complex system that ensures the interconnection of the physical and technical parameters of the system, automating the technological process. As part of this study, an analysis was made of the possibility of using cyber-physical system to identify the time-frequency parameters of signals from sensors on surface-acoustic waves. The features of the construction and functioning of cyber-physical system, as well as the features of automation of the process of identifying frequency-time parameters of signals are considered. The analysis of existing algorithms for identifying signals and their modifications, highlighted the features of the recognition procedure. It was found that for the implementation of cyber-physical system for identifying the time-frequency parameters of signals from sensors on surface-acoustic waves it is more expedient to use artificial neural networks, which will ensure the fulfillment of the tasks. The simulation was carried out, they developed and described the concept of a cyber-physical system for identifying the time-frequency parameters of signals from sensors on surface-acoustic waves using UML 2.0.

Keywords: cyber-physical system, technological processes, heterogeneous microstructures, microsystem technology, surface-acoustic waves, identification, modeling, analysis.

Введение. В работах [1-3] показана актуальность исследования алгоритмов идентификации частотно-временных структур сигналов с датчиков на поверхностно-акустических волнах для моделирования и прогнозирования состояния сложных микросистем с использованием гетерогенных микро и наноструктур. Полученные результаты исследования, а так же современное состояние науки и техники привело к необходимости поиска новых алгорит-

мов организации информационного взаимодействия между техническими и программными средствами. В рамках выполнения исследования рассматривается возможность использования киберфизических систем для организации процедуры идентификации частотно-временных параметров сигналов с датчиков на поверхностно-акустических волнах.

Под киберфизической системой следует понимать сложную систему, состоящую из совокупности

физических объектов искусственных подсистем и управляющих контроллеров, работающих в совокупности как единое целое и обеспечивающих тесную взаимосвязь взаимодействия вычислительных и физических ресурсов [4-5]. Круговорот вычислительных процессов и мониторинга физических параметров объекта исследования представляют

собой петлеобразную связь самообучения вычислительных средств на основе протекающих физических процессов в физическом объекте [6-8]. В некотором смысле понимания киберфизическую систему можно оценивать как автоматизированную сложную систему, с грамотным взаимодействием инженерных и компьютерных решений (рисунок 1).

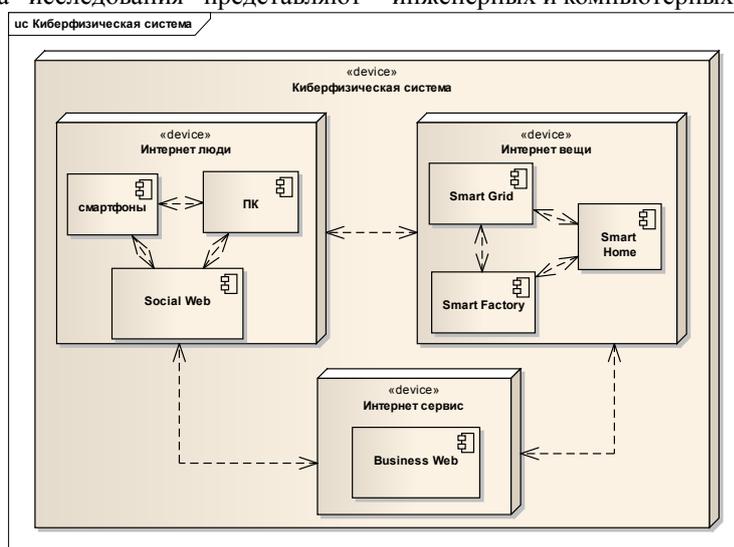


Рисунок 1 – Обобщенная схема представления киберфизической системы

Предшественниками киберфизических систем можно считать встроенные системы реального времени, распределенные вычислительные системы, автоматизированные системы управления техническими процессами и объектами, беспроводные сенсорные сети [4]. К особенностям использования киберфизических систем можно отнести:

- высокий рост вычислительных и многопроцессорных систем со встроенными средствами хранения данных;
- объединение сложных систем в автоматизированные комплексы (например: World Wide Sensor Net, Smart Building Environment и др.);
- ограничение когнитивных способностей человеческого организма.

Необходимо учитывать, что киберфизические системы объединяют такие направления развития науки как большие данные, аналитика, робототехника и роботостроение, компьютерное зрение, дополненная реальность и т.д. Учитывая особенности построения и функционирования киберфизических систем, необходимо уточнить особенности проведения процедуры идентификации частотно-временных параметров сигналов с датчиков на поверхностно-акустических волнах.

Проблема автоматизации процедуры идентификации. Учитывая большой объем анализируемой информации и сложность проведения анализа и мониторинга полученных данных, необходимость автоматизации различных сфер науки и общества является перспективной задачей. Актуальность использования киберфизических систем при автома-

тизации определенного информационного процесса заключается в первую очередь в анализе большого объема структурированных и неструктурированных разнородных данных (big data), так же необходимо учитывать требования, предъявляемые к быстрдействию, надежности и безопасности, как самих данных, так и всей системы в целом.

В рамках реализации задачи построения киберфизической системы идентификации частотно-временных параметров сигналов с датчиков на поверхностно-акустических волнах требованиями и особенностями проведения процедуры будут являться следующие параметры [3]:

- точность процесса идентификации частотно-временных параметров сигналов;
- минимальное время распознавания параметров сигналов;
- возможность самообучения системы на основе постоянно изменяющихся параметров структурных элементов физических объектов;
- создание базы данных эталонных сигналов и обработка большого объема структурированных и неструктурированных разнородных данных;
- быстрдействие процессов мониторинга, анализа и прогнозирования физических процессов в гетерогенных микроструктурах объектов;
- возможность прогнозирования нескольких вариантов протекания физических процессов в физическом объекте исследования с определенной вероятностью, с возможностью принятия управленческого решения;
- обеспечение надежности и безопасности

структурных элементов системы, а так же защиты информации в моделируемой киберфизической системе.

Существующие алгоритмы идентификации гетерогенных данных. При реализации киберфизической системы идентификации частотно-временных параметров сигналов с датчиков на поверхностно-акустических волнах одним из основополагающих параметров является выбор алгоритмов идентификации и прогнозирования протекания физических процессов в физическом объекте исследования. Рассмотрим существующие алгоритмы, которые могут быть использованы при решении поставленной задачи.

В настоящее время наибольшее распространение получили нейронные сети, которые могут выступать как самообучающиеся системы, однако, работающие с ограниченным объемом данных [9-11]. В основе алгоритма идентификации с помощью искусственных нейронных сетей лежит вейвлет-преобразование сигналов, имеющее ряд недостатков [12]. Однако, использование искусственных нейронных сетей дает такие преимущества как: быстрое действие, возможность обучения и переобучения системы. Подсистема идентификации на базе нейронных сетей более гибкая, простая в обслуживании и управлении. Применение нейросетевых интеллектуальных технологий возможно в условиях неопределенности. Так же существуют скрытые марковские модели, которые представляют собой исследование данных с возможной степенью ограничения возникающих отклонений [12-13]. Однако скрытые марковские модели не являются моделями с автоматически подстраиваемыми параметрами и с возможностью самообучения, следовательно, не решают поставленных задач. Еще одним из наиболее распространенных алгоритмов являются деревья принятия решения, которые в свою очередь наиболее целесообразно использовать для анализа и прогнозирования [14]. Использование деревьев принятия решений может быть целесообразным при построении подсистемы прогнозирования и принятия решений. Необходимо так же отметить, что особый интерес при анализе литературы получил способ идентификации сигнала случайного процесса [15], отличающийся тем, что дополнительно задаются допустимые количества отклонений от запомненного образа, задаются координаты образов в виде амплитудно-временных величин, преобразуются сигналы. Однако данный способ применим только к речевым сигналам, что существенно затрудняет поставленную задачу идентификации гетерогенных данных. В [16-17] описываются автоматизированные процессы идентификации и прогнозирования состояния объекта как нелинейной нестационарной динамической системы по информации, содержащейся в выборке измерений по оптимальному испытательному сигналу на выходе системы в услови-

ях априорной неопределенности о текущем состоянии системы.

Для реализации киберфизической системы идентификации частотно-временных параметров сигналов с датчиков на поверхностно-акустических волнах, учитывая выделенные достоинства и недостатки каждого алгоритма, предполагается, что целесообразнее использовать искусственные нейронные сети.

Концепция киберфизической системы идентификации частотно-временных параметров сигналов с датчиков на поверхностно-акустических волнах. На рисунке 2 представлена концепция киберфизической системы идентификации частотно-временных параметров сигналов с датчиков на поверхностно-акустических волнах, реализованная с помощью унифицированного языка моделирования UML 2.0 [19-20]. При разработке концепции принимались во внимание выдвинутые к системе требования.

Основными функциональными элементами системы являются:

- технический элемент регистрации сигнала (датчик ПАВ);
- подсистема сбора данных, предназначенная для обработки полученных сигналов и выделения семантических параметров, структурирование информации;
- база данных (БД), предназначенная для хранения обработанных и необработанных сигналов, структурированной и неструктурированной информации, эталонных сигналов, а так же моделей распознавания и прогнозирования;
- подсистема распознавания представляет собой совокупность программно-аппаратных средств, предназначенных для идентификации полученного сигнала и эталонного, работа данной подсистемы основана на алгоритмах идентификации с помощью искусственных нейронных сетей;
- подсистема прогнозирования и анализа – загружает из базы данных готовые модели принятия решений (при их отсутствии строит новую модель) и анализа вероятности наступления изменения физических свойств или параметров объекта исследования;
- подсистема управления – предназначена для принятия управленческих решений, в зависимости от результатов прогноза.

Основными достоинствами реализации киберфизической системы на базе предложенной концепции являются быстрое действие алгоритмов, возможность самообучения системы, учитывая постоянно меняющиеся внешние факторы, а так же возможность использования методов и алгоритмов при идентификации гетерогенных данных, с заранее неизвестными структурными элементами и особенностями влияния количества инородных элементов на физические свойства объекта исследования.

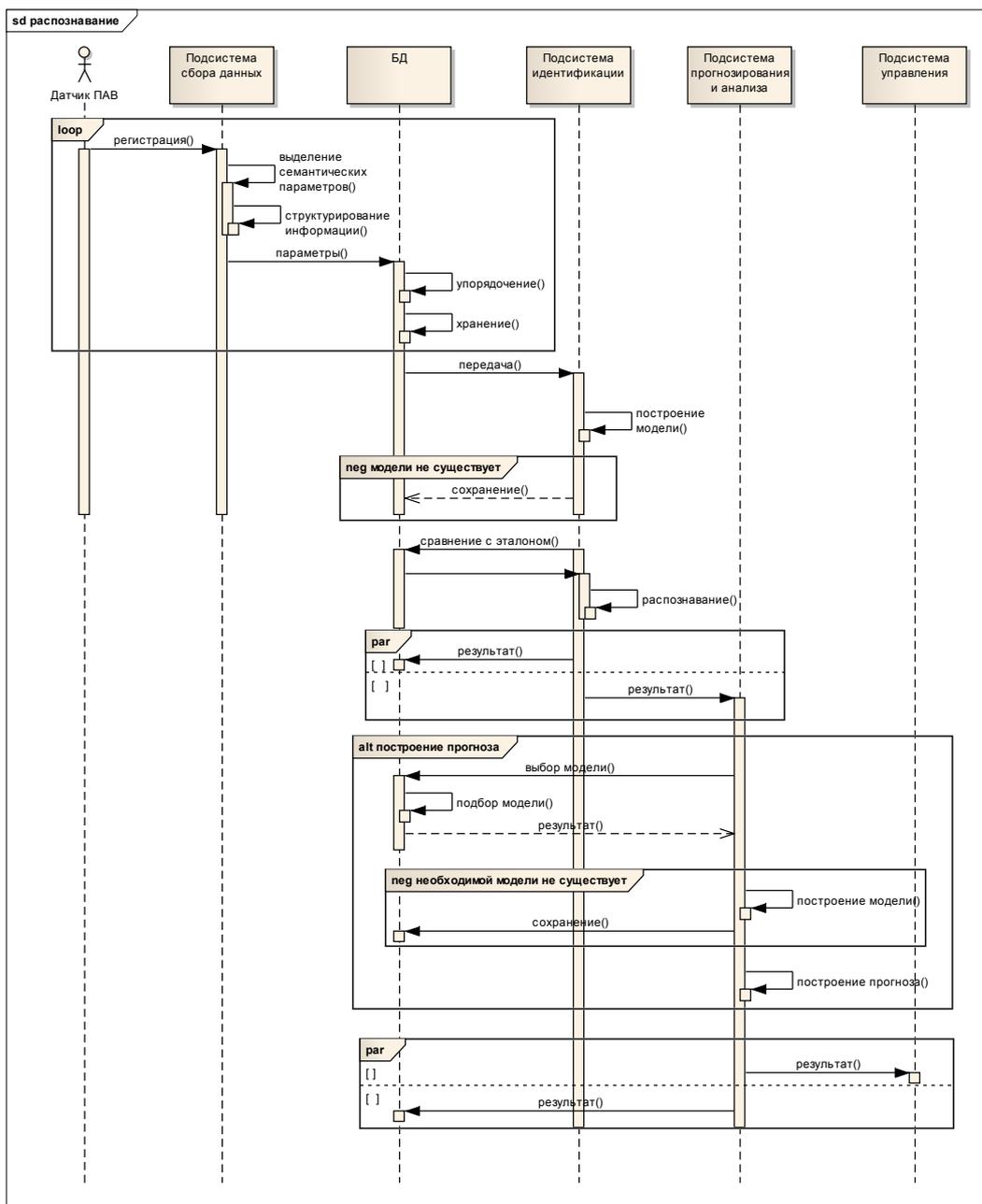


Рисунок 2 – Концептуальная модель функционирования киберфизической системы идентификации частотно-временных параметров сигналов с датчиков на поверхностно-акустических волнах

Заключение. Для реализации сложных микро-систем с использованием гетерогенных микро и наноструктур необходимо развитие теории распознавание сигналов сложной формы, синтез алгоритмов распознавания и прогнозирования.

Предложено использовать киберфизические системы, позволяющие объединять технические, программные и физические процессы и объекты, работающие как единое целое, для реализации поставленной задачи.

Разработана концепция киберфизических систем идентификации частотно-временных параметров сигналов с датчиков на поверхностно-акустических волнах, описана смысловая структура предметной области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мещерякова Е.Н. Особенности получения необходимых технических параметров датчиков на ПАВ // Современные информационные технологии, 2019. – № 29 (29). – С. 75–77.
2. Meshcheryakova E.N. Physical parameter identification algorithm modeling for complex microsystem via triangulation functions // International Journal of Engineering and Technology(UAE), 2018. – Т. 7. – № 4.36. – С. 962–966.
3. M.Yu. Mikheev, T.V. Zhashkova, E.N. Meshcheryakova, K.V. Gudkov, A.K. Grishko “Imitation modelling for the subsystem of identification and structuring data of signal sensors” Proceedings of 2016 IEEE East-West Design and Test Symposium, EWDTS

2016, 2016. С. 7807748.

4. Киберфизические системы. К чему приведет слияние интернета людей, вещей и сервисов [Электронный ресурс]. URL: [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Киберфизические_системы_\(Cyber-Physical_System,_CPS\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Киберфизические_системы_(Cyber-Physical_System,_CPS)).

5. Кибер-физические системы в современном мире [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companу/toshibarus/blog/438262/>.

6. Черняк Л. Киберфизические системы на старте // Открытые системы. СУБД, 2014. – № 2. – С. 10–13.

7. Заборовский В.С., Гук М.Ю., Мулюха В.А. Применение киберфизического подхода в задачах сетевидрического управления роботами // Робототехника и техническая кибернетика, 2014. – № 2 (3). – С. 12–18.

8. Тыренко А. Будущее WWW: становление киберфизической реальности // Открытые системы. СУБД, 2015. – № 3. – С. 46–47.

9. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей. – М.: ИПРЖР, 2000. – 416 с.

10. Горбань А.Н. Обобщенная аппроксимационная теорема и вычислительные возможности нейронных сетей // Сибирский журнал вычислительной математики, 1998. Т.1, № 1. С. 12–24.

11. Ю. Н. Минаев, О. Ю. Филимонова, Бенамеур Лиес Методы и алгоритмы идентификации и прогнозирования в условиях неопределенности в нейросетевом логическом базисе. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2003. – 208 с.

12. Мала С. Вейвлеты в обработке сигналов: пер. с англ. / С. Мала. – М.: Мир, 2005. – 671 с.

13. Козачок А.В. Математическая модель системы распознавания разрушающих программных средств на основе скрытых марковских моделей // Вестник СибГУТИ, 2012. – № 3 (19). – С. 29–39.

14. Тимофеев Д.А., Самочадин А.В. Описание процессов разработки программ с помощью скрытых марковских моделей // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление, 2017. – Т. 10. – № 4. – С. 70–77.

15. Жаркова О.С., Шаропин К.А., Сеидова А.С., Берестнева Е.В., Осадчая И.А. Построение систем поддержки принятия решений в медицине на основе деревьев решений // Современные наукоемкие технологии, 2016. – № 6-1. – С. 33–37.

16. Патент РФ 2097917 Способ идентификации сигнала случайного процесса и устройство для его осуществления // автор: Капля Э.И.; патентообладатель(и): Научно-исследовательский институт измерительных систем; подача заявки: 29.08.1995; публикация патента: 27.11.1997.

17. Михеев М.Ю., Прокофьев О.В., Савочкин А.Е. Модели прогнозирования технического состояния сложных объектов по коротким временным рядам // Телекоммуникации, 2016. – № 10. – С. 10-15.

18. Гиренко А.Ф. Новые методы и алгоритмы идентификации и прогнозирования состояния каналов передачи информации: автореф. дис. ... канд. физ-мат. наук., Тверский гос. университет, Тверь, 2000.

19. Арлоу, Д. UML 2.0 и унифицированный процесс. Практический объектно-ориентированный анализ и проектирование / Арлоу Д., Нейштанд А. – СПб: Символ-Плюс, 2007. – 624 с.

20. Мартин Фаулер UML. Основы. Третье издание. Краткое руководство по стандартному языку объектного моделирования. – М.: Символ-Плюс, 2013. – 320 с.

Работа подготовлена в рамках выполнения гранта на получение стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики, на 2018-2020 годы, проект СП-5207.2018.5.

Статья поступила в редакцию 20.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 372.881.1

ФОРМАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА КЭШИРОВАНИЯ ДАННЫХ В ПРИЛОЖЕНИИ ДЛЯ SAILFISH OS С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ АВТОМАТОВ

© 2019

Трокоз Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»

Пензенский Государственный Технологический Университет

(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: dmitriy.trokoz@gmail.ru)

Калининченко Евгений Иванович, старший преподаватель кафедры «Вычислительная Техника»

Пензенский Государственный Университет

(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: evgeny.kalinichenko@mail.ru)

Федюнин Роман Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Вычислительная Техника»

Пензенский Государственный Технологический Университет

(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: frn_penza@mail.ru)

Родионов Владислав Сергеевич, студент кафедры «Вычислительная Техника»

Пензенский Государственный Университет

(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: rodionov.rab@gmail.com)

Саватеев Максим Валерьевич, студент кафедры «Вычислительная Техника»

Пензенский Государственный Университет

(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: hardmax2704@gmail.com)

Аннотация. Мобильные операционные системы являются крайне важной областью исследований на текущий момент времени, так как мобильные устройства, стали неотъемлемой частью нашей жизни. На сегодняшний день в области мобильных операционных систем лидируют два безусловных гиганта индустрии: «Android», который разрабатывает компания «Android Inc.», принадлежащая «Google», и «iOS», разрабатываемая компанией «Apple», что приводит к скромному вниманию другим, менее известным, операционным системам, таким как, например, «Аврора», которая больше известна под своим старым названием «Sailfish OS», разрабатываемая и поддерживаемая совместными усилиями финской компании «Jolla» и российской компанией «Открытая мобильная платформа». Однако эти операционные системы могут предложить инновационные и уникальные решения и особенности, которые необходимо учитывать в процессе разработки программного обеспечения. Проблемой, на решение которой направлено исследование, проведённое в этой статье, является отсутствие унифицированных или стандартных механизмов локального сохранения данных, расположенных на удалённом сервере, которые можно было бы использовать при разработке программного обеспечения для платформы «Аврора». Для решения поставленной проблемы предлагается провести не только обобщённое исследование процесса и особенностей разработки для платформы «Аврора», но и провести строгую формализацию самого алгоритма сохранения данных с помощью теории автоматов. Это исследование не только может найти практическое применение в области разработки Web-ориентированных приложений для платформы «Аврора», но и поможет лучше изучить особенности разработки программного обеспечения для этой платформы.

Ключевые слова: теория автоматов, разработка, программное обеспечение, мобильная операционная система, Sailfish OS, Аврора, кэширование, клиент, сервер, обработка данных.

FORMALIZATION OF DATA CACHING ALGORITHM IN SAILFISH OS APPLICATION USING AUTOMATA THEORY

© 2019

Trokoz Dmitry Anatolyevich, Candidate of Engineering Sciences,
Docent of the Department “Computing Machines and Systems”

Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Proyezd Baydukova/Gagarina St., 1a / 11, e-mail: dmitriy.trokoz@gmail.ru)

Kalinichenko Evgeny Ivanovich, Senior Lecturer of the Department “Computer Engineering”

Penza State University

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

Fedyunin Roman Nikolaevich, Candidate of Engineering Sciences,

Docent of the Department “Computer Engineering”

Penza State University

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

Rodionov Vladislav Sergeevich, Student of the Department “Computer Engineering”

Penza State University

(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: rodionov.rab@gmail.com)

Savateev Maxim Valerievich, Student of the Department “Computer Engineering”

Penza State University

(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: hardmax2704@gmail.com)

Abstract. Mobile operating systems are an extremely important area of research at the current time, since mobile devices have become an integral part of our lives. Today, two unconditional industry giants are leading in the field of mobile operating systems: “Android” which is developed by “Android Inc.”, owned by “Google”, and “Apple” which is developed by Apple. This leads to modest attention to other, less well-known, operating systems, such as, for example, “Aurora”, which is better known under its old name “Sailfish OS”, developed and supported by the joint efforts of the Finnish company “Jolla” and the Russian company “Open mobile platform”. However, these operating systems can offer innovative and unique solutions and features that need to be considered in the software development process. The lack of unified or standard mechanisms for local retention of data located on a remote server, which could be used in the development of software for the “Aurora” platform is a problem the solution of which is discussed in this article. To solve this problem, it is proposed to conduct not only a generalized study of the process and features of development for the “Aurora” platform, but also to conduct a strict formalization of the algorithm of data retention using the theory of automata. This study can find not only practical application in the development of web-oriented applications for the “Aurora” platform, but will also help to better study the features of software development for this platform.

Keywords: automata theory, development, software, mobile operating system, Sailfish OS, Aurora, caching, client, server, data processing.

Текущее состояние и постановка задачи исследования. На текущий момент времени на рынке мобильных операционных систем прочно закрепились и доминируют два основных конкурента, а именно Android от компании «Android, Inc.», которая принадлежит «Google», и iOS от компании «Apple», и это приводит к тому, что их аналоги крайне скупо освещаются в научно-исследовательской и методической литературе [1]. А это, в свою очередь, приводит к недооценке перспектив и угроз их развитию, хотя многие из этих мобильных операционных систем могут предложить не только узконаправленные и специфические особенности, но также инновации и уникальные решения, которые могут понравиться широкому кругу пользователей [2].

Другой проблемой, вытекающей из малого внимания к этим мобильным операционным системам со стороны разработчиков и издателей методической литературы, является отсутствие или недостаточность исследований процесса и особенностей разработки программного обеспечения в общем, а также проблем, с которыми могут столкнуться потенциальные разработчики приложений, в процессе реализации отдельных частей приложений и алгоритмов, например, алгоритма сохранения информации, что может отпугнуть многих специалистов от изучения и развития этих операционных систем.

Если открыть официальный магазин приложений для мобильной операционной системы «Аврора», которая разрабатывается финской компанией «Jolla» совместно с российской компанией «Открытая мобильная платформа», то становится очевидно, что приложений, разработанных сторонними разработчиками крайне мало, хотя эта мобильная операционная система может предложить несколько уникальных решений в области дизайна и эргономики взаимодействия конечного пользователя с интерфейсом операционной системой, являясь перспективной площадкой для развития как крупных компаний по разработке программного обеспечения для мобильных операционных систем, так и начинающих разработчиков [3].

Таким образом, задачей данной работы является

разработка алгоритма сохранения на локальном устройстве данных, расположенных на удалённом сервере, и его реализация с учётом особенностей разработки программного обеспечения для мобильной операционной системы «Аврора», так как на текущий момент времени не существует актуального стандартного механизма кэширования, который можно было бы применить при разработке программного обеспечения для данной платформы [4].

Описание функциональных требований исследуемого алгоритма. Алгоритм, который исследуется и формализуется в рамках исследования, проведённого в этой статье, должен служить для локального сохранения данных, расположенных на удалённом сервере [5].

Из этой задачи вытекают следующие функциональные требования, которые выдвигаются к исследуемому алгоритму [6]:

- установка соединения с удалённым сервером для запроса доступа к требуемой информации, получения описания этой информации и передачи её на локальное устройство;
- непосредственное сохранение полученных данных в локальной файловой системе с оповещением пользователя о прогрессе сохранения, что является основной задачей алгоритма;
- отслеживание ошибок на каждом этапе от установки соединения с удалённым сервером до завершения сохранения полученных от удалённого сервера данных и обеспечение реакции системы на эти ошибки;
- проверка целостности полученных данных и правильности их сохранения в локальной файловой системе для гарантии полноты и корректности данных для будущего использования.

Для более полного понимания функций алгоритма и процесса его исполнения составлена UML-диаграмма взаимодействия компонентов системы в процессе исполнения алгоритма, представленная на рисунке 1 [7].

Также следует отметить тот факт, что, в связи с реализацией в рамках мобильной операционной платформы, данный алгоритм является асинхронным.

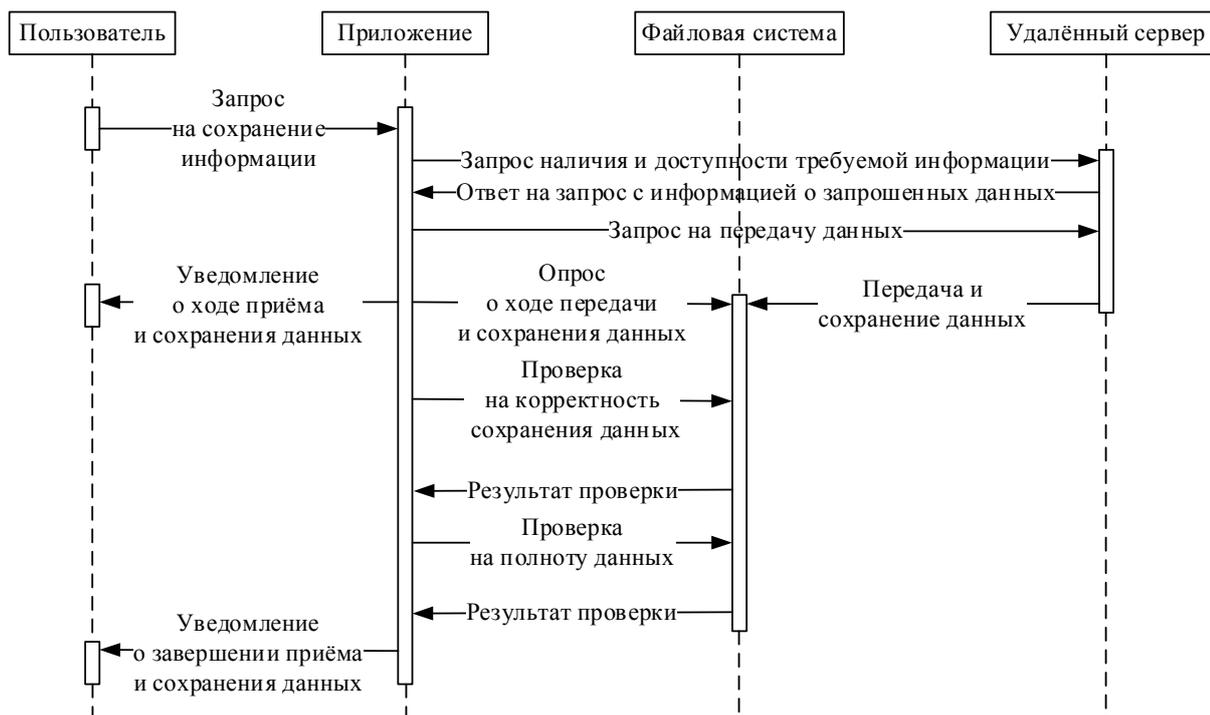


Рисунок 1 – UML-диаграмма взаимодействия компонентов системы в процессе исполнения алгоритма

Формализация исследуемого алгоритма с использованием теории автоматов. Для доказательства реализуемости и непротиворечивости изучаемого алгоритма, а также для наглядной иллюстрации этапов выполнения алгоритма, его можно представить с использованием элементов теории конечных детерминированных автоматов [8].

Далее приведена модель событийного конечно-

го детерминированного автомата (рисунок 2), описание его состояний, а также входных и выходных сигналов [9].

Затем, на основе логики событийных детерминированных конечных автоматов [10], описаны все реализуемые в алгоритме события в стандартной форме в виде систем рекуррентных канонических бескванторных уравнений (НД СКУ) [11].

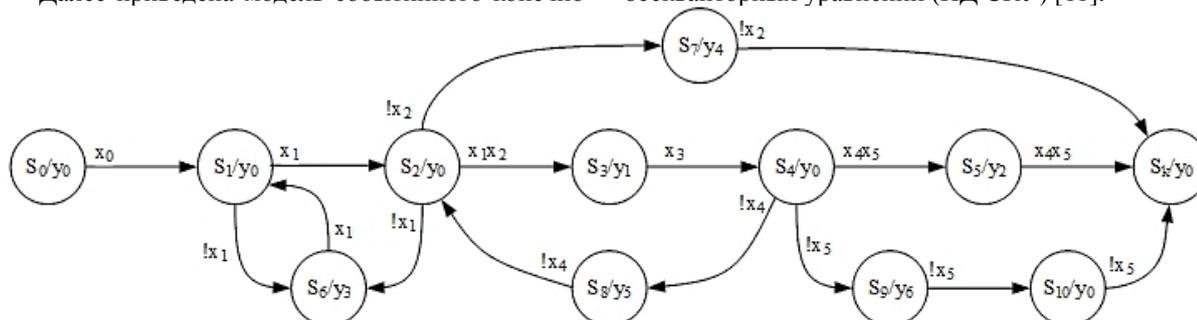


Рисунок 2 – Модель событийного конечного недетерминированного автомата

Как следует из рисунка, данный автомат представляет из себя событийный конечный событийный детерминированный автомат Мура.

Описание состояний автомата [12]:

- S_0 – начальное состояние;
- S_1 – установка соединения с удалённым сервером;
- S_2 – отправка запроса на требуемую информацию;
- S_3 – сохранение получаемой от удалённого сервера информации;
- S_4 – проверка целостности данных и корректности сохранения для будущего использования;
- S_5 – успешное выполнение требуемых операций;

- S_6 – ошибка соединения с удалённым сервером;
- S_7 – ошибка доступа к запрашиваемой информации;
- S_8 – ошибка целостности полученных данных;
- S_9 – ошибка локальной файловой системы;
- S_{10} – удаление неправильно сохранённой информации;
- S_k – конечное состояние.

Описание входных сигналов автомата [13]:

- x_0 – сигнал от пользователя на установление соединения с удалённым сервером;
- x_1 – сигнал успешной установки соединения с удалённым сервером;
- x_2 – сигнал успешного получения данных от уда-

лётного сервера;

x_3 – сигнал завершения сохранения полученных данных в локальной файловой системе;

x_4 – сигнал успешной проверки на целостность полученных данных;

x_5 – сигнал успешной проверки корректности сохранения полученных данных.

Описание выходных сигналов автомата:

y_0 – пустой сигнал;

y_1 – сигнал процесса получения данных от удалённого сервера;

y_2 – сигнал успешного завершения требуемых операций;

y_3 – сигнал ошибки установки соединения с удалённым сервером;

y_4 – сигнал отказа в доступе к запрашиваемой информации;

y_5 – сигнал ошибки полноты полученной информации;

y_6 – сигнал ошибки файловой системы.

Описание всех реализуемых в алгоритме событий в стандартной форме в виде систем рекуррентных канонических бескванторных уравнений (НДСКУ) [12]:

$$\begin{aligned} S_1(t+1) &= S_0 x_0 S_1(t+1) = S_0 x_0; \\ S_2(t+1) &= S_1 x_1 V S_8! x_4 \\ S_2(t+1) &= S_1 x_1 V S_8! x_4; \\ S_3(t+1) &= S_2 x_1 x_2 S_3(t+1) = S_2 x_1 x_2; \\ S_4(t+1) &= S_3 x_3 S_4(t+1) = S_3 x_3; \\ S_5(t+1) &= S_4 x_4 x_5 S_5(t+1) = S_4 x_4 x_5; \\ S_6(t+1) &= S_1! x_1 V S_2! x_1 \\ S_6(t+1) &= S_1! x_1 V S_2! x_1; \\ S_7(t+1) &= S_2! x_2 S_7(t+1) = S_2! x_2; \\ S_8(t+1) &= S_4! x_4 S_8(t+1) = S_4! x_4; \\ S_9(t+1) &= S_2! x_5 S_9(t+1) = S_2! x_5; \\ S_{10}(t+1) &= S_9! x_5 S_{10}(t+1) = S_9! x_5; \\ S_k(t+1) &= S_5 x_4 x_5 V S_7! x_2 V S_{10}! x_5 \\ S_k(t+1) &= S_5 x_4 x_5 V S_7! x_2 V S_{10}! x_5. \end{aligned}$$

Реализация исследуемого алгоритма с учётом особенностей мобильной платформы «Аврора». Разработка программного обеспечения для мобильной операционной системы «Аврора» ведётся с помощью специальной среды разработки под названием «Sailfish SDK», которую можно бесплатно скачать на сайте разработчиков этой операционной системы. Разработка ведётся с использованием следующих языков: QML для реализации графического интерфейса пользователя [14], JavaScript для реализации легковесной логики, и C++ для реализации тяжёлой логики [15].

Сам алгоритм реализуется на языке C++ в виде отдельного класса, который наследуется от QObject, со следующими методами [16]:

- bool validateFileSize(const QString& path, int bytes). Этот метод предназначен для проверки полноты полученных данных. В качестве параметров указывается путь до данных в локальной файловой системе и ожидаемое количество байт в этих данных;

- bool validatePath(const QString& path), который используется для проверки корректности сохранения. В качестве единственного параметра

указывается путь в локальной файловой системе, по которому должны были быть сохранены полученные данные;

- void download(const QString& fileURL, const QString& saveFilePath), используемый для установки соединения с удалённым сервером, URL которого принимается в качестве первого параметра, и сохранения полученных данных в локальной файловой системе. Путь для сохранения указывается вторым параметром;

- void request(const QUrl& url). Этот метод используется методом download для установки соединения с удалённым сервером и принимает в качестве единственного параметра адрес сервера.

Также класс, в котором реализуется исследуемый алгоритм, содержит следующие поля [17]:

- QNetworkAccessManager *m_manager. С помощью этого поля осуществляется запрос к удалённому серверу;

- QNetworkReply *m_reply, которое принимает ответ от удалённого сервера;

- QFile *m_file для указания места в локальной файловой системе для записи полученных данных.

Для связи класса, написанного с использованием языка C++, и интерфейса, написанного на языке QML, используются следующие сигналы [18]:

- void finished(). Этот сигнал испускается при успешном завершении получения и сохранения данных от удалённого сервера;

- void progress(qint64 read, qint64 total), который служит для отслеживания прогресса получения данных от удалённого сервера. Содержит в себе количества принятых байт и общее количество байт;

- void redirectsExceeded(), испускаемый в случае обнаружения в ответе сервера перенаправления;

- void error(QString errorMessage). Этот сигнал испускается в случае ошибки в процессе получения данных от удалённого сервера и содержит в себе сообщение о возникшей ошибке;

Эти сигналы привязываются к соответствующим слотам.

После реализации данного класса необходимо обеспечить взаимодействие между языками C++ и QML, что делается в несколько этапов [19].

Во-первых, ко всем методам класса, которые планируется использовать через интерфейс, написанный на языке QML, необходимо добавить свойство Q_INVOKABLE для того, чтобы они стали видимыми для компонентов, реализованных на языке QML.

Во-вторых, необходимо зарегистрировать новый QML компонент в главном cpp файле приложения с помощью вызова qmlRegisterType() [20]. Это позволит использовать реализованный класс как обычный QML компонент.

В-третьих, в qml-файлы, где планируется использование разработанного класса, необходимо включить строку import <Название зарегистрированного компонента> <Версия зарегистрированного компонента>, что позволит получить доступ к

зарегистрированному компоненту из данной qml-страницы.

После этих действий станет возможно использовать методы класса, помеченные свойством `Q_INVOKABLE`, а также обрабатывать сигналы, связанные со слотами класса.

Вывод. В ходе проведения исследования в рамках материала этой статьи был предложен и исследован метод организации стандартизированного механизма кэширования информации на локальном устройстве под управлением операционной системы «Аврора», включающий в себя строгую формализацию алгоритма этого процесса и детальное рассмотрение процесса реализации этого алгоритма, учитывающее особенности разработки программного обеспечения для данной мобильной операционной системы, что позволило углубить и расширить понимание процесса локального сохранения данных при разработке приложений для ОС «Аврора». Результат этого исследования может быть направлен на практическую помощь начинающим разработчикам программного обеспечения под рассматриваемую платформу, в частности, разработчикам приложений, ориентированным на взаимодействие с сетью Internet, а также поможет разработчикам лучше изучить особенности разработки программного обеспечения для данной операционной системы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ «Конкурс на лучшие проекты фундаментальных научных исследований», грант № 19-07-00516 А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Laure D. et al. Cross-platform development for Sailfish OS and Android: Architectural patterns and “dictionary trainer” application case study // 2016 19th Conference of Open Innovations Association (FRUCT). – IEEE, 2016. – С. 145–150.
2. Хыдаки Е. Usability Study for Sailfish Operating System – Helsinki: Helsinki Metropolia University of Applied Sciences, 2014. – 65 с.
3. Coplien J. Advanced C++ Programming Styles and Idioms – Boston: Addison-Wesley, 1992. – Т. 23. – С. 46–51.
4. Воробьев П.Е. Поиск эффективных стратегий кэширования данных – М.: ФГУПНИИ ИТТ «Информика», 2009. – 3 с.
5. Федосеенко Т. А. Использование методов оптимизации запросов к распределенной базе данных для повышения эффективности информационных систем // Cloud of science. – 2014. – Т. 1. – №. 3. – С. 479–486
6. Blanchette J., Summerfield M. C++ GUI programming with Qt 4. – New Jersey: Prentice Hall Professional, 2006. – 537 с.
7. Булгаков М.В., Носов В.П. Исследование и разработка методов построения и кэширования веб-приложений // Открытое образование. – 2008. – №. 2. – С. 27–40.
8. Пашенко Д.В. и др. Методика многокритериальной оценки аппарата сетей Петри // Известия

высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2017. – №. 1 (41). – С. 73–84.

9. Твердохлебов В.А. Геометрические образы конечных детерминированных автоматов // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Математика. Механика. Информатика. – 2005. – Т. 5. – №. 1–2. – С. 141–153.

10. Вашкевич Н.П., Бикташев Р.А., Синев М.П. Формализация алгоритмов управления многопоточным доступом к разделяемым ресурсам на основе использования событийных недетерминированных автоматов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2014. – №. 1. – С. 128–133.

11. Глушков В.М. Абстрактная теория автоматов // Успехи математических наук. – 1961. – Т.16. – №.5. – 101. – С. 3–62.

12. Варшавский В. И. Коллективное поведение автоматов. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит, 1973. – 408 с.

13. Pashchenko D. et al. Formal transformation inhibitory safe Petri nets into equivalent not inhibitory // Procedia Computer Science. – 2015. – Т. 49. – С. 99–103.

14. Akinkuolie B. B., Lin C. F., Yuan S. M. A cross-platform mobile learning system using QT SDK framework // 2011 Fifth International Conference on Genetic and Evolutionary Computing. – IEEE, 2011. – С. 163–167.

15. Ellis M. A., Stroustrup B. The annotated C++ reference manual. – Boston: Addison-Wesley, 1990. – 480 с.

16. Summerfield M. Advanced Qt programming: creating great software with C++ and Qt 4. – London: Pearson Education, 2010. – 553 с.

17. Ambrose J., Rothwein T. M., Strobel K. W. Development tool, method, and system for client server applications: пат. 6553563 США. – 2003. – 13 с.

18. Шлее М. Qt 5.10. Профессиональное программирование на C++. – СПб: БХВ-Петербург, 2018. – 1052 с.

19. Eng L. Z. Qt5 C++ GUI Programming Cookbook. – Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2016. – 300 с.

20. Ludin A. QML and JavaScript // Learn BlackBerry 10 App Development. – Apress, Berkeley, CA, 2014. – С. 33–58.

Статья поступила в редакцию 26.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК [377+378](075.4)

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

©2019

Логачёв Максим Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Инфокогнитивные технологии», руководитель образовательной программы «Корпоративные информационные системы»

Московский политехнический университет

(107023, Россия, г. Москва, Большая Семёновская ул., 38, e-mail: logachevmaxim@gmail.com)

Самарин Юрий Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация полиграфического производства» Высшей школы печати и медиаиндустрии

Московский политехнический университет

(127550, Россия, г. Москва, ул. Прянишникова, 2, корп. А, e-mail: samarinmgup@mail.ru)

Винокурова Ольга Аскольдовна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Автоматизация полиграфического производства» Высшей школы печати и медиаиндустрии

Московский политехнический университет

(127550, Россия, г. Москва, ул. Прянишникова, 2, корп. А, e-mail: olga-vinokurova1802@yandex.ru)

Аннотация. В статье выделяется актуальная проблема для современного образования в России: объективная оценка качества содержания образовательных программ. Целью исследования является повышение качества проверки образовательных программ в результате самообследования образовательной организации или ее аккредитации. Обосновывается необходимость разработки системы качества образовательных программ для образовательных организаций Российской Федерации. Для этого выделяются основные нормативные документы, определяющие содержание образовательного процесса, и анализируются их требования к документам, регламентирующим образовательную деятельность. К таким документам, в первую очередь, относятся Федеральный государственный образовательный стандарт (образовательный стандарт) и профессиональный стандарт. В статье представлена модель, отражающая согласованность элементов каждого нормативного документа относительно друг друга. Проведен анализ содержания программ, на основании которого создана иерархическая модель элементов образовательной программы. Такая модель позволяет оценить значимость элементов и их связь между собой. Для каждого элемента разработан критериально-оценочный комплекс, позволяющий оценить его сформированность в соответствующей образовательной программе. Содержание критериально-оценочного комплекса формируется на основе экспертного опроса специалистов, специализирующихся на организации или контроле образовательного процесса. С помощью экспертного опроса определяется значимость каждого элемента для каждого уровня иерархии и образовательной программы в целом. Подробно представлено описание формирования весовых значений каждого элемента для отдельного уровня модели образовательной программы и каждого соответствующего элемента. Для определения значимости элемента рассчитывался коэффициент конкордации Кендалла и оценивался по критерию Пирсона при установленном уровне точности. Полученные значения удовлетворяют требованиям для дальнейшего использования в разработанной методике. В статье приводятся полученные значения для каждого уровня иерархической модели образовательной программы. На основании представленных результатов рассчитывается интегральный показатель качества для содержания образовательной программы и приводится интерпретация каждого его значения.

Ключевые слова: образовательная программа, образовательный стандарт, аудит, мониторинг, качество образования, экспертный опрос, образование, аккредитация, анкетирование, интегральный показатель, эксперт, профессиональный стандарт, самообследование.

INTEGRAL INDICATOR OF QUALITY OF EDUCATIONAL PROGRAMS

©2019

Logachev Maxim Sergeevich, candidate of Technology, Associate Professor at the Infocognitive Technologies, Head of the Corporate Information Systems Education Program

Moscow Polytechnic University

(107023, Russia, Moscow, Bol'shaja Semenovskaya St., 38, e-mail: logachevmaxim@gmail.com)

Samarin Yuriy Nikolayevich, Doctor of Technical Sciences, professor, Head of the department Automation of polygraphic production of the Higher School of Printing and Media Industry

Moscow Polytechnic University

(127550, Russia, Moscow, Pryanishnikova St., 2 A, e-mail: samarinmgup@mail.ru)

Vinokurova Olga Askoldovna, candidate of Technology, Docent, Associate Professor at the Automation of polygraphic production of the Higher School of Printing and Media Industry

Moscow Polytechnic University

(127550, Russia, Moscow, Pryanishnikova St., 2 A, e-mail: olga-vinokurova1802@yandex.ru)

Abstract. The article highlights the current problem for modern education in Russia: objective assessment of the quality of the content of educational programs. The aim of the study is to improve the quality of inspection of educational programs as a result of self-examination of the educational organization or its accreditation. The need to develop a quality system of educational programs for educational organizations of the Russian Federation is justified. For this purpose, the main normative documents determining the content of the educational process are identified and their requirements to the documents regulating educational activities are analysed. The Federal state educational standard (the educational standard) and the professional standard, first of all, belong to such documents. The article presents a model that reflects the consistency of the elements of each normative docu-

ment relative to each other. The analysis of the content of the programs was carried out, on the basis of which a hierarchical model of elements of the educational program was created. Such a model allows you to assess the significance of the elements and their relationship between them. For each element, a criterion-evaluation complex has been developed, which allows to assess its formation in the corresponding educational program. The content of the criterion and evaluation complex is formed on the basis of an expert survey of specialists specializing in the organization or control of the educational process. The expert survey determines the significance of each element for each level of the hierarchy and the educational program as a whole. A detailed description is given of the weight value generation of each element for a separate educational program model level and each corresponding element. To determine the significance of the element, Kendall 's concordance ratio was calculated and evaluated by Pearson 's criterion at a set level of accuracy. The obtained values meet the requirements for further use in the developed method. The article gives the obtained values for each level of the hierarchical model of the educational program. Based on the presented results, an integral quality indicator for the content of the educational program is calculated and an interpretation of each of its values is given.

Keywords: educational program, educational standard, audit, monitoring, quality of education, expert survey, education, accreditation, questionnaire, integral indicator, expert, professional standard, self-examination.

Введение. В настоящее время формальное представление требований национальной системы оценки качества образования выражается в виде модели государственной аккредитации [1], состоящей из следующих компонентов:

1. Перечень показателей деятельности образовательной организации.

2. Формы, методы и процедуры оценки внешними экспертами показателей деятельности образовательной организации в целом и реализуемыми ею образовательными программами.

3. Формы, методы и процедуры самообследования образовательной организации.

При самообследовании осуществляется сбор и анализ информации по показателям деятельности организации (например, кадровое обеспечение, показатели трудоустройства выпускников, публикационная активность и т.д.), а так же по всем реализуемым образовательным программам (например, методическое обеспечение образовательного процесса, использование электронных образовательных ресурсов, результаты итоговой государственной аттестации, независимых оценок уровня знаний обучающихся и т.д.) [2].

Основной проблемой при оценке документов каждой образовательной программы является их количество и способы оценки содержания [3]. В рамках одной образовательной программы насчитывается в среднем 60 учебных дисциплин.

Для формирования содержания образовательной программы требуется наличие рабочей программы, контрольно-оценочных средств, методических рекомендаций для аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся [4]. Таким образом, требуется создать как минимум 240 документов с содержанием от 30 листов. В одной образовательной организации, в среднем 80 образовательных программ, следовательно для обеспечения образовательного процесса требуется подготовить около 20 тыс многостраничных документов (576 тыс листов). При этом проверка содержания документов (как внутри образовательной организации, так и внешними специалистами) осуществляется по критериям, оценка которых имеет субъективный характер проверяющего специалиста. Так одна и та же образовательная программа может иметь существенно разное количество замечаний при проверке отдельными комиссиями.

Согласно статистике, за последние 19 лет коли-

чество образовательных организаций значительно сократилось [5]. Это связано с укрупнением образовательных организаций. При этом количество образовательных программ увеличивается, в том числе за счет введения новых профессий и специальностей. При этом количество специалистов, отвечающих за подготовку и сопровождение документов, не изменяется. Тем самым, увеличивая нагрузку не только на специалистов образовательных организаций, но и внешних auditors, осуществляющих процедуры самообследования или аккредитации [6]. Таким образом, осуществление объективного мониторинга содержания образовательных программ является актуальным в современном образовании в России.

Целью исследования является увеличение качества содержания образовательных документов и уменьшения используемых ресурсов (как временных, так и трудовых) для оценки их содержания. Основной задачей исследования принимается разработка универсальной методики, позволяющей оценивать показатели разных документов. В основе такой методики должны содержаться критерии, а также способы их объективной оценки и возможность интерпретации полученных результатов [8,9].

Материалы и результаты исследования. Образовательную программу можно разделить на две составляющие: формальную и творческую [10]. К формальной части относятся объекты, которые являются частью нормативных документов, регламентирующих содержание образовательного процесса; к творческой — элементы, определяемые преподавателем учебной дисциплины. Каждая из двух составляющих может быть подвергнута оценке автоматизированной системой. Формальная часть является базовой (определяет творческую), поэтому для методики автоматизированной проверки, в первую очередь, должны быть сформулированы алгоритмы именно для нее.

Образовательная программа представляет из себя совокупность рабочих программ по каждой из учебных дисциплин [2]. Таким образом, каждая рабочая программа должна соответствовать основным нормативным документам, регламентирующим ее содержание. На рисунке 1 представлена схема распределения элементов рабочей программы по содержанию основных регламентирующих документов (образовательным и профессиональным стандартам, учебному плану и примерной рабочей программы).



Рисунок 1 – Документы, регламентирующие содержание образовательной программы

Следует отметить, что представленные документы относятся к разным структурным подразделениям, утверждающих их (так, например, образовательные стандарты утверждаются федеральным органом власти, а учебный план – внутри образовательной организации).

На рисунке 2 представлены элементы образовательной программы, формирующих ее содержание.

К творческой части следует отнести все разделы, на основе которых формируется содержание каждой рабочей программы. На основании темы раз-

дела определяются дидактические единицы.

Каждый структурный блок рабочей программы формируется из списка определенных элементов, соответствующих определенным критериям. Все это формирует критериально-оценочный комплекс содержания образовательной программы. Так, можно выделить следующие структурные блоки: титульный лист, оборот титульного листа, содержание, паспорт, результаты освоения, структура дисциплины, распределение часов, условия реализации и контроль оценки результатов.

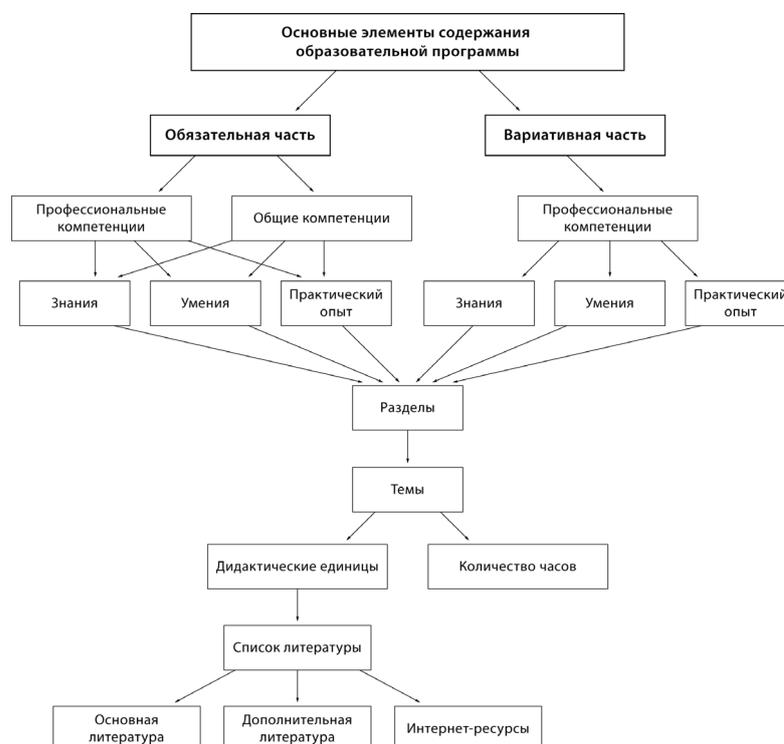


Рисунок 2 – Структура образовательной программы [11]

Каждый из блоков представляет из себя совокупность разных элементов. Например, оборот титульного листа состоит из номера образовательного стандарта, статуса согласования, позиций одобрения и утверждения, сведений об авторе и рецензентах. Для оценки таких элементов используются

следующие подходы:

1. «Мягкий» — проверка элементов на наличие технических ошибок или ошибок, возникающих при несоответствии шаблону документа. Допускается наличие нескольких ошибок одного класса, если они не влияют на целостность структурного блока

или последовательность элементов [12].

2. «Жесткий» — проверка элементов на соответствие нормативным документам. Каждый элемент не должен содержать в себе ни одного класса соответствующих ошибок.

На основании такой оценки пользователю выдается графическое изображение первичного балла результатов оценки по каждому структурному блоку.

Для того, чтобы получить интегральный показатель по всей образовательной программы, следует установить значимость каждого элемента и структурного блока. Для этого проводится экспертный опрос в форме анкетирования. Каждому эксперту

Таблица 1 – Значимость структурных блоков образовательной программы

Структурный блок	Согласованность экспертов	Критерий согласия Пирсона		Вес, %
		Табличный	Полученный	
Титульный лист	0,93	6,0	6,87	14,5
Оборот титульного листа	0,92	11,1	18,51	14,5
Содержание	0,71	6,0	6,38	5,6
Паспорт	0,58	14,1	15,61	9,4
Результаты освоения	1,00	6,0	6,0	8,3
Структура и содержание	0,92	11,1	20,62	13,6
Распределение часов	0,87	12,6	18,21	21,4
Условия реализации	0,72	9,5	11,25	6,3
Контроль оценки результатов	0,85	7,8	8,50	6,3

(специалисту, участвующему в процедурах аккредитации или самообследования) предлагается расставить ранги каждому элементу относительно соответствующего блока и каждому блоку относительно всего документа. Количество экспертов определяется требованиями ГОСТ и устанавливается в количестве 8 человек (соответствует допустимому диапазону 6–15 человек) [13]. При этом обязательно устанавливается компетентность каждого эксперта.

На основании значения интегрального показателя делается вывод о возможности использования в образовательном процессе проверенной образовательной программы.

Таблица 2 – Интегральный показатель образовательной программы [14]

Структурный блок	1	2	3	4	5
	Нет	Низкий	Средний	Высокий	Полный
Титульный лист	2,9	5,8	8,7	11,6	14,5
Оборот титульного листа	2,9	5,8	8,7	11,6	14,5
Содержание	1,1	2,2	3,4	4,5	5,6
Паспорт	1,9	3,8	5,6	7,5	9,4
Результаты освоения	1,7	3,3	5,0	6,6	8,3
Структура и содержание	2,7	5,4	8,2	10,9	13,6
Распределение часов	4,3	8,6	12,8	17,1	21,4
Условия реализации	1,3	2,5	3,8	5,0	6,3
Контроль и оценка результатов освоения	1,3	2,5	3,8	5,0	6,3
ИТОГО	20,0	40,0	59,9	79,9	99,9

Таблица 3 – Интерпретация интегрального показателя [11]

Значение, балл	Интерпретация
1 (отсутствует)	Не соответствует образовательному стандарту и учебному плану. Нарушены нормы оформления. К сотрудникам, участвующих в составлении и сопровождению документа, должны быть применены дисциплинарные меры воздействия, предусмотренные уставными документами
2 (низкий)	Не отвечает требованиям нормативных документов специальности. Не может быть использована в образовательном процессе. К сотрудникам, участвующих в составлении и сопровождению документа, могут быть применены дисциплинарные меры воздействия, предусмотренные уставными документами
3 (средний)	Частично отвечает требованиям нормативных документов. Имеются значительные замечания, требующие обязательного исправления или доработки. Не рекомендуется для использования
4 (высокий)	Имеет высокий уровень сформированности. При этом имеются замечания к оформлению или содержанию. Рекомендуется обратить внимание на требования учебного плана или образовательного стандарта, а также норм оформления. Рекомендована к использованию
5 (полный)	Полностью сформирована. Отвечает требованиям оформления образовательной организации. Содержание соответствует требованиям образовательного стандарта и учебному плану. Наличие описок. Может быть использована в образовательном процессе

В таблице 1 представлены результаты анализа экспертного опроса для определения весовых значений структурных блоков образовательной программы. Для того, чтобы определить неслучайность показателя согласованности экспертов и возможности использования соответствующих значений для дальнейших расчетов, устанавливается уровень значимости 0,01.

Количество критериев до проверки образовательной программы может быть не определено и зависеть от ее тематики [13].

В этом случае величина является расчетной и ее значение будет получено после загрузки файлов-эталонов.

Для определения значения интегрального показателя оценки содержания образовательной программы используются значения, представленные в таблице 2. Интерпретация интегрального показателя образовательной программы представлена в таблице 3.

Помимо интегрального показателя и его интерпретации пользователю должны быть доступны результаты промежуточной проверки каждого структурного блока или соответствующего элемента. Такой результат может быть представлен в виде лепестковой диаграммы, как показано на рисунке 3.

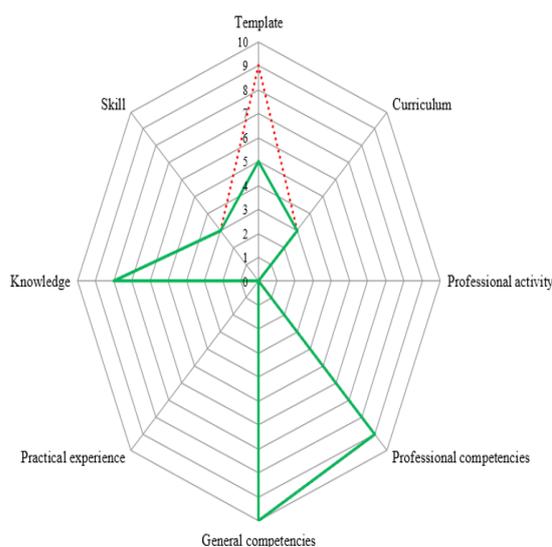


Рисунок 3 – Отображение первичного результата оценки структурного блока

При наличие всех элементов без ошибок две области (эталонная и проверенная) должны совпадать, во всех остальных случаях (при наличии ошибок) – одна из двух областей будет выступать.

Выводы. Разработанный критериально-оценочный комплекс позволяет оценивать содержание любой образовательной программы. При этом полученный результат будет объективным и не зависеть от компетенции аудитора, доступности документов, а также времени проверки [15]. Проверка может осуществляться в любое время, тем самым поддерживая основную документацию образовательного процесса в актуальном состоянии [16].

Для использования разработанного комплекса требуется выполнить несколько этапов:

1. Получить эталонные значения документов, на соответствие которым будет осуществляться проверка.

2. Получить весовые значения каждого критерия.

3. Осуществить подготовку проверяемого документа к необходимому формату файла, пригодного для оценки.

Проверка документов может осуществляться каждым преподавателем удаленно или в образовательной организации определенным специалистом. При наличии удаленной проверки появляется возможность получения динамики развития различных показателей образовательной организацией и внешнего их контроля, например, для прохождения процедуры предварительной аккредитации [17].

Подготовка содержания образовательных программ является важным элементом образовательной деятельности, требующего постоянного внимания и обновления [18]. Развитие отдельных отраслей обеспечивает непрерывное изменение образовательных и профессиональных стандартов, что за собой влечет обновление образовательных программ в целом или отдельных ее компонентов. С увеличением нагрузки на специалистов образовательных организаций в обеспечении и сопровождении документооборота определяет высокий уровень формального подхода к оценке содержания любых документов [19]. При этом такой формальный подход может быть не систематическим, а осуществляться перед проверкой надзорных органов. Помимо отсутствия постоянного мониторинга не исключается субъективный подход к оценке документов как внутри образовательной организацией, так и внешними аудиторами. Все это обосновывает необходимость использования унифицированных и объективных методик оценки содержания образовательных программ [4]. Решением такой проблемы является использование разработанного критериально-оценочного комплекса, в котором учтены все особенности нормативных документов и требований самой образовательной организацией [20]. Данный комплекс является гибким и может быть адаптирован к любому профилю образовательной деятельности, значения показателей могут обновляться. При этом появляется перспектива разработки автоматизированной системы проверки содержания образовательных программ с использованием полученных результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Заика И.Т. Модель оценки качества образовательной программы [Электрон. ресурс] // Аккредитация в образовании. – Режим доступа: https://akvobr.ru/model_ocenki_kachestva_obrazovatelnoi_programmy.html (дата обращения: 16.09.2019).
2. Гуськова М.В. Основы эволюции в управ-

лении качеством образования: моногр. – М.: Инфра-М, 2018. – 204 с.

3. Жукова Г.С. Корректировка процесса обучения с учетом отзывов работодателей // Вестник Академии права и управления. – 2017. – №2(47). – С. 134–139.

4. Гохберг Л.М. Образование в цифрах: 2018: краткий статист. сб. / Л.М. Гохберг, Г.Г. Ковалева, Н.В. Ковалева [и др.]. – М.: НИУ ВШЭ, 2018. – 80 с.

5. Вдовин С.М. Система менеджмента качества организации: учеб. пособие / С.М. Вдовин, Т.А. Салимова, Л.И. Бирюкова. – М.: Инфра-М, 2019. – 299 с.

6. Тигина М.С. Принципы и алгоритмы работы автоматизированных систем оценки знаний и квалификации специалистов: моногр. / М.В. Иванов, Ю.Н. Самарин, М.С. Тигина. – М.: МГУП имени Ивана Федорова, 2013. – 25 с.

7. Татарченкова С.С. Проблемы качества образования и их решения в образовательном учреждении: учеб.-метод. литература / С.С. Татарченкова. – М.: Каро, 2012. – 120 с.

8. Винокурова О.А. Проблемы организации информационных потоков при разработке учебно-методической документации / О.А. Винокурова, Ю.М. Абрамов // Образование и наука в современных реалиях: сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 04 июня 2018 г.). – Чебоксары: Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2018. – С. 59–64.

9. Логачёв М.С. Структура, методика и алгоритмы функционирования системы мониторинга управления качеством образовательных программ: автореф. ... канд. техн. наук: 05.13.10 / М.С. Логачёв. – М., 2017. – 22 с.

10. Логачёв М.С. Образовательная программа как инструмент системы управления качеством профессионального образования: моногр. / М.С. Логачёв, Г.В. Ткачева, Ю.Н. Самарин. – М.: Инфра-М, 2019. – 166 с.

11. Логачёв М.С. Структура, методика и алгоритмы функционирования системы мониторинга управления качеством образовательных программ: дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.10. – М., 2017. – 191 с.

12. Логачёв М.С. Автоматизированные системы управления качеством образовательного процесса: моногр. / М.С. Логачёв, Ю.Н. Самарин, М.С. Тигина. – М.: МГУП имени Ивана Федорова, 2016. – 290 с.

13. Логачёв М.С. Оценки содержания образовательных документов: статистический аспект / М.С. Логачёв // Статистика и экономика. – 2016. – №5. – С. 14–17.

14. Лемешко Б.Ю. Статистический анализ данных, моделирование и исследование вероятностных закономерностей. Компьютерный подход: моногр. / Б. Ю. Лемешко, С. Б. Лемешко, С. Н. Постовалов [и др.]. – Новосибирск: НГТУ, 2011. – 888 с.

15. Романов Е.В. Методология и теория инновационного развития высшего образования в России: моногр. – М.: Инфра-М, 2016. – 302 с.

16. Левшина В.В. Система качества вуза: моногр. – М.: Инфра-М, 2016. – 280 с.

17. Сироткин Г.В. Модель системы интегральной оценки качества образования и эффективности деятельности вуза // Инновации в науке. – 2015. – №6(43). – С. 38–59.

18. Шибарова Е.В. Проблемы построения систем мониторинга локально-вычислительных сетей / Е.В. Шибарова, О.А. Винокурова // Научные исследования: теория, методика и практика: сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 27 августа 2017 г.). – Чебоксары: Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2017. – С. 251–258.

19. Гусарова О.М. Мониторинг ключевых показателей эффективности бизнес-процессов // Актуальные вопросы экономики и управления в условиях модернизации современной России: моногр. / В.Д. Голичев, Н.Д. Голичева, И.Е. Алфимов [и др.]. – Вып. 2. – Смоленск: Смоленская городская типография, 2015. – С. 84–89.

20. Жукова Г.С. Основные показатели современного российского высшего образования / Г.С. Жукова // Современные тенденции развития науки и образования: теория и практика: сб. тр. I Междунар. науч.-практ. конф. науч.-педагог. работников и молодых ученых. Т.1 / под ред. Г.С. Жуковой. – М.: ВИПО, 2017. – С. 119–129.

Статья поступила в редакцию 29.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 004.4.057

КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ДОСТИЖЕНИЯ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

© 2019

Мальшаков Григорий Викторович, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Конструирование, технология и производство радиоэлектронных средств»

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

(125993, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 4, А-80, ГСП-3, e-mail: malshakov@mail.ru)

Аннотация. Интероперабельность – это способность к взаимодействию, которая позволяет различным прикладным программам обмениваться данными и правильно их интерпретировать. Не всегда возможно на этапе создания прикладных программ обеспечить их интероперабельность. В этом случае задача обеспечения их интероперабельностью усложняется. Этот процесс возможно облегчить за счёт использования комплекса программ достижения интероперабельности. В работе рассматриваются подходы к созданию комплекса программ достижения интероперабельности прикладного программного обеспечения. В комплексе программ для обеспечения интероперабельностью прикладного программного обеспечения на технологическом уровне предложено применить CALS-технологии (стандарт STEP, язык EXPRESS, SDAI-интерфейс, обменные файлы STEP, PDM систему), на семантическом уровне использовать программу идентификации сущностей предметной области на основе частотного анализа их данных. В предлагаемый комплекс программ вошли: загрузчик, синтезатор и анализатор EXPRESS-схем; программа идентификации сущностей предметной области на основе частотного анализа их данных; хранилище данных в виде PDM фирмы Лотсиа Софтвэа; комплект программных инструментов Лотсиа Софтвэа; SDAI-интерфейс; текстовый редактор. Спроектированный комплекс позволяет сократить сроки разработки и настройки общего хранилища данных прикладных программ и с помощью SDAI-интерфейса обеспечивает более эффективное их взаимодействие.

Ключевые слова: комплекс программ, интероперабельность, SDAI-интерфейс, PDM, язык EXPRESS, CALS-технологии.

COMPLEX OF ACHIEVEMENT OF INTEROPERABILITY OF APPLIED SOFTWARE

© 2019

Malshakov Grigory Viktorovich, candidate of technical Sciences, associate Professor
of the Department «Design, technology and production of electronic means»

Moscow Aviation Institute (national research university)

(125993, Russia, Moscow, Volokolamsk highway, 4, A-80, GSP-3, e-mail: malshakov@mail.ru)

Abstract. Interoperability is an interoperability that allows various applications to exchange data and interpret them correctly. It is not always possible at the stage of creating application programs to ensure their interoperability. In this case, the task of ensuring their interoperability is complicated. This process can be facilitated by using a set of programs to achieve interoperability. The paper considers approaches to creating a set of programs to achieve the interoperability of application software. It was proposed to apply CALS technologies (STEP standard, EXPRESS language, SDAI interface, STEP exchange files, PDM system) in a complex of programs for ensuring interoperability of application software at the technological level, to use a program for identifying domain entities based on their frequency analysis data. The proposed program package includes: loader, synthesizer and analyzer EXPRESS schemes; a program for identifying entities of a domain based on the frequency analysis of their data; data storage in the form of RDM of the company Lotsia Softvea; set of software tools Lotsia Softvea; SDAI interface; text editor. The designed complex allows to reduce the development and configuration time of the common data storage of application programs and, using the SDAI interface, provides more efficient interaction between them.

Keywords: program package, interoperability, SDAI interface, PDM, EXPRESS language, CALS technologies.

Введение. Сегодня практически во всех сферах человеческой жизни активно внедряются информационные технологии (образование, здравоохранение, наука, государственное управление, финансы и т.д.). Внедрение информационных технологий сильно зависит от способности информационных систем обмениваться информацией, их уровнем интероперабельности [1,2].

Интероперабельность – это способность информационного взаимодействия программ [3-8]. Разли-

чают два вида интероперабельности [9-13]: технологическую и семантическую. Технологическая интероперабельность – это способность обмениваться данными. Семантическая интероперабельность – это способность программ правильно понимать смысл данных получаемых при обмене.

Постановка задачи. Технологическая интероперабельность реализуется на основе стандартизации представления данных. Для обеспечения технологической интероперабельности при раз-

работке программного комплекса использовались CALS-технологии [14-16], которые с помощью языка EXPRESS позволили создать единую информационную модель взаимодействующих прикладных программ и с помощью интерфейса SDAI упростили реализацию их взаимодействия за счёт уменьшения связей между ними [17,18].

Чтобы прикладные программы воспринимали одинаково данные, создаётся модель их общего информационного пространства с установкой соответствий с моделями прикладных программ. Для установок соответствия между данными прикладных программ используется программа идентификации сущностей [19].

Эта программа, используя уникальность частотных характеристик прикладных данных, выполняет построение алфавита поисковой сущности, состоящего из лексем, которые встречаются не менее двух раз в данных.

Для каждой лексемы алфавита поисковой сущности вычисляется количество её повторов в анализируемых данных реляционной БД. Затем между найденными количествами повторов и повторами лексем алфавита поля поисковой сущности вычисляется коэффициент корреляции Пирсона, по величине которого принимается решение о принадлежности анализируемых данных к поисковой сущности используемого алфавита.

В качестве языка информационного моделирования в работе используется язык информационного моделирования EXPRESS [20].

В комплекс программ (рисунок 1) вошли: загрузчик, синтезатор и анализатор EXPRESS-схем; программа идентификации сущностей предметной области на основе частотного анализа их данных; хранилище данных в виде PDM фирмы Лотция Софтвэ; комплект программных инструментов Лотция Софтвэ; SDAI-интерфейс; текстовый редактор.

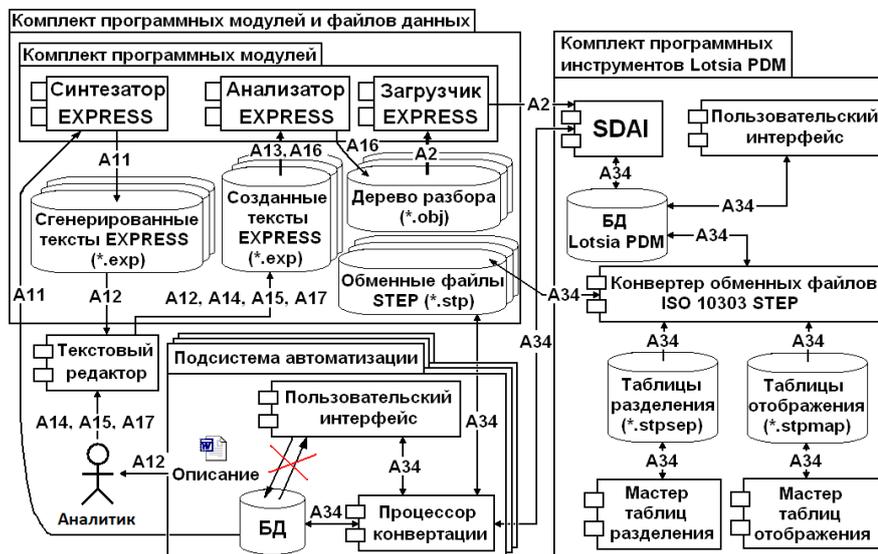


Рисунок 1 – Структурная схема комплекса программ достижения интероперабельности прикладного ПО

В комплексе используется PDM PartY PLUS фирмы Лотция Софтвэ для хранения данных в силу того, что она обладает большей функциональностью и универсальностью по сравнению с аналогами.

Для настройки PDM в состав комплекса включены утилиты: загрузчик, анализатор и синтезатор. Загрузчик предназначен для формирования необходимых для хранения данных структур в PDM PartY PLUS по объектному файлу, созданному анализатором.

Анализатор предназначен для разбора и проверки информационной модели, созданной системным аналитиком. Синтезатор предназначен для создания информационной модели прикладной программы на языке EXPRESS по её БД. Чтобы обеспечить большую открытость, утилиты созданы на скриптовом языке VBScript.

В среде Microsoft Visual Studio на основе COM библиотеки разработан SDAI-интерфейс[21] для

взаимодействия прикладных программ с PDM PartY PLUS. При разработке программной реализации SDAI-интерфейса использовалась привязка SDAI ISO 10303-24 с реализацией контроля вызовов и механизма транзакций. С учётом ГОСТ Р ИСО 10303-22 разработанная реализация интерфейса SDAI соответствует пятому классу.

На рисунке 1 стрелками показана взаимосвязь компонентов, файлов и лиц, организующих взаимодействие информационных систем. Обозначения стрелок соответствуют номерам процессов автоматизации, отображённых на диаграммах IDEF0 (рисунок 2 – рисунок 4).

Для обеспечения взаимодействия прикладных программ: разрабатывается единая EXPRESS- модель, эта модель загружается в PDM, разрабатываются и настраиваются конвертеры прикладных программ для возможности их взаимодействия с PDM (рисунок 2).

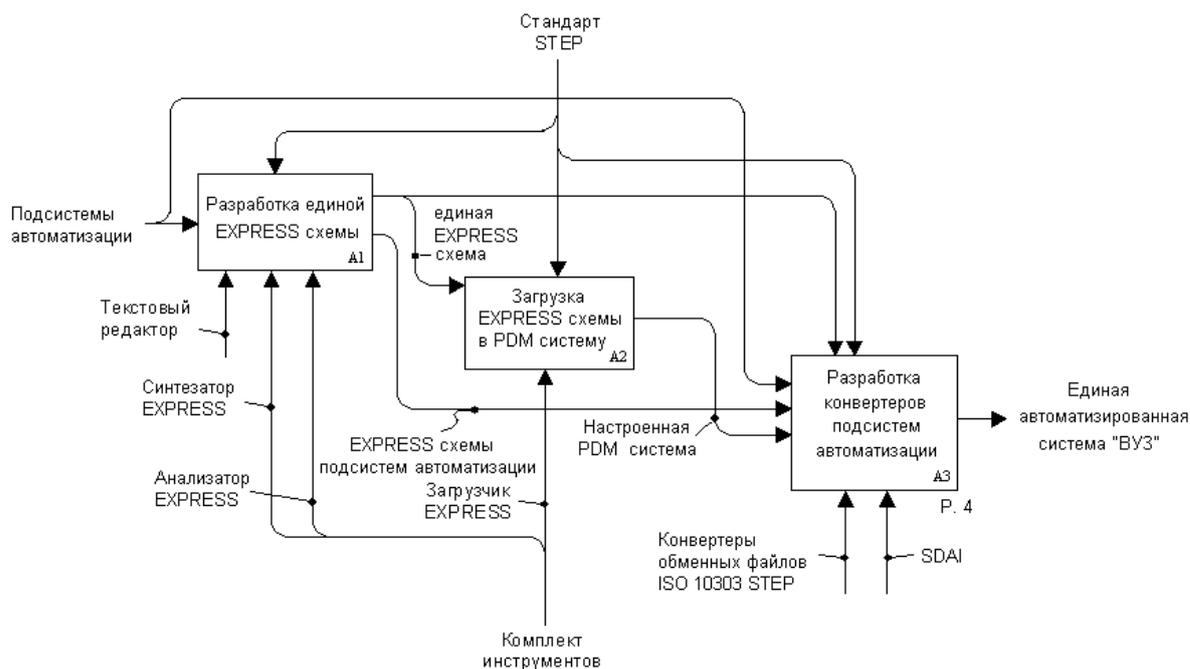


Рисунок 2 – Этапы обеспечения взаимодействия прикладных программ

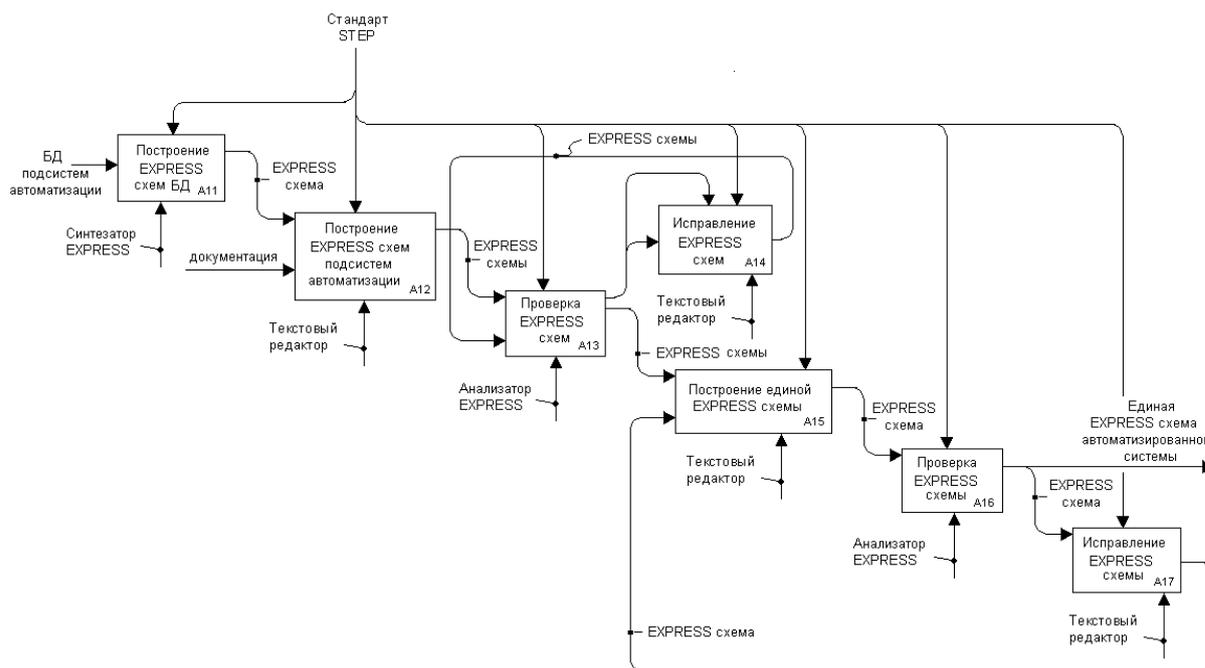


Рисунок 3 – Этапы создания EXPRESS-модели системы

Для объединения прикладных программ должны быть составлены их модели данных на языке EXPRESS.

Так как в составлении этих моделей участвует человек, то в них могут содержаться ошибки, поэтому для их проверки в программном комплексе используется анализатор EXPRESS-схем [22].

Составление модели прикладной программы

выполняется по её БД, благодаря чему этот процесс частично автоматизирован, благодаря синтезатору, который позволяет автоматически синтезировать EXPRESS-модели данных прикладных программ.

Настройка PDM для возможности хранения данных созданной информационной модели всей системы осуществляется с помощью её загрузки в PDM загрузчиком EXPRESS-схем.

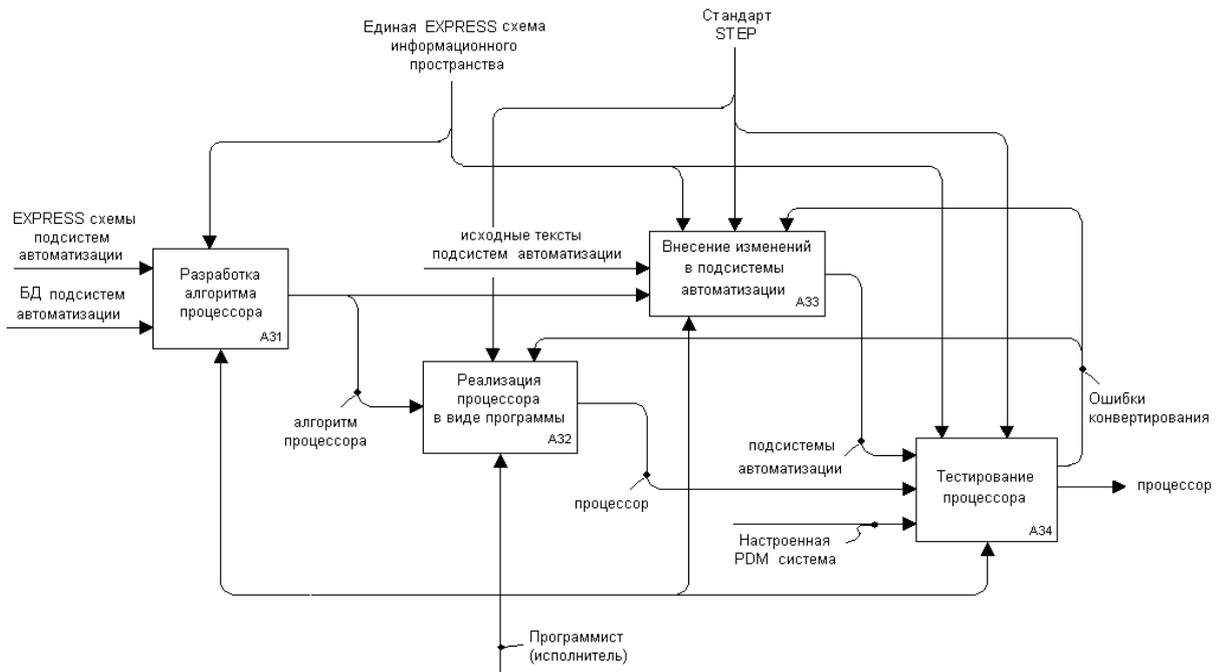


Рисунок 4 – Создание конвертерного процессора для прикладной программы

Разработка EXPRESS-модели системы. Если для рассматриваемой предметной области отсутствует протокол применения STEP разрабатывают EXPRESS-модель данных системы.

Этапы создания EXPRESS-модели системы приведены на рисунке 3.

По базам данных прикладных программ синтезатором генерируют их EXPRESS-модели. Системный аналитик, используя документацию и опыт, полученные EXPRESS-модели уточняет.

На основе полученных EXPRESS-моделей прикладных программ создаётся модель их общего информационного пространства. В процессе работы системным аналитиком для анализа EXPRESS-модели на предмет наличия ошибок используется анализатор.

Загрузка EXPRESS-модели в PDM. Чтобы PDM могла хранить данные разработанной информационной модели, эту модель в неё загрузчиком необходимо загрузить.

Разработка и настройка конвертеров прикладных программ. Для каждой прикладной программы разрабатывается и настраивается конвертер преобразования данных обеспечивающий её взаимодействие через SDAI-интерфейс с PDM.

Этапы разработки конвертерного процессора для прикладной программы приведены на рисунке 4. При создании конвертера преобразования данных выполняются: разработка алгоритма, кодирование алгоритма и тестирование.

Общий алгоритм функционирования программного комплекса приведён на рисунке 5.

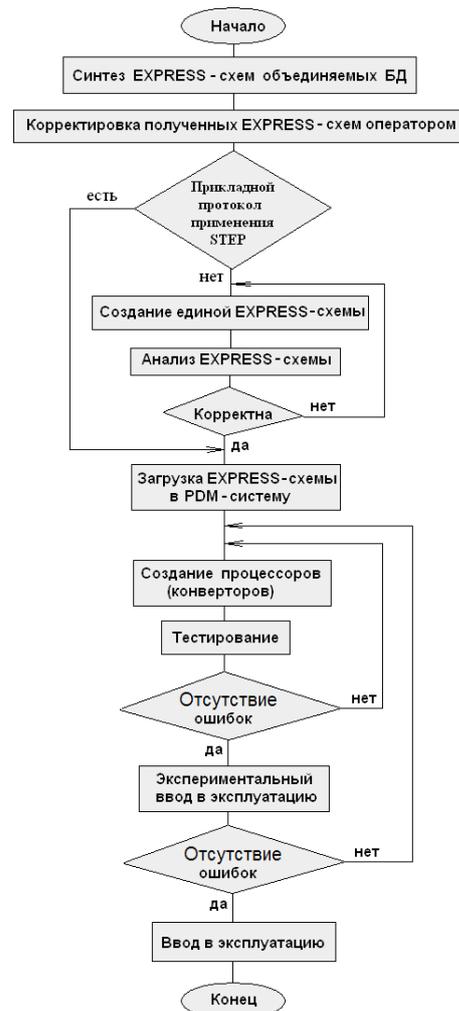


Рисунок 5 – Алгоритм работы комплекса достижения интероперабельности

Заключение. Применение разработанного комплекса достижения интероперабельности позволяет:

- упростить реализацию взаимодействия между прикладными программами;
- ускорить процесс создания моделей данных используемыми программами;
- выполнить проверку модели данных;
- ускорить процесс создания общего хранилища данных с помощью загрузки модели данных в PDM;
- обеспечить стандартный обмен данными между прикладными программами.

Разработанный комплекс программ внедрён в компании «Люция Софтвза». В ходе эксплуатации было подтверждено, что он обладает всеми заявленными возможностями и позволяет сократить сроки разработки и настройки общего хранилища данных прикладных программ и с помощью SDAI-интерфейса обеспечивает более эффективное их взаимодействие. На разработанные программы получены свидетельства об официальной регистрации [23-26].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алистер Коберн. Современные методы описания функциональных требований к системам. – М.: Лори, 2002. – 263 с.
2. Батоврин В.К., Гуляев Ю.В., Олейников А.Я. Обеспечение интероперабельности – основная тенденция в развитии открытых систем // Информационные технологии и вычислительные системы. 2009. № 5. С. 7–15.
3. Батоврин В.К., Гуляев Ю.В., Олейников А.Я. Методы и средства обеспечения интероперабельности. Стандартизация информационных технологий и интероперабельность // Труды второй международной конференции SITOP 2008. – М.: Экспоцентр, 2008. С. 14–17.
4. ГОСТ Р 55062-2012 Информационные технологии. Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения.
5. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 304 с.
6. Михайлов И.С. Математическое и программное обеспечение структурной и семантической интероперабельности информационных систем на основе метамоделей: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.13.11 / Михайлов Илья Сергеевич; [Место защиты: Моск. энергет. ин-т]. – Москва, 2008. – 20 с.
7. Бездушный А.А., Нестеренко А.К., Сысоев Т.М. и др. Возможности технологий ИСIP в поддержке Единого Научного Информационного Пространства РАН // Сб. докл. шестой всеросс. конф. “Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции”. 2004. Пушкино. С. 254–262.
8. Брауде-Золотарёв М., Гребнев Г., Ермаков Р., Рубанов Г., Сербина Е. Интероперабельность информационных систем. Сборник материалов. – М.: INFOFOSS.RU, 2008. – 128 с.
9. Брюхов Д.О., Задорожный В.И., Калининко Л.А., Курошев М.Ю., Шумилов С.С. Интероперабельные информационные системы: архитектуры и технологии // Системы управления базами данных. 1995. № 4. С. 96–113.
10. Лис К.П. Мета модель сервисов для интероперабельности систем, поддерживающих сервисно-ориентированную архитектуру // Информационные технологии в экономике, управлении и образовании: Сборник научных трудов / Под ред. проф. В.В. Трофимова. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. С. 217–223.
11. Мальшаков Г.В. Программный комплекс поддержки автоматизации процессов управления на основе CALS-технологий // Вестник Воронежского государственного технического университета, – Воронеж: 2009. Т. 5. № 6. С. 74–77.
12. Михайлов И.С. Математическое и программное обеспечение структурной и семантической интероперабельности информационных систем на основе метамоделей: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.11 / Михайлов Илья Сергеевич. – М., 2008. – 235 с.
13. Стариковская Н.А. Разработка методов и алгоритмов оценки интероперабельности открытых информационных систем: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Стариковская Надежда Анатольевна. – М., 2011. – 142 с.
14. Мальшаков Г.В. Комплексная автоматизация проектирования РЭС на основе CALS-технологий. Сборник докладов научно-технической конференции “Информационные технологии и радиоэлектронные системы”, посвященной 80-летию со дня рождения д.т.н., профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР П.А. Бакулева. – М.: МАИ, 2008. С. 111.
15. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.
16. CALS (Поддержка жизненного цикла продукции): Руководство по применению / Министерство экономики Российской Федерации; Научно-исследовательский центр CALS-технологий «Прикладная логистика»; Государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт межотраслевой информации – федеральный информационно-аналитический центр оборонной промышленности» (ГУП «ВИМИ»); [Сост. А.Н. Давыдов и др.]. – М.: М-во экономики Рос. Федерации, 1999. – 44 с.
17. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.

18. Колчин А.Ф., Овсянников М.В., Стрекалов А.Ф., Сумароков С.В. Управление жизненным циклом продукции. – М.: Анахарсис, 2002. – 304 с.

19. Мальшаков Г.В. Методика повышения интероперабельности прикладного программного обеспечения на основе частотного анализа данных // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2015. – № 3. – С. 67–70.

20. ГОСТ Р ИСО 10303-11-2000 “Методы описания. Справочное руководство по языку EXPRESS. – М.: Госстандарт России, 2000. – 144 с.

21. ГОСТ Р ИСО 10303-22-2002. “Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 22. Методы реализации. Стандартный интерфейс доступа к данным”.

22. Мальшаков Г.В. Анализатор EXPRESS-схем // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. – Т.6. №6. – С.84–87.

23. Свид. 2008612274 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Синтезатор EXPRESS-схем / Г.В. Мальшаков; заявитель и правообладатель Г.В. Мальшаков (RU). – №2008611160; заявл. 25.03.08; опубл. 8.05.08, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

24. Свид. 2008612275 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Загрузчик EXPRESS-схем / Г.В. Мальшаков; заявитель и правообладатель Г.В. Мальшаков (RU). – №2008611161; заявл. 25.03.08; опубл. 8.05.08, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

25. Свид. 2008612276 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Синтезатор EXPRESS-схем / Г.В. Мальшаков; заявитель и правообладатель Г.В. Мальшаков (RU). – №2008611162; заявл. 25.03.08; опубл. 8.05.08, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

26. Свид. 2016614140 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Программа идентификации сущностей предметной области на основе частотного анализа их данных / Г.В. Мальшаков; заявитель и правообладатель Г.В. Мальшаков (RU). – №2016610556; заявл. 21.01.16; опубл. 14.04.16, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

Статья поступила в редакцию 16.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 004.33

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ, АЛГОРИТМОВ И ПРИНЦИПОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
АППАРАТНОГО МОДУЛЯ БУФЕРНОГО УСТРОЙСТВА ПАМЯТИ МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

© 2019

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

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

Мартенс-Атюшев Дмитрий Сергеевич, аспирант кафедры
«Вычислительные машины и системы»

Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: novoselich93@mail.ru)

Аннотация. Статья посвящена исследованию одного из возможных вариантов реализации аппаратного буферного устройства памяти многопроцессорных вычислительных систем, а именно – решению проблемы «узких мест» многопроцессорных систем из-за постоянно возникающих конфликтов за доступ имеющихся в системе процессоров к общей шине. Предлагается архитектурное решение, согласно которому в подсистему «процессор – память» вводится дополнительный блок – аппаратное буферное устройство памяти, предназначенное для быстрого доступа к памяти многопроцессорной системы с интерфейсом «общая шина». Буфер реализован на регистровой памяти и состоит из двух частей, одна из которых отвечает за запись данных, вторая – за чтение. В ходе работы синтезирован VHDL-файл описания функционирования устройства, проведено моделирование работы в программе *ISE Web Pack*. Описываемый модуль является кроссплатформенным и может быть реализован на различных ПЛИС, например, типа *FPGA*. Применение предлагаемого модуля в реальной системе позволяет повысить пропускную способность подсистемы «процессор – память», и, соответственно, производительность многопроцессорной системы в целом. Результаты, полученные в статье, могут найти свое применение в сфере разработки действующих образцов высокопроизводительных систем.

Ключевые слова: многопроцессорная система, буферное устройство, расщепление транзакций, общая память, ассоциативная память, временные диаграммы, буфер записи, буфер чтения.

**RESEARCH OF THE ORGANIZATION, ALGORITHMS AND PRINCIPLES
OF OPERATION OF THE HARDWARE MODULE BUFFER MEMORY DEVICE
IN A MULTIPROCESSOR COMPUTING SYSTEM**

© 2019

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

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

Martens-Atyushev Dmitry Sergeevich, postgraduate of sub-department «Computers and systems»
Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: novoselich93@mail.ru)

Abstract. The article is devoted to one of the possible variants of implementation of the hardware buffer memory multiprocessor systems, namely the problem of bottlenecks of multiprocessor systems because of the constantly emerging conflicts over access to available system processors to the shared bus. An architectural solution is proposed, according to which an additional block is introduced into the “processor – memory” subsystem – a hardware memory buffer device designed for quick access to the memory of a multiprocessor system with a “common bus” interface. The buffer is implemented on register memory and consists of two parts, one of which is responsible for writing data, the second-for reading. In the course of work the VHDL-file of the description of functioning of the device is synthesized, modeling of work in the ISE Web Pack program is carried out. The described module is cross-platform and can be implemented on various FPGAs, for example, FPGA type. The application of the proposed module in a real system allows to increase the throughput of the “processor-memory” subsystem, and, accordingly, the performance of the multiprocessor system as a whole. The results obtained in the article can be applied in the development of existing samples of high-performance systems.

Keywords: multiprocessor system, buffer device, splitting transactions, shared memory, associative memory, timing diagram, write buffer, read buffer.

Введение. Жизнь современного человека трудно представить без вычислительных устройств, скрытых в бытовой технике, измерительных и медицинских приборах и т.п. Вид задачи, решаемой ЭВМ, определяется конкретным алгоритмом. Возможность ЭВМ решать разнообразные задачи зависит от её способности выполнять различные алгоритмы. От того, насколько легко реализуется проблема перенастройки ЭВМ на выполнение разных алгоритмов, зависит её функциональная гибкость.

Недостатком устройств на основе микропроцессора (МП), является малое быстродействие по сравнению с устройствами на жесткой логике (ЖЛ). Даже в настоящее время, когда быстродействие МП возросло на много порядков по сравнению с первыми разработками, проблема повышения производительности актуальна во многом и потому, что существенно возросла сложность и проблемный охват задач, решаемых на ЭВМ.

Один из возможных путей решения этой проблемы связывают с появлением многоядерных и многопроцессорных вычислительных систем (МВС) [1, 2]. А затем появились интегральные схемы (ИС), в которых алгоритмы работы могут быть изменены разработчиком по желанию заказчика конкретной аппаратуры, т.е., путем настраиваемых или оперативно программируемых логических интегральных схем (ПЛИС типа *FPGA*) [1].

Постановка задачи. В целом статья носит исследовательский характер. При изучении предметной области проведен анализ литературы [3,4,5] и [6,7,8,9,10] с целью выявления малоизученных задач и проблем и детальной проработки одного из вариантов реализации буферного устройства памяти МВС, представленного на рисунке 1. Структура МВС включает в свой состав 4 одинаковых процессорных блока (ЦП). Также в системе есть коммуникационная сеть – общая шина (ОШ), с которой сопряжены все ЦП.

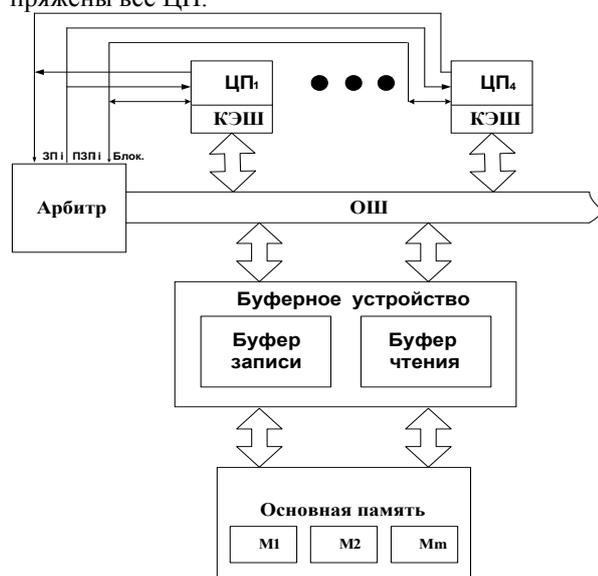


Рисунок 1 – Многопроцессорная система

Для реализации буферного устройства использована шина *AMBA AHB*, частичное описание и назначение которой приведено ниже. Воспользуемся готовым шинным арбитром, разработанным специально для интерфейса шины *AMBA AHB* [11]. В работе будем использовать не все сигналы, указанные в спецификации *AMBA*. Требуется, собственно, разработать буферное устройство памяти. Для определенности положим, что устройство будет работать в составе МВС на базе ЦП типа *TMS 320C2810*.

Обзор литературы. Структурная организация параллельных вычислительных систем (ПВС) типа «множественные потоки команд – множественные потоки данных» (МКМД) во многом сходна со структурной организацией ПВС на базе большой ЭВМ. Однако, если в ПВС на базе больших ЭВМ для организации внутренних связей используются либо матричные коммутаторы, либо многоходовые структуры, то в микропроцессорных ПВС для тех же целей в основном применяется ОШ. Это объясняется сравнительно низким быстродействием микропроцессоров [3].

Стандарт и протокол *AMBA* [11] разработан как стандарт обеспечения коммуникаций для высокопроизводительных систем на кристалле. Шина *AMBA* – процессорнезависимая шина, пригодная для использования с процессорными ядрами разных архитектур. Она разрабатывалась с учетом возможностей и специфики коммуникаций внутри кристалла, с ориентацией на минимизацию аппаратных затрат на кристалле для организации взаимодействия и пересылки информации между объединяемыми шиной модулями. Шина *AMBA* стимулирует разработку модульных систем, с возможностью использования процессорных ядер, блоков памяти и периферийных блоков различных архитектур. Объединение шиной *AMBA* готовых блоков дает прямой и относительно простой путь их интеграции в законченную систему на кристалле. Система шин *AMBA* разрабатывалась как инвариантная к технологиям реализации систем на кристалле. Она пригодна для применения в проектах на ПЛИС (*FPGA*).

Стандарт шины *AMBA* определяет совокупность сигналов и протокол взаимодействия объединяемых шиной модулей. Будучи технологически независимой спецификацией, стандарт шины *AMBA* задает ее функционирование в терминах тактов сигналов синхронизации шины (*AMBA* – шина синхронная). Зависящие от технологии реализации ПЛИС характеристики – электрические характеристики, временные характеристики, частота работы не задаются стандартом *AMBA*. Они определяются на этапе реализации проекта на ПЛИС. Задаваемые стандартом *AMBA* правила построения взаимодействия модулей на шине обеспечивают корректную и эффективную работу проекта при различных технологиях его воплощения в кристалле.

Спецификация *AMBA* и протокол ОШ хорошо согласуются с проектированием синтезируемых параметризуемых модулей и систем на кристалле на

их основе. Так, разрядности и число линий данных не фиксируются однозначно стандартом на шину *AMBA*. Для систем на плате такое умолчание стандарта о разрядности шин может оказаться препятствием для обеспечения совместимости независимо разработанных узлов. Для систем на кристалле наоборот, такая позиция разработчиков стандарта предоставляет необходимую гибкость, адаптируемость применяемых готовых модулей, IP-блоков к требованиям конкретных проектируемых устройств на ПЛИС. Синтезируемые по описанию на языке *VHDL*, узлы легко параметризуются по параметрам такого рода [5, 12]. Язык *VHDL* является необходимым средством для проектирования систем на кристалле [13].

В спецификацию *AMBA* входит совокупность описания трех шин.

AHB — *Advanced High-performance Bus*. Эта шина предназначена для организации коммуникаций между быстродействующими модулями, обладающими сложной системой поведения, такими как процессорные ядра, контроллеры и блоки памяти.

ASB — *Advanced System Bus*. Эта шина так же предназначена для организации системы коммуникаций между модулями, обладающими сложной системой поведения, но меньшим быстродействием.

APB — *Advanced Peripheral Bus*. Эта шина предназначена для организации взаимодействия ядра системы на кристалле с периферийными блоками. Протокол обмена по этой шине упрощен по сравнению с протоколами *AHB* и *ASB*.

В стандарте *AMBA* предусмотрено три варианта физической реализации подключения устройств: по схеме с тремя состояниями, по схеме с мультиплексированием выходов, по схеме с логикой «ИЛИ». Для систем на кристалле, в соответствии с требованиями технологии, наиболее широкое применение получила схема с мультиплексированием выходов [4]. Поскольку в настоящее время для построения систем на кристалле используется, в основном, схема подключения устройств к шине с мультиплексированием выходов, в дальнейшем будет рассматриваться именно она.

Каждое из устройств шины *AHB* может принадлежать к одному из следующих типов:

- ведущее устройство, способное начинать циклы обмена по шине;
- ведомое устройство, способное отвечать на запросы ведущего устройства;
- арбитр – устройство, управляющее предоставлением доступа ведущих и ведомых устройств к шине в соответствии с выбранной схемой арбитража.

Каждое ведущее устройство связано с арбитром выделенными линиями запроса шины и подтверждения получения шины. Арбитр в соответствии с выбранной в системе схемой арбитража определяет, какому ведущему устройству будет предоставлена шина.

Материалы, методы и ход исследования. В ходе накопления материала при работе над статьей рассматривались альтернативные варианты проектирования буферного устройства памяти, в том числе и уже отчасти разработанные автором [14,15,16,17] и [18,19,20].

Опираясь на приведенный обзор, примем, что устройство реализуется аппаратно, что не требует мощных ресурсов системы и делает его независимым от быстродействия ЦП. При прямом подключении к ОШ ЦП разрабатываемое устройство придется включать в состав материнской платы, что приведет к увеличению стоимости устройства и его универсальности (устройство будет рассчитано на работу только с определенным классом ЦП и определенной архитектурой системы). Буферное устройство располагается в подсистеме «процессор – память», то есть оно в любом случае будет располагаться на системной плате компьютера. Межпроцессорной шиной для данной разработки является высокопроизводительная шина *AMBA AHB*, о которой также было упомянуто выше. Предполагается поделить данную подсистему «процессор – память» на две подсистемы: «процессор – буферное устройство» и «буферное устройство – память».

Рассмотрим принцип работы подсистемы «процессор – буферное устройство» (рисунок 2, а). В начале ЦП должен осуществить проверку линии блокировки, определяющую свободна или занята ОШ в данный момент времени и гарантирующую монопольное владение ОШ одним из ЦП. Примем, что сигнал «1» на этой линии соответствует событию, при котором ОШ свободна. ЦП, которому нужно посредством ОШ произвести некоторые операции, опрашивают линию блокировки. В случае обнаружения на ней высокого потенциала, он посылают запросы в арбитр по своим линиям запроса. ЦП с наивысшим приоритетом, определяемым по некоторому правилу арбитром, получит сигнал подтверждения запроса, что является разрешением для занятия ОШ. После того, как ЦП занял ОШ, определяется тип подлежащей выполнению операции: чтение или запись.

В случае операции записи в самом начале буфер записи проходит проверку на наличие свободных ячеек. Если буфер полон и свободных ячеек памяти нет, то ЦП переводится в «спящее» (ожидающее) состояние, в котором находится до освобождения хотя бы одной ячейки буфера записи. Если место для записи есть, происходит запись адреса и данных в буфер записи, после чего ЦП освобождает ОШ. Если выбрана операция чтения, то также вначале проверяется буфер чтения на наличие свободных ячеек, если таковых нет, ЦП также переводится в состояние ожидания до тех пор, пока не появятся свободные ячейки. Если свободные ячейки есть, то происходит запись адреса, по которому запросившему ЦП должны быть предоставлены данные для чтения.

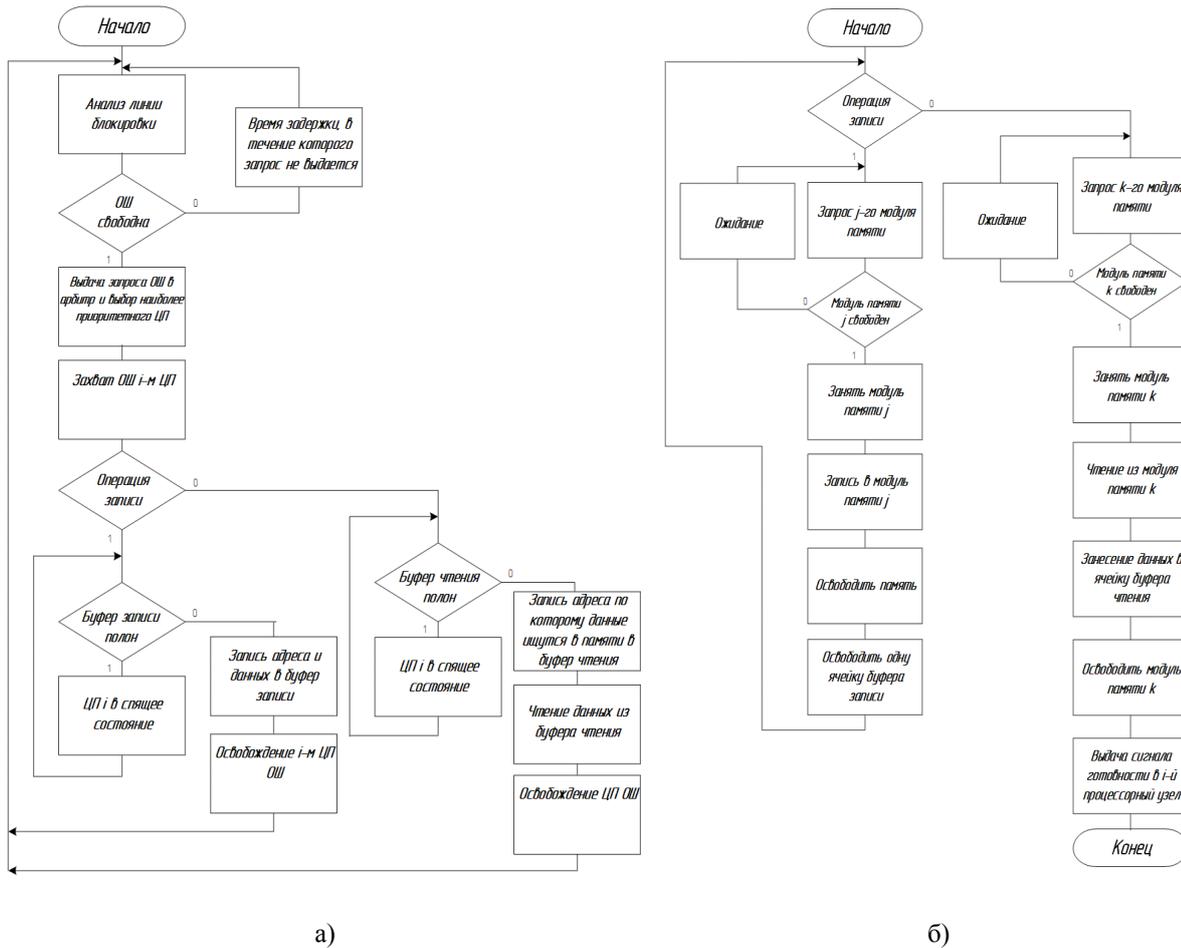


Рисунок 2 – Алгоритмы функционирования подсистем «процессор – буферное устройство» (а) и «буферное устройство – память» (б)

После физического чтения из памяти или ассоциативного поиска в буфере записи по указанному адресу будут считаны данные в буфер чтения. Буферное устройство сигнализирует ЦП, которому предназначались выбранные данные, о готовности, и он прочитает данные из буфера чтения, после чего освободит ОШ.

Рассмотрим алгоритм функционирования подсистемы «буферное устройство – память» (рисунок 2, б). Изначально производится выборка типа операции: запись или чтение. При операции записи происходит запрос j -го модуля памяти, в который будут записаны данные, переданные буферному устройству ЦП. Затем происходит проверка j -го модуля памяти на занятость: если он занят, то необходимо ожидание, если свободен, то происходит его занятие и запись данных по указанному адресу. Затем память освобождается и также освобождается одна ячейка буфера записи: $СчБЗ := СчБЗ - 1$, где $СчБЗ$ – счетчик (семафор) буфера записи (в данном проекте $СчБЗ = 10$, т.е. емкость буфера записи равна 10 ячеек). При операции чтения происходит запрос k -го модуля памяти, из которого будут прочитаны данные в буферное устройство, для их последующей передачи соответствующему ЦП. Затем происходит

проверка k -го модуля памяти на занятость: если он занят, то необходимо ожидание, если свободен, то происходит его занятие и чтение данных по указанному адресу. Затем прочитанные данные заносятся в ячейку буфера чтения: $СчБЧ := СчБЧ + 1$, где $СчБЧ$ – счетчик (семафор) буфера чтения (в данном проекте $СчБЧ = 30$, т.е. емкость буфера чтения равна 30 ячеек). После этого модуль памяти освобождается, а буферное устройство сигнализирует запросивший i -й ЦП о готовности.

Как правило, в вычислительных системах на практике получается 75 – 80% всех заявок – заявки на чтение, а 20 – 25% – заявки на запись [6,9]. Из этого видно, что соотношение заявок на запись и заявок на чтение равно примерно 1:3 (или 1:4). В данном проекте примем соотношение равным 1:3. Для примера примем емкость буфера записи 10 ячеек (слов), а емкость буфера чтения 30 ячеек (слов)

Описываемое в статье устройство предполагается спроектировать на базе FPGA *Xilinx Spartan IIe*. Разрабатываемое буферное устройство работает по интерфейсу шины *AMBA AHB*. На рисунке 3 представлена упрощенная схема интерфейса ведущего устройства, ведомого устройства и арбитра для шины *AMBA AHB*.

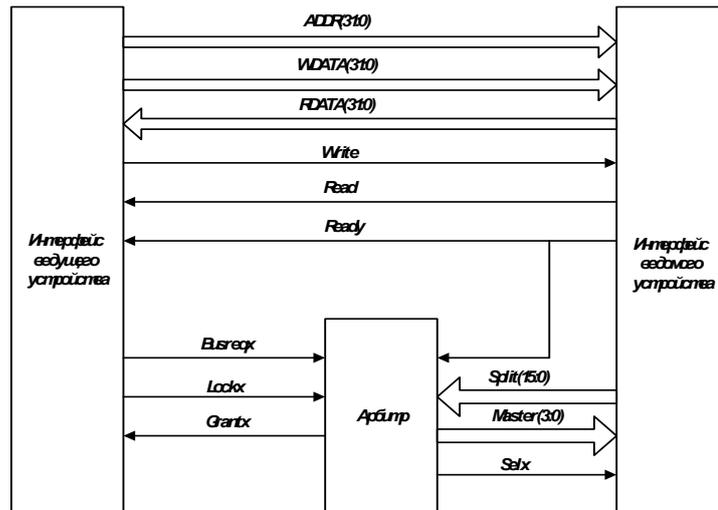


Рисунок 3 – Интерфейсы ведомого устройства, ведущего устройства и арбитра на шине AMBA AHB

В состав функциональной части устройства входит непосредственно модуль буферного устройства памяти. Проектирование буферного устройства и отладка его работы проходили в САПР *Xilinx ISE v.9.2*. Для простоты реализации и гибкости алгоритмов работы устройства его конфигурация описана на языке *VHDL* – стандартизованном языке высоко-го уровня для описания аппаратуры.

При написании *VHDL*-кода схемной реализации как таковой не получается, если не придерживаться описания конкретного элемента для *VHDL* (например, описание функционирования регистра, счетчика, дешифратора и т.п.) [4,12,13]. Выделим функциональные блоки:

- блок добавления транзакции в очередь чтения;
- блок добавления транзакции в очередь записи;
- блок увеличения указателя на голову буфера чтения и увеличения очереди чтения;
- блок увеличения указателя на голову буфера записи и увеличения очереди записи;
- блок поиска данных в буфере записи при совпадении адресов с буфером чтения;
- блок чтения из памяти по указанному адресу;
- блок увеличения указателя на хвост очереди обработанных сообщений;
- блок записи в память по указанному адресу;
- блок увеличения указателя на хвост буфера записи;
- блок выдачи данных ЦП, инициировавшему запрос на чтение.

Все представленные блоки были описаны в работах [19, 20].

Фрагменты реализации рассматриваемого устройства в виде *VHDL*-кода представлены ниже.

```
p0: process(Addr, R, W, Clk)
variable BuffPtr: natural range 0 to (SIZE_QUEUE_WRITE - 1) := 0;
begin
    if (Clk = '1' and Clk'event)
    then
        BuffTail <= TailRead;
```

```

Sel='1')
    if (TypeTrans='0' and W='1' and R='0' and
    then
        BufferReadA(HeadRead) <= Addr;
        BufferReadMID(HeadRead) <= MasterId;
        if (HeadWrite = (SIZE_QUEUE_READ - 1))
        then
            HeadRead <= 0;
        else
            HeadRead <= HeadRead + 1;
        end if;
        QueueSizeRead <= QueueSizeRead + 1;
    elsif (TypeTrans='1' and W='1' and R='0' and Sel='1')
    then
        BufferWriteA(HeadWrite) <= Addr;
        BufferWriteD(HeadWrite) <= DataRead;
        if (HeadWrite = (SIZE_QUEUE_WRITE - 1))
        then
            HeadWrite <= 0;
        else
            HeadWrite <= HeadWrite + 1;
        end if;
        QueueSizeWrite <= QueueSizeWrite + 1;
        elsif (R = '1' and Sel = '1')
        then
            DataWrite <= BufferReadD(TailRead);
    if (TailRead = (SIZE_QUEUE_READ - 1))
    then
        TailRead <= 0;
    else
        TailRead <= TailRead + 1;
    end if;
    QueueSizeRead <= QueueSizeRead - 1;
    BufferReadCpl(BuffTail) <= '0';
    elsif (R = '0' and W = '0')
    then
        if (QueueSizeRead /= 0)
        then
            if (TailCpl /= HeadRead)
            then
                BuffPtr := TailWrite;
                for BuffSize in 0 to (SIZE_QUEUE_WRITE - 1)
                loop
                    exit
                    when (BufferReadA(TailCpl) = BufferWriteA(BuffPtr));
                    if (BuffPtr = (SIZE_QUEUE_WRITE - 1))
                    then
                        BuffPtr := 0;
                    else
                        BuffPtr := BuffPtr + 1;
```

```

end if;
end loop;
if (BufferReadA(TailCpl) = BufferWriteA( BuffPtr))
then
BufferReadD(TailCpl) <= BufferWriteD( BuffPtr);
else
OutAddr <= BufferReadA(TailCpl);
MemR <= '1';
MemR <= '0' after 50 ns;
BufferReadD(TailCpl) <= OutData;
end if;
BufferReadCpl(TailCpl) <= '1';
if (TailCpl = (SIZE_QUEUE_WRITE - 1))
then
TailCpl <= 0;
else
TailCpl <= TailCpl + 1;
end if;
end if;

elseif (QueueSizeWrite /= 0)
then
OutAddr <= BufferWriteA(TailWrite);
OutData <= BufferWriteD(TailWrite);
MemW <= '1';
MemW <= '0' after 10 ns;
if (TailWrite = (SIZE_QUEUE_WRITE - 1))
then
TailWrite <= 0;
else
TailWrite <= TailWrite + 1;
end if;
QueueSizeWrite <= QueueSizeWrite - 1;
end if;
end if;
end if;

end process;
p2: process(QueueSizeRead, QueueSizeWrite)
begin
if (QueueSizeRead = SIZE_QUEUE_READ)
then
ReadFull <= '1';
else
ReadFull <= '0';
end if;
if (QueueSizeWrite = SIZE_QUEUE_WRITE)
then
WriteFull <= '1';
else
WriteFull <= '0';
end if;
end process;
p3: process(BufferReadCpl)
variable BusySplit : STD_LOGIC := '0';
begin
if (BufferReadCpl( BuffTail) = '0' and BusySplit = '1')
then
BusySplit := '0';
BuffSplit <= x"0";
end if;
if (BufferReadCpl(TailRead) = '1' and BusySplit = '0')
then
BusySplit := '1';
BuffSplit(conv_integer(BufferReadMID(TailRead))) <= '1';
end if;
end process;
Split <= BuffSplit;
end Behavioral;

```

После моделирования полученного кода и его отладки выполнены размещение и трассировка межсоединений синтезируемой схемы на кристалле *FPGA*, а также ее верификация по временным диаграммам сигналов (рисунок 4).

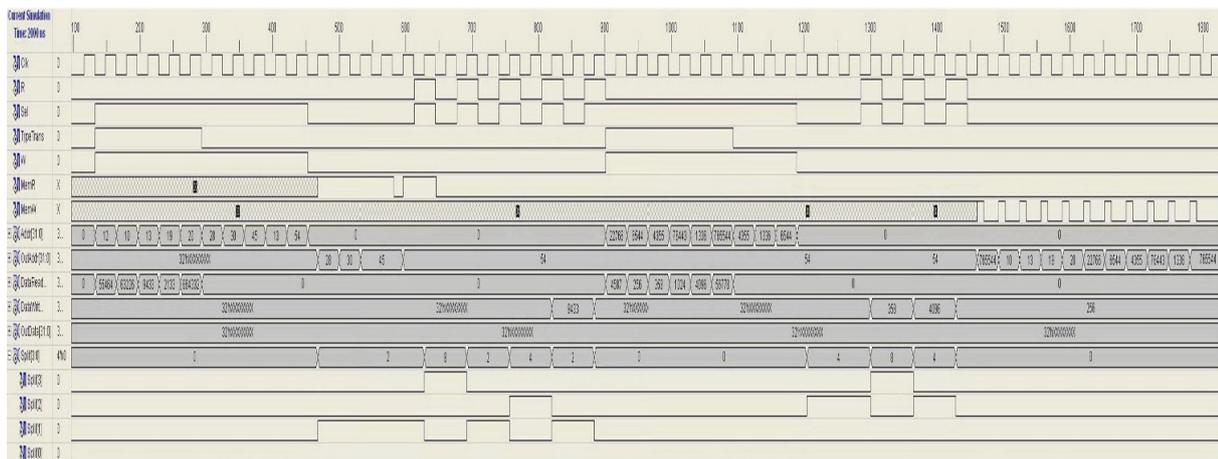


Рисунок 4 – Временные диаграммы работы устройства

Остановимся подробнее на временных диаграммах, полученных в ходе моделирования. На диаграмме имеются следующие сигналы: *clk* – тактовый сигнал, *R* – сигнал чтения, *TypeTrans* – сигнал выбора операции (1 – запись, 0 – чтение), *W* – сигнал записи, *MemR* – сигнал чтения из памяти, *MemW* – сигнал записи в память, *Addr[31:0]* – 32-разрядный адрес, *OutAddr[31:0]* – адрес на выходе устройства, *DataRead[31:0]* – 32-разрядные данные на запись, *DataWrite[31:0]* – 32-разрядные данные на чтение, *OutData[31:0]* – 32-разрядные данные на запись в

память (чтение из памяти), *Split[3:0]* – сигнал «1» указывает на готовность буферного устройства к завершению расщепленной транзакции от соответствующего процессора, *MID* – идентификатор ЦП, *WriteFull* – сигнал переполнения буфера записи, *ReadFull* – сигнал переполнения буфера чтения, *queuesizeread* – размер очереди чтения, *headread* – «голова» очереди чтения, *tailread* – «хвост» очереди чтения, *queuesizewrite* – размер очереди записи, *headwrite* – «голова» очереди записи, *tailwrite* – «хвост» очереди записи, *bufTail* – «хвост» очереди

буфера, *tailcpl* – «хвост» очереди обработанных заявок на чтение. Допустим, в момент времени 127 нс появляется сигнал «1» на линиях *Sel*, *TypeTrans*, *W*. На этих линиях он держится в течение 5 тактов, т.е. приходит 5 заявок на запись по соответствующим адресам в десятичной системе счисления (12,10,13, 19,20). Также выставляются данные на линии данных для записи в память по указанным адресам. В это время происходит увеличение длины очереди записи и указателя на «голову» буфера записи. Затем сигнал *TypeTrans* принимает значение «0», что соответствует операции чтения. Теперь в состоянии «1» остаются только сигнал *Sel* и *W*. На протяжении 5 тактов формируется очередь чтения. На линии адреса выставляются адреса, а на линии *MID* – идентификатор ЦП. Затем сигналы *Sel*, *TypeTrans*, *W* принимают значения «0» и начинается обработка очереди транзакций. Приоритет у процесса чтения здесь выбран наивысшим, поэтому сначала обрабатывается очередь чтения, затем очередь записи. Если адрес в буфере чтения совпадает с адресом в буфере записи, то данные берутся напрямую из буфера записи без обращения в память. На временной диаграмме этот процесс отображается: адрес 13 присутствует и в буфере записи и в буфере чтения, по этому адресу данные сразу выбираются из буфера записи. Если же адреса не совпадают, то буферное устройство обращается к памяти. В момент обращения к памяти на линию *MemR* выставляется сигнал «1». Когда очередь обработанных сообщений сформируется, буферное устройство сигнализирует запрашивающий ЦП о готовности, установив сигнал *Split* (номер процессора) в значение «1», после чего процессор забирает свои данные. После обработки очереди чтения обрабатывается очередь записи. Далее, при поступлении заявок на чтение или запись, действия повторяются.

САПР *Xilinx ISE* версии 9.2 – бесплатная программа, в состав которой входит целый комплекс дополнительных подпрограмм, облегчающих процесс создания цифровых устройств. Процесс разводки и трассировки схемы можно выполнить как в автоматическом режиме, так и в ручном. Программа *Xilinx FPGA Editor* позволяет производить такие действия. Данная программа позволяет подробно рассмотреть все задействованные элементы на кристалле, в частности межсоединения между задействованными конфигурируемыми логическими блоками КЛБ и структуру отдельных КЛБ.

Заключение. Предложен вариант реализации буферного устройства памяти МВС на базе ПЛИС типа *FPGA*, монтируемого непосредственно на системной плате МВС. Связь буферного устройства с ЦП производится по интерфейсу ОШ *AMBA AHB*.

Разработанное устройство позволяет выполнять следующие функции:

- 1) запись данных в буфер записи;
- 2) чтение из буфера чтения (в режиме расщепления транзакций);

- 3) запись адреса в буфер записи;
- 4) запись адреса в буфер чтения;
- 5) выборка данных из буфера записи при совпадении адресов;
- 6) слежение за переполнением буферного устройства.

Разработанное на кристалле *Xilinx Spartan-III xc2s300efg456* устройство может найти применение в универсальных или специализированных МВС на базе сигнальных процессоров типа *TMS320* или аналогичных процессоров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Безуглов Д.А., Калиенко И.В. Цифровые устройства и микропроцессоры. Учебное пособие. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 480 с.
2. Бибило П. Н. Основы языка *VHDL*: Москва, СОЛОН-Р, 2002. – 224 с.
3. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608с.
4. Гук М. Аппаратные интерфейсы ПК. Энциклопедия. – СПб.: Питер, 2003. – 528 с.
5. Мартышкин А.И. Математическое моделирование аппаратного буфера памяти многопроцессорной системы // Опико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации: Сборник материалов XII Международной научно-технической конференции. – 2015. – С. 247–249.
6. Мартышкин А.И., Мартенс-Атышев Д.С. Математическое моделирование подсистемы памяти мультипроцессоров с буферным устройством с единой очередью на основе открытых сетей массового обслуживания // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. – 2016. – № 6-2. – С. 79–85.
7. Мартышкин А.И. Организация и принципы работы аппаратного буферного устройства памяти многопроцессорной системы // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта. – 2017. – №4. – С. 420–425.
8. Мартышкин А.И. Математическое моделирование подсистемы памяти мультипроцессоров с буферным устройством с распределенными очередями на основе открытых сетей массового обслуживания // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. – 2016. – № 6-2. – С. 67–73.
9. Мартышкин А.И. Реализация аппаратного буфера памяти многопроцессорной системы // Новые информационные технологии и системы: Сборник научных статей XII Международной научно-технической конференции. – 2015. – С. 96–99.
10. Мартышкин А.И. Функциональная организация и алгоритмы работы аппаратного буферного устройства памяти многопроцессорной вычислительной системы // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 12-3. – С. 518–522.
11. Мартышкин А.И. Разработка аппаратного буферного устройства памяти многопроцессорной

системы // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 12–3. – С. 485–489.

12. Сергиенко А. М. VHDL для проектирования вычислительных устройств: ЧП «Корнейчук», ООО «ТИД ДС», 2003. – 208 с.

13. Суворова Е. А., Шейнин Ю. Э. Проектирование цифровых систем на VHDL. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 576 с.

14. Суворова Е.А., Шейнин Ю.Е. Язык VHDL для проектирования систем на СБИС: Учебное пособие. / ГУАП, СПб., 2001. – 212 с.

15. Таненбаум Э., Бос Х. Современные операционные системы. – СПб.: Питер, 2015. – 1120 с.

16. Хамахер К., Вранешич З., Заки С. Организация ЭВМ 5-е издание. Перевод с английского О. Здир. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2003. – 848 с.

17. Хокни Р., Джессхоуп К. Параллельные ЭВМ: архитектура, программирование и алгоритмы. М.: Радио и связь, 1986. – 392 с.

18. Цилькер Б.Я. Организация ЭВМ и систем: Учебник для вузов / Б.Я. Цилькер, С.А. Орлов. – 2-е изд. - СПб.: Питер, 2011. – 688 с.

19. AMBA Specification. Rev 2.0. – ARM Limited, 1999. – 230 p.

20. Hennessy, J.L., Patterson, D. A. «Computer architecture: a quantitative approach», 5th Edition, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, USA, 2012. – 857 p.

Статья публикуется при поддержке гранта РФФИ «Конкурс на лучшие проекты фундаментальных научных исследований, выполняемые молодыми учеными, обучающимися в аспирантуре» (Грант № 19-37-90093 Аспиранты).

Статья поступила в редакцию 22.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 004.942

РАЗРАБОТКА ГРАФИЧЕСКОГО РЕДАКТОРА ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ МАНЕВРОВОЙ РАБОТЫ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ТРАНСПОРТЕ

© 2019

Нечай Татьяна Алексеевна, младший научный сотрудник кафедры
«Информационные технологии и системы»

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

Роганов Владимир Робертович, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Информационные технологии и системы»
Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: vladimir_roganov@mail.ru)

Кувшинова Ольга Александровна, ст. преподаватель кафедры
«Информационно-вычислительные системы»

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
(440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28, e-mail: oly791702@mail.ru)*

Короп Геннадий Викторович, доцент кафедры «Информационные технологии и системы»
Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко

(91000, Луганская Народная Республика, г. Луганск, ул. Оборонная, 2, e-mail: korop_g@mail.ru)

Аннотация. В статье проанализировано нынешнее состояние промышленного железнодорожного транспорта, поддерживается идея цифровизации отрасли, позволяющая без изменения существующей структуры улучшить планирование работы предприятия. Для объективной оценки оперативной обстановки и выбора оптимального варианта ведения маневровой работы рассмотрена задача разработки графического редактора по построению путевых схем для специализированной информационно-вычислительной системы планирования маневровой работы на промышленных предприятиях. Для разрабатываемого редактора сформулированы требования к базам данных, а также представлена их структура с разделением на постоянную и оперативную базы данных. Представленный в статье графический редактор позволяет строить геометрическое развитие путевых элементов, вводить характеристики и параметры стрелочных переводов, структуры путей и их характеристик. Таким образом, объединение существующих методов ведения маневровой работы с новыми подходами в одном программном комплексе создало удобный инструмент для помощи в оперативном планировании, а также выявлении узких мест и стратегий управления ими, улучшило взаимосвязь промышленного и магистрального транспорта.

Ключевые слова: оперативное планирование, маневровая работа, база данных, редактор, интерфейс, путевое развитие, вагон, локомотив, время, суточный план-график.

DEVELOPMENT OF GRAPHIC EDITOR FOR SPECIALIZED INFORMATION AND COMPUTING SYSTEM FOR PLANNING OF MANEUVERING WORK IN INDUSTRIAL TRANSPORT

© 2019

Nechay Tatyana Alekseevna, Junior Researcher, Department of “Information Technologies and Systems”
Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baidukova passage / Gagarina St., 1a/11, e-mail: tanyanechay@bk.ru)

Roganov Vladimir Robertovich, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the department “Information Technologies and Systems”
Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baidukova passage / Gagarina St., 1a / 11, e-mail: vladimir_roganov@mail.ru)

Kuvshinova Olga Alexandrovna, Art. Lecturer, Department of Information and Computing Systems
Penza State University of Architecture and Construction

(440028, Russia, Penza, German Titov St., 28, e-mail: oly791702@mail.ru)

Korop Gennadiy Viktorovich, Associate Professor
of the Department “Information Technologies and Systems”
National University named after Taras Shevchenko

(91000, Lugansk People 's Republic, Lugansk, Oboronnaya St., 2, e-mail: korop_g@mail.ru)

Abstract. The article analyses the current state of industrial railway transport, supports the idea of digitalization of the industry, which allows to improve the planning of the enterprise without changing the existing structure. In order to objectively assess the operational situation and choose the optimal option for the conduct of maneuvering work, the task of developing a graphic editor for the construction of travel schemes for a specialized information and computing system for the planning of maneuvering work at industrial enterprises has been considered. For

the editor being developed, the requirements for databases are formulated, as well as their structure is presented with division into permanent and operational databases. The graphic editor presented in the article allows to build geometric development of track elements, to enter characteristics and parameters of arrow translations, structure of paths and their characteristics. Thus, the integration of existing maneuvering methods with new hikes in one software complex has created a convenient tool to assist in operational planning, as well as the identification of bottlenecks and their management strategies, and has improved the interconnection of industrial and main transport.

Keywords: operational planning, maneuvering, database, editor, interface, track development, car, locomotive, time, daily schedule.

Введение. Развитие современного промышленного производства в условиях цифровой экономики предполагает использование территориально распределённых производственных структур, объединённых единой логистической сетью. В качестве элементов такой структуры часто выступают производства, спроектированные в 20-30 годах прошлого века, логистическая структура которых соответствует представлениям того времени [1].

Задача оптимизации планирования сложившейся системой может производиться за счет изменения существующей структуры, но это требует больших материальных затрат, а также увеличение площади элементов подобных структур зачастую невозможно физически.

Одним из средств решения этой задачи является тотальная цифровизация всех процессов, которая, не изменяя материальную инфраструктуру, решит задачу кратной оптимизации логистики на промышленном транспорте. Цифровизация также позволит исследовать существующую систему и разработать математические модели и алгоритмы взаимодействия информационных процессов и структур на промышленном железнодорожном транспорте [2].

Анализ информации, на основании которой принимаются решения о планировании грузовой и маневровой работы предприятия также показал необходимость разработки систем информатизации для оперативного управления [3]. Это требует разработки новых подходов к процессу сбора, хранения, переработки и вывода информации на основании использования специализированных информационно-вычислительных систем.

Одной из недостаточно исследованных процессов на транспорте, является планирование маневровой работы в условиях промышленного транспорта, несмотря на то, что она включает в себя все виды передвижений маневровых локомотивов с вагонами, т.е. является связующим звеном между грузовыми операциями.

Существующие исследования в области маневровой работы на промышленном железнодорожном транспорте можно разделить по следующим категориям:

- планирование и нормирование путем анализа статистических данных и корректировка существующих аналитических методик расчетов [4];
- оптимизации, связанные с экономией топлива при маневрах [5];
- оптимизация методов маневровой работы, на-

пример, сокращение количества маневровых полурейсов при сортировочной работе при различном количестве доступных путей [6,7].

Для решения задачи улучшения планирования, необходимо моделировать все процессы, характерные для управления промышленным железнодорожным транспортом с учётом специфики конкретного предприятия [8]. Это позволит объединить имеющийся опыт, создав пакет прикладных программ, ориентированный на решение задач сбора информации и предложения рекомендаций по управлению промышленным железнодорожным транспортом.

Таким инструментом на первом этапе должен выступить графический редактор, который позволит внести все требуемые характеристики, а на следующем этапе – визуализатор, позволяющий моделировать процессы движения, исследовать систему логистики на транспорте, а также найти узкие места [9]. Ниже на рисунке 1 представлена общая схема работы системы ввода информации и визуализации процессов перемещений составов на ил

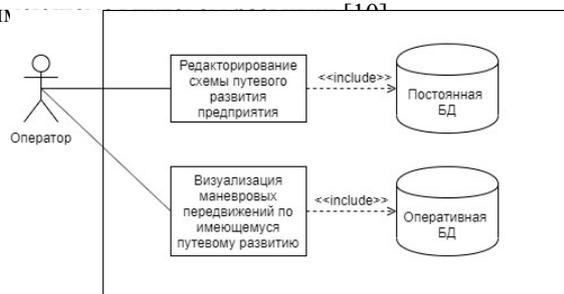


Рисунок 1 – Общая схема системы модулей для ввода информации и визуализации процессов перемещений составов на имеющемся путевом развитии

Также к подобной системе должно выдвигаться требование интеграции полученной информации в существующую систему оперативного управления, например, суточный план-график. В дальнейшем такой программный продукт позволит применить математические модели и алгоритмы, не изменяя материальную инфраструктуру сложившегося путевого развития.

Для вышеизложенных целей и был разработан специальный редактор, в котором перечерчивается путевое развитие станции, и однократно вносятся все характеристики стационарных элементов.

В рамках разработки системы планирования и управления железнодорожным комплексом

промышленного предприятия, в качестве среды визуального программирования был выбран RAD Studio XE8, который позволяет быстро и удобно вести разработку программного обеспечения для операционной системы Windows.

RAD Studio XE8 - максимальное полное решение объединяющее ранее отдельные продукты Delphi [11,12], C++ Builder и C# Builder в одну среду (IDE). Таким образом, предлагаемый продукт является интегрированной средой разработки, который позволяет создание приложений на языках Delphi, C, C++ и C# в рамках единого пакета [13,14].

Для разработки баз данных была использована СУБД Firebird [15]. К преимуществам данной СУБД следует отнести следующее: небольшой размер установочного пакета, работа на большом количестве платформ, хорошая поддержка в RAD Studio XE8, нетребовательность к ресурсам, достаточно хорошую производительность для большого объема данных, легкую установку и достаточно легкое администрирование. Среди недостатков следует выделить: слабую поддержку многопроцессорных систем, хранения версий данных на страницах данных, что может привести к значительному снижению быстродействия, отсутствие лога транзакций, отсутствие межбазовых запросов.

При анализе структуры системы очевидно, что среди других элементов важное место занимают базы данных [16]. Они используются для хранения большого количества однотипной информации, необходимой для функционирования различных блоков разрабатываемой системы.

С одной стороны, к такой информации можно отнести данные учета приемо-сдаточных операций (количества перевозимого груза, типа груза, времени прибытия и отправки груза и т.д.), данные, которые описывают внутреннюю деятельность предприятия (перечень запланированных операций, занятость вагонов в этих операциях, типов используемых вагонов, типов груза, занятость пути предприятия и т.д.). С другой - необходимо также централизованно хранить информацию о структуре путевого развития, характеристики путей, нормальное положение стрелочных переводов и др.

Было принято решение разделить необходимую информацию между двумя базами данных. Одна из них предназначена для хранения оперативной информации, а вторая – для относительно постоянной. Далее опишем каждую из них более подробно. Деятельность предприятия связана с большим количеством документов. Часть из них касается непосредственно и деятельности железнодорожного подразделения. Основными документами, которые заполняет оператор при регистрации операций и отправки вагонов является натурный лист – документ, содержащий подробную информацию о составе: станция назначения груза, город и государство назначения, дата отправки, ФИО регистратора и перечень вагонов. Для каждого вагона указывается его регистрационный номер, тип, название груза и вес вагона.

К оперативной информации на предприятии относятся данные, позволяющие вести контроль и учет различных транспортных операций. Вместе с этим решается вопрос учета занятости вагонов на предприятии, так как за каждый час использования внешнесетевых вагонов с предприятия снимают арендную плату (которая с течением времени нахождения вагонов на предприятии, увеличивается в экспоненциальной зависимости).

Еще одним важным документом, является лист операций, выполняемых с вагоном. Разрабатывая базу данных, требуется также реализовать возможность закреплять каждую зарегистрированную операцию за конкретным оператором, потому что в случае возникновения проблем необходимо найти ответственного. То есть необходимо авторизовать каждого рабочего перед началом работы с системой. Все эти требования были учтены при проектировании баз данных [17].

Для работы функциональных блоков системы (например, блока расчета плана ведения маневренной работы, блока построения плана загрузки вагонов на грузовых фронтах и т.д.) необходима информация о структуре путевого развития предприятия, характеристики путей, нормального положения железнодорожных стрелок, маршрутов передвижения и тому подобное [18]. Эти данные обычно заносятся в базу один раз, потому что изменение характеристик объектов, которые она описывает, сопровождается большими финансовыми затратами, и поэтому происходит крайне редко. Именно поэтому было решено отделить эту информацию от оперативной и хранить ее в Постоянной базе данных.

Для проведения необходимых расчетов всем блокам разрабатываемой системы планирования и управления железнодорожным комплексом необходим доступ к данным о характеристиках элементов путевого развития предприятия (характеристики путей, характеристики грузовых фронтов, характеристики маневровых зон и т.д.). Для редактирования этих данных было разработано специальное ПО - клиент базы данных.

Разработанный клиент базы данных позволяет вносить и изменять следующую информацию:

- характеристики маневровых зон;
- характеристики железнодорожных путей;
- характеристики стрелочных переводов;
- расстояния между соседними стрелочными переводами;
- данные о маршрутах движения (включая список стрелочных переводов, проходимых подвижным составом при движении по этому маршруту);
- характеристики грузовых фронтов;
- данные о типах грузов и типы вагонов предприятия;
- данные о движении между элементами железнодорожного комплекса.

Примеры главного окна клиента базы данных путевого развития предприятия приведены на рисунке 2.

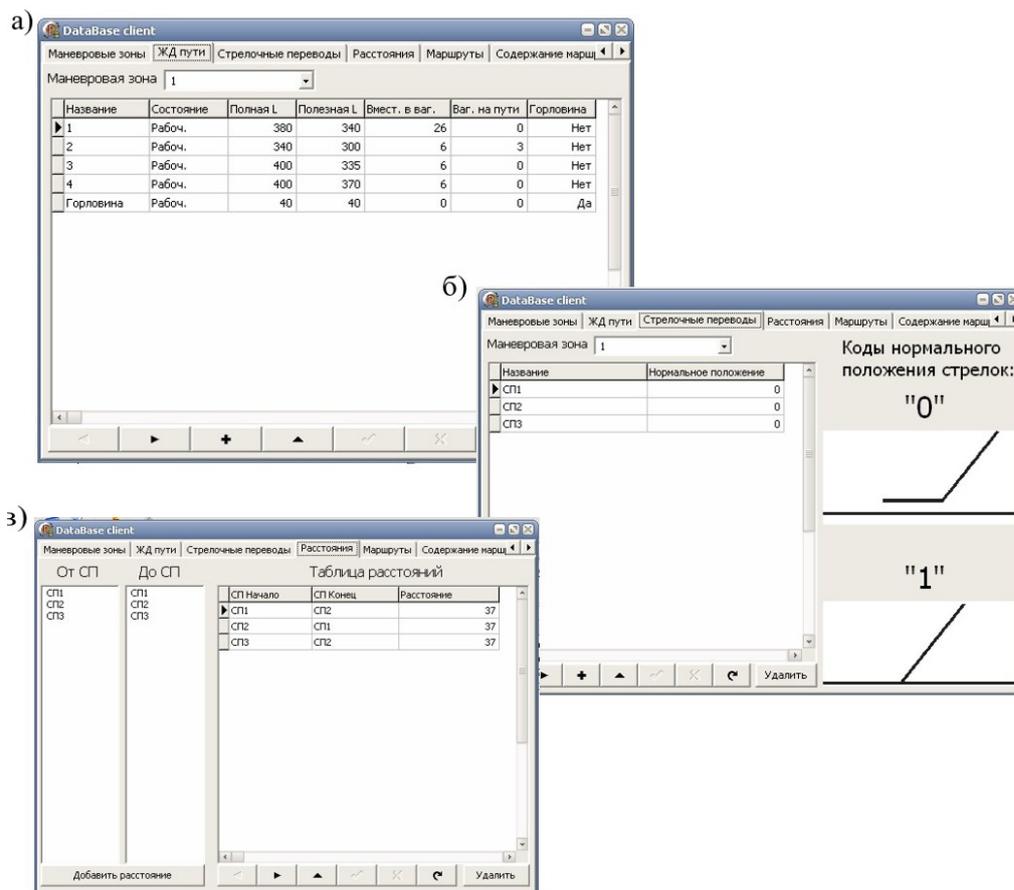


Рисунок 2 – Примеры окон клиента базы данных путевого развития предприятия:

- а) характеристика пути; б) характеристика стрелочных переводов;
в) данные о расстояниях между соседними стрелочными переводами.

С помощью разработанного клиента можно внести изменения в существующей базе, а также заполнить данными абсолютно пустую базу. Параметры подключения к базе данных берутся клиентом из конфигурационного INI-файла, который расположен в папке программы. При необходимости, параметры этого файла можно изменить вручную с помощью любого текстового редактора.

Для работы блока визуализации маневровых передвижений на путях предприятия кроме данных о характеристиках элементов путевого развития также нужны данные о карте путевого развития [19]. Для создания таких карт был разработан специальный редактор карт. Разрабатываемый редактор должен позволять начертить схему путевого развития, установить соответствия между элементами этого путевого развития, занесенными в базу данных, и начерченной схеме, а также сохранить созданную карту в базу данных для последующего использования другими блоками.

Стоит сразу определиться с терминами «схема» и «карта». Под схемой понимается набор отрезков, заданных точками, и надписей, которые отражают все элементы путевого развития предприятия. Под

картой понимается совокупность точек, которые отвечают определенным элементам путевого развития, зарегистрированным в базе данных.

Главное окно редактора карт представлено состоит из следующих элементов: панели инструментов; панели навигации; панели работы с картой; непосредственно схемы.

Панель навигации служит для перемещения по схеме (в случае если она вся не помещается в окно программы), а также для загрузки изображения схемы в качестве фонового рисунка (поддерживаемые форматы: *.jpeg и *.bmp).

Панель работы с картой предназначена для установки соответствий между элементами намеченной схемы и элементами путевого развития, зарегистрированными в базе данных. Она имеет несколько вкладок:

- вкладку определения соответствий между элементами схемы и путями, зарегистрированными в базе данных;
- вкладку определения соответствий между элементами схемы и стрелочными переводами, зарегистрированными в базе данных;
- вкладку для отметки дополнительных точек (точек, отражающих склады, депо, другие техноло-

гические здания и надписи)

- вкладку сохранения созданной карты в базу данных, или загрузки ее из базы с целью изменения;
- вкладку просмотра и графического режима ввода маршрутов движения.

В редакторе реализована возможность изменения характеристик визуальных элементов, присутствующих на схеме (линий, текста, точек) и параметров доступа к базе данных. Все параметры сохраняются в конфигурационном INI-файле и при каждом запуске программы считываются оттуда.

Алгоритм работы с редактором следующий:

1. С помощью клиента базы данных вводится информация обо всех элементах путевого развития предприятия;
2. Чертится схема путевого развития на основании подгруженного рисунка реальной схемы в качестве фона;
3. Устанавливается соответствие между всеми

элементами путевого развития, занесенными в базу данных, и элементами схемы их отражающих;

4. Выполняется сохранение созданной карты в базу данных.

Используя разработанный редактор можно внести в базу характеристику и карту путевого развития почти любого предприятия за достаточно небольшой промежуток времени. Созданную таким образом карту можно использовать дальше для визуализации плана ведения маневренной работы или работы железнодорожного комплекса предприятия в целом.

Для более наглядного представления о занятости всех путей и грузовых фронтов предприятия, расположении и порядке следования вагонов и локомотивов по ним, было создано программное обеспечение в виде блока визуализации маневровых передвижений и обработки вагонопотоков. Главное окно программы представлено на рисунке 3.

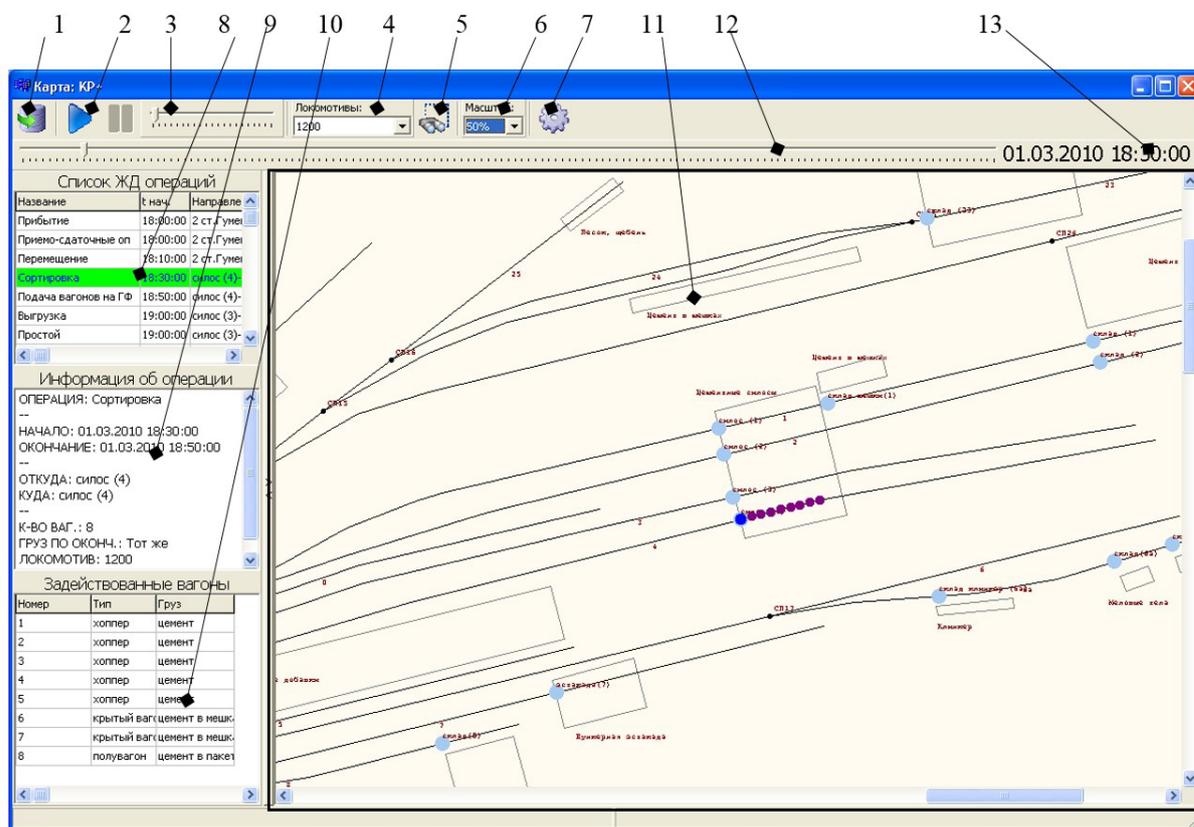


Рисунок 3 – Главное окно блока визуализации маневровых передвижений по имеющемуся путевому развитию

Основной функцией этого ПО является изображение карты путевого развития предприятия с расположенными на ней вагонами и локомотивами на любой момент времени согласно информации, хранящейся в базе данных. Главное окно программы динамического отображения процесса перемещения подвижного состава содержит следующие элементы:

1. Кнопка выбора периода работы и карты;
2. Кнопки включения и отключения автоматиче-

ского течения времени;

3. Регулятор скорости течения времени;
4. Выбор локомотива для поиска;
5. Кнопка поиска локомотива на карте;
6. Масштаб карты;
7. Кнопка вызова окна настройки программы;
8. Список железнодорожных операций, выполняемых за указанный период;
9. Окно детальной информации о выбранной операции;

10. Список вагонов, задействованных в выбранной операции;

11. Схема путевого развития предприятия;

12. Ползунок времени;

13. Текущий момента визуализации.

После нажатия на кнопку выбора периода работы и карты, разработанное ПО позволяет выбрать промежуток времени работы предприятия, и карту, на которой эту работу надо отразить.

Затем начинается загрузка из базы данных карты предприятия всех операций, зарегистрированных в указанный период и перечень вагонов, занятых в этих операциях. Каждая загруженная из базы операция описывается следующими параметрами:

- название операции;
- время начала операции;
- время окончания операции;
- место начала операции;
- место окончания операции;
- локомотив, выполняющий операцию;
- количество задействованных вагонов;
- груз в вагонах по окончании операции.

Каждый вагон, задействованный в той или иной операции, описывается такими параметрами:

- регистрационный номер;
- тип вагона;
- тип груза до начала операции.

Все загруженные операции заносятся в таблицу операций, выполняемых за указанный период. Если выделить отдельную операцию, то по ней можно получить подробную информацию в окне детальной информации о выбранной операции (9) и перечень вагонов, занятых в ней (10).

В программе реализована возможность ручной установки момента времени, в который необходимо отразить ситуацию на путях предприятия, с помощью

ползунка 12. Также есть возможность включения или отключения автоматического течения времени (с помощью кнопок 2) и регулирования скорости течения времени (с помощью регулятора 3). Текущее время выводится в поле 13. По желанию пользователь может отобразить карту предприятия в определенном масштабе (6), а также сделать поиск локомотива на карте (4 и 5). На каждый момент времени программа выводит карту предприятия, определяет и подсвечивает активные операции и отражает, согласно этим операциям, местонахождение вагонов и локомотивов на карте предприятия. В качестве модели движения локомотивов и составов взята линейная модель. То есть все подвижные единицы будут перемещаются с постоянной скоростью, которая будет вычисляться на основании данных о скорости движения и протяженности маршрута. Следует заметить, что координаты размещения грузовых фронтов на карте высчитываются автоматически исходя из данных о длине пути, суммарной длине отрезков, которые ее отражают, и расстоянии от начала пути до грузового фронта. Таким образом, разработанное ПО позволило выполнять исследования по улучшению планирования маневровой работы на промышленном транспорте.

Следующим шагом исследований предполагается интеграция с основным инструментом суточного планирования на промышленном транспорте – суточным планом-графиком. Построение суточного плана-графика – достаточно долгий и трудоемкий процесс. К тому же, при ручном построении существует вероятность допустить ошибки при исчислении времени проведения грузовых операций.

Пример графика представлен на рисунке 4.

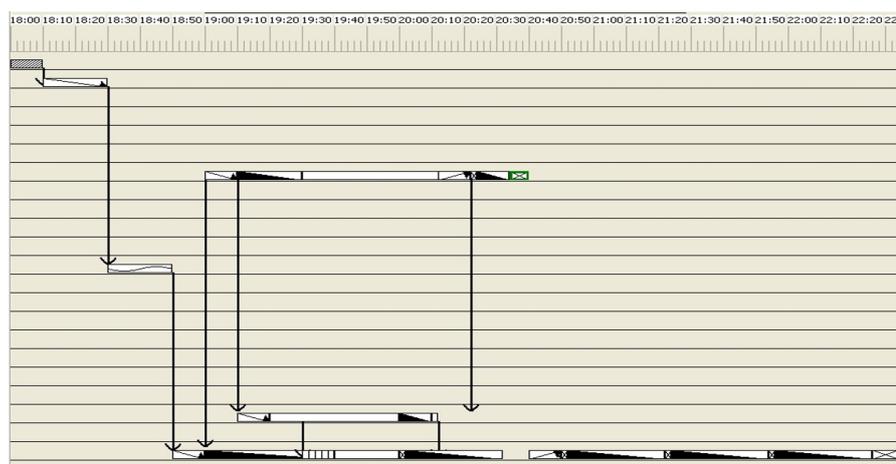


Рисунок 4 – Пример построения суточного плана-графика с выделенной маневровой операцией

На графике вертикальными линиями отображаются перемещения локомотива между путями и грузовыми фронтами, по горизонтали выводится продолжительность грузовых операций. Пустой прямоугольник с наклонной стрелкой

показывает длительность маневровой работы. Такой формат не всегда удобен, особенно не для специалиста. К тому же на нем время движения закладывается нормативное, что за частую приводит к отклонению фактической обстановки от

планируемой.

Алгоритм работы оператора с редактором суточного плана графика заключается в следующей последовательности действий:

1. Если на плане есть хотя бы одна грузовая или маневровая операция, для него может быть применен метод продолжения существующей операции. Для применения этого метода нужно выделить одну из операций нажатием левой кнопки мыши (выделенная операция будет обозначена рамкой), после чего система перейдет в состояние ожидания операции, мы добавим на суточный план-график после выделенной. Одновременно может быть выделена только одна операция для продолжения.

2. Добавленная операция будет выполняться после выделенной таким же образом, как и с помощью панели инструментов, но программа автоматически выполнит необходимые вычисления: проверку доступности локомотива, который будет выполнять маневровые операции, время, необходимое для перегона, и другое. Работа локомотива и перемещения вагонов будет отмечена на суточном плане-графике автоматически в виде элементов графической панели. Интеграция разработанного редактора с возможностью визуализировать суточное планирование улучшит планирование работы предприятия.

Обсуждение. Принципы улучшения планирования маневровой работы, рассмотренные в статье, по отдельности подтвердили свою эффективность и дали положительный эффект на промышленном предприятии железнодорожного транспорта, а именно на ЗАО «Внешторгсервис» – филиал №12 Алчевского металлургического комбината. Разработанные программные модули редактора и визуализатора позволили найти узкие места в системе передвижения подвижных единиц по предприятию. Внедрение специализированной информационно-вычислительной системы под специфику предприятия составило пятнадцать рабочих дней.

Пакет прикладных программ имеют вид законченного программного продукта, что позволило его применять в обучении студентов в ходе теоретической подготовки по соответствующим дисциплинам.

Актуальность результатов, полученных в статье, подтверждается появлением подобных разработок в области транспорта в виде программных комплексов [20-22].

Данный метод направлен на уменьшение нагрузки на персонал. Также он позволит лучше контролировать процесс и выявлять причины отклонения от выбранного варианта.

Выводы. В результате проделанной работы были разработаны базы данных постоянной и оперативной информации для редактора карт. Также был разработан сам клиент базы

данных, а также визуализатор для возможности просмотра передвижения подвижного состава по имеющемуся путевому развитию. Благодаря редактору и визуализатору появился инструмент для исследования и оптимизации планирования маневровой работы на промышленном железнодорожном транспорте, не требующий капитальных затрат.

Редактор позволяет визуализировать оперативную обстановку и улучшить планирование маневровой работой, также он позволил разработать модели и алгоритмы для специализированной вычислительной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гончаров Н.Е. Маневровая работа на железнодорожном транспорте: научное издание / Н. Е. Гончаров, В. П. Казанцев. – М.: Транспорт, 1978. – 183 с.
2. Белый О.В. О стратегии развития транспортной отрасли до 2030 года // Транспорт Российской Федерации. – 2009. №3-4 (22-23). – С. 5–9.
3. Нечаев Г. И. Применение имитационного моделирования в оперативном планировании работы промышленного транспорта / Г. И. Нечаев, Г. В. Короп, Ю. В. Короп // Вісник СНУ ім.В.Даля. – Луганск.: Вид-во СНУ ім.В.Даля, – 2008. – №6(124). – С. 123–125.
4. Нормы времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожных станциях ОАО «РЖД», нормативы численности бригад маневровых локомотивов. – М.: Техинформ. 2007. – 101 с.
5. Балабин В. Н. Исследование топливной экономичности и модернизация тепловозов на промышленных предприятиях (на примере тепловоза ТЭМ2УМ Московского комбината «Стройпластмасс») // Локомотив-информ. – 2008. – № 3. – С. 11–13.
6. Тишкин М.Е. Метод комбинаторной сортировки вагонов – основа интенсивной технологии местной работы // Вестник ВНИИЖТ. – 1987. – № 2. – С. 1–6.
7. Тишкин М.Е., Макаров В.М., Интенсификация местной работы // Железнодорожный транспорт. – 1986. – №3. С. 54–58.
8. Нечаев Г.И. Разработка автоматизированного рабочего места диспетчера железнодорожного транспорта на промышленном предприятии/ Нечаев Г.И., Заверкин А.В., Короп Г.В., Овчаренко А.А. // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – Ростов-на-Дону. Изд-во ООО «АРКОЛ», – 2011. – № 1 (41). – С. 124–129.
9. Персианов В.А., Скалов К.Ю., Усков Н.С. Моделирование транспортных систем. – М.: Транспорт, 1972. – 208 с.
10. Леоненков А.В. Самоучитель UML 2. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 576 с.
11. Осипов Дмитрий Delphi. Программирование

для Windows, OS X, iOS и Android / Дмитрий Осипов. – М.: БХВ-Петербург, 2014. – 478 с.

12. Осипов Д. Л. Delphi. Программирование для Windows, OS X, iOS и Android. Руководство / Осипов Дмитрий Л. – М.: БХВ-Петербург, 2014. – 478 с.

13. Александреску А. Современное проектирование на C++. Серия C++ in Depth, т.3 / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 336с.

14. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++, 2-е изд. / Пер. С англ. / Г. Буч. – М.: Бином, СПб.: Невский диалект, 1999. – 560 с.

15. Борри Хелен Firebird: руководство разработчика баз данных. / Хелен Борри. – М.: БХВ-Петербург, 2007. – 119 с.

16. Гринченко Проектирование баз данных. СУБД Microsoft Access / Гринченко, Н.Н. и. - М.: Горячая Линия Телеком, 2004. – 240 с.

17. Соммервилл И. Инженерия программного обеспечения. 6-е издание / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 624 с.

18. Нечай Т.А. Основные модули системы «Маневровая работа на путях необщего пользования» / Т.А. Нечай, Э.В. Роганова, А.А. Романова, С.В. Кривоногов // Вестник НГИЭИ, – 2017. – № 9 (76). – С. 7– 15.

19. Nechay T. Improvement of operational planning for shunting service on non-public railway lines / T. Nechay, V. Roganov, T. Zhashkova, M. Chirkina, J. Lavendels, G. Korop // Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol.378, Iss. 1, No. 28. – P. 1– 8.

20. http://brailsys.com/MoveRW_0.htm (дата обращения: 18.10.2019).

21. <http://www.itlc.ru/> (дата обращения: 18.10.2019).

22. <http://www.mallenom.ru/company/about/> (дата обращения: 18.10.2019).

Статья поступила в редакцию 27.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 004.89

РЕФЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

© 2019

Бабич Андрей Михайлович, кандидат технических наук, инженер-программист 1 категории

*АО «Научно-производственное предприятие «Рубин»
(440015, Россия, г. Пенза, ул. Байдукова, 2, e-mail: fieryeye@yandex.ru)*

Акимов Максим Вячеславович, начальник отдела 3320

*АО «Научно-производственное предприятие «Рубин»
(440015, Россия, г. Пенза, ул. Байдукова, 2, e-mail: amv_work@mail.ru)*

Аннотация. Разработка системы искусственного интеллекта является обязательным шагом при создании робототехнических систем. При этом разработчики придерживаются одного из двух подходов – либо создание системы, ориентированной на конкретное техническое решение и не предполагающей внесение серьёзных изменений в свою работу, либо использование гибких программных платформ возможности которых зависят от уровня пользователя, на которого они рассчитаны. Для преодоления данных ограничений была предложена модифицируемая система искусственного интеллекта, архитектура которой удобна как для рядового пользователя, так и для разработчика системы ИИ. Функции системы зависят от конкретной сборки программных модулей. Статья посвящена созданию сборки модифицируемой системы искусственного интеллекта, реализующей модель простого рефлексного агента. Данная сборка рассматривается как упрощённая, и призванная проработать основные механизмы работы и обмена данными модулей разрабатываемой системы ИИ. Описана задача, решаемая данной системой – выделение и блокирование манипулятором подвижных объектов, попадающих в область видимости камеры. Описаны алгоритмы и реализована работа двух программных модулей – «Управление актуаторами» и «Монитор датчиков». Приведены диаграммы механизма их межпоточного взаимодействия. Описан экспериментальный стенд, состоящий из видеокамеры, манипулятора, подвижного объекта и компьютера. Манипулятор системы рассматривается как плоский механизм, решение обратной задачи кинематики которого представлено как решение геометрической задачи на плоскости. Результатом работы является программная реализация базовых функций системы, на основе которых возможно её дальнейшее развитие.

Ключевые слова: искусственный интеллект, программное обеспечение, робот, обмен данными, интеллектуальный агент.

REFLEX ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEM

© 2019

Babich Andrey Mikhailovich, candidate of technical sciences, software engineer 1 category

*JSC “Scientific-Production Enterprise”Rubin”
(440015, Russia, Penza, Baydukova St., 2, e-mail: fieryeye@yandex.ru)*

Akimov Maksim Vyacheslavovich, head of department

*JSC “Scientific-Production Enterprise”Rubin”
(440015, Russia, Penza, Baydukova St., 2, e-mail: amv_work@mail.ru)*

Abstract. The development of an artificial intelligence system is a must when creating robotic systems. Developers adhere to one of two approaches - either creating a system focused on a specific technical solution and not involving major changes to their work, or using flexible software platforms whose capabilities depend on the level of the user for whom they are designed. To overcome these limitations, a modifiable artificial intelligence system was proposed, the architecture of which is convenient for both the average user and the AI system developer. System functions depend on the specific assembly of software modules. The article is devoted to the development of a modified artificial intelligence system that implements the model of a simple reflex agent. This system is considered as simplified and allows to perform the basic mechanisms of work and exchange data with its modules. The problem solved by this system is described - the selecting and blocking of moving objects that fall within the field of camera view by manipulator. Algorithms are described and the work of two software modules is implemented - “Actuator Control” and “Sensor Monitor”. The diagrams of their inter-stream interaction mechanism are given. An experimental stand consisting of a video camera, a manipulator, a moving object and a computer is described. The manipulator of the system is considered as a flat mechanism, the solution of the inverse problem of kinematics of which is represented as the solution of the geometric problem on the plane. The result of the work is the software implementation of the system basic functions, on the basis of which its further development is possible.

Keywords: artificial intelligence, software, robot, data exchange, intelligent agent.

Введение. Существует два подхода при создании системы искусственного интеллекта (ИИ) робототехнической системы. Первый представляет собой разработку программного обеспечения, рассчитанного на использование совместно с конкретной аппаратной платформой. Второй – разработку гибкой универсальной системы, предоставляющей разработчику инструменты, реализующие с одной стороны, обеспечение аппаратной абстракции, а с другой – поддержку повторного использования кода. Основными недостатками первого подхода являются ограничение возможностей робототехнической системы функциями, заложенными в него разработчиками и, как правило, сокрытие от пользователя исходного кода. В качестве примера такого искусственного интеллекта можно привести роботов-пылесосов или роботов-питомцев (AIBO, Mioshi Robosaur и др.). Для изменения функций, изначально заложенных в них разработчиком, требуется перепрошивка аппаратной части.

При реализации второго подхода перед разработчиками ИИ встают две противоположные проблемы: создавать систему универсальной, но рассчитанной на специалистов, либо наоборот – ограничивать её возможности в пользу доступности для рядового пользователя. Примерами первой категории являются такие программные платформы ИИ как ROS (Robot Operating System), Microsoft Developer Studio, URBI, и др. Примерами второй категории – системы, использующие графические языки программирования: “G” (платформа LabVIEW), actor-Lab, ROBOLAB.

Для преодоления данных недостатков в работе [1] предлагается использование системы искусственного интеллекта, предоставляющую как аппаратную абстракцию и поддержку повторного использования кода, так и интерфейс, позволяющий вносить изменения в алгоритм системы ИИ пользователем, не являющимся опытным специалистом в области ИИ. Архитектура данной системы предусматривает возможность изменения своего функционала через подключение дополнительных или замену существующих программных модулей (ПМ), специализирующихся на решении своего узкого типа задач. Здесь под программным модулем понимается динамически подключаемая библиотека или общий объект, интерфейс которого предоставляет стандартный протокол обмена информацией. Благодаря этому каждый элемент системы ИИ может быть создан сторонним независимым разработчиком.

При этом взаимодействие конечного пользователя с системой ИИ осуществляется путём использования упрощённого языка программирования [2]. Каждая лексема такого языка является интерфейсом ПМ типа «Задача» (его параметрами и функциями), тем самым позволяя скрыть его

реализацию. Такой подход позволяет, с одной стороны, избавить пользователя от необходимости глубоких познаний в области ИИ, робототехники и смежных дисциплин для построения общего алгоритма робототехнической системы, а с другой – даёт возможность разработчику ПМ при желании скрыть его исходный код [3]. Для реализации такой системы использовался механизм позднего связывания (связывание объекта с вызовом функции осуществляется только во время исполнения программы, а не раньше на этапе компиляции [4]). Данный подход должен обеспечить гибкость и наращиваемость программного продукта при одновременной простоте его использования пользователем.

На рисунке 1 представлена общая схема обмена информацией разрабатываемой системы ИИ. Работа каждого из программных модулей выполняется в своем потоке. Элементы «Очередь задач» и «Журнал» являются непрограммными. «Датчики» и «Актуаторы, индикация и сигнализация (АИС)» являются техническими средствами робота.

Модуль управления актуаторами реализует аппаратную абстракцию технических средств робота. ПМ «Монитор датчиков и интерпретаторы» является аппаратной абстракцией датчиков робототехнической системы. Так же он выполняет первичную обработку поступивших данных перед их передачей ПМ «Картограф». Интерпретация данных может быть выделена в отдельные модули, в этом случае «Монитор датчиков» и «Интерпретатор» являются отдельными модулями. ПМ «База данных модели мира» является интерфейсом для базы данных (БД), в которой содержится информация об окружающей среде, с которой в дальнейшем взаимодействует система ИИ. ПМ «Картограф» осуществляет общий анализ, сопоставление полученных данных и передаёт результат ПМ «База данных модели мира». Данные модули формируют внутреннюю модель мира системы ИИ.

ПМ «Решатель» осуществляет решение некоторой задачи, поставленной пользователем. Данный модуль является лексемой упрощённого языка программирования, т.е. программа, составленная пользователем, является последовательностью решения таких задач.

Модуль построения решения является главным потоком, осуществляющим связь остальных потоков между собой, а также формирующим очередь задач через анализ сформированной пользователем программы. Сторожевой модуль осуществляет постоянный поиск признака команды в модели мира. Признак команды определяется пользователем при формировании программы. После обнаружения признака команды сторожевой модуль посылает сигнал модулю построения решения, который загружает соответствующую программу пользователя.

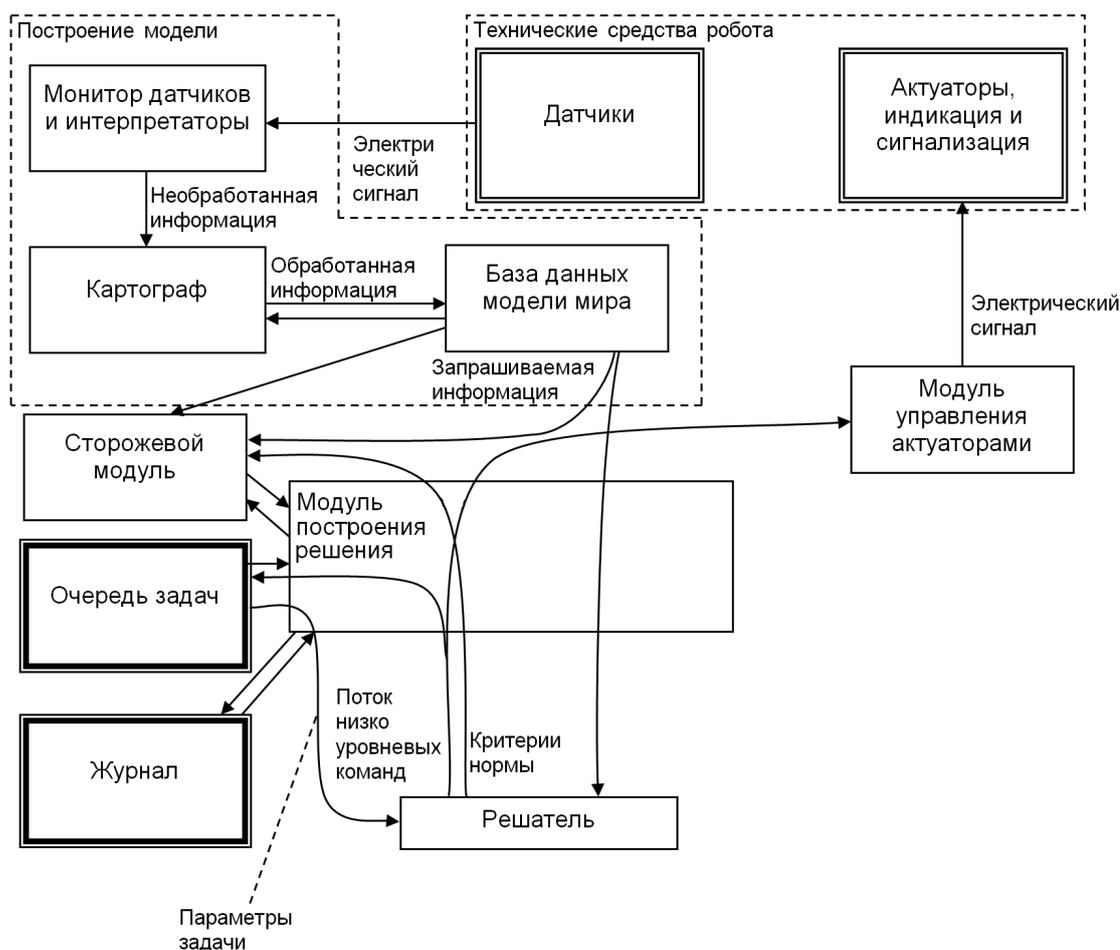


Рисунок 1 – Схема обмена информацией программных модулей системы

Постановка задачи. Разработка описанной системы является трудоёмким процессом [5, 6]. Однако заложенное в неё разбиение на отдельные модули позволяет последовательно создавать и тестировать отдельные элементы без необходимости иметь полный набор ПМ.

Целью данной работы является практическая отработка алгоритмов обмена данными, реализация ранее описанных протоколов взаимодействия и прочих вопросов, встающих перед разработчиком. В статье представлена версия разрабатываемой системы, реализующая модель простого рефлексного агента. Данная сборка системы ИИ решает простую задачу – предотвращение вылета подвижного объекта за пределы одной из сторон белого поля. При этом она позволяет отработать на практике указанные выше вопросы и является основой для последующего расширения функционала.

Данная сборка основана на работе двух программных модулей – «Модуль управления актуаторами» и «Монитор датчиков» (конечные модули при взаимодействии робототехнической системы с окружающей средой). Функции программных модулей, нереализованных в данной версии системы как подключаемые библиотеки, на-

ходятся внутри исполняемого файла.

Согласно модели, описанной в [1], полученная информация с датчика должна передаваться через ПМ «Интерпретатор» на ПМ «Картограф» и «База данных модели мира». Затем в соответствии с текущей программой ПМ «Решатель» вырабатывает ответное управляющее воздействие, которое передаёт на ПМ «Управление актуаторами». Данная система функционирует в структурированной среде и вырабатывает рефлексное воздействие, полностью основанное на текущих координатах объекта, не требующих интерпретации, поэтому цепочка ПМ «Интерпретатор» «Картограф» и «База данных модели мира» может быть исключена. При этом с момента начала работы система ИИ решает только одну задачу. По этой причине ПМ «Сторожевой модуль» и «Решатель» реализованы внутри исполняемого файла. Таким образом, информация, полученная ПМ «Монитор датчиков», передаётся через исполняемый файл непосредственно в ПМ «Управление актуаторами».

Функциями, выполняемыми данной системой ИИ, являются выделение по ключевому цвету и отслеживание перемещения объектов на изображении с видекамеры, движущихся по

белому полю, а также блокирование их вылета за пределы одной из сторон поля. В качестве ключевого цвета объекта выбран оранжевый (цвет шарика для настольного тенниса, используемого в качестве подвижного объекта). В качестве актуатора используется двухзвенный манипулятор. При этом система игнорирует остальные объекты, чей цвет отличается от ключевого. Данная система ИИ выбирает действия на основе текущего акта восприятия, игнорируя всю остальную их историю, что является основным свойством модели простого рефлексного агента [7,8].

Техническая часть представляет видеоканеру,

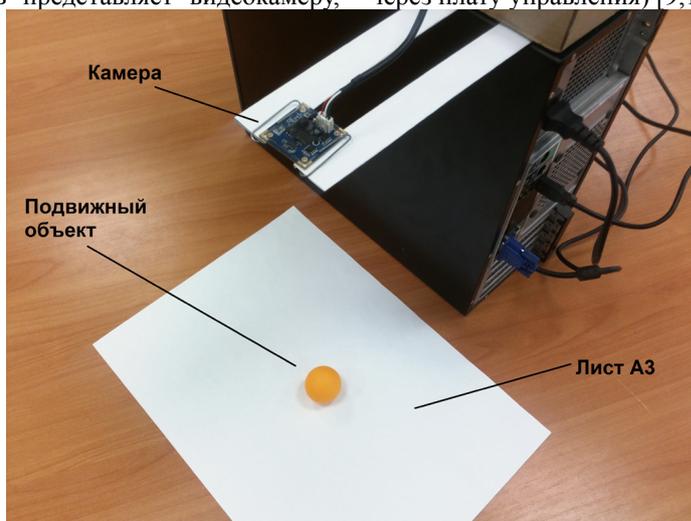


Рисунок 2 – Экспериментальный стенд

Пользователь вручную запускает шарик через поле под любым углом. Система отслеживает координаты шарика по вертикали и изменяет углы поворота актуаторов манипулятора таким образом, чтобы координаты его рабочей части по вертикали совпадали с соответствующими координатами шарика.

Программная составляющая представляет собой описанную выше расширяемую систему ИИ, состоящую из исполняемого файла и двух подключаемых модулей.

Алгоритм отслеживания координат шарика осуществляется в ПМ «Монитор датчиков». В данной реализации подключение и обработка видеоданных осуществляются с помощью библиотеки OpenCV 2.4.13, скомпилированной для работы под Qt 5.8.

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) – это библиотека с открытым исходным кодом, разработанная для решения широкого круга задач технического зрения и машинного обучения. Библиотека включает в себя разнообразные алгоритмы, позволяющие программно реализовать решение большинства современных практических задач, включая определение местоположения и формы объектов, идентификацию и распознавание людей по биометрическим признакам, определе-

установленную на расстоянии от поверхности стола и направленную вертикально вниз. Под камерой на столе расположен лист бумаги формата А3. Лист расположен таким образом, чтобы попадать в поле зрения камеры и занимать большую часть её обзора. В качестве подвижного объекта выступает оранжевый шарик для настольного тенниса диаметром 40 мм (рисунок 2). Справа от листа располагается манипулятор, способный блокировать движение шарика в его направлении. Камера и манипулятор подключены к компьютеру, на котором запущена программа системы ИИ (манипулятор подключается через плату управления) [9,10,11].

ние маркеров дополненной реальности, чтение бар-кодов и т.д. Библиотека основана на языке ООП С++ и портирована на большинство современных операционных систем (Windows, Linux, Android и Mac OS) [12,13]. В данной программе OpenCV реализует захват изображения с видеоканеры, обеспечивает алгоритмы и структуры для быстрого выделения объекта на изображении и выделение его границ. Также посредством этой библиотеки реализуется построение описанной окружности минимального диаметра выделенного контура.

При инициализации ПМ «Монитор датчиков» происходит его подключение к видеоканере и инициализация начальных параметров. Далее в цикле осуществляются следующие основные шаги [14,15,16]:

- 1) захват изображения с камеры;
- 2) выделение контура объекта на изображении;
- 3) определение параметров объекта (координаты центра и радиус).

Захват изображения осуществляется при помощи OpenCV. Полученное изображение сохраняется в виде одномерного массива с идущими последовательно значениями красного, зелёного и синего цветов каждого пиксела изображения (слева направо, сверху вниз).

Выделение контура осуществляется путём

фильтрации полученных пикселей по признаку цвета объекта (оранжевый). Для фильтрации были экспериментально подобраны следующие параметры:

$$\begin{cases} R > G > B; \\ G - B = R - G - 20; \\ R > 180. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь R , G и B – переменные, принимающие значения красной, зелёной и синей составляющей цвета пиксела соответственно. Каждое значение представляется целыми числами и изменяется от 0 до 255 [17].

Для того чтобы избежать пропуска фильтром оттенков, близких к белому, внесены два дополнительных условия:

$$\begin{cases} R - G > 20; \\ G - B > 20. \end{cases} \quad (2)$$

На выходе фильтр формирует чёрно-белое изображение, в котором белые пиксели соответствуют оранжевым областям оригинального

изображения. Далее на полученном изображении происходит поиск всех замкнутых контуров. В идеальном случае контур должен быть один – контур объекта (шарика), однако для фильтрации возможных помех анализируются показатели длины полученных контуров. Для дальнейшей обработки выбирается контур с наибольшей длиной.

Поскольку объект физически является шаром и проецируется на матрицу камеры как круг, для определения его радиуса и центра наиболее логично использовать функцию построения описанной окружности вокруг полученного контура [18]. Данная функция возвращает также радиус и координаты полученной окружности. Физические координаты объекта и радиус объекта можно получить, умножив координаты и радиус окружности на экране на некоторый коэффициент, зависящий от расстояния между объектом и объективом камеры. Эта информация передаётся вовне через интерфейс ПМ.

ПМ «Монитор датчиков» исполняется в отдельном потоке. Его диаграмма межпоточного взаимодействия представлена на рисунке 3.

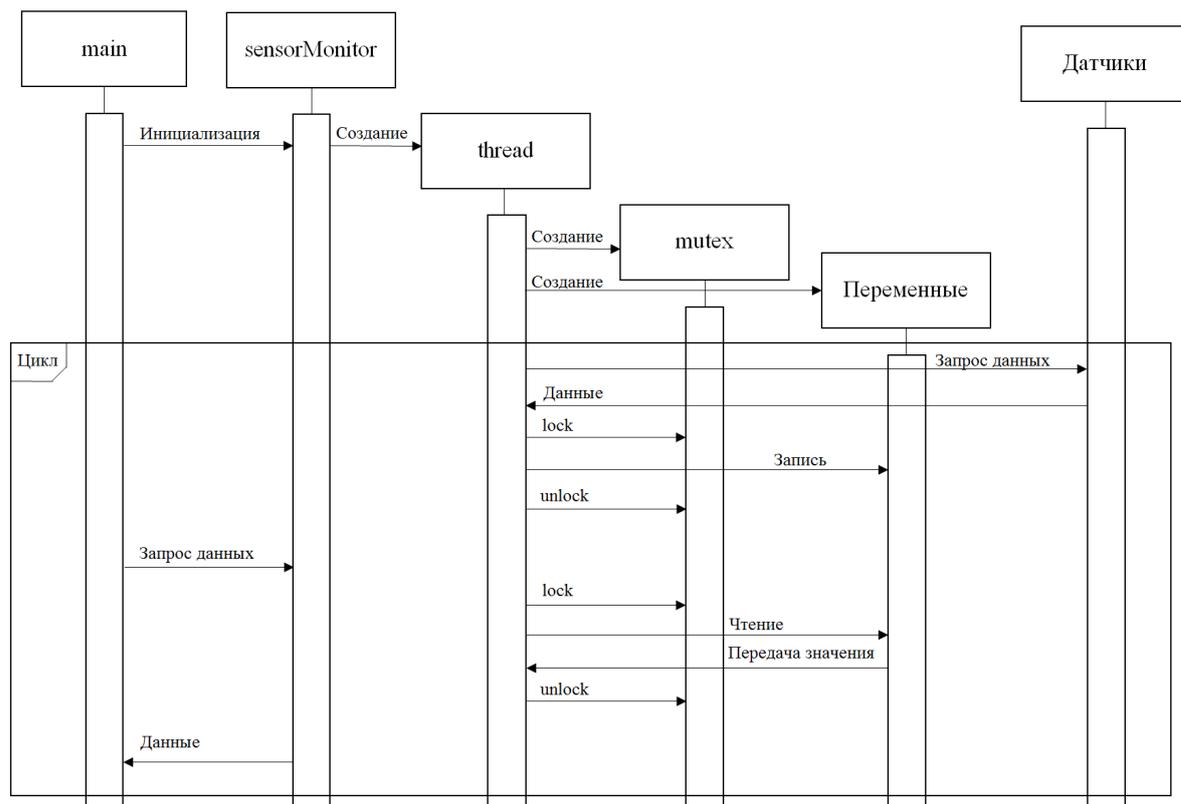


Рисунок 3 – Диаграмма последовательности механизма межпоточного взаимодействия ПМ «Монитор датчиков» и основной программы

ПМ «Монитор датчиков» (на рисунке – «sensorMonitor») инициализируется в главном потоке main исполняемого файла, который также является модулем построения решения. После инициализации он сразу создаёт собственный

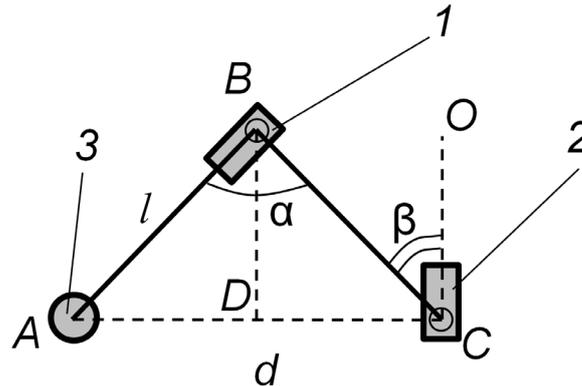
поток (на рисунке «thread»), что позволяет постоянно считывать данные с датчиков, не блокируя процессы, осуществляемые в остальных модулях системы. Сам процесс считывания и записи информации в переменные осуществляется

постоянно в цикле. Передача данных во внешний модуль (в данной сборке системы ИИ – модуль построения решения) осуществляется по запросу. Поэтому все переменные, которыми оперирует модуль, создаются в собственном потоке данного ПМ.

Поскольку они являются общими данными, для предотвращения конфликта взаимодействие с ними происходит при помощи механизма синхронизации потоков mutex. Перед чтением или записью переменной объект mutex принимает значение «lock», а после операции чтения/записи – «unlock».

Для передачи данных между модулями системы используется разновидность протокола обмена данными произвольной длины, описанный в [1]. Поскольку передача информации осуществляется в пределах одного устройства, в данном варианте протокола подсчёт контрольной суммы не использовался [19,20].

Актуаторы в данной системе являются сервоприводами, объединёнными в двухзвенный манипулятор, в задачу которого входит перемещение рабочего инструмента (щитка) вдоль прямой для блокирования движения объекта (рисунок 4).



1 – сервопривод № 1; 2 – сервопривод № 2;
3 – щиток

Рисунок 4 – Планиметрия двухзвенного манипулятора

Соответственно в задачу ПМ «Управление актуаторами» будет входить решение обратной задачи кинематики [21,22]. Манипулятор данной системы ИИ обладает простой структурой и является плоским механизмом, поэтому решение этой задачи можно представить как решение геометрической задачи на плоскости.

Пусть длина обоих звеньев механизма одинакова и равна l ; d – расстояние, на которое должен переместиться щиток. Угол между звеньями равен α . Тогда соотношения между этими параметрами определяются по формуле основания через боковую сторону и угол при вершине:

$$d = 2 \cdot l \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (3)$$

Из (3) можно определить угол между звеньями, на который следует повернуть сервопривод № 1:

$$\alpha = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{d}{2l}\right) \quad (4)$$

Сервопривод № 2 находится под углом 90° к поверхности пола. Поэтому для того, чтобы расположение стороны AC оставалось параллельным полу, необходимо, чтобы биссектриса BD являлась параллельной прямой OC , проходящей через нулевое положение сервопривода. Таким образом, согласно свойству накрест лежащих углов

$$\beta = \alpha/2. \quad (5)$$

Длина звена l устанавливается экспериментально и для контролируемой области в 296 мм в данной системе равна 16 мм.

Таким образом, ПМ «Управление актуаторами» постоянно вычисляет новые значения углов в соответствии с входными параметрами и передаёт соответствующий управляющий сигнал на исполнительные механизмы. Его диаграмма межпоточного взаимодействия представлена на рисунок 5. Как и ПМ «Монитор датчиков», данный модуль исполняется в своём потоке.

Как и модуль «Монитор датчиков» модуль управления актуаторами (на рисунке – «actuatorControl») инициализируется в главном потоке `main` исполняемого файла, который также является модулем построения решения. Дальнейшее функционирование модуля сходно с работой ПМ «Монитор датчиков» – после инициализации создаётся собственный поток, в котором объявляются переменные. При работе данного модуля данное решение позволяет избежать потенциальных проблем с взаимодействием робототехнической системы с внешней средой в случае продолжительных вычислений (заданное движение осуществляется без задержек). В отличие ПМ «Монитор датчиков» основные вычисления в модуле совершаются не постоянно, а по команде из внешнего ПМ (в данной сборке системы ИИ – это также модуль построения решения). После осуществления управляющего воздействия поток «thread» возвращает соответствующий сигнал об окончании, который передаётся далее в главный поток.

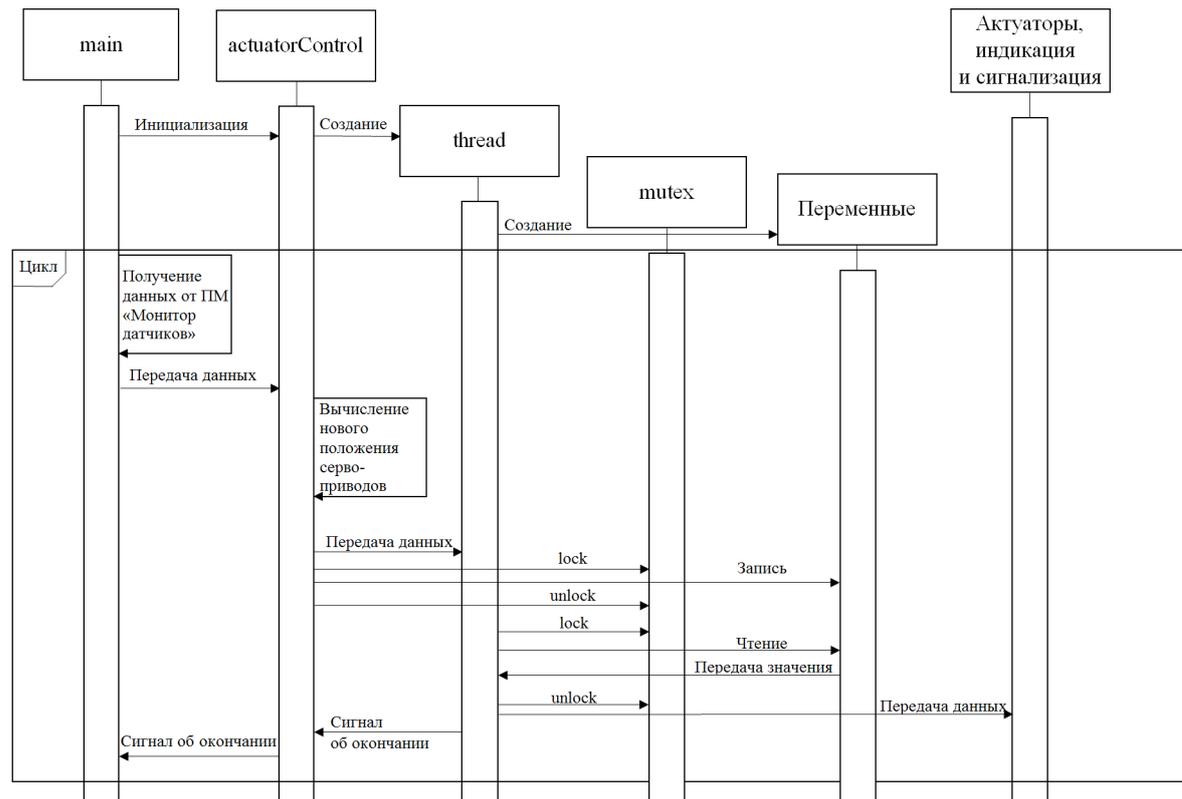


Рисунок 5 – Диаграмма последовательности механизма межпоточного взаимодействия ПМ «Управление актуаторами» и основной программы

Заключение. Экспериментальное исследование разработанной системы ИИ показало её устойчивую работу в случае, если скорость движения подвижного объекта позволяет различить его на изображении с камеры. Для тестирования подключаемых модулей в работу каждого из них последовательно вносились искусственная задержка, имитирующая продолжительные вычисления. При этом работа остальных модулей оставалась неизменной, что продемонстрировало устойчивую работу данной системы ИИ при высоких вычислительных нагрузках. Разработка ПМ «Монитор датчиков» и модуля управления актуаторами осуществлялась независимо при уже скомпилированном исполняемом файле, что демонстрирует возможность создания модулей системы независимыми разработчиками.

Таким образом, в статье рассмотрен вопрос создания системы ИИ на основе описанной ранее модифицируемой структуры. Разработанные программные модули «Монитор датчиков» и «Управление актуаторами» обеспечивают устойчивое взаимодействие робототехнической системы с окружающей средой. Сама сборка реализует работу рефлексного агента. Задача, решаемая данной системой, является простой, однако она позволяет осуществить проверку концепции – демонстрацию практической осуществимости рассмотренного ранее подхода. Разработка простого рефлексного агента позволило

осуществить программную реализацию базовых функций системы, на основе которых возможно дальнейшее развитие данной системы ИИ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бабич А.М., Акимов М.В. Структура и протоколы обмена данными модифицируемого программного комплекса // Вопросы радиоэлектроники. – 2018. – № 12. Вып. 1. – С. 90–95.
2. Mordechai Ben-Ari, Francesco Mondada. Elements of Robotics // SpringerOpen, 308 p, 2018.
3. Кориков А.М. Искусственный интеллект в системах управления роботизированных комплексов // Когнитивная робототехника: материалы международной конференции. Часть 1. – Томск: Изд-во Томского государственного университета. – 2016. – 83 с.
4. Онлайн-справочник программиста на C и C++. Раннее и позднее связывание [Электронный ресурс]. URL: <http://www.c-cpp.ru/books/rannee-i-pozdnee-svyazyvanie> (дата обращения 30.10.2019).
5. Акулинин Ф.В., Адамов Д.В. Россия на пороге сингулярности. Искусственный интеллект, основные аспекты и сложности развития и внедрения в России и в мире // Экономические отношения. – 2012. – №2. Том 9. – С. 867879.
6. Rajan K. Saffiotti A Towards a science of integrated AI and Robotics // Artificial Intelligence #6, pp. 1-9, 2017.
7. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. 2-е изд. М.: Вильямс. – 2006. – 1169 с.
8. Мелихова О.А., Вепринцева О.В., Чумичев В.С. [и др.] Модели агентов в интеллектуальных си-

стемах // Технические науки - от теории к практике: сб. ст. по матер. LIV междунар. науч.-практ. конф. № 1(49). – Новосибирск: СибАК. – 2016.

9. Vito Renò; Nicola Mosca; Massimiliano Nitti; Cataldo Guaragnella; Tiziana D’Orazio; Ettore Stella. Real-time tracking of a tennis ball by combining 3D data and domain knowledge. // Conference: 2016 1st International Conference on Technology and Innovation in Sports, Health and Wellbeing (TISHW).

10. Janssen R, Verrijt M, de Best J, van de Molengraft R. Ball localization and tracking in a highly dynamic table soccer environment // Mechatronics 22: pp. 503–514, 2012.

11. Золотухин Н.Ю., Хорхордин А.В., Чернышев Н.Н. Трекинг шара на плоскости с помощью видеокамеры средствами Jmugon // Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых. Сборник научных работ XV научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке 25–26 мая 2016 г. – Донецк, ДонНТУ. – 2016. – 341 с.

12. Шикуть А.В. К вопросу о переносимости кода и некоторых возможностях использования кроссплатформенного программного обеспечения // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. Вып. 6. Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Москва) [Электронный ресурс]. URL: <http://engjournal.ru/catalog/it/hidden/817.html> (дата обращения 30.10.2019).

13. Захаров В.Б., Мальковский М.Г., Мостяев А.И. Проблемы выбора языков программирования при разработке кроссплатформенных приложений // International journal of open information technologies. № 7, том 5. Лаборатория Открытых Информационных Технологий факультета ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва). – 2017. – С. 29–37

14. Raghav Puri, Archit Gupta. Contour, Shape & Color Detection using OpenCV-Python. Conference: international Conference on Big Data, Computer Science and Information Technology (ICBDCSIT), At Chandigarh, India.

15. Алфимцев Захват и отслеживание удаленных объектов в видеопотоке / Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013. – №11 [Электронный ресурс] URL: <https://rucont.ru/efd/276702> (дата обращения 30.10.2019)

16. Soumya Dutta, Bidyut B. Chaudhuri. A Color Edge Detection Algorithm in RGB Color Space // 2009 International Conference on Advances in Recent Technologies in Communication and Computing.

17. М.Н. Петров. Компьютерная рафика. 3-е изд. – СПб.: Питер. – 2011. – 544 с.

18. D. Comaniciu, V. Ramesh, and P. Meer, “Kernel-Based Object Tracking,” in IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 25, no. 5, pp. 564–577, 2003.

19. Y. Sun ; M. S. Kim. A Table-Based Algorithm for Pipelined CRC Calculation // Proceedings of IEEE International Conference on Communications, ICC 2010, Cape Town, South Africa, 23–27 May 2010.

20. Ross N. Williams. A Painless Guide to CRC Error Detection Algorithms [Электронный ресурс]. URL: http://www.ross.net/crc/download/crc_v3.txt (дата обращения 30.10.2019).

21. Крейг Дж. Введение в робототехнику. Механика и управление. – М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований. – 2013. – 564 с.

22. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Управление роботами. М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана. – 2000. – 400 с.

Статья поступила в редакцию 28.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 635.127:392.81

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕПЫ СТОЛОВОЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ
ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ГАСТРОТУРИЗМА**

© 2019

Степанова Алла Георгиевна, старший преподаватель
кафедры торгового дела и рекламы*Сибирский университет потребительской кооперации*
(630087, Россия, г. Новосибирск, пр. К.Маркса, 26, e-mail: allavita@mail.ru)**Голуб Ольга Валентиновна**, доктор технических наук, профессор, профессор
кафедры товароведения и экспертизы товаров*Сибирский университет потребительской кооперации*
(630087, Россия, г. Новосибирск, пр. К.Маркса, 26, e-mail: golubiza@rambler.ru)**Давыденко Наталия Ивановна**, доктор технических наук, доцент, профессор
кафедры технологии и организации общественного питания*Кемеровского государственного университета*
(650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, e-mail: nat1861@yandex.ru)

Аннотация. Статья посвящена оценке возможности применения репы с точки зрения включения в перечень продуктов, определяющих гастрономический облик традиционной русской кухни, особенно в привязке к региональным, локальным особенностям. Репа отличается высокой холодоустойчивостью и относительной скороспелостью, что позволяет ее выращивать в Западной Сибири. Цель исследования: оценка качественных характеристик свежей столовой вызревшей репы разных сортов, выращиваемой в хозяйствах Новосибирской области и оценка перспектив ее использования для целей гастротуризма. Объект исследований - свежая столовая вызревшая репа сортов «Комета», «Луна» и «Орбита». Установлено, что все исследуемые образцы по качественным показателям полностью соответствуют требованиям стандарта, обладают сочной, нежной консистенцией; приятными, специфическими ароматом и вкусом. Преобладающими компонентами сухого вещества являются сахара (в основном глюкоза), обуславливающие сладкий вкус репы, их содержание колеблется от 6,97 до 8,44 %. Сахарокислотный индекс, наиболее высок у репы сортов «Орбита» и «Луна». Исследуемые сорта репы в свежем виде можно рассматривать как источник поступления витамина С (71,0 % удовлетворения суточной потребности); калия (7,0 %), кальция, магния и фосфора (соответственно 4,6, 4,4 и 4,2 %). Репа, выращиваемая в хозяйствах Новосибирской области, является ценным пищевым сырьем и представляет интерес для производства продукции аутентичной локальной кухни. Однако для целей гастротуризма более подходят сорта, характеризующиеся стереотипно «привычными» округлой формой и желтой окраской.

Ключевые слова: репа столовая, корнеплоды, технические требования, органолептическая оценка, химический состав, гастрономический туризм.

**PROSPECTS FOR THE USE OF CANTEEN TURNIPS IN THE MANUFACTURE
OF FOOD PRODUCTS FOR GASTROTOURISM**

© 2019

Stepanova Alla Georgiyevna, senior lecturer of the Department of trade and advertising
Siberian University of Consumer Cooperation

(630087, Russia, Novosibirsk, Pr. K. Marx, 26, e-mail: allavita@mail.ru)

Golub Olga Valentinovna, doctor of Sciences, professor,
professor the Department of commodity and examination of goods*Siberian University of Consumer Cooperation*
(630087, Russia, Novosibirsk, Pr. K. Marx, 26, e-mail: golubiza@rambler.ru)**Davydenko Nataliia Ivanovna**, doctor of technical science, associate professor,
professor of the department of technology and organization of public catering*Kemerovo State University*
(650000, Russia, Kemerovo, Krasnaya St., 6, e-mail: nat1861@yandex.ru)

Abstract. The article is devoted to the assessment of the possibility of using turnips from the point of view of inclusion in the list of products that determine the gastronomic appearance of traditional Russian cuisine, especially in relation to regional, local characteristics. Turnips are characterized by high cold resistance and relative precocity, which allows it to be grown in Western Siberia. Objective: to assess the qualitative characteristics of fresh ripened turnips of different varieties grown in the farms of the Novosibirsk region and to assess the prospects of its use for the purposes of gastrotourism. Object of study - fresh and ripe turnips of the varieties "Cometa", "Loona" and "Orbita". It is established that all the samples under study on quality indicators fully comply with the requirements of the standard, have a juicy, tender consistency; pleasant, specific aroma and taste. The predominant components of the dry matter are sugars (mainly glucose), causing the sweet taste of turnips, their content ranges

from 6.97 to 8.44 %. Sugar-acid index, the highest in turnips varieties “Orbita” and “Loona”. The studied varieties of turnips in fresh form can be considered as a source of vitamin C (71,0 % of the daily requirement); potassium (7,0 %), calcium, magnesium and phosphorus (4,6, 4,4 and 4,2%, respectively). Turnips grown in the farms of the Novosibirsk region are valuable food raw materials and are of interest for the production of authentic local cuisine. However, for the purposes of gastrotourism, varieties characterized by stereotypically “familiar” rounded shape and yellow color are more suitable.

Keywords: turnip dining, root vegetables, technical data, sensory evaluation, chemical composition, gastronomic tourism.

Постановка проблемы. Туристы, посещая любую страну, обычно интересуются не только достопримечательностями, природой, традициями, но и местной кухней. Зачастую гости страны желают не только попробовать незнакомый для них продукт, но и увезти с собой как приятное воспоминание или сувенир. Такой тип туризма называется гастрономическим и, как показывает статистика, он набирает все большую популярность и даже выделяется в отдельный подвид туристских продуктов. Целью данного туризма является знакомство с той или иной страной через призму национальной гастрономии. Еда для таких туристов позиционируется, как категория культуры и связана с историей, географией, экономикой и даже политикой. Гастрономический тур обычно характеризуется мероприятиями по ознакомлению с национальными блюдами, уроками «кулинарного страноведения». Участниками данных туров обычно являются люди, для которых основная цель путешествия - получить новые представления о пище, узнать ее историю. В основном это гурманы, профессиональные представители сферы общественного питания и пр. В настоящее время особой популярностью пользуются гастрономические монопродуктовые туры, ориентированные на один определенный продукт, например, в Болгарии и во Франции – винные; в Голландии, Швейцарии и Италии – сырные; в Германии и Бельгии – пивные. Гастрономический туризм бывает сельским («зеленый») и городским, особенностью которых является, соответственно, знакомство с нативной продукцией (например, участие в сборе и переработке плодов, овощей, грибов у местных производителей) либо с продуктами переработки (например, блюдами национальной кухни). В качестве «фишки» гастронома часто выступают забытые пищевые продукты и блюда, в том числе из малораспространенного местного сырья [1].

Для русского человека, использующего в пищу многие виды овощей, к числу незаслуженно забытых относится репа. В какой-то степени этот овощ можно считать национальным российским, хотя впервые о ней стало известно из летописей Древнего Египта. Этот корнеплод, обладающий многими полезными свойствами, воспевается в русских сказках, былинах, пословицах, а также описывается в старинных рецептах. Данный факт позволяет говорить о перспективе применения репы в качестве продукта, представляющего

интерес с точки зрения включения в перечень продуктов, определяющих гастрономический облик традиционной русской кухни, особенно в привязке к региональным, локальным особенностям.

Анализ последних публикаций. Репа отличается высокой холодоустойчивостью и относительной скороспелостью, что позволяет ее выращивать в Западной Сибири. К сожалению, в нашей стране не ведется подробная статистика по производству данной овощной культуры, можно только констатировать, что ею занимаются в основном мелкие хозяйства и частные лица.

Вопросами исследований качественных характеристик репы занимаются многие ученые. Например, в работах российских, немецких и китайских ученых приводятся современные данные о химическом составе репы в зависимости от сорта, места произрастания и пр. [2-7]. Сингапурские ученые доказали, что для повышения микробиологической безопасности и поддержания хорошего физического состояния измельченной репы лучше осуществлять ее предварительную обработку и последующее аэробное хранение при температуре 4 °С [87]. Норвежские ученые провели исследования по выявлению наиболее оптимальных условий хранения репы (температуры, упаковки, газовой среды и пр.) [9,10].

Традиционно репу употребляют в свежем, вареном, тушеном (пареном) и запеченном видах. В последние годы проведены исследования по использованию репы с целью расширения ассортимента пищевых продуктов общего и функционального назначения. Например, Рыхловой К.В. и Присухиной Н.В. предлагается использовать порошок репы в производстве хлебцев [11], Румянцевой В.В. с соавторами – пюре из репы для изготовления зефира [12], Чуриковой С.Ю. с соавторами – майонезном соусе с пищевыми волокнами корнеплодов репы [13]; Беляковой Т.Н с соавторами – в ферментированном напитке на молочной основе, обладающем онкопротекторными свойствами [14].

В последние годы подтверждаются данные о лечебных свойствах репы – антиоксидантных, иммуностимулирующих, противовоспалительных, гипохолестеринемических, противоопухолевых и др. [2,14,15,16].

На наш взгляд, с развитием гастрономического туризма в Западной Сибири, исследования по разработке продукции с использованием репы представляют научный и практический интерес.

Цель исследования – оценка качественных характеристик свежей столовой вызревшей репы разных сортов, выращиваемой в хозяйствах Новосибирской области и оценка перспектив ее использования для целей гастротуризма.

Материалы и результаты исследования. Объект исследований – свежая столовая вызревшая репа сортов «Комета», «Луна» и «Орбита». Предмет исследований – качественные характеристики свежей столовой вызревшей репы. Материалы – продукция, выращенная в хозяйствах Новосибирской области.

Исследования качественных характеристик свежей столовой вызревшей репы осуществляли на соответствие требованиям РСТ РСФСР 743-88 «Репа столовая свежая» общепринятыми органолептическими и физико-химическими методами. Репу каждой фракции взвешивали и вычисляли в % от массы объединенной пробы согласно РСТ РСФСР 743.

Оценку органолептических показателей проводили по 5-ти балльной системе с учетом коэффициентов значимости [17,18]. Органолептически осуществляли определение внутреннего строения, измерением – размер, взвешиванием – массу. Используя ГОСТ 7194-81 «Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества» определяли количество земли, прилипшей к корнеплодам. Основные показатели химического состава определяли, используя ГОСТ 28561-90 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги», ГОСТ 8756.13-87 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров», ГОСТ ISO 750-2013 «Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности», ГОСТ 29059-91 «Продукты переработки плодов и овощей. Титриметрический метод определения пектиновых веществ», ГОСТ 25555.4-91 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения золы и щелочности общей и водорастворимой золы», ГОСТ 8756.22-80 «Метод

определения каротина», ГОСТ 24556-89 (ИСО 6557-1-86, ИСО 6557-2-84) «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С». Методом пламенной фотометрии определяли содержание калия, натрия и кальция; объемным – магния; колориметрическим – фосфора; Кельдаля – белка [19]. Путем соотношения количественного содержания сахаров к органическим кислотам определяли сахарокислотный индекс репы. Энергетическую ценность продукции определяли расчетным методом [20]

Проведены исследования показателей качества, регламентируемые РСТ РСФСР 743-88 «Репа столовая свежая» (таблица 1). Установлено, что исследуемые сорта репы («Комета», «Луна» и «Орбита») представляют собой свежие, целые, здоровые, незагрязненные, незастрелковавшиеся корнеплоды с черешками листьев соответственно 8,7, 4,4 и 6,7 мм. Выявлено, что сорта «Комета», «Луна» и «Орбита» отличаются по форме, окраске кожицы и мякоти. Так, корнеплоды сорта «Луна» округлой формы, окраска кожицы и мякоти – желтые, что является более типичным и привычным для восприятия именно репы; корнеплоды «Комета» – удлиненной (цилиндрической) формы (в нижней части утолщение), окраска кожицы – белая с антоциановой оттенком на верхушке, мякоти – белая; у «Орбиты» – корнеплоды округлой формы, с белой окраской кожицы и мякоти. Все исследуемые сорта продукции обладали сочной, плотной мякотью, без пустот. Установлено, что по размеру (диаметру) корнеплоды отличаются между собой, так репа сорта «Луна», имеет средний диаметр более 88 мм, против 81 и 77 мм сортов «Комета» и «Орбита», соответственно. По содержанию механических повреждений кожицы или мякоти, экземпляров с зарубцевавшимися трещинами, с поверхностными повреждениями кожицы вредителями, а также с черешками листьев длиной свыше установленных размеров и слегка увядших – отклонений от требований национального стандарта не установлено.

Таблица 1 – Показатели качества исследуемой свежей столовой вызревшей репы, произрастающей в Новосибирской области

Показатель	Требования стандарта	Фактическая характеристика		
		Комета	Луна	Орбита
Содержание корнеплодов в % от массы:				
- с незначительными механическими повреждениями кожицы или мякоти	Не более 5,0	1,2±0,7	2,0±1,1	1,4±0,9
- с незначительными зарубцевавшимися трещинами	Не более 5,0	2,4±1,1	1,8±0,9	1,9±1,0
- с поверхностными повреждениями кожицы вредителями (повреждения грызунами не допускаются)	Не более 5,0	1,8±0,5*	1,7±0,5*	1,0±0,4*
- с черешками листьев длиной свыше установленных размеров	Не более 5,0	2,7±1,1	1,9±1,2	2,0±1,0
- слегка увядших	Не более 5,0	2,1±0,9	2,2±0,7	2,7±0,9
- с отклонениями по размеру, мм	Не более 10,0	5,8±1,4	3,4±0,8	2,7±0,9
Наличие земли, прилипшей к корнеплодам, в % от массы	Не более 1,0	0,74±0,1	0,62±0,1	0,66±0,1

При сравнении данных характеристик видно, что в репе сорта «Комета», например, отмечено, по сравнению с корнеплодами репы других

анализируемых хозяйственно-ботанических сортов, повышенное содержание экземпляров с отклонениями по размерам (5,8 мм - против 3,4 и 2,7

мм соответственно сортов «Луна» и «Орбита» при норме не более 10,0 мм). По количеству увядших корнеплодов, хотя в пределах требований стандарта отличается репа сорта «Орбита», у которой в результате оценки качества таких экземпляров было около 2,7 %; представители других сортов репы имели примерно одинаковые результаты – порядка 2,1 % при норме не более 5,0 %. Отмечено сравнительно повышенное содержание корнеплодов с черешками листьев свыше установленных размеров в сорте «Комета» (2,7 % при норме не более 5,0 %); при этом в сортах «Луна» и «Орбита» данный показатель находится в пределах 2 %. По наличию земли, прилипшей к корнеплодам, все образцы репы соответствовали требованиям (не более 1,0 %). В исследуемых образцах репы повреждения грызунами, а также экземпляры подмороженные и с сильным увяданием – не выявлены.

Таким образом, исследуемые образцы репы сортов «Комета», «Луна» и «Орбита» по качественным показателям полностью соответствуют требованиям РСТ РСФСР 743-88 «Репа

столовая свежая».

Результаты органолептической оценки репы подтверждают результаты исследуемых качественных характеристик – суммарная балловая оценка сортов «Луна» и «Орбита» (соответственно 9,45 и 9,21 баллов) позволяет отнести ее к продукции высокого качества, а «Комета» (8,69 баллов) хорошего. Скидка баллов у репы сорта «Комета» связана, на наш взгляд, с внешней привлекательностью (для потребителя более привычна плоскоокруглая форма, а у данного сорта – удлиненно-коническая), окраской (привычна желтая, разных оттенков, а не белая с антоциановой окраской на верхушке). Стоит отметить, что исследуемые образцы репы, вне зависимости от сорта, обладают: сочной, нежной консистенцией; приятными, специфическими ароматом и вкусом (остро-горькие), обусловленными содержащимися в продукции глюкозинолатами (группа низкомолекулярных соединений серы) при ферментативном гидролизе образующими тиоцианаты и изотиоцианаты (горчичные масла).

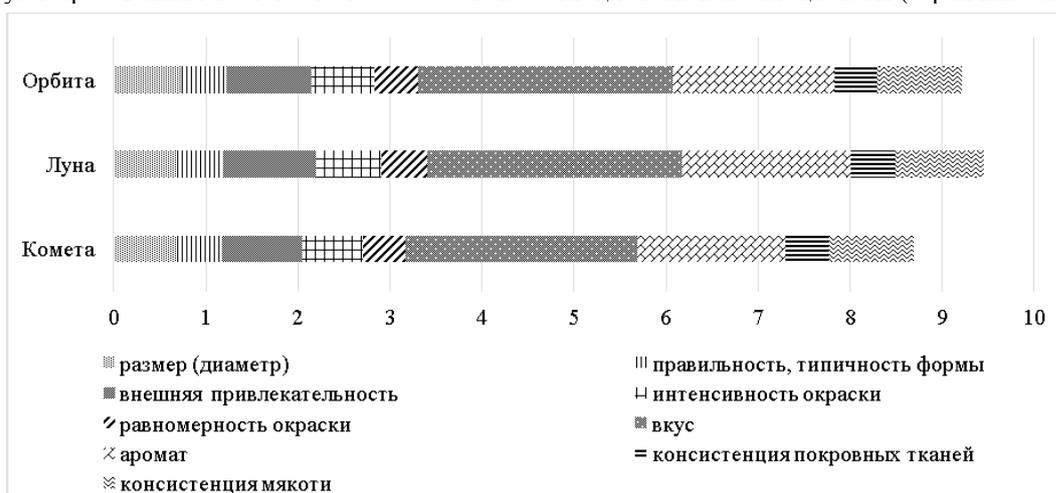


Рисунок 1 – Органолептическая оценка качества исследуемой свежей столовой вызревшей репы, выращенной в Новосибирской области (n=5)

Таблица 2 – Химический состав исследуемой свежей столовой вызревшей репы, произрастающей в Новосибирской области

Показатель	Литературные данные [20]	Фактические результаты		
		Комета	Луна	Орбита
Массовая доля растворимых сухих веществ, %	10,5	11,3±0,46	13,00±0,67	11,4±0,54
Массовая доля углеводов, %	6,2	7,14±0,33	8,44±0,41	6,97±0,38
Массовая доля титруемых кислот (по яблочной), %	0,1	0,17±0,01	0,17±0,01	0,14±0,01
Сахарокислотный индекс, ус.ед.	-	42,0	49,7	49,8
Массовая доля пектиновых веществ, %	1,9	1,75±0,14	1,97±0,20	1,79±0,17
Массовая доля белков, %	1,5	1,24±0,09	1,42±0,12	1,64±0,11
Массовая доля золы, %	0,7	0,93±0,06	0,86±0,09	0,73±0,08

Из данных таблицы 2 видно, что преобладающими компонентами сухого вещества являются сахара (в основном глюкоза), обуславливающие сладкий вкус

репы, их содержание колеблется, в среднем, от 6,97 до 8,44 %. Сладкий вкус смягчают органические кислоты, содержащиеся в репе, хотя их количество

в продукции невелико – в среднем, от 0,14 до 0,17 % наряду с эфирными маслами. Сахарокислотный индекс, являющийся одним из косвенных показателей гармоничности вкуса продукции, наиболее высок у репы сортов «Орбита» и «Луна» (соответственно 49,8 и 49,7 ус.ед.), более низок у «Комета» (42,0 ус.ед.), что согласуется с данными рисунка 1). Пектиновые вещества, содержащиеся в репе (в количестве, в среднем, от 1,75 до 1,97 %), в основном представлены протопектином, который обуславливает твердость продукции. Репа не обладает высокой биологической ценностью, поскольку содержит незначительное количество белка (в среднем 1,43 %) и может рассматриваться только в качестве дополнения к животным белкам суточного рациона.

В репе содержатся физиологически активные вещества: в частности, в достаточно высоком количестве в исследуемых корнеплодах содержатся минеральные вещества. Установлено, что в репе преобладают калий, кальций и фосфор (соответственно, в среднем, 243,2, 46,3 и 33,8 мг/100 г). В меньшем количестве содержатся магний и натрий (соответственно, в среднем 17,6 и 17,4 мг/100 г). Исследуемые сорта репы отличаются относительно не высоким содержанием витамина С (в среднем, от 38,127 до 48,332 мг /100 г). По содержанию β-каротина репа сорта «Луна» (в среднем 108,11 мг /100г) превосходит «Комету» и «Орбиту» более чем в 2,5 раза (соответственно, в среднем, 44,27 и 34,37 мг/100 г), что, скорее всего, и обуславливает ее желтый цвет (совместно с ликопином). Согласно данным ТР ТС 022/2011 «Технический регламент Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки» и МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» исследуемые сорта репы в свежем виде можно рассматривать как источник поступления витамина С (71,0 % удовлетворения суточной потребности – норма 60 мг) и дополнительный источник других нутриентов, % удовлетворения суточной потребности (норма): калия 7,0 % (3500 мг), кальция, магния и фосфора, соответственно 4,6, 4,4 и 4,2 % (соответственно 1000, 400 и 800 мг), β-каротина 1,5 % (5,0 мг), натрия 1,3 % (1300).

Химический состав репы исследуемых сортов в целом сопоставим с литературными данными. Незначительные колебания по содержанию основных компонентов объясняются, скорее всего, условиями произрастания и сортовыми особенностями. Нутриентный состав исследуемых сортов репы позволяет отнести их группе продукции с низкой энергетической ценностью, ккал / 100 г: «Комета» – 33,93; «Луна» – 39,85; «Орбита» – 34,78.

Выводы. Таким образом, репа, выращиваемая в хозяйствах Новосибирской области, обладает достойными качественными характеристиками, а по содержанию биологически активных веществ

является ценным пищевым сырьем пригодным для переработки. Также, обладая высокими органолептическими характеристиками, репа представляет интерес как сырье для производства продукции аутентичной локальной кухни. Однако, на наш взгляд, для целей гастротуризма более подходят сорта, характеризующиеся стереотипно «привычными» округлой формой и желтой окраской.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кузнецова Н.Ф. Гастрономический туризм в регионах южной Сибири: опыт и перспективы развития / Н.Ф. Кузнецова // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2018. – Т. 7. – № 3(24). – С. 138–142.
2. Наймушина Л.В. Перспективность репы (*brassica rapa* L.) в качестве источника ценных биологически активных веществ / Л.В. Наймушина, И.Д. Зыкова, А.Д. Саторник // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 4(115). – С. 120–125.
3. Литвинов Д.О. Сортоизучение репы в условиях юга Тюменской области / Д.О. Литвинов. – Молодой ученый. – 2015. – № 6-5(86). – С. 45–47.
4. Klopscha R., Witzela K., Börnerb A. et al. Metabolic profiling of glucosinolates and their hydrolysis products in a germplasm collection of *Brassica rapa* turnips / Food Research International, 2017, V. 100, pp. 392–403. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.04.016>.
5. Yang J.-F., Chen Y.-Z., Kawabata S. et al. Identification of Light-Independent Anthocyanin Biosynthesis Mutants Induced by Ethyl Methane Sulfonate in Turnip “Tsuda” (*Brassica rapa*). International Journal of Molecular Sciences, 2017, 18(7), 1288. <https://doi.org/10.3390/ijms18071288>.
6. Zhuang H., Lou Q., Han H. et al. Differential Regulation of Anthocyanins in Green and Purple Turnips Revealed by Combined De Novo Transcriptome and Metabolome Analysis. International Journal of Molecular Sciences, 2019, 20(18), 4387. <https://doi.org/10.3390/ijms20184387>.
7. Jiang W. and Zhou X. Hydrolysis of radish anthocyanins to enhance the antioxidant and antiproliferative capacities. Food Chemistry, 2019, V. 294, pp. 477–485. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.078>.
8. Tan S.Y., Mikš-Krajnikab M., Neo S.Y. et al. Effectiveness of various sanitizer treatments for inactivating natural microflora and *Salmonella* spp. on turnip (*Pachyrhizus erosus*). Food Control, 2015, V. 54, pp. 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.012>.
9. Helland H.S., Leufvén A., Bengtsson G.B. et al. Storage of fresh-cut swede and turnip: Effect of temperature, including sub-zero temperature, and packaging material on sensory attributes, sugars and glucosinolates. Postharvest Biology and Technology, 2016, V. 111, pp. 370–379. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.09.011>.
10. Helland H.S., Leufvén A., Bengtsson G.B. et al.

Storage of fresh-cut swede and turnip in modified atmosphere: effects on vitamin C, sugars, glucosinolates and sensory attributes. *Postharvest Biology and Technology*, 2016, V. 111, pp. 150–160. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.028>

11. Рыхлова К.В. Возможность использования порошка репы в производстве хлебцев / К.В. Рыхлова, Н.В. Присухина // *Вестник ВСГУТУ*. – 2016. – № 6(63). – С. 101–105.

12. Перспективы использования пюре репы при производстве пастильных масс / В.В. Румянцева, Т.В. Шунина, О.Н. Серегина, Н.В. Митрохина // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. – 2013. – № 5(22). – С. 20–24.

13. Разработка новых видов продуктов функционального назначения с применением пищевых волокон корнеплодов репы / С.Ю. Чурикова, В.И. Манжесов, М.В. Аносова и др. // *В мире научных открытий*. – 2016. – № 12(84). – С. 188–189.

14. Белякова Т.Н. Использование репы (*Brassica rapa* L.) при производстве ферментированного напитка на молочной основе с онкопротекторными свойствами gh/Т.Н. Белякова, Л.А. Забодалова, М.Ю. Шевченко // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. – 2018. – № 3(52). – С. 111–119.

15. Жалилов Н.А. Репа – пищевое и лечебно-профилактическое растение / Н.А. Жалилов, И.Д. Кароматов // *Биология и интегрированная медицина*. – 2017. – № 6. – С. 113–121.

16. Kim Y.H., Kim Y.W., Oh Y.J. et al. Protective effect of the ethanol extract of the roots of *Brassica rapa* on cisplatin-induced nephrotoxicity in LLC-PK1 cells and rats. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 2006, V. 29, Is. 12, pp. 2436–2441. <https://doi.org/10.1248/bpb.29.2436>.

17. Заворохина Н.В. Сенсорный анализ продовольственных товаров на предприятиях пищевой промышленности, торговли и общественного питания / Н.В. Заворохина, О.В. Голуб, В.М. Позняковский. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 144 с.

18. Широков Е.П. Хранение и переработка продукции растениеводства с основами стандартизации и сертификации. Часть 1. Картофель. Плоды, овощи. – М.: Колос, 1999. – 254 с.

19. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош и др.; под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отделение, 1987. – 430 с.

20. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ. Проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

Статья поступила в редакцию 28.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 664.65; 664.644; 664.64.016

**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БЕРЕЗОВОГО ГРИБА ЧАГА В КАЧЕСТВЕ НАТУРАЛЬНОГО
ОБОГАТИТЕЛЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ И МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

© 2019

Авроров Валерий Александрович, доктор технических наук,
профессор кафедры «Пищевые производства»*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11, e.mail: v_avrorov@bk.ru)***Сарафанкина Елена Александровна**, старший преподаватель кафедры «Пищевые производства»*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11)***Мурашкина Оксана Александровна**, старший преподаватель кафедры «Пищевые производства»*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова / ул. Гагарина, 1а/11)*

Аннотация. Статья посвящена проблеме обогащения хлебобулочных и мучных кондитерских изделий добавками растительного происхождения функционального назначения, полученных из березового гриба чаги, плода тыквы и ее семян. Показана целесообразность обогащения этих изделий, основанная на анализе проводимых исследований в данной области. Приведены основные принципы, на которых должно базироваться использование натуральных обогатителей в пищевых продуктах. Обосновано применение обогатителей из березового гриба чага и тыквы, содержащих полезные микроэлементы и витамины, которых недостаточно в традиционной хлебобулочной и мучной кондитерской продукции. Показано влияние на примере песочного теста основных ингредиентов на его реологические свойства. Отмечено и показатели формового хлеба с добавлением. Проведена промышленная апробация и контроль качественных показателей формового хлеба с добавлением порошка чаги, тыквы и семян тыквы в специализированной лаборатории. Разработаны и утверждены в установленном порядке технические условия на выпуск формового пшеничного и ржано-пшеничного хлеба с указанными обогатителями, разрешающие осуществлять его массовый выпуск.

Ключевые слова: натуральные обогатители, хлебобулочные и мучные кондитерские изделия, реологические свойства теста.

**ABOUT USE OF THE BIRCH MUSHROOM CHAGA, FRUITS AND PUMPKIN SEEDS
AS NATURAL ENRICHING AGENTS OF BAKERY AND FLOUR CONFECTIONERY**

© 2019

Avrorov Valery Altksandrovich, doctor of technical Sciences, Professor of the Department "Food production"*Penza State Technological University**(440039, Russia, Penza, Baidukova Passage / Gagarina St., 1a/11, e.mail: v_avrorov@bk.ru)***Sarafankina Elena Aleksandrovna**, senior teacher of the Department "Food production"*Penza State Technological University**(440039, Russia, Penza, Baidukova Passage / Gagarina St., 1a/11)***Murashkina Oksana Aleksandrovna**, senior lecturer of the Department "Food production"*Penza State Technological University**(440039, Russia, Penza, Baidukova Passage / Gagarina St., 1a/11)*

Abstract. The article is devoted to the problem of enrichment of bakery and flour confectionery products with additives of plant origin of functional purpose obtained from birch fungus chaga, pumpkin fruit and its seeds. Expediency of enrichment of these products based on the analysis of the conducted researches in this area is shown. The basic principles on which the use of natural enriching agents in food should be based are given. The use of enriching agents from birch mushroom chaga and pumpkin containing useful trace elements and vitamins, which are not enough in traditional bakery and flour confectionery products, is justified. The influence of the main ingredients on its rheological properties on the example of sand dough is shown. It is noted and indicators of the bread with the addition of. Industrial approbation and quality control of bread with the addition of chaga powder, pumpkin and pumpkin seeds was carried out in a specialized laboratory. Developed and approved in accordance with the established procedure, the technical conditions for the production of form wheat and rye-wheat bread with these concentrators, allowing its mass production.

Keywords: natural enriching agents, bakery and flour confectionery products, rheological properties of dough.

Введение. Хорошо известно, что выпускаемые хлебопекарной отраслью традиционные виды хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, пользующиеся повседневным спросом, относятся, наряду с другими видами продуктов, к основным

продуктам питания, удовлетворяя потребности организма человека в углеводах, белках, и отчасти в жирах. Однако их потребление в рационе питания не может восполнить потребности организма в микронутриентах, к которым относятся витамины,

наиболее дефицитные микроэлементы и в отдельных случаях пищевые волокна, не говоря уже о микронутриентах функциональной или лечебно-профилактической направленности.

Так, по данным [1], результаты многолетних исследований хлебобулочных изделий в трех промышленных регионах России показывают, что при общем снижении потребления хлеба увеличивается доля изделий из пшеничной муки высшего и первого сортов и уменьшается поступление витаминов группы В в 4,5 раза. Это подтверждает целесообразность обогащения мучных изделий недостающими витаминами и минеральными веществами.

Мучные кондитерские изделия получают в последнее время все большее распространение во всех возрастных группах населения. Мучные изделия, обладая высокой калорийностью [2], по данным многих исследований [3-7], характеризуются практическим отсутствием незаменимых микронутриентов (витаминов, микроэлементов и пищевых волокон).

Выбор микронутриентов для внесения должен основываться на результатах исследований и рекомендаций НИИ питания РАМН. По данным [8] для обогащения муки и мучных кондитерских изделий рекомендуются смесь витаминов группы В, РР и С с микроэлементами, главным образом железа и кальция. Диетические свойства хлебобулочным изделиям придают отруби, мука из других злаков (овсяная, гречневая и др.), препараты бета-каротина, йодосодержащие вещества и др. [9-13].

Обогащение должно базироваться, как подчеркивается в [14], на ряде основополагающих принципов:

- для обогащения должны использоваться те микронутриенты, которые отсутствуют в хлебобулочных и мучных кондитерских изделиях;
- обогащение продуктов витаминами и микронутриентами должно касаться продуктов массового потребления;
- содержание необходимых микронутриентов в добавляемых в хлебобулочные и мучные кондитерские изделия натуральных обогатителей должно восполнять потребности организма, по крайней мере на 20-30% их суточного количества;
- добавляемые микронутриенты не должны ухудшать потребительские свойства этих продуктов.

В то же время использование добавляемых микронутриентов не должно ухудшать реологические свойства и поведение тестовой массы и не оказывать негативного влияния на технологию ее обработки и готовую продукцию [15,16].

Целью работы являлся выбор вида натуральных обогатителей хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, в наибольшей степени обеспечивающих их функциональность с позиций благоприятного воздействия на организм человека и определение рационального количества при их использовании в некоторых видах мучных изделий.

Анализ результатов исследований. На кафедре «Пищевые производства» были проведены исследования влияния на физико-механические показатели тестовых полуфабрикатов внесенного в рецептуру формового пшеничного и ржано-пшеничного хлеба специально приготавливаемого тонкодисперсного порошка из березового гриба чаги с размерами частиц 6...20 мкм (рисунок 1) в качестве функциональной добавки [17,18].

Известно, что березовый гриб чага обладает рядом полезных для организма микроэлементов, таких как селен, цинк, железо, витамины Е и РР, содержит птерины, свободные фенолы, стерины, органические кислоты, полисахариды и др.

Чага издавна используется в народной медицине в качестве профилактического средства в виде настоев. Известны также в фармацевтические препараты и мази с ее использованием. Она способствует повышению защитных реакций организма, улучшает обмен веществ, способствует снижению давления и оказывает противовоспалительное действие.

Чагу применяют при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, гастритах с пониженной секреторной функцией, полипозе желудка и кишечника, а также при онкологических заболеваниях желудка, легких и других органов в тех случаях, когда не показана лучевая терапия и хирургическое вмешательство. Березовый гриб применяется также и при лечении пародонтоза. Препараты чаги рекомендуются также использовать при лечении кожных заболеваний. Установлено, что отвар чаги в соотношении 1:5 снижает уровень сахара в крови.

При использовании чаги рекомендуется применять молочно-растительную диету и ограничить прием пряностей, мяса и жиров, а также исключить из рациона консервы и копчености. Усилению лечебных свойств чаги помогает применение облепихового масла, экстрактов конского каштана, сабельника, софоры японской, зеленого чая и других лекарственных растений.



Рисунок 1 – Тонкоизмельченный порошок березового гриба чаги

Задачей экспериментальных исследований являлось установление влияния порошка березового гриба, добавляемого в рецептуры теста. на органолептические и другие показатели качества хлебобулочных (формового хлеба) и мучных кондитерских изделий (песочного печенья).

В таблице 1 в качестве примера приведены рецептуры песочного теста с добавлением порошка чаги в количестве 9,7; 7,3 и 4,85% от количества муки.

Известно, что в песочном тесте при увеличении содержания в рецептуре жира снижается набуха-

Таблица 1 – Рецептура песочного теста для мучных кондитерских изделий

Сырье	Тесто по рецептуре [21] Контрольный вариант	Тесто с добавлением порошка чаги
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, г	515,4	465,4 477,9 490,4
Порошок березового гриба, г	-	50,0 37,5 25
Сахар-песок, г	206,2	206,2
Сливочное масло, г	309,3	309,3
Соль, г	2,06	2,06
Натрий двууглекислый, г	0,52	0,52
Аммоний двууглекислый, г	0,52	0,52

Таблица 2 – Изменение эффективной вязкости песочного теста в зависимости от скорости деформации и содержания обогатителя

Скорость деформации теста, $\dot{\gamma}$ с ⁻¹	Эффективная вязкость, $\eta(\dot{\gamma}, t)$ мПа		
	Тесто по рецептуре [21] Контрольный вариант	Тесто с добавлением в рецептуру 50г порошка чаги	Тесто с добавлением в рецептуру 25 г порошка чаги
0,4	1,86	0,81	1,22
1,0	1,16	0,42	0,63
1,6	0,71	0,34	0,47
2,2	0,62	0,30	0,42

Для аппроксимации числовых данных (таблица 2) использовали степенную модель вида $y = bx^n$ и обработку вели согласно [19].

В результате обработки были получены следующие эмпирические зависимости изменения эффективной вязкости теста от скорости деформации и количественного содержания обогатителя:

- контрольный вариант теста по рецептуре

$$\eta(\dot{\gamma}; t) = 6,3\dot{\gamma}^{0,8};$$

- тесто с добавлением 25г порошка чаги

$$\eta(\dot{\gamma}; t) = 3,1\dot{\gamma}^{0,7};$$

- тесто с добавлением 50г порошка чаги

$$\eta(\dot{\gamma}; t) = 1,7\dot{\gamma}^{0,6}.$$

Исследования образцов выпеченного хлеба «Белокаменский» и «Белокаменский с чагой» проводились в лаборатории Центра гигиены и эпидемиологии Пензенской области.

емость белков, поскольку жир связывается крахмалом муки. Это приводит к увеличению пластичности теста и уменьшению его эластичности. При увеличении содержания сахара-песка тесто становится более липким и плохо раскатываемым. Добавление порошка чаги в рецептурную смесь способствует повышению эластичности теста и уменьшению его вязкости.

В таблице 2 приведены численные значения изменения вязкости песочного теста при различном содержании в нем порошка чаги в зависимости от скорости деформации.

В результате анализа хлеба ржано-пшеничного «Белокаменский» определены органолептические и физико-химические показатели.

Форма хлеба «Белокаменский» соответствует хлебной форме, в которой производилась выпечка. Поверхность хлеба без крупных трещин и подрывов; цвет: светло-коричневый. Состояние мякиша: пропеченный, не влажный на ощупь, без комочков и следов непромеса; пористость развитая без пустот и уплотнений. Вкус и запах приятные, без постороннего привкуса и запаха. Посторонние включения, хруст от минеральной примеси, признаки болезней и плесени не обнаружены.

Влажность мякиша составила 43% при допустимом уровне не >50,0%.

Кислотность 4,0 град при допустимом уровне не >11,0 град, пористость мякиша 64% при допустимом

уровне не <45,0%.

В результате анализа хлеба ржано-пшеничного «Белокаменский с чагой» определены органолептические и физико-химические показатели.

Форма хлеба «Белокаменский с чагой» соответствует хлебной форме, в которой производилась выпечка. Поверхность хлеба без крупных трещин и подрывов; цвет: светло-коричневый. Состояние мякиша: пропеченный, не влажный на ощупь, без комочков и следов непромеса; пористость развитая без пустот и уплотнений. Вкус и запах приятные, без постороннего привкуса и запаха. Посторонние включения, хруст от минеральной примеси, признаки болезней и плесени не обнаружены.

Влажность мякиша составила 43,5% при допустимом уровне не >50,0%.

Кислотность 4,0 град при допустимом уровне не >11,0 град, пористость мякиша 64% при допустимом уровне не <45,0%.

На разработанные рецептуры формового хлеба с добавлением порошка березового гриба чаги разработаны и утверждены в установленном порядке технические условия, позволяющие постав-лять на рынок данные виды продукции [20].

Выводы.

1. Показана целесообразность применения порошка березового гриба чага в качестве натурального обогатителя в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.

2. Исследовано реологическое поведение тестовой массы и установлено, что добавление данного обогатителя не ухудшает качественных показателей готовых изделий хлебопекарной промышленности.

3. Разработаны и утверждены технические условия на производство формового ржано-пшеничного пшеничного хлеба с добавлением березового гриба чага.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Шатнюк Л.Н. Научные основы новых технологий диетических продуктов с использованием витаминов и минеральных веществ / Л.Н. Шатнюк // Автореферат дисс. на соискание ученой степени докт. техн. наук. – М: МГУПП, 2000. – 60 с.

2. Леонтьева И.М. Мучные полуфабрикаты повышенной пищевой ценности / И.М. Леонтьева, Л.Н. Шатнюк, Т.Ф. Роечко // Пищевая промышленность. – 1992. – №3. – С.19–20.

3. Губергипп А.Я. Лечебное питание. – Киев, 1995. – 157 с.

4. Лисюк Г.М. Повышение биологической ценности и снижение калорийности мелкоштучных изделий при их производстве в предприятиях общественного питания / Г.М.Лисюк, А.С. Ванникевич // Перспективы развития массового питания и

торговли в условиях перехода к рыночной экономике: материалы междунар. конф. – Харьков: – 1994. – С.82.

5. Азин Л.А. Обогащение хлеба пищевыми волокнами / Л.А. Азин, Л.Н. Шатнюк, И.В. Баранова // Пищевая промышленность. – 1992. – №4. – С.6–7.

6. Шатнюк Л.Н. Мучные кондитерские изделия лечебно-профилактического назначения, обогащенные -каротином / Л.Н. Шатнюк, Ю.А. Козлова, Л.В. Беркетова [и др.] // Пищевая промышленность. – 1999. – №5. – С. 29–31.

7. Шатнюк Л.Н. Витаминно-минеральные обогатители для хлебобулочных изделий / Л.Н. Шатнюк, В.Б. Спиричев // Современное хлебопекарное производство и перспективы его развития: материалы II междунар. конф. – М: 1999. – С. 31.

8. Игорянова Н.А. Обогащение пшеничной муки высшего и первого сорта витаминно-минеральной смесью / Н.А. Игорянова, А.Ф. Шухнов [и др.] // Вопросы питания. – 1994. – №5. – С 5–8.

9. Петраш И. Обогащение хлебобулочных изделий бэта-каротином / И. Петраш, Л. Шатнюк // Хлебопродукты. – 1996. – №12. – С.16–17.

10. Беляев М.И. Нетрадиционные виды сырья / М.И. Беляев, Г.В. Дейниченко // Достижения науки и техники АПК. – 1990. – №1. – С.34.

11. Кочеткова А.А. Научно-практические основы получения и применения пищевых добавок с комплексными технологическими функциями // Дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – М: МТИПП, 1996. – 166 с.

12. Матвеев И.В. Пищевые добавки и хлебопекарные улучшители в производстве мучных изделий: учебное пособие / И.В. Матвеев, И.Г. Белявская. – М: 1998. – 104 с.

13. Шмалько Н.А. Мучные кондитерские изделия повышенной пищевой и биологической ценности / Н.А. Шмалько, И.И. Уварова, Н.Н. Латкина, Н.А. Шуклина // Пищевые продукты XXI века: сборник докладов междунар. научно-практ. конф. – М: МГУПП, 2001. – С.193–195.

14. Дудина М.Ф. Витаминизированные изделия / М.Ф. Дудина, Н.В. Бриль [и др.] // Хлебопродукты. – 1991. – №1. – С.40–41.

15. Карнаушенко Л.И. Влияние добавок на реологические свойства теста из пшеничной муки / Л.И. Карнаушенко, А.П. Чигаровский, А.В. Рыбникова // Перспективы развития массового питания и торговли в условиях перехода к рыночной экономике: материалы междунар. конф. – Харьков. – 1994. – С. 95.

16. Авроров В.А. Моделирование процессов и исследование реологических свойств пищевых сред: создание комплекта энергосберегающего технологического оборудования для производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, порошков и масел из натурального растительного сырья для малых предприятий пищевой

промышленности / В.А. Авроров, Г.В. Авроров, В.С. Николаев, Д.И. Фролов, В. Н. Гусева // Российским инновациям – российский капитал: материалы III Российского форума. – Ижевск, 2010. – С.170–171.

17. Авроров Г.В. Об использовании натуральных обогатителей при производстве формового ржано-пшеничного и пшеничного хлеба / Г.В. Авроров, Н.С. Елисеева, Е.В. Таранцова, В.В. Ловцева // Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: достижения, проблемы, перспективы: материалы VII междунар. научн. практ. конф. – Пенза: ПДЗ, 2013. – С. 15–18.

18. Авроров Г.В. О новых разработках в области создания продуктов питания функционального назначения / Г.В. Авроров, Н.С. Елисеева, Е.В. Таранцова, В.В.Ловцева // Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: достижения, проблемы, перспективы: материалы VII междунар. научн. практ. конф. – Пенза: ПДЗ, 2013. – С. 18–20.

19. Авроров В.А. Основы проведения научных исследований: учебное пособие. В 2-х кн./ В.А. Авроров, Е.А. Жистин, Н.В. Моряхина. – Пенза: ПГТА, 2009. – 476 с.

20. Авроров Г.В. ТУ9119-0012-65042162 Хлеб ржано-пшеничный «Белокаменский» с чагой. Пенза: 2011.

21. Сборник технологических нормативов. Сборник рецептов на торты, пирожные, кексы, рулеты, печенье, пряники, коврижки и сдобные булочные изделия. Часть III. – М: Хлебпродинформ, 2000. – 201 с.

Статья поступила в редакцию 27.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 664.144.0/22.33.01:582.628-114.5

РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЛЕДЕНЦОВОЙ КАРАМЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАТУРАЛЬНОГО КРАСИТЕЛЯ ИЗ ОКОЛОПЛОДНИКА ОРЕХА МАНЬЧЖУРСКОГО

© 2019

Левчук Тамара Викторовна, аспирант Департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины

Дальневосточный государственный университет

(690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, e-mail: levchuktv@rambler.ru)

Левочкина Людмила Владимировна, кандидат технических наук,

доцент Департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины

Дальневосточный государственный университет

(690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, e-mail: vovslev@yandex.ru)

Чеснокова Наталья Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент Департамента пищевых наук
и технологий Школы биомедицины

Дальневосточный государственный университет

(690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, e-mail: alku1965@mail.ru)

Кузнецова Алла Алексеевна, кандидат технических наук,

доцент Департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины

Дальневосточный государственный университет

(690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, e-mail: alku1965@mail.ru)

Аннотация. В статье рассматривается оценка качества леденцовой карамели с использованием натурального красителя из околоплодника ореха маньчжурского по органолептическим, физико-химическими и микробиологическим показателям. Установлено, что наилучшими органолептическими показателями обладал образец леденцовой карамели с добавлением сухого лиофилизированного красителя из околоплодника ореха маньчжурского в количестве 0,02 и 0,03% на 1 кг карамельной массы. Добавление красителя в рецептуру леденцовой карамели позволяет получить продукт коричневого цвета, с выраженным сладко-кислым вкусом и запахом ореха. Исследованы физико-химические показатели леденцовой карамели. Результаты исследований показали, что физико-химические показатели качества леденцовой карамели с добавлением 0,02% сухого лиофилизированного красителя из околоплодника ореха маньчжурского соответствуют нормативным значениям. Определены гигроскопичность и коэффициент растекаемости карамели (1,32 см²/г). Определены микробиологические показатели, содержание тяжелых металлов в леденцовой карамели. Результаты показали, что разработанный образец леденцовой карамели полностью соответствуют требованиям ГОСТ 6477-88 «Карамель. Общие технические условия, сроки хранения разработанного продукта при температуре (18±3)С и относительной влажности воздуха не более 75% составляют 8 месяцев.

Ключевые слова: околоплодник ореха маньчжурского, гигроскопичность, растекаемость, реологические, органолептические показатели, оценка качества.

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF A CRIMEA CARAMEL WITH THE USE OF A NATURAL DYE FROM AGREEDS NUT OF MANCHURSKY

© 2019

Levchuk Tamara Victorovna, postgraduate student

of the Department of food science and technology School of Biomedicine

Far Eastern Federal University

(690950, Vladivostok, Russia, Sukhanova St., 8, e-mail: levchuktv@rambler.ru)

Liovochkina Lyudmila Vladimirovna, candidate of Technical Sciences, docent Head

of the Department of food science and technology School of Biomedicine

Far Eastern Federal University

(690950, Vladivostok, Russia, Sukhanova St., 8, e-mail: vovslev@yandex.ru)

Chesnokova Natalya Yuryevna, candidate of Biological Sciences, docent of the Department of food
science and technology School of Biomedicine

Far Eastern Federal University

(690950, Vladivostok, Russia, Sukhanova St., 8, e-mail: chesn_natali@mail.ru)

Kuznecova Alla Alekseevna, candidate of Technical Sciences, docent of the Department of food science and
technology School of Biomedicine

Far Eastern Federal University

(690950, Vladivostok, Russia, Sukhanova St., 8, e-mail: alcu1965@mail.ru)

Abstract. The article considers the assessment of the quality of candy caramel using a natural dye from the pericarp of the Manchurian walnut according to organoleptic, physicochemical and microbiological indicators. It

was established that the best organoleptic characteristics were possessed by a sample of candy caramel with the addition of dry lyophilized dye from the pericarp of Manchurian walnut in the amount of 0.02 and 0.03% per kg of caramel mass. Adding dye to the candy caramel formula allows you to get a brown product with a pronounced sweet-sour taste and a nut smell. The physical and chemical parameters of candy caramel are investigated. The research results showed that the physico-chemical quality indicators of candy caramel with the addition of 0.02% dry lyophilized dye from the pericarp of Manchurian walnut correspond to standard values. The hygroscopicity and spreadability coefficient of caramel (1.32 cm² / g) were determined. Microbiological indicators, the content of heavy metals in candy caramel are determined. The results showed that the developed sample of candy caramel fully meets the requirements of GOST 6477-88 "Caramel. General specifications, the shelf life of the developed product at a temperature of (18 ± 3) C and a relative humidity of not more than 75% is 8 months.

Keywords: Manchurian pericarp, dairy stage of maturity, hydroscopicity, spreadability, rheological, organoleptic characteristics, quality control.

Постановка проблемы в общем виде. Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года содержат в себе вопросы, которые касаются достижения высокого уровня её качества и безопасности [1,2].

Современный рынок питания характеризуется разнообразием продуктов, в состав которых входят синтетические пищевые добавки: ароматизаторы, консерванты, красители, используемые для улучшения вкусоароматических характеристик и prolongирования сроков годности.

Большинство таких веществ, при постоянном употреблении могут представлять угрозу здоровью. Поэтому актуальными вопросами в современной пищевой, в том числе кондитерской индустрии является отказ от синтетических добавок и использование ингредиентов натурального происхождения [3,4].

Среди широкого ассортимента кондитерской продукции одно из перспективных направлений по производству и спросу населения занимает группа сахаристых кондитерских изделий, в частности леденцовая карамель. Для её окрашивания, используют в основном синтетические красители, оказывающие вредное влияние на организм, что является главным недостатком. Поэтому, кондитерская промышленность встает перед проблемой необходимости замены синтетических красителей натуральными. Эту проблему можно решить использованием в изделиях красителей, выделенных из растительного сырья, в частности из околоплодника ореха маньчжурского [5,6,7,8,9].

Анализ последних исследований и публикаций. Околоплодник ореха маньчжурского (*Juglans manshurica Maxim*) в настоящее время представляет научный интерес, это обусловлено его уникальным химическим составом и лечебными свойствами. Наличием в нем биологически активных веществ, как, юглон, рутин, кверцетин и др., объясняет его широкое применение в лечебных целях.

Околоплодник ореха маньчжурского обла-

дает антиоксидантными, антибактериальными и противоопухолевыми свойствами [10,11]. Так же известно, что околоплодник ореха маньчжурского обладает высокой красящей способностью. В работах учёных Буданцева, 2001., Зорикова, 2004., Гукова, 2004., Тагильцева, Колесникова, Нечаева, 2004., Шретер, 2004., Lixue Yang and others., Амосова, 2007., Tran Minh Ngoc and others, 2008, Xu Hl, 2010., (Jiaming Sun et all, 2011), Gunhyuk Park, 2012), Берловой, 2005, описывается применение околоплодника в качестве красителя в основном в легкой промышленности.

Однако, анализ публикаций показал, что наибольший интерес представляет использование околоплодника ореха маньчжурского в пищевой промышленности, в связи с чем актуальным является изучение использования околоплодника ореха маньчжурского в качестве натурального красителя в производстве продуктов питания, а так же изучение оценки качества и безопасности этих продуктов.

Цель исследования – является изучение оценки качества разработанной леденцовой карамели с использованием натурального красителя из околоплодника ореха маньчжурского.

Материалы и результаты исследования. В качестве объектов исследования служил сухой лиофилизированный краситель из околоплодника ореха маньчжурского. Сухой лиофилизированный краситель из околоплодника ореха маньчжурского был получен по следующей схеме: сбор околоплодника молочной стадии зрелости – подготовка сырья – измельчение сырья – экстракция ультразвуком – фильтрация – лиофильная сушка – измельчение. Лиофильную сушку экстрактов околоплодника ореха маньчжурского проводили на приборе FreeZone 6 Liter Benchtop Freeze Dry Sistem.

Органолептические и физико-химические показатели, содержание биологически активных веществ сухого лиофилизированного красителя из околоплодника ореха маньчжурского приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Органолептические и физико-химические показатели, содержание биологически активных веществ

Фактические показатели	Сухой лиофилизированный краситель
Внешний вид	Порошок
Цвет	коричневый
Вкус	с лёгкой горечью
Содержание сухих веществ, %	33,4
Влажность %	6-8
Растворимость, %	100
Активная кислотность, pH	7,2
Устойчивость к воздействию света, температуры	стабилен
Антиоксидантная активность, мкг. аск. к-ты/мл	463,34
Рутин, мг/100г	54,4
Витамин С, мг/100 г	2516,5
Йод, мг/100г	0,75
Юглон, мг/100г	76,3

Из таблицы 1 видно, что краситель представляет собой сухой, водорастворимый лиофилизированный порошок коричневого цвета, имеет высокую антиоксидантную активность 463,34 мкг. аск. к-ты/мл, содержит биологически активные вещества: витамин С (2516,5, мг/100 г), рутин (54,4мг/100г), юглон (76,3мг/100г), йод (0,75мг/100г) [12,13].

В данной работе была изучена возможность использования разработанного красителя из околоплодника ореха маньчжурского в технологии леденцовой карамели. Процесс приготовления леденцовой карамели с добавлением сухого красителя из околоплодника ореха маньчжурского состоял из основных технологических этапов: приготовления сахарного сиропа, уваривания его до влажности 2%, приготовления карамельной массы, на последнем этапе в готовую карамельную массу вносили краситель.

С целью возможности использования сухого лиофилизированного красителя в технологии леденцовой карамели и определения его оптимального количества были изучены органолептические, физико-химические и показатели безопасности исследуемого продукта.

Органолептический анализ леденцовой карамели с добавлением сухого лиофилизированного красителя проводили по основным показателям: цвет, вкус и запах, состояние поверхности, в соответствии с ГОСТ Р 53104-2008 «Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания», ГОСТ 6477-88.

Для исследования были приготовлены 4 образца карамели с разным содержанием экспериментального красителя (1-4 образцы со-

держали 0,01%, 0,02%, 0,03%, 0,04% на 100 г продукта). В качестве стандарта использовали образец с синтетическим красителем (Amagicolor /коричневый), согласно рецептуре [14,15,16]. Результаты органолептической оценки экспериментальных образцов представлены в таблице 2.

Из данных таблицы 2 видно, что при добавлении красителя из околоплодника ореха маньчжурского в количестве 0,01% вкус и запах карамели слабо выражены, в количестве 0,04% вкус резко меняется до горького. Цвет карамели меняется от светло-жёлтого до темно-коричневого.

Как показали исследования, краситель хорошо растворяется в карамельной массе, придавая ей равномерную окраску от светло-желтого(0,01%) до насыщенного темно-коричневого цвета (0,04%). Однако, введение красителя в количестве 0,04% к массе продукта резко ухудшает органолептические показатели, появляется ярко выраженная горечь, травянистый привкус. Наилучшими органолептическими показателями обладают образцы леденцовой карамели 2 и 3.

Таким образом, установлено, что краситель в виде сухого лиофилизированного красителя из околоплодника ореха маньчжурского может использоваться при производстве леденцовой карамели.

Оптимальная дозировка внесения красителя составляет 0,02-0,03%. При производстве пищевых продуктов и разработке рецептур, в особенности с использованием растительного сырья, предъявляются жёсткие требования к физико-химическим показателям. Наиболее значимые физико-химические показатели качества леденцовой карамели представлены в таблице 3.

Таблица 2 – Органолептическая оценка образцов леденцовой карамели с добавлением сухого лиофилизированного красителя из околоплодника ореха маньчжурского

Показатель качества	Контрольный образец с добавлением синтетического красителя (Amaricolor/коричневый)	Образцы леденцовой карамели с добавлением сухого лиофилизированного красителя из околоплодника ореха маньчжурского, %			
		Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
	0,04	0,01	0,02	0,03	0,04
Цвет	коричневый	светло-жёлтый	светло-коричневый	коричневый	темно-коричневый
Вкус и запах	приторный, с посторонним привкусом и запахом	сладкий, слабо выражен	сладко-кислый, слабо выражен	сладко-кислый	горький
поверхность	сухая, гладкая, без трещин	сухая, гладкая, без трещин	сухая, гладкая, без трещин	сухая, гладкая, без трещин	сухая, гладкая, без трещин

Таблица 3 – Физико-химические показатели качества леденцовой карамели с использованием 0,02% сухого лиофилизированного красителя из околоплодника ореха маньчжурского.

Наименование показателя	Нормативное значение	Фактическое значение	Погрешность измерения при $P=0,95$	Нормативная документация на методы испытаний
Массовая доля влаги, %	3,0	2,0	$\pm 0,4$	ГОСТ 5900-2014
Массовая доля редуцирующих веществ, %, не более	20,0-23,0	18	$\pm 1,0$	ГОСТ 5903-89
Массовая доля общей золы, %, не более	0,2	0,070	$\pm 0,009$	ГОСТ 5901-2014
Кислотность, градусы, не менее	7,1-16,0	15,0	$\pm 0,3$	ГОСТ 5898-87
Витамин «С», мг/100 г	-	3,24	$\pm 0,9$	ГОСТ 7047-55

Результаты исследований показали, что практически все физико-химические показатели качества леденцовой карамели с добавлением 0,02% сухого лиофилизированного красителя из околоплодника ореха маньчжурского молочной стадии зрелости соответствуют нормативным значениям. Из таблицы 3 видно, что содержание витамина С в леденцовой карамели с добавлением сухого лиофилизированного порошка из околоплодника ореха маньчжурского молочной стадии зрелости составляет 3,24 мг/100 г изделия.

Дополнительными физико-химическими показателями качества продуктов питания являются их реологические характеристики. Одним из реологических показателей качества леденцовой карамели является растекаемость, которая характеризуется коэффициентом растекания. Данный показатель зависит от рецептурного состава карамели и косвенно характеризует вязкость.

Реологические свойства изделий, разрушающее усилие, напряжение при деформации определяли на приборе Fudon Rheo Meter (Rheotech Co., Ltd. Япония).

Для исследования вязкостных свойств карамели было приготовлено 4 образца карамельной массы в зависимости от внесенного количества лиофилизированного сухого красителя (1-4 образ-

цы содержали 0,01%, 0,02%, 0,03%, 0,04% на 100 г продукта, соответственно). Результаты образцов представлены в таблице 4.

Из таблицы 4 видно, что наименьшие коэффициенты растекания наблюдается у карамельной массы с содержанием 0,02 и 0,03% сухого лиофилизированного порошка из околоплодника ореха маньчжурского, они составляют 1,32 и 1,34 см²/г, соответственно. Данные значения являются наиболее приближенными к нормативному показателю коэффициента растекания для карамельной массы на патоке 1,35 см²/г. В связи с тем, что коэффициент растекания является косвенным показателем вязкости, то условно можно предположить, что карамель, приготовленная с содержанием 0,02 и 0,03 % сухого лиофильного порошка из околоплодника ореха маньчжурского, наиболее соответствует качеству продукции по реологическим характеристикам.

Технология приготовления карамельной массы направлена на получение карамели стойкой при хранении против кристаллизации и увлажнения, поэтому важным физическим показателем, является гигроскопичность. Данные исследования о гигроскопичности карамели в зависимости от количества добавленного красителя и сроков хранения показаны на рисунке 1.

Таблица 4 – Коэффициент растекания карамельной массы, см²/г

Количество сухого лиофилизированного красителя в карамельной массе, %		Диаметр, см	Радиус, см	Вес, г	Площадь круга (πr ²), см ² Расчетный показатель	Коэффициент растекания	
						Нормативный показатель	
контроль	0	7,18	3,59	30	40,5	1,35	1,35
Образец 1	0,01	7,32	3,36	30	42	1,40	1,35
Образец 2	0,02	7,15	3,57	30	40,2	1,34	1,35
Образец 3	0,03	7,1	3,5	30	39,6	1,32	1,35
Образец 4	0,04	7,85	3,925	30	38,5	1,28	1,35

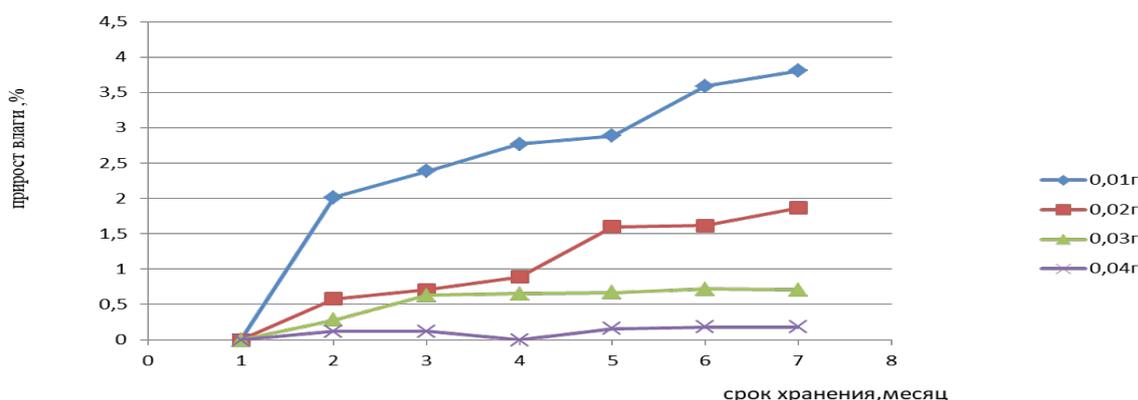


Рисунок 1 – Гигроскопичность образцов леденцовой карамели в зависимости от количества добавленного красителя. * Образцы хранились в замкнутом пространстве (эксикаторе)

Установлено, что при добавлении красителя в карамель в количестве 0,01% и 0,02% гигроскопичность выше, прирост влаги при хранении 8 месяцев составляет почти 4%, в образцах 3 и 4, гигроскопичность уменьшается и составляет 0,86% и 0,33%, соответственно.

Микробиологические показатели определяли в соответствии Техническому регламенту таможенного союза ТР ТС 021/2012 «О безопасности пищевой продукции» Приложение 9, 10 и 11; согласно ГОСТ Р 52814-07, ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ Р

52816-07, ГОСТ Р 52815-07, ГОСТ 10444.12-88.1 [17,18,19,20].

Микробиологические показатели качества леденцовой представлены в таблице 5.

Результаты исследований показали, что все микробиологические показатели леденцовой карамели соответствуют нормативным значениям. Исследования содержания токсичных элементов в леденцовой карамели с добавлением 0,02% сухого лиофилизированного красителя из околоплодника ореха маньчжурского представлены в таблице 6.

Таблица 5 – Микробиологические показатели качества карамели с добавлением 0,02% сухого лиофилизированного красителя из околоплодника ореха маньчжурского

Наименование показателей	Нормативное значение	Фактическое значение	Погрешность измерения при P=0,95	НД на методы испытаний
Микробиологические нормативы безопасности (патогенные)				
Патогенные, в том числе сальмонеллы 25 г	не доп.	отс.	-	ГОСТ 31659-2012
Микробиологические нормативы безопасности				
Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), КОЕ/г	не более 1×10 ³	<10	-	ГОСТ 10444.15-94
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы) БГКП (колиформы) в 0,1 г	не доп.	отс.	-	ГОСТ 31747-2012, п. 5
Плесени, КОЕ/г	не более 50	<10	-	ГОСТ 10444.12-2013
Дрожжи, КОЕ/г	не более 50	<10	-	

Таблица 6 – Содержание токсичных элементов в карамели с добавлением 0,02% сухого лиофилизированного красителя из околоплодника ореха маньчжурского

Химический элемент	Нормативное значение, мг/кг, не более	Фактическое значение, мг/кг, не более	Погрешность измерения при P=0,95	НД на методы испытаний
Свинец	1,0	0,036	±0,013	ГОСТ 33824-2016
Мышьяк	1,0	0,008	±0,003	ГОСТ 31628-2012
Кадмий	0,1	0,004	±0,001	ГОСТ 33824-2016
Ртуть	0,01	<0,005	-	МУ 5178-90

Исследования содержания тяжелых металлов в леденцовой карамели с использованием красителя из околоплодника показало, что содержание токсичных элементов находятся в пределах нормы. Таким образом, установлено, что леденцовая карамель с добавлением 0,02% сухого лиофилизированного красителя соответствует требованиям ГОСТ 6477-88 «Карамель. Общие технические условия». Сроки хранения разработанного продукта при температуре (18±3) °С и относительной влажности воздуха не более 75% составляют 8 месяцев.

Выводы. Разработана рецептура и дана оценка качества леденцовой карамели с натуральным сухим лиофилизированным красителем из околоплодника ореха маньчжурского. Наилучшими органолептическими показателями обладала леденцовая карамель с добавлением 0,02 и 0,03% сухого лиофилизированного красителя. Разработанная леденцовая карамель имеет приятный коричневый цвет и насыщенный сладко-кислый вкус. Показано, что использование сухого лиофилизированного красителя из околоплодника ореха маньчжурского позволяет расширить ассортимент сахаристых кондитерских изделий, рекомендуется применять его не только в качестве натурального красителя, но и в качестве пищевой добавки, обогащающей данные изделия полезными веществами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года: Распоряжение Правительства РФ от 25.10.2010 № 1873-р // Рос. Газ. – 2010. – 3 ноября, № 5328. – 19 с.
2. Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации до 2020 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17.04.2012 № 559-р [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902343994> (дата обращения 17.11.2018).
3. Дерканосова Н.М. Формирование потребительских свойств функциональных пищевых продуктов / Н.М. Дерканосова, Е.Ю. Ухина, Н.И. Дерканосов. – Воронеж: Научная книга, 2012. – 144 с.
4. Болотов В.М. Пищевые красители: классификация, свойства, анализ, применение / В.М.

Болотов, А.П. Нечаев, Л.А. Сарафанова. СПб.: ГИОРД, 2008. – 240 с.

5. Головкин Б.Н., Руденская Р.Н., Трофимова А.И., Шретер А.И. / Головкин Б.Н., Руденская Р.Н., Трофимова А.И., Шретер А.И. – Биологически активные вещества растительного происхождения. М.: Наука, 2009. – 64 с.

6. Рейф О.Ю. Биологические ресурсы ореха маньчжурского (*Juglans mandshurica* Maxim.) в Приморском крае: дисс. канд. биол. наук. – Владивосток, 2015. – 165 с.

7. Берлова Н.В. Маньчжурский орех: характеристика и перспективы использования: монография / Н.В. Берлова, С.Н. Ляпустин, С.Н. Авеличева; отв. ред. Т.К. Каленик; – Российская таможенная академия, Владивостокский филиал. – Владивосток: ВФ РТА, 2008. – 92 с.

8. Левчук Т.В., Чеснокова Н.Ю., Левочкина Л.В. Исследование безопасности и относительной биологической ценности / Левчук Т.В., Чеснокова Н.Ю., Левочкина Л.В. / Техника и технология пищевых производств. 2016. Т. 40. № 1. С. 96–102.

9. Комплексное исследование околоплодника ореха маньчжурского Левчук Т.В., Чеснокова Н.Ю., Левочкина Л.В., Полоник Н.С., Кузнецова А.А. Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2017. № 1 (46). С. 83–90.

10. Обоснование пищевого использования околоплодника ореха маньчжурского. Левчук Т.В., Чеснокова Н.Ю., Левочкина Л.В., Масалова Н.В. Пищевая промышленность. 2015. № 12. С. 52–54.

11. Chesnokova A.A. Kuznetsova, Proceedings of the 1st and the 2nd Japanese and Russian international conference on socially significant human diseases: Medical, Environmental, Technical, Problems, and these Solutions, Vladivostok, 2014–2015, 109–111 P.

12. Изучение возможности использования околоплодника ореха маньчжурского в качестве натурального красителя в пищевых системах. Левчук Т.В., Левочкина Л.В., Чеснокова Н.Ю., Ганзюк М.А. В сборнике: Фундаментальные и прикладные науки сегодня Материалы VII международной научно-практической конференции. 2016.

13. Levchuk T., Polonik N., Chesnokova N., Levochkina L. Methods of Intensifying Extraction of Colorants from the Pericarp of Manchurian Walnut.

Journal of Pharmaceutical and Sciences and Research.
Vol. 10(3), 2018, P. 665–667.

14. Павлова Н.С. Сборник рецептур сахаристых кондитерских изделий- СПб ГИОРД, 2000. – 232 с.

15. Микулович Л.С. [и др.]. Товароведение продовольственных товаров: учебное пособие для вузов. Мн.: БГЭУ, 2011. С. 614.

16. Дегустационный анализ: Курс лекций / О.В. Голуб. Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2003. – 119.

17. ГОСТ 10444.12-2013 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов.

18. ГОСТ 25555.4-91 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения золы и щелочности общей и водорастворимой золы.

19. ГОСТ 28561-90 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги.

20. ГОСТ 31659-2012 Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода Salmonella.

Статья поступила в редакцию 09.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 664.681.022.3:634.723.1:547.918

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ
КАК ИСТОЧНИКА ПИЩЕВОГО КРАСИТЕЛЯ АНТОЦИАНОВОЙ ПРИРОДЫ**

© 2019

Чеснокова Наталья Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент, доцент Школы биомедицины*Дальневосточный Федеральный Университет**(690000, Россия, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс 10)***Левочкина Людмила Владимировна**, кандидат технических наук, доцент,

профессор Школы биомедицины

*Дальневосточный Федеральный Университет**(690000, Россия, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс 10)***Приходько Юрий Вадимович**, доктор технических наук, профессор, профессор Школы биомедицины*Дальневосточный Федеральный Университет**(690000, Россия, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс 10)***Фадеева Маргарита Евгеньевна**, бакалавр Школы биомедицины,*Дальневосточный Федеральный Университет**(690000, Россия, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс 10)*

Аннотация. Изучено влияние температуры и ультразвука на интенсивность извлечения антоцианового пигмента, из вторичных продуктов переработки (выжимок) черной смородины. Показано, что наиболее интенсивно антоциановый пигмент извлекается при температуре 100°C, его содержание составляет 1,15 мг/мл. При понижении температуры экстрагирования до 65°C количество извлекаемого пигмента уменьшается в 1,6 раз. Наименьшее извлечение антоцианового пигмента из выжимок черной смородины происходит при его экстрагировании при температуре 25°C. Содержание его в растворе составляет 0,46 мг/мл. Установлено, что ультразвуковая экстракция способствует извлечению антоцианового пигмента из выжимок черной смородины. Наибольшее количество антоцианового пигмента из выжимок черной смородины извлекается при его ультразвуковом экстрагировании при температурах 25°C в течение 25 мин и при 65°C в течение 20 мин. Дальнейшее увеличение времени экстрагирования ультразвуком при температурах 25°C в течение 30 мин и 65°C в течение 25 мин приводит к замедлению процесса экстрагирования антоцианового пигмента. В связи с этим, применение ультразвуковой экстракции позволяет сократить время экстрагирования при температурах 25°C до 25 мин, при 65°C до 20 мин. Предложено использование выжимок черной смородины в производстве бисквита круглого («Буше»). Добавление 20% выжимок черной смородины в рецептуру бисквита («Буше») позволяет получить продукт приятного сиреневого цвета, с выраженным кисло-сладким вкусом и запахом черной смородины.

Ключевые слова: черная смородина, вторичные продукты переработки, выжимки, антоциановый пигмент, мучные кондитерские изделия, бисквит «Буше».

**USE OF SECONDARY PRODUCTS OF PROCESSING OF BLACK CURRANT AS A SOURCE
OF ANTHOCYANIN**

© 2019

Chesnokova Natalya Yuryevna, Candidate of Biological Sciences,

Associate Professor of the School of Biomedicine

*Far Eastern Federal University**(690000, Russia, Vladivostok, Russky Island, Ajax St. 10)***Prikhod'ko Yuri Vadimovich**, Doctor of Technical Sciences,

Professor, Head of the School of Biomedicine

*Far Eastern Federal University**(690000, Russia, Vladivostok, Russky Island, Ajax St. 10)***Levochkina Lyudmila Vladimirovna**, Candidate of Technical Sciences,

Professor of the School of Biomedicine

*Far Eastern Federal University**(690000, Russia, Vladivostok, Russky Island, Ajax St. 10)***Fadeeva Margarita Evgenievna**, Bachelor of the School of Biomedicine*Far Eastern Federal University**(690000, Russia, Vladivostok, Russky Island, Ajax St. 10)*

Abstract. The effect of temperature and ultrasound on the intensity of extraction of anthocyanin pigment from secondary products of processing black currant was studied. It was shown that the most intensively anthocyanin pigment is extracted at a temperature of 100°C, its content is 1.15 mg /ml. When the extraction temperature is lowered to 65°C, the amount of pigment recovered decreases 1.6 times. The smallest extraction of anthocyanin pigment from secondary products of processing black currant occurs when it is extracted at a temperature of 25°C.

Its content in the solution is 0.46 mg/ml. It was found that ultrasonic extraction promotes the extraction of anthocyanin pigment from secondary products of processing black currant. The greatest amount of anthocyanin pigment from secondary products of processing black currant is extracted by ultrasonic extraction at temperatures of 25°C for 25 minutes and at 65°C for 20 minutes. A further increase in the time of ultrasonic extraction at temperatures of 25°C for 30 min and 65°C for 25 min leads to a slowdown in the process of extraction of anthocyanin pigment. In connection with this, the use of ultrasonic extraction can reduce the extraction time at temperatures of 25°C to 25 min, at 65°C to 20 min. The use of secondary products of processing black currant in the production of biscuit is suggested. Adding 2% secondary products of processing black currant to the biscuit recipe allows you to get a product of a nice color, with a pronounced sweet and sour taste and the smell of black currant.

Keywords: blackcurrant, secondary products of processing black currant, anthocyanin pigment, flour confectionery, biscuit.

Постановка проблемы. Пищевая промышленность в настоящее время способна обеспечить население высококачественными продуктами широкого ассортимента с целью получения сбалансированного рациона питания и удовлетворения населения необходимыми нутриентами. Однако, разнообразие продуктов вызывает споры об их пользе и безопасности. Существует множество способов, как изменить их физические и химические свойства с целью улучшения внешнего вида изделия. Увеличения его пищевой ценности, продления срока годности, и т.д. Производители стремятся придать своей продукции всё более необычные свойства и характеристики тем самым увеличивая спрос на неё. Вещества, способные изменять органолептические характеристики изделий и придавать продуктам привлекательный цвет называются пищевыми красителями.

Главные критерии, определяющие качество красителей, это в первую очередь безопасность, красящая способность, растворимость и экологическая эффективность. Они должны обеспечивать яркий, равномерный и стойкий окрас всего продукта и не причинять вред организму человека.

Для окрашивания продуктов питания пищевая промышленность в основном использует синтетические красители. Синтетические красители имеют яркую устойчивую окраску, просты в применении, однако, могут вызывать аллергические реакции и оказывать другое патологическое влияние на организм человека. Поэтому, в настоящее время возрастает интерес к использованию красителей природного происхождения. В отличие от многих синтетических, натуральные красители нетоксичны и придают продукту естественный цвет [1]. Кроме того, многие из них обладают высокой антиоксидантной активностью [2-4]. Источниками для получения натуральных красителей служит растительное сырьё, ценным в этом отношении являются ягоды черной смородины.

Анализ последних публикаций. Смородина черная (*Ribes nigrum*) – один из наиболее распространённых плодовых кустарников Дальнего Востока России. Ягоды черной смородины являются ценным сырьём, для промышленной переработки, содержащим такие биологически активные вещества, как антоциановые пигменты, пектин,

аскорбиновая кислота, органические кислоты и др.

Богатый химический состав черной смородины предполагает не только традиционную переработку с получением соков, варенья и сиропов, но и экстрактов, применяющихся в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности. Рост объемов переработки ягодного сырья приводит к увеличению количества выжимок – вторичных отходов переработки ягод. Выжимки состоят из неоднородной смеси кожуры (перикарпия), семян и пульпы, которые составляют около 20-40% от веса ягоды до переработки. После удаления соковой составляющей ягод в выжимках остаются такие ценные биологически активные вещества как клетчатка, гемицеллюлоза, пектиновые вещества, олигосахариды, органические кислоты, витамины, минеральные вещества и полифенольные соединения. В состав полифенольных соединений, остающихся в выжимках, входят антоциановые пигменты.

Антоциановые пигменты представляют собой моно- и дигликозиды распадающиеся при гидролизе на сахар и агликоны, называемые антоцианидинами (пеларгонидин, цианидин, дельфинидин и др.) [5,6]. В зависимости от присутствующих антоцианидинов антоцианы могут давать красную, фиолетовую, синюю окраску. Кроме того, растворы антоциановых пигментов снижают уровень холестерина, препятствуют образованию тромбов, повышают эластичность сосудов, ускоряют заживление ран, благоприятно влияют на зрение, способствуют профилактике онкологических заболеваний [7-11].

Анализ последних публикаций [12-14] показал, что основной интерес может представлять проблема использования вторичных продуктов переработки ягодного сырья как источника биологически активных веществ, в технологии продуктов массового питания, в частности, производства мучных кондитерских изделий.

Целью исследования – является изучение количественного состава антоцианового пигмента и условий его выделения из вторичных продуктов переработки черной смородины и использование выжимок в производстве бисквита круглого («Буше»).

Материалы и результаты исследования. Замороженные ягоды черной смородины дефростировали и гомогенизировали с водой в соотношении 1:20. Экстрагирование антоцианового пигмента

проводили при температуре 25°C в течение 30 мин, 100°C в течение 5 мин. После завершения процесса экстрагирования твердый осадок – выжимки отделяли и затем высушивали при температуре 60°C в течение 3ч.

Ультразвуковая экстракция антоцианового пигмента из ягод черной смородины и образцов выжимок проводилась на ультразвуковой ванне Sonorex RK100H (Bandelin, Германия) при температурах 25°C и 65°C в течение 5-30 мин при частоте воздействия 35 кГц и мощности 80 Вт.

Относительное содержание пигмента определяли по величине оптической плотности экстрактов на спектрофотометре «SHIMADZU UV-1800» (Япония) в интервале длин волн 400-800 нм.

Количественное содержание антоцианов в растворе и выжимках определяли в соответствии с методикой, описанной в работе Ivanova et al. [15]. Образцы антоцианового пигмента разбавляли системой этанол/вода/соляная кислота (60/30/1) и измеряли их поглощение при длине волны 540 нм на спектрофотометре «SHIMADZU UV-1800»

(Япония). Количество антоцианов в растворах рассчитывали по формуле:

$$C=16,7A_{540}d/100,$$

где d – коэффициент разбавления,

$A_{540\text{нм}}$ – поглощение растворов при длине волны 540 нм,

C – содержание антоцианов мг/мл, выраженное как мальвидин-3-гликозид эквивалент.

Эксперименты по определению содержания антоцианового пигмента в растворах, проводились сериями. Каждая серия повторялась не менее трех раз. За результат определения принималось среднееарифметическое значение трех параллельных измерений.

Содержание выжимок в ягодах черной смородины, полученных путем отделения сока, представлено на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что содержание выжимок в ягодах черной смородины составляет 28%. Содержание выжимок, полученных после экстрагирования антоцианового пигмента из ягод черной смородины представлено на рисунке 2.

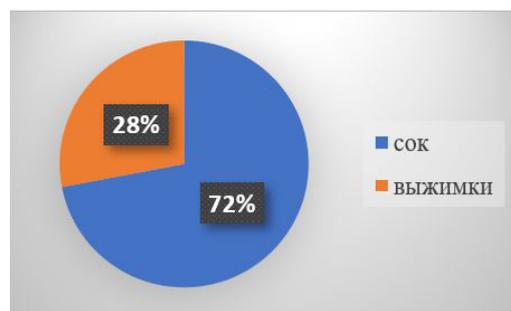


Рисунок 1 – Содержание выжимок в ягодах черной смородины

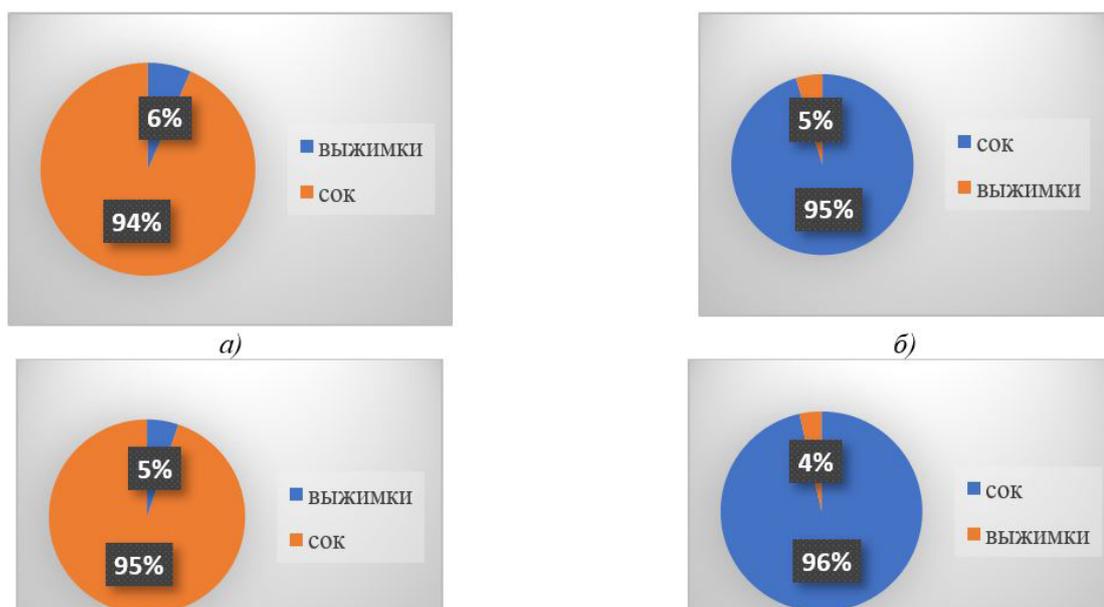


Рисунок 2 – Содержание выжимок, полученных после экстрагирования антоцианового пигмента из ягод черной смородины а) экстрагирование при 25°C 30 мин, б) экстрагирование при 65°C 30 мин, в) ультразвуковая экстракция при 25°C 30 мин, г) ультразвуковая экстракция при 65°C 30 мин

Из представленных результатов видно, что после выделения антоцианового пигмента из ягод черной смородины количество выжимок значительно сокращается. Экстрагирование антоцианового пигмента из ягод черной смородины при температуре 25°C в течение 30 мин приводит к уменьшению количества выжимок в 4,7 раз. Увеличение температуры экстрагирования до 65°C способствует уменьшению количества выжимок в 5,6 раз. Видимо, в процессе экстрагирования антоцианового пигмента происходит переход в раствор, содержащихся в тонком наружном перикарпии, таких водорастворимых соединений как пигменты, сахара, белки и витамины.

Использование ультразвуковой экстракции для извлечения антоцианового пигмента из ягод черной смородины способствует переходу растворимых веществ из кожистого слоя в раствор.

При ультразвуковой экстракции антоцианового пигмента при температуре 25°C происходит уменьшение количества выжимок в 5,6 раз.

При повышении температуры ультразвуковой экстракции до 65°C количество выжимок уменьшается в 7 раз. Вероятно, это объясняется тем, что под действием ультразвуковых волн и кавитационного эффекта, который они производят, происходит интенсификация массопереноса и более легкий доступ растворителя к растительной клетке.

При этом, распад кавитационных пузырей около стенок клеток приводит к разрушению клеточной стенки, способствуя более интенсивному проникновению внутрь клетки растворителя и, соответственно, перехода водорастворимых веществ в раствор [16].

Кроме того, под действие ультразвука возможен частичный гидролиз полисахаридов клеточных стенок перикарпия до более простых водорастворимых соединений.

В более ранних исследованиях [17-18] было определено количество антоцианового пигмента, содержащегося в ягодах черной смородины, а также обоснованы параметры его экстрагирования.

Однако, было отмечено, что данные способы извлечения не позволяют в полной мере экстрагировать антоциановый пигмент из оболочек перикарпия. С целью увеличения выхода антоцианового пигмента в работе было изучено влияние температуры на интенсивность извлечения антоцианового пигмента из выжимок черной смородины. Зависимость интенсивности извлечения антоцианового пигмента из выжимок черной смородины от температуры экстрагирования представлена на рисунке 3. Содержание антоцианового пигмента, выделенного при 25°C, 65°C и 100°C из выжимок черной смородины, представлено в таблице 1.

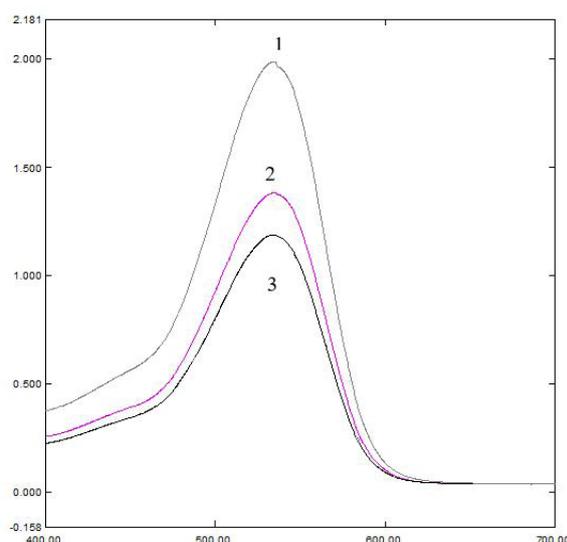


Рисунок 3 – Зависимость интенсивности извлечения антоцианового пигмента из выжимок черной смородины от температуры экстрагирования
1. 100°C, 2. 65°C, 3. 25°C

Таблица 1 – Содержание антоцианового пигмента, выделенного при 25°C, 65°C и 100°C из выжимок черной смородины

Условия извлечения	Количество антоцианового пигмента в выжимках черной смородины, мг/мл
25°C в течение 30 мин	0,46±0,01
65°C в течение 30 мин	0,73±0,01
100°C в течение 5 мин	1,15±0,01

Из представленных результатов видно, что температура влияет на интенсивность извлечения антоцианового пигмента из выжимок черной смородины. Наиболее интенсивно антоциановый пигмент извлекается при температуре 100°C, его содержание составляет 1,15 мг/мл. При понижении температуры экстрагирования до 65°C количество извлекаемого пигмента уменьшается в 1,6 раз. Наименьшее извлечение антоцианового пигмента из выжимок черной смородины происходит при его экстрагировании при температуре 25°C. Содержание его в растворе составляет 0,46 мг/мл.

Таким образом, интенсивность извлечения антоцианового пигмента из выжимок черной смородины, зависит от температуры его экстрагирования. Вероятно, при температурах выше 65°C, происходит денатурационные изменения белков, входящих в состав клеточных оболочек перикарпия, что способствует повышению проницаемости клеточных стенок и, соответственно, увеличению интенсивности извлечения антоцианового пигмента из выжимок.

Поскольку способ выделения определяет

интенсивность извлечения биологически активных веществ из растительного сырья, в работе была проведена ультразвуковая экстракция антоцианового пигмента, выделенного из выжимок черной смородины.

Таблица 2 – Содержание антоцианового пигмента, выделенного из выжимок черной смородины в процессе ультразвуковой экстракции

Время экстрагирования, мин	Содержание антоцианового пигмента в выжимках черной смородины, мг/мл	
	ультразвуковая экстракция при 25 °С	ультразвуковая экстракция при 65 °С
5	0,68±0,01	0,78±0,01
10	0,88±0,02	0,89±0,01
15	1,11±0,01	1,47±0,01
20	1,24±0,01	1,48±0,02
25	1,42±0,01	1,13±0,01
30	1,22±0,01	1,08±0,01

Из данных таблиц 1 и 2 видно, что ультразвуковая экстракция способствует извлечению антоцианового пигмента из выжимок черной смородины. Наибольшее количество антоцианового пигмента из выжимок черной смородины выделяется при его ультразвуковом экстрагировании при температурах 25 °С в течение 25 мин и при 65 °С в течение 20 мин. Содержание антоцианового пигмента, перешедшего в раствор при данных условиях экстрагирования, составляет 1,42 и 1,48 мг/мл, соответственно. Полученные данные согласуются с работами Espada-Bellido et al., Bonfigli et al. [19,20], где также показано сокращение времени выделения антоцианового пигмента при использовании ультразвуковой экстракции. Видимо, при данном методе экстрагирования, ускорение экстракции происходит за счет акустического давления микропотоков, инициированных взрывами пузырьков, и звукового давления, генерируемого капиллярным эффектом, что приводит к ускорению диффузии растворителя в оболочки клеток перикарпия и дальнейшему их разрушению, что способствует более быстрому выделению из клеток антоцианового пигмента [21].

Дальнейшее увеличение времени экстрагирования ультразвуком при температурах 25 °С в течение 30 мин и 65 °С в течение 25 мин приводит к замедлению процесса экстрагирования антоцианового пигмента. Содержание пигмента при данных условиях составляет 1,22 и 1,13 мг/мл, соответственно.

Таким образом, анализ полученных результатов показал возможность использования выжимок черной смородины в качестве источника антоцианового пигмента, поскольку после отделения ягодного сока в выжимках остается достаточно большое его количество. Наиболее оптимальным способом для извлечения антоцианового пигмента из выжимок черной смородины является ультразвуковая экстракция. При этом, применение ультразвуковой экстракции позволяет сократить

Содержание антоцианового пигмента, выделенного из выжимок черной смородины в процессе ультразвуковой экстракции, при температурах 25 °С и 65 °С в течение 5-30 мин представлено в таблице 2.

время экстрагирования при температурах 25 °С до 25 мин, при 65 °С до 20 мин.

В данной работе выжимки черной смородины использовали для производства бисквита круглого («Буше»). Бисквит «Буше» готовили по стандартной технологии [22]. Измельченные выжимки черной смородины добавляли во время взбивания белков в количестве 5%, 20%, 30% к массе продукта. В зависимости от содержания выжимок бисквит имел различные оттенки сиреневого цвета, изменялся вкус и внешний вид изделия.

Профилограмма бальной оценки образцов бисквита «Буше» с добавлением выжимок черной смородины представлена на рисунке 4.

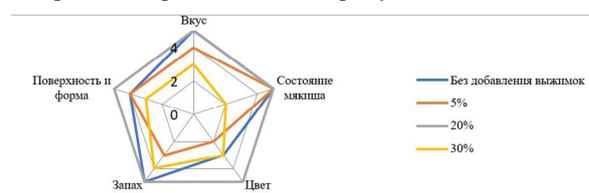


Рисунок 4 – Профилограмма бальной оценки органолептических показателей исследуемых образцов бисквита «Буше» с добавлением выжимок черной смородины

Наилучшие органолептические показатели имел бисквит «Буше» с добавлением 20% выжимок черной смородины. Следует отметить, что их добавление придавало бисквиту сиреневый цвет, приятный кисло-сладкий вкус и выраженный запах черной смородины. Кроме того, бисквит имел гладкую, без надрывов поверхность и однородную, мелкопористую консистенцию. Энергетическая ценность бисквита «Буше» с добавлением выжимок черной смородины составляла 234,4 ккал.

Выводы. Таким образом, оптимальным способом для извлечения антоцианового пигмента из выжимок черной смородины является ультразвуковая экстракция. При этом, применение ультразвуковой экстракции позволяет сократить

время экстрагирования при температурах 25°C до 25 мин, при 65°C до 20 мин. Добавление 20% выжимок черной смородины в рецептуру бисквита круглого («Буше») позволяет получить продукт приятного сиреневого цвета, с выраженным кисло-сладким вкусом и запахом черной смородины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Cheynier V. Phenolic compounds: From plants to foods. *Phytochemistry Reviews*, 11(2–3), P. 153–177.
2. Nems A., Peksa A., Kucharska A., Sokol-Letowska A., Kita A., Drozd W., Hamouz K. (2015). Anthocyanin and antioxidant activity of snacks with colored potato. *Food Chemistry*. 2012, 172, P. 175–182.
3. Flanigan P.M., Niemeyer E.D. Effect of cultivar on phenolic levels, anthocyanin composition, and antioxidant properties in purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *Food Chemistry*. 2014, 164, 518–526.
4. Chiou A, Panagopoulou E., Gatzali F., De Marchi S., Karathanos V. Antocyanins content and antioxidant capacity of Corinthian currants (*Vitis Vinifera* L. var. Apyrena). *Food Chemistry*. 2014, 146, P. 157–165.
5. Britton G. *Биохимия природных пигментов*. [Biochemistry of natural pigments.] М. 1986, 422 с. [Cambridge University Press, Cambridge, 1983].
6. Taniev S.S.. *Антоцианы в плодах и овощах*. [Anthocyanins in fruits and vegetables.] М. 1980, pp. 302.
7. Burton L.J., Smith B.A., Smith B.N., Loyd Q., Nagappan P., McKeithen D., Odero-Marrah V.A. Muscadine grape skin extract can antagonize Snail-cathepsin L-mediated invasion, migration and osteoclastogenesis in prostate and breast cancer cells. *Carcinogenesis*. 2015, 36(9), 1019–1027.
8. Jung H., Lee H., Cho H., Lee K., Kwak H., K., Hwang K.T. (2015). Anthocyanins in *Rubus* fruits and antioxidant and anti-inflammatory activities in RAW 2647 cells. *Food Science and Biotechnology*. 2015, 24(5), 1879–1886.
9. Mineo S., Noguchi A., Nagakura Y., Kobori K., Ohta T., Sakaguchi E. Ichiyangi T. Boysenberry polyphenols suppressed elevation of plasma triglyceride levels in rats. *J. of Nutritional Science and Vitaminology*. 2015, 61(4), 306–312.
10. Sorrenti V., Vanella L., Acquaviva R., Cardile V., Giofre S., Di Giacomo Cyanidin induces apoptosis and differentiation in prostate cancer cells. *International J. of Oncology*. 2015, 47(4), 1303–1210.
11. Mazewski C., Liang K., Gozalez de Mejia E. Inhibitory potential of anthocyanin-rich purple and red corn extracts on human colorectal cancer cell proliferation in vitro. *J. of Functional Foods*. (2017), 34, 254–265.
12. Бакин И.А., Использование вторичных ресурсов ягодного сырья в технологии кондитерских и хлебобулочных изделий. И.А. Бакин, А.С. Мустафина, Е.А. Вечтомова, А.Ю. Колбина // *Food processing techniques and technology*. 2017, Т.45, №2. С.5–12.
13. Вершинина О.Л. Использование вторичных ресурсов переработки винограда для обогащения пищевых продуктов // О.Л. Вершинина, М.Д. Назарько, Т.И. Касьянов, П.Р. Тагирова, В.Т. Христюк. 2015, №1, С. 55–58.
14. Никулина Е.О. Облепиховый шрот как функциональный ингредиент для создания продуктов функционального назначения. Е.О. Никулина, Г.В. Иванова, О.Я. Кольман // *Вестник КрасГАУ*. 2015, №10, С. 98–105.
15. Ivanova V., Dornyei A., Mark L., Vojnoski B., Stafilov T., Stefova V., Kilar F. Polyphenolic content of Vranec wines produced by different vinification conditions. *Food Chemistry*. 2011, 124, 316–325.
16. Dumitrash P.G, Bologa M.K., Shemyakova T.D. Ultrazvukovaya ekstraktsiya biologicheskii aktivnykh soyedineniy iz semyan tomatov. [Ultrasound-assisted extraction of biologically active compounds from tomato seeds.] *Electronic material processing*. (2016), 52(3), 47–52.
17. Chesnokova N.Yu., Levochkina L.V., Prikhod'ko Yu.V., Kuznetsova A.A., Vladykina T.V. (2018) Influence of polysaccharide functional groups on the extraction degree of blackcurrant anthocyanin pigment. *Pharm Sci. & Res*. 2018, 10(3), 659–661.
18. Чеснокова Н.Ю. Влияние условий экстрагирования на степень извлечения антоцианового пигмента черной смородины Н.Ю. Чеснокова, Л.В. Левочкина, Ю.В. Приходько, А.А. Кузнецова. *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2019, № 2(55), С. 23–28.
19. Espada-Bellido E., Ferreira-Gonzalez M., Garrera C., Palma M., Barroso C., Barberro G.F. Optimization of the ultrasound-assisted extraction of anthocyanins and total phenolic compounds in mulberry (*Morus nigra*) pulp. *Food chemistry*. 2017, 219, 23–32.
20. Bonfigli M., Godoy E., Reinheimer M.A., Scenna N.J. Comparison between conventional and ultrasound-assisted techniques for extraction of anthocyanins from grape pomace. *Experimental results and mathematical modeling*. *Journal of food engineering*. 2017, 207, 56–72.
21. D'Alessandro L.G., Dimitrov K., Vauchel P., Nikov L. Kinetics of ultrasound assisted extraction of anthocyanins from *Aronia melanocarpa* (black chokeberry) wastes. *Chem. Eng. Res. Des*. 2014, 92, 1818–1826.
22. Сборник рецептов мучных кондитерских и булочных изделий. – М.: Профи, 2017, – 296 с.

Статья поступила в редакцию 22.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 641.561+637.521

**ВЛИЯНИЕ ПШЕНИЧНЫХ ОТРУБЕЙ И КСАНТАНОВОЙ КАМЕДИ
НА ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЯСНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

© 2019

Бочкарева Зенфира Альбертовна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Пищевые производства»*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: e-mail: bochkarievaz@mail.ru)***Пчелинцева Ольга Николаевна**, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Пищевые производства»*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: e-mail: pchelincevaon@yandex.ru)*

Аннотация. Цель работы заключается в рассмотрении влияния пшеничных отрубей с расторопшей и ксантановой камеди на функционально-технологические и структурно-механические свойства мясных рубленых изделий. Для получения продуктов функциональной направленности широко применяют пищевые волокна, являющиеся многофункциональными компонентами, которые в технологиях пищевых продуктов используют как для придания функциональности пищевому продукту, так и для улучшения функционально-технологических и структурно-механических свойств. В работе рассмотрено влияние пищевых волокон: мелкомолотых экструдированных пшеничных отрубей и ксантановой камеди на показатели изделий из мясной рубленой массы при обогащении мясного сырья. Анализ результатов исследований по определению влагосвязывающей способности показал, что ВСС увеличивается по сравнению с контрольным образцом. Это свидетельствует о том, что введение пшеничных отрубей и ксантановой камеди способствует увеличению доли связанной влаги в полуфабрикатах, что говорит об хороших влагосорбционных качествах ингредиентов. Влагоудерживающая способность изделий повышается с увеличением количества добавок, что способствует снижению величины потерь массы при тепловой обработке по сравнению с контролем. Наименьшие потери достигнуты в изделиях, в состав которых входит 20% пшеничных отрубей с расторопшей и 0,5% ксантановой камеди.

Ключевые слова: изделия мясные рубленые, отруби пшеничные с расторопшей, камедь ксантановая

**INFLUENCE OF WHEAT BRAN AND XANTHAN GUM ON FUNCTIONAL
AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF MEAT PRODUCTS**

© 2019

Bochkareva Zenfira Albertovna, candidate of technical sciences,
associate professor of the department "Food Production"
*Penza State Technological University**(440039, Penza, Baidukov proezd/Gagarin St., 1a\11, e-mail: e-mail: bochkarievaz@mail.ru)***Pchelinceva Olga Nikolaevna**, candidate of technical sciences,
associate professor of the department "Food Production"
*Penza State Technological University**(440039, Penza, Baidukov proezd/Gagarin St., 1a\11, e-mail: e-mail: pchelincevaon@yandex.ru)*

Abstract. The purpose of the work is to consider the influence of wheat bran with milk thistle and xanthan gum on the functional, technological, structural and mechanical properties of chopped meat products. To obtain products of a functional orientation, dietary fiber is widely used, which are multifunctional components that are used in food technology both to impart functionality to a food product and to improve functional-technological and structural-mechanical properties. The paper considers the influence of dietary fibers: finely ground extruded wheat bran and xanthan gum on the performance of products from chopped meat mass in the enrichment of meat raw materials. Analysis of the results of studies to determine the moisture binding capacity showed that MBC increases compared to the control sample. This indicates that the introduction of wheat bran and xanthan gum contributes to an increase in the proportion of bound moisture in semi-finished products, which indicates good moisture absorption qualities of the ingredients. The moisture-holding capacity of the products increases with the increase in the number of additives, which helps to reduce the amount of mass loss during heat treatment compared to the control. The lowest losses are achieved in products, which include 20% wheat bran with milk thistle and 0.5% xanthan gum.

Keywords: chopped meat products, wheat bran with milk thistle, xanthan gum

Введение. Стабильный спрос населения на мясные полуфабрикаты определяет развитие производства на них в самых различных направлениях. Совершенствуется технологический процесс, расширяется и оптимизируется ассортимент, внедряются современные системы регулирования и контроля качества в соответствии с международными стандартами [1]. Применение

компонентов естественного происхождения позволяет создавать мясные полуфабрикаты не только с рациональным сочетанием белков, жиров, но и другими биологически активными веществами [2]. Также введение функциональных компонентов регулирует функционально-технологические показатели мясных полуфабрикатов для получения продуктов высокого качества.

Современными учеными создаются новые технологии и совершенствуются рецептуры по производству мясных комбинированных полуфабрикатов с улучшенным химическим составом. Для этого используются растительные и животные белки, пищевые волокна, растворимые углеводы, минеральные вещества, овощи и т.д. [3,4,5,6,7,8,9].

Особенно широка в производстве мясных изделий сфера применения пищевых волокон [10]. Пищевые волокна являются много-функциональными компонентами, которые в технологиях пищевых продуктов используют как для придания функциональности пищевому продукту, так и для улучшения функционально-технологических и структурно-механических свойств. Выраженный эффект обогащения пищевыми волокнами обеспечивается при добавлении вторичных продуктов переработки зерна – отрубей: пшеничных, ржаных, овсяных, ячменных и т.д. [11,12].

Для разработки изделий и обогащения мясного сырья биологически активными веществами использованы мелкомолотые экструдированные пшеничные отруби – богатый источник пищевых волокон (клетчатки). Сначала отруби подвергаются процессу экструзии – кратковременной обработке температурой и давлением. Это расщепляет частицы отрубей до размеров, не превышающих просвета между криптами слизистой толстого кишечника, в результате чего они становятся доступными для действия флоры по всей поверхности слизистой. Кроме того, подобная обработка увеличивает сорбционную поверхность отрубей, а также обеспечивает микробиологическую безопасность продукта. На втором этапе, уже экструдированные отруби, подвергаются помолу для достижения оптимальной фракции, которая наиболее удобна в использовании. Добавление шрота расторопши обогащает добавляемые отруби флаволигнанами и другими биологически активными веществами, обладающими антиоксидантными свойствами [13,14].

Использование стабилизаторов – сравнительно молодой этап в производстве мясных полуфабрикатов. Наиболее доступным и уникальным по функционально-технологическим свойствам натуральным стабилизатором является ксантановая камедь. Ксантановая камедь – это природный полисахарид, полученный в результате микробной ферментации глюкозы микроорганизмами *Xanthomonas campestris* в аэробных условиях [15]. Благодаря ксантановой камеди рубленые мясные массы имеют

эластичную структуру, что упрощает формирование изделий. Также ксантановая камедь позволяет надолго сохранять влагу в продуктах. Ксантан растворяется и гидратирует при любой температуре. При использовании в небольшом количестве имеет богатый сливочный вкус. При замораживании может быть использован для стабилизации масс. Действует при значении pH от 1 до 13. Ксантановая камедь может быть использована практически в любом рецепте, требующем увеличения плотности и вязкости, т.к не вступает в аннигиляцию с другими пищевыми продуктами [16,17].

Вышесказанное дает основание считать, что пшеничные отруби с расторопшей и ксантановая камедь могут быть использованы в технологии приготовления мясных рубленых изделий в качестве дополнительных источников пищевых волокон.

Цель работы заключается в рассмотрении влияния пшеничных отрубей с расторопшей и ксантановой камеди на функционально-технологические и структурно-механические свойства мясных рубленых изделий.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследования в настоящей работе были выбраны: пшеничные отруби производства фирмы ООО «Биокор» (ТУ 9295-052-11995782-05 с изм. №1, 2); ксантановая камедь Е415 (ГОСТ 33333-2015); модельные полуфабрикаты, содержащие пшеничные отруби с расторопшей и ксантановую камедь; мясные рубленые изделия.

Для определения показателей мясных рубленых изделий с пшеничными отрубями и ксантановой камедью применялись общепринятые методики, оборудование и приборы: величину pH определяли общепринятым методом, влагосвязывающую способность – по методике Р. Grau и Р. Hamn в модификации В.М. Воловиной, влагоудерживающую способность по разности между массовой долей влаги в массе и количеством отделившейся влаги в процессе термической обработки в молочном жиромере, потери при тепловой обработке – расчетным методом.

Результаты исследования и их обсуждение. При изготовлении полуфабрикатов в качестве мясного сырья использовалась свинина (котлетное мясо) с pH в интервале 5,5-5,7, измельченная на мясорубке. Выбор данного мясного сырья обусловлен тем, что производство свинины в стране превышает показатели производства говядины в 3 раза. При этом мясо свинины не уступает другим видам мяса по содержанию полноценных белков, жир лучше усваивается и содержит больше полиненасыщенных кислот, чем говяжий и бараний. Из минеральных веществ в свинине (котлетное мясо) содержится высокое количество калия и фосфора [18].

За основу для разработки изделий была взята рецептура котлет из котлетной массы по сборнику рецептов блюд и кулинарных изделий

для предприятий общественного питания. Были разработаны следующие модельные полуфабрикаты:

Образец №1 – котлеты, в состав которых входит 10% пшеничных отрубей с расторопшей и 0,5 % ксантановой камеди.

Образец №2 – котлеты, в состав которых входит 15% пшеничных отрубей с расторопшей и 0,5 % ксантановой камеди.

Образец №3 – котлеты, в состав которых входит 20% пшеничных отрубей с расторопшей и 0,5 % ксантановой камеди.

Образец №4 – котлеты, в состав которых входит 25% пшеничных отрубей с расторопшей и 0,5 % ксантановой камеди.

Образец №5 – котлеты, в состав которых входит 30% пшеничных отрубей с расторопшей и 0,5% ксантановой камеди.

Опытным путем было установлено, что введение в рубленую массу 0,5% камеди от массы сырья достаточно для формирования пластичной структуры массы с высокой прочностью на разрыв. Камедь легко смешивается и поглощается другими веществами, образуя стабильную вязкую массу. Стабилизатор вносили в массу в сухом виде, смешивая вместе с другими ингредиентами, поскольку при добавлении ксантановой камеди напрямую в воду образуются комки.

Пищевые пшеничные отруби в мясную рубленую массу были введены в гидратированном виде, замещая часть мясного сырья, предусмотренного по традиционной рецептуре. Гидратация заключалась в замачивании горячей водой в соотношении 1:2,5 с последующим набуханием 30 минут [12]. Внесение пшеничных отрубей в сухом виде вызывает существенное уплотнение консистенции комбинированных фаршевых систем.

Модельные полуфабрикаты оценивали по функционально-технологическим и структурно-механическим показателям.

Связывание влаги тканями мясного сырья играет большую роль при разработке новых видов мясных рубленых изделий. Пшеничные отруби и ксантановая камедь обладают высокой влагосвязывающей способностью, обусловленной наличием гидрофильных групп полимеров.

Пшеничные отруби имеют рН водного раствора 6,3, ксантановая камедь – рН водного раствора 6,5, что говорит о том, что рН данных ингредиентов выше, чем у мяса. При смешении мясной рубленой массы с пшеничными отрубями и ксантановой камедью, рН составленного мясного фарша возрастает. Это оказывает влияние на гидрофильность белков мяса и ведет к изменению таких функционально-технологических свойств мясных рубленых изделий, как влагосвязывающая (ВСС) и влагоудерживающая (ВУС) способность. Кроме того, повышение рН также влияет на увеличение влагосвязывающей способности, что можно объяснить тем, что при введении пшеничных отрубей и

ксантановой камеди образуется дополнительное количество катионов, способных влиять на влагосвязывающую способность рубленого полуфабриката. Анализ результатов исследований по определению влагосвязывающей способности показал, что наибольшее значение ВСС наблюдается в образце №5. По сравнению с контрольным образцом ВСС в образцах № 1 и 2 уменьшилась на 8,14 и 4,0 % соответственно. При добавлении пшеничных отрубей и ксантановой камеди в образцах № 3,4,5 ВСС увеличивается по сравнению с контролем на 2,48; 3,61 и 6,63 %. Это свидетельствует о том, что введение пшеничных отрубей и ксантановой камеди способствует увеличению доли связанной влаги в полуфабрикатах, что говорит об хороших влагосорбционных качествах ингредиентов.

При тепловой обработке происходит температурная денатурация белков с выпрессовыванием влаги в мясную систему, при этом влагоудерживающая способность системы зависит от взаимодействия белков с белком, белков с полисахаридами и с водой. Т.к. в рубленые полуфабрикаты добавлены пищевые волокна в виде пшеничных отрубей и ксантановая камедь в качестве стабилизатора мясной системы, то можно предположить, что ВУС изделий будет повышаться с увеличением количества добавок. На рисунке 1 показана зависимость влагоудерживающей способности образцов от количества добавок. При этом наблюдается возрастание ВУС образцов с увеличением количества пшеничных отрубей с расторопшей до определенного предела. В образцах 4,5 с добавлением 25 и 30 % пшеничных отрубей ВУС снижается. Возможно, это связано с уменьшением количества мясного сырья, т.к. уменьшается количество белка, образуется менее прочный вторичный белковый каркас. Максимальный показатель ВУС наблюдается у образца №3 с 20% пшеничных отрубей.

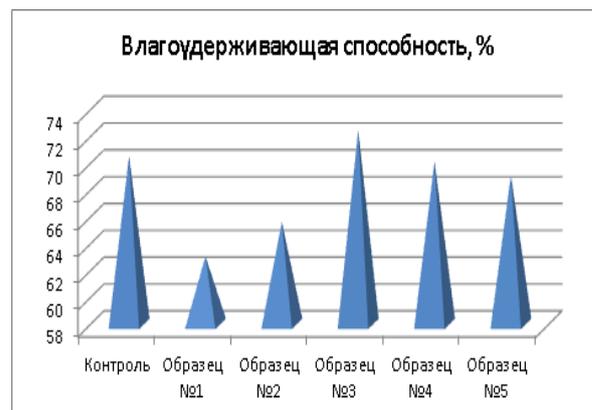


Рисунок 1 – Влияние количества добавок на ВУС образцов

ВУС мясных систем коррелирует с показателями потерь массы изделий при тепловой обработке. Добавление камеди и пшеничных отрубей способствует снижению величины потерь массы

при тепловой обработке. Наименьшие потери достигнуты в изделиях, в состав которых входит 20% пшеничных отрубей с расторопшей и 0,5% ксантановой камеди. Пшеничные отруби содержат крахмал и полисахариды, которые, поглощая влагу, выделяющуюся при денатурации белков, молекулы ксантана адсорбируют воду с образованием трёхмерной сетки из двойных спиралей ксантана, что увеличивает вязкость рубленой массы и способствует удержанию влаги при тепловой обработке. Потери массы при тепловой обработке уменьшились по сравнению с контрольным образцом в образце №1 на 3,2%, в образцах №2,3,4,5 на 8,88; 13,3; 11,5; 7,25 соответственно.

Полученные данные показали, что используемые наполнители повышают степень влагоудерживающей способности мясной рубленой массы, однако данное увеличение показателей наблюдается при определенном количестве вносимых наполнителей. Добавление в полуфабрикаты пшеничных отрубей свыше 20% приводит к потере способности удерживать влагу и сохранять матрицу исследуемой массы, что, в свою очередь, сказывается на массовом выходе готовых мясных рубленых изделий.

Для более объективной оценки качества таких сложных многофазных дисперсных систем целесообразно измерять структурно-механические свойства, которые способствуют регулированию рецептур и технологических процессов. Для готовых изделий было исследовано предельное напряжение среза в зависимости от количества добавок, представлено на рисунке 2.



Рисунок 2 – Влияние количества добавок на предельное напряжение среза образцов

Из рисунка видно, что предельное напряжение среза мясных рубленых изделий выше по сравнению с контрольным образцом, но снижается с увеличением массовой доли пшеничных отрубей. Возможно, что уменьшение количества белка изменяет структурный матрикс готовых изделий из рубленой массы в сторону неустойчивости, т.к. степень стабильности мясных масс зависит от количества белка и его качественного состава.

Вывод. Технологические и функциональные свойства пшеничных отрубей с расторопшей и

ксантановой камеди позволяют рекомендовать их в качестве добавок в производстве мясных рубленых изделий. Введение данных добавок увеличивают влагосвязывающую и влагоудерживающую способность рубленых мясных масс. Максимальный показатель ВУС наблюдается у образца №3 с 20% пшеничных отрубей. Наименьшие потери при тепловой обработке также достигнуты в изделиях, в состав которых входит 20% пшеничных отрубей с расторопшей и 0,5% ксантановой камеди. Предельное напряжение среза мясных рубленых изделий выше по сравнению с контрольным образцом, но максимально у образца №3. Таким образом, оправданным является использование добавок в количестве 10-20% пшеничных отрубей и 0,5% ксантановой камеди для замены мясного сырья в мясных рубленых изделиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Воложаев Е.Б. Актуальность разработки мясных рубленых полуфабрикатов на основе функциональных ингредиентов // Е.Б. Воложаев, Б.К. Асенова Б.К. // В сборнике: Современные инновации в науке и технике. Сборник научных трудов 4-ой Международной научно-практической конференции: в 4-х томах. 2014. Т. 1, С. 205–206.
2. Карпунина Л.И. Разработка комбинированных мясных рубленых полуфабрикатов функционального назначения / Л.И. Карпунина, С.В. Кочнева // В сборнике: Пищевые инновации и биотехнологии. Материалы Международной научной конференции. ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности». 2015. С. 309–310.
3. Ядрышников А.Н. Разработка и оптимизация рецептуры мясных рубленых полуфабрикатов с растительными ингредиентами / А.Н. Ядрышников, Е.И. Щербакова // Современное бизнес-пространство: актуальные проблемы и перспективы. 2014. № 1 (2). С. 179–182.
4. Власова М.Ю. Разработка рецептур мясных рубленых полуфабрикатов на основе использования муки альтернативных бобовых культур / М.Ю. Власова, Т.А. Козлова // Международный журнал экспериментального образования. 2010. № 8. С. 55–57.
5. Лукин А.А. Разработка технологии и рецептуры мясных полуфабрикатов с использованием растительного белка / А.А. Лукин, С.П. Меренкова / Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2015. № 2 (31). С. 16–23.
6. Данилов М.Б. Разработка технологии мясных рубленых полуфабрикатов функционального назначения / М.Б. Данилов, Н.И. Гомбожапова, С.Ю. Лескова, Т.М. Бадмаева / Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2015. Т. 1. № 2. С. 104–112.
7. Сенькина Т.А. Разработка мясных рубленых полуфабрикатов, обогащенных тыквенным концентратом / Т.А. Сенькина, Н.М. Пронина //

Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2011. № 1 (28). С. 79–82.

8. Пчелинцева О.Н. Мясные пудинги функционального назначения // Инновационная техника и технология. 2015. № 4 (5). С. 11–14.

9. Ревтова Ю.А. Исследование и разработка технологии продукции общественного питания с использованием полисахаридных добавок: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / Ю.А. Ревтова // Кемерово, 2009. 124 с.

10. Шленская Т. В. Использование продукта экструзионной обработки пшеничных отрубей при производстве мясных рубленых изделий / Т.В. Шленская З.А. Бочкарева // Пищевая промышленность: науч.-техн. журнал. 2006. №6. С. 64–65.

11. Шленская Т.В. Экструдат пшеничных отрубей в производстве кексов / З.А. Бочкарева, Т.В. Шленская, Н.М. Шленская, В.П. Радченко // Кондитерское производство: 2009. № 6. С. 10–11.

12. Бочкарева З.А. Разработка технологий функциональных пищевых продуктов из рубленого мяса с продуктами переработки зерна: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / З.А. Бочкарева // Москва, 2006. 204 с.

13. Сравнительное исследование методов стандартизации плодов расторопши *Silybum marianum* / С.А. Буркуш, С.В. Чижов, Н.В. Фирстова, Н.Н. Глебова, А.В. Кузнецова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2016. № 4 (40). С. 30–39.

14. Лободина Т.Е. Разработка технологии мясных рубленых полуфабрикатов с использованием биологически активного комплекса расторопши / Т.Е. Лободина, А.И. Гаврилова, К.А. Лещуков // В сборнике: Научные исследования - сельскохозяйственному производству Материалы Международной научно-практической конференции. 2018. С. 353–357.

15. ГОСТ 33333-2015. Добавки пищевые. Камедь ксантановая Е415. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 26 с.

16. Панфилова М.Н. Ксантановая камедь. Преимущества и особенности применения/ М.Н. Панфилова // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. 2006. № 2. С. 3.

17. Уварова Н.А. Композиционные структурообразователи мясных систем / Н.А. Уварова, И.А. Шестопалова // Сфера: мясо, мясопереработка. 2007. № 7. С. 42–44.

18. Басов В.О. Разработка технологии мясопродуктов из свинины с использованием структурообразующих компонентов: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04: Москва, 2004. 110 с.

Статья поступила в редакцию 28.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 67.06

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ЗАМОРОЗКИ НА ПИТАТЕЛЬНЫЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОДУКТОВ

© 2019

Вельдина Юлия Васильевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Иностранные языки»

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: gusarovavg@yandex.ru)

Вольникова Елена Александровна, старший преподаватель кафедры «Иностранные языки»

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: evolnikova@mail.ru)

Аннотация. Статья посвящена одной из главных проблем современной пищевой промышленности – сохранению высокого качества продуктов питания на долгий период времени. В наши дни актуальным является экономия времени и удобство для потребителя. Большую часть времени люди проводят на работе, а придя домой, они не хотят тратить несколько часов на приготовление пищи. Кроме того, они всё больше внимания обращают на состав продукта, содержание в нём полезных для здоровья веществ, витаминов и минералов. Существует один способ, удовлетворяющий всем этим требованиям – это замораживание продуктов питания. В статье рассматриваются все преимущества и недостатки данного метода с учётом проведённых зарубежными учёными исследований. На примере замороженных мяса, птицы, рыбы, овощей и фруктов авторы доказывают пользу замораживания с учётом некоторых предварительных процедур обработки данных продуктов. Кроме гигиенической обработки продукты также должны подвергаться обязательной термической обработке в течение нескольких минут. Эти процессы называются бланширование и пастеризация. В зависимости от вида продукта питания используется одна из этих технологий. После термической обработки следует замораживание продукта при определённой температуре и на определённый срок хранения. Если к каждому виду продукта используется индивидуальная технология по термической обработке и замораживанию, то это позволяет максимально сохранить питательную ценность, сенсорное качество и микробиологическую безопасность продукта для потребителя.

Ключевые слова: замораживание, бланширование, пастеризация, микробиологическая безопасность, сенсорное качество, питательная ценность.

THE ANALYSES OF RECENT FOREIGN RESEARCHES OF THE EFFECTS OF FREEZING ON NUTRITIONAL AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF FOODS

© 2019

Veldina Yuliya Vasiyevna, candidate of pedagogical sciences,

associate professor of the chair “Foreign Languages”

Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baidukov proezd/Gagarin St., 1a\11, e-mail: gusarovavg@yandex.ru)

Volnikova Elena Aleksandrovna, assistant professor of the chair “Foreign Languages”

Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baidukov proezd/Gagarin St., 1a\11, e-mail: evolnikova@mail.ru)

Abstract. The article is devoted to one of the main problems of the modern food industry – retention of products high quality for a long period of time. Nowadays it is actual to save time and be convenient for consumers. People spend most of their time at work and when they come home they don't want to cook dinner for several hours. Moreover, they pay more attention for the composition of food and the presence of minerals and vitamins that are very useful for their health. There exists one method of preserving food that is helpful in such situations. It is freezing of food products. All advantages and disadvantages of this technology are described in the article in accordance of the latest researches of the foreign scientists. The authors of the article prove the benefit of freezing at the example of frozen meat, poultry, fish, fruits and vegetables with obligatory preliminary steps of handling these products before freezing. Besides hygienic handling food products should be subjected to obligatory thermal treatment for several minutes before freezing. These thermal procedures are blanching and pasteurization. One of these technologies is used depending on the kind of food product. The product is subjected to freezing at a particular temperature and for certain period of time after this thermal technology. If each particular food product is treated correctly during its thermal and freezing procedures it is possible to retain maximum nutritional value, sensor quality and microbiological safety for consumers.

Key words: freezing, blanching, pasteurization, microbiological safety, sensor quality, nutritional value.

Введение. Замораживание – это метод сохранения пищи, который обеспечивает высокую степень безопасности, пищевой ценности, сенсорного качества и удобства. Как известно, преимуще-

ства заморозки по сравнению с другими методами сохранения пищи заключались в обеспечении лучшего качества овощей, рыбы и мяса на долгий период с момента уборки урожая или убоя скота.

Кроме того, что замораживание – это хороший способ сохранения пищи, у него есть ещё одно свойство – это получение удовольствия от еды. Этот факт доказывает, прежде всего, такой продукт, как мороженое. Мороженое появилось в 17 веке и подавалось только к столу аристократии как деликатес. А сейчас это одно из самых распространённых продуктов заморозки.

Раньше замороженные продукты должны были подвергаться кулинарной обработке перед употреблением, чтобы обеспечить высокий уровень микробиологической безопасности. Позже акцент сместился на удобство для потребителя. Сейчас в наличии есть огромное разнообразие продукции, которая замораживается в приготовленном виде. Эта современная замороженная продукция может представлять собой отдельные пищевые компоненты или целые блюда, которые нужно только разогреть перед подачей на стол. Кроме того, существуют замороженные торты и десерты, которые нужно есть сразу после вынимания из морозильной камеры без всякого размораживания или нагревания. Удаление любого этапа по кулинарной обработке пищи для потребителя делает микробиологическую безопасность продукции главным критерием перед заморозкой и определяет процессы перед заморозкой и во время неё.

Таким образом, актуальность исследования заключается в том, что в последнее время в замороженных продуктах питания обращается всё больше внимания на питательную ценность продуктов, а это в свою очередь ставит очень важную задачу перед производителями данного вида продукции: максимальное сохранение питательных веществ в замороженных продуктах. Причем не стоит забывать и о микробиологической безопасности. Изучение специфики и организации процесса заморозки различных видов продовольственных товаров в Америки, поможет почерпнуть положительные тенденции для развития данной отрасли на территории России.

Цель исследования заключается в рассмотрении питательных и микробиологических свойств продуктов питания, подвергшихся заморозке. В качестве основного метода, позволяющего сохранить «качество» замороженных продуктов будет рассмотрен тепловой метод или бланширование. Для реализации названной исследовательской цели необходимо выделить следующие задачи:

- рассмотреть особенности заморозки продуктов питания;

- выявить основные методы обработки продуктов питания, позволяющие сохранить их питательные и микробиологические свойства;

- рассмотреть особенности заморозки продуктов питания, входящих в потребительскую корзину покупателя.

Для решения поставленных задач в статье предполагается применение комплекса взаимодо-

полняющих теоретических методов, а именно теоретический анализ литературы по проблеме исследования, концептуальный анализ англоязычных сайтов с целью выявления, как основных особенностей заморозки продуктов, так и ее влияния на питательные и микробиологические свойства продуктов. Заявленные методы позволят проанализировать уже имеющиеся научные достижения и выводы по данному вопросу, а также дополнят эти достижения новыми выводами. С помощью метода системного обобщения будут выявлены основные достоинства и недостатки заморозки продуктов, а также ее качественно новые тенденции, которые позволяют этому способу обработки продуктов составлять существенную конкуренцию на мировом рынке.

Работа с информацией на иностранном языке требует формирования определенных интеллектуальных умений, таких, как умение анализировать информацию, отбирать необходимые факты, выстраивая их в логической последовательности, умения выдвигать аргументы и контраргументы и т.д. Как правило, начиная работать с зарубежной литературой, всегда возникает проблема теоретической и практической значимости, требующая четкой и ясной передачи мысли, умения сформулировать эту мысль устно или письменно на иностранном языке. Поэтому исследовательские и поисковые методы, использованные при анализе зарубежных источников, будут способствовать правильному формированию мыслительной деятельности для более точной передачи информации при переводе с одного языка на другой.

Изложение основного материала. Основная задача замораживания – это понизить температуру продуктов питания с целью предотвращения или минимизирования микробных и химических изменений. Однако замораживание натуральных или приготовленных продуктов питания приводит к сложным физическим и химическим изменениям. Когда температура опускается ниже нуля градусов по Цельсию, вода в продуктах начинает превращаться в лёд. В результате этого, растворённые компоненты увеличивают свою концентрацию в оставшейся незамороженной воде, таким образом, понижая её точку замерзания. В зависимости от своей физической структуры и химического состава натуральные продукты в замороженном состоянии могут содержать до 8% незамороженной воды. Жидкость в этой фазе содержит сложную смесь клеточных метаболитов в нефизиологически высокой концентрации. Далее кристаллы льда продолжают расти и разрушают межклеточные и внутриклеточные стенки и мембраны, что приводит к высвобождению и смешиванию ранее разделённых на ячейки питательных сред и ферментов. Следовательно, хотя содержание продуктов при температурах ниже нуля снижает скорость реакций с потенциально вредоносными последствиями для

безопасности, качества и питательной ценности, изменения в концентрации питательной среды и доступ к ферментам могут ускорять такие реакции. Из-за физических и химических изменений, которые могут продолжаться в продуктах питания и в замороженном состоянии, тепловая обработка перед замораживанием обходима многим из них, особенно овощам для обеспечения им достаточно-го срока хранения. Тепловая обработка перед замораживанием, известная как «бланширование», была изобретена для дезактивации ферментов, отвечающих за разрушения сенсорного качества продуктов. Бланширование предназначено, прежде всего, для сохранения питательной ценности продуктов, особенно витамина С, который подвержен окислению и разрушению [7].

Микроорганизмы, находящиеся в продуктах питания подразделяются на микроорганизмы, вызывающие порчу продукта и те, которые потенциально опасны для человека, то есть патогенные. Методы сохранения продуктов должны обеспечить предотвращение роста микроорганизмов порчи и полное отсутствие патогенных микроорганизмов или их токсинов. Так как замораживание прекращает деятельность микроорганизмов, оно может контролировать микробиологическую порчу в течение неопределённого периода времени при условии достаточно низкой температуры (на пример ниже -10°C). Однако многие микроорганизмы также, как и многие биологические системы, могут выживать в условиях заморозки и возвращаться к размножению, как только условия станут более благоприятными. Одноклеточные паразиты очень чувствительны к замораживанию и погибают. Грамотрицательные бактерии более устойчивы к заморозке, чем одноклеточные, но более чувствительны, чем грамположительные. Вирусы оставляют за собой способность инфицировать здоровые клетки после замораживания, а бактериальные споры полностью устойчивы к заморозке [3]. Грибковые и дрожжевые плесени по-разному ведут себя в условиях замораживания. Для здоровья потребителей выживание патогенных организмов становится большой проблемой. Следовательно, если замороженные продукты содержат патогенные организмы в высокой концентрации, то данные продукты должны быть подвергнуты дальнейшей термообработке для уничтожения микробов.

Другие факторы, влияющие на качество пищи при замораживании, – это скорость замораживания, состав ингредиентов, упаковочный материал, размеры упаковки, температура и время хранения, условия размораживания и физиологическое состояние (т.е. фаза роста) микроорганизма во время замораживания. Первая стадия замораживания, когда продукт охлаждается до низких температур, может разрушить или сохранить микроорганизмы с помощью шокового холода. Известно, что

образование кристаллов льда физически разрушает клетки, а дальнейшее охлаждение до нужной температуры провоцирует нестабильность белков внутри микробной клетки. Таким образом, клетка может быть разрушена. Многие организмы выработали механизмы выживания в условиях замораживания [6].

Далее хотелось бы рассмотреть особенности замораживания некоторых продуктов питания.

Сегодня покупателю доступно огромное разнообразие замороженной продукции из мяса, птицы и рыбы. Этот ассортимент включает в себя куски сырого мяса, тушки птицы и рыбы, а также уже приготовленные блюда из них. Что касается питательной ценности данных продуктов, её невозможно переоценить. Мясо, птица и рыба – это важнейший источник белков и жиров для человека, а также источник таких минералов, как железо, цинк, магний и селен, витамины группы В, витамины А и D [8].

Сырые куски мяса, птицы и рыбы подвергаются сложным биохимическим изменениям; они могут возникать из остаточных метаболических реакций или быть спровоцированы микробной порчей или окислением. Замораживание имеет своей целью замедлить или предотвратить данные изменения, влияющие на микробиологическую безопасность, сенсорное качество и питательную ценность. Хотя процесс замораживания продуктов питания сам по себе не оказывает существенного влияния на питательную ценность мяса, птицы и рыбы, но долгий срок хранения в условиях заморозки может привести к потере некоторых неустойчивых питательных веществ.

В 2001 году американской пищевой лабораторией был проведён опыт по долгому хранению мяса в условиях заморозки. Этот опыт по замораживанию и размораживанию проводился в «идеальных» условиях, в герметичных контейнерах, без температурных колебаний, без потери жидкости при размораживании. Хотя эти условия не соответствуют домашним или производственным, опыт показал, что количество белка, жира и жирных кислот существенно не снизилось в образце за 50 месяцев хранения при температуре -60°C [4].

Более ранние опыты при более реалистичных условиях зафиксировали снижение примерно на 10-30% таких витаминов, как ниацин, пиридоксин, тиамин, рибофлавин при сроке хранения мясных изделий в условиях заморозки в течение года. Многие опубликованные исследования о потере питательной ценности замороженных продуктов не показывают того, каким образом была вызвана эта потеря: из-за химических изменений во время хранения в замороженном виде или питательные вещества вытекли из мяса вместе с жидкостью при размораживании. При увеличении срока хранения мясных продуктов в замороженном состоянии происходит необратимое накопление белков

мышечных волокон, что приводит к уплотнению структуры мясных изделий и неспособности удерживать воду. В итоге, при размораживании мясо теряет примерно 15% межклеточной и внутриклеточной жидкости в виде вытекания сока. В этом соке содержится большое количество водорастворимых белков, витаминов и минералов.

Замороженные продукты из мяса, птицы и рыбы, подверженные действию воздуха могут окисляться. Это особенно касается рыбы и птицы, в которых содержится большое количество полиненасыщенных жирных кислот. Эти кислоты слабо устойчивы к окислению и приводят к образованию быстро испаряющихся веществ, которые дают запах и вкус протухшей пищи. Несколько исследований было проведено американскими лабораториями по поводу замораживания рыбы, содержащей полиненасыщенные жирные кислоты. Существенное снижение количества кислот наблюдалось при сроке заморозки в 6 месяцев и температуре – 20°C. Однако потери жирных кислот при недолгом сроке заморозки практически не наблюдались [2].

Для обобщения, можно сказать, что научной литературы о влиянии замораживания на питательную ценность мяса, птицы и рыбы не так много в настоящее время и она довольно устаревшая. Но, тем не менее, проанализировав существующие источники, можно сделать вывод о том, что замораживание – это прекрасный способ сохранения питательной ценности мяса, птицы и рыбы.

Относительно замораживания овощей и фруктов можно отметить следующее. Термины «овощ» и «фрукт» в контексте питания не имеют точных определений. Выращенную пищу обычно называют овощами и фруктами исходя из кулинарных традиций, а не из научных определений. Данная группа продуктов питания включает в себя огромное разнообразие частей растений, представляющих собой корни, побеги, семена, листья, цветы и плоды. Общедоступные замороженные овощи и фрукты обеспечивают нас всеми необходимыми питательными веществами. Самыми важными из них для здоровья и долголетия человека являются витамины А, С, К, фолиевая кислота, растворимые и нерастворимые пищевые волокна, полиненасыщенные жирные кислоты, минералы. Кроме этого, некоторые овощи и фрукты содержат фитонциды, которые приносят много пользы нашему здоровью.

Проведённые исследования показали, что по сравнению со свежими овощами и фруктами, замороженные почти не уступают в количестве витаминов и минералов. Однако некоторые разновидности фруктов всё таки теряют питательные вещества при долгом хранении в замороженном состоянии. Например, манго, хранившееся в морозильной камере в течение года, потеряло 50% полисахаридов.

Существует несколько факторов, влияющих на разницу в количестве витаминов в свежих и

замороженных овощах и фруктах. Рассмотрим некоторые из них.

Выбор сорта и времени сбора урожая напрямую влияет на качество замороженных овощей и фруктов. Некоторые сорта овощей и фруктов подходят только для употребления в свежем виде, другие – для консервирования, третьи – для замораживания. Например, зелёный горошек, предназначенный для консервирования, собирается в более спелом состоянии, чем тот, который выбран для замораживания и содержит на 10% меньше витамина С [5].

После сбора урожая овощи и фрукты сохраняют высокую метаболическую активность, и она может привести к существенной потере некоторых витаминов. Величина потерь питательной ценности после сбора урожая и до замораживания зависит от сорта, метода сборки урожая, мытья, очистки и нарезки, длительности и условий хранения. Чтобы сохранить питательную ценность свежесобранных овощей и фруктов желательнее сократить время бланширования и замораживания, а также минимизировать механические повреждения.

Большинство овощей и фруктов обычно бланшируют перед замораживанием, то есть подвергают действию теплой воды или пара на определённый период, чтобы дезактивировать метаболические ферменты. Производственные условия бланширования – это нагревание продукта до температуры 95-100°C на 3-10 минут, в зависимости от вида и размера продукта. Овощи и фрукты подвергают бланшированию перед заморозкой в основном с целью предотвратить реакции окисления. Хотя ещё одной причиной может быть обеспечение микробиологической безопасности. Этого можно достичь и другим способом – мытьём продукта с хлором. Преимущества бланширования можно продемонстрировать на примере цветной капусты и шпината: если их заморозить без бланшировки, они становятся несъедобными после нескольких месяцев хранения из-за появления неприятного вкуса и запаха, причиной которых является окисление мембранных липидов. Если же эти овощи подвергнуть бланшировке перед замораживанием, они прекрасно сохраняются в замороженном виде до двух лет. Условия бланширования выбираются с учётом обеспечения дезактивации ферментов окисления при минимальной потере сенсорного качества и питательных веществ продукта. Аскорбиновая кислота часто используется как индикатор потенциальной потери питательных веществ из-за своей высокой растворимости, чувствительности к теплу и легкости измерения. Типичные потери аскорбиновой кислоты из овощей в процессе бланширования составляют от 5 до 40% и главный механизм её потери – это утечка в воду [9]. В целом, потери питательных веществ можно минимизировать, если овощи и фрукты не имеют физических повреждений перед бланшировкой, а

также температура и время воздействия тепла вынуждены с учётом необходимой дезактивации ферментов окисления.

А. Бендер суммировал противоречивые результаты опубликованных исследований по поводу величины потери витаминов во время хранения замороженных овощей и фруктов. Даже для определённого овоща, обработанного и хранимого в одинаковых условиях, у разных исследователей разные цифры потерь аскорбиновой кислоты: от незначительных до 40% после годового хранения в замороженном виде [1]. Данный автор комментирует такое расхождение в цифрах по причине неполной дезактивации ферментов окисления во время бланширования в некоторых опытах. Он приходит к выводу, что если овощи и фрукты были адекватно бланшированы без скачков температуры, то они могут сохранять свою питательную ценность на протяжении 12-18 месяцев в состоянии заморозки.

Для фруктов, не прошедших бланширование, существует риск потенциальной метаболической активности, которая может повлиять на питательную ценность продукта. Например, во время хранения в морозильной камере во фруктах может происходить процесс окисления. Этот процесс приводит к потере витамина С при хранении ягод в замороженном виде на протяжении 12 месяцев. Процедура пастеризации в течение двух минут при температуре 85°C достигает той же цели, что и бланширование (дезактивация ферментов окисления) и способствует сохранению витамина С. Эксперименты, проведённые с соком манго, показали, что шестимесячное хранение в замороженном виде необработанного сока привело к потере 17,4% витамина С, а пастеризованного – всего 3,7% [2].

Выбор подвергать ли бланшированию или пастеризации овощи и фрукты зависит от нескольких факторов. Овощи, как правило, бланшируют, потому что они содержат большое количество окислительных ферментов, деятельность которых приводит к быстрому появлению запаха и вкуса порчи во время хранения в условиях заморозки. Бланширование разрушает эти ферменты и имеет ещё одно преимущество. Оно значительно сокращает время приготовления продукта для потребителя и, следовательно, повышает удобство. Однако, бланширование – технология, не всегда подходящая, как метод тепловой обработки овощей и фруктов, так как она может разрушать текстуру и внешний вид овощей и фруктов. Ягоды, например, не приобретают прогорклого вкуса и запаха во время хранения в замороженном виде – значит бланширование можно не использовать и достаточно других технологий для обеспечения микробиологической безопасности продукта (гигиеническая обработка, например) [10]. Но, если не использовать бланширование, мы знаем, что активность ферментов не будет остановлена и будут потеряны питательные вещества и витамины во

время хранения продукта в замороженном виде. Как же выход из этой ситуации? Однозначно, это сокращения срока хранения продукта в морозильной камере.

Заключение. Анализ и обобщение последних исследований зарубежных учёных показал, что свойства овощей и фруктов очень различаются, поэтому невозможно найти единственно верную технологию их обработки перед замораживанием. Каждый продукт питания требует отдельного подхода для максимального сохранения его питательной ценности и сенсорного качества. Однако было доказано, что, либо бланширование, либо пастеризация всё же необходима перед замораживанием любого из овощей и фруктов. А, также, желательна сокращение срока хранения продукта в морозильной камере, хотя бы до 6 месяцев для максимального сохранения всех питательных веществ и витаминов. Задачей пищевой промышленности остаётся найти баланс между приемлемым сенсорным качеством, удобством для потребителя, микробиологической безопасностью и питательной ценностью продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Bender A.E. Nutritional aspects of frozen foods in frozen food technology. In: C.P. Mallet, ed. Blackie Academic and Professional, 2010.
2. Boelsma E., Hendriks H.F.J. and Rosa L. Nutritional skin care: health effects of micronutrients and fatty acids. American Journal of Clinical Nutrition, 2001.
3. Dawson D. Foodborne protozoan parasites. International Journal of Food Microbiology, 2005.
4. Eichholzer M., Tonz O. and Zimmerman R. Folic acid: a public health challenge. The Lancet 367, 2006.
5. Favell D.J. A comparison of the vitamin C of fresh and frozen vegetables. Food Chemistry 62, 2012.
6. Heenan C.N., Adams M.C., Hosken R.W. and Fleet G.H. Survival and sensor acceptability of probiotic microorganisms in a non-fermented frozen vegetarian dessert. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 2004.
7. Ottaway P.B. The stability of vitamins during food processing. The Nutrition Handbook for Food Processors, 2009.
8. Parvez S., Malik K.A., Kang S.A. and Kim H.Y. Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. Journal of Applied Microbiology, 2006.
9. Szeto Y.T., Tomlinson B. and Benzie I.F.F. Total antioxidant and ascorbic acid content of fresh fruit and vegetables: implications for dietary planning and food preservation. British Journal of Nutrition, 2012.
10. Voutilainen S., Nurmi T., Mursu J. and Rissanen, T.H. Carotenoids and cardiovascular health. American Journal of Clinical Nutrition, 2015.

Статья поступила в редакцию 09.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 664.25

**ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ОБЕЗЖИРЕННОГО ЙОГУРТА С ДОБАВЛЕНИЕМ
ФЕРМЕНТНО МОДИФИЦИРОВАННЫХ КРАХМАЛОВ**

© 2019

Никитина Елена Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры
«Технология мясных и молочных производств»

*Казанский национальный исследовательский технологический университет
(420015, г. Казань, ул. Толстого, 8/31, e-mail: ev-nikitina@inbox.ru)*

Юртаева Татьяна Александровна, аспирант

*Казанский национальный исследовательский технологический университет
(420015, г. Казань, ул. Толстого, 8/31, e-mail: tanya.yurtaeva.95@mail.ru)*

Гамула Ольга Олеговна, магистрант

*Казанский национальный исследовательский технологический университет
(420015, г. Казань, ул. Толстого, 8/31, e-mail: olik-2345@yandex.ru)*

Аннотация. Применение нативных крахмалов в молочной промышленности неэффективно в связи с их высокой ретроградацией, плохими текстурными качествами, а применение химически модифицированных не рекомендуется ФАО/ВОЗ. Ферментно модифицированные крахмалы могут стать отличной безопасной, эффективной и дешевой альтернативой для стабилизации обезжиренных кисломолочных продуктов, вместо нативных или химически модифицированных полисахаридов. Целью работы было установить преимущества использования модифицированных амилоsubтилином картофельных крахмалов над нативным в технологии обезжиренных йогуртов для коррекции основных показателей качества. Установлено, что кукурузные крахмалы, модифицированные мультферментным препаратом Амилоsubтилин в концентрации 4,15-8,3 U/г крахмала в течение 1 часа, по сравнению с нативным, в составе нежирного йогурта наиболее активно и эффективно формируют белково-полисахаридные гели высокой вязкости и стабильности. Применение этих крахмалов не влияет на биологическую ценность йогурта, но приводит к улучшению органолептических характеристик. По результатам исследования показана перспективность использования этих видов крахмалов в технологии обезжиренных кисломолочных напитков в качестве жирозаменителя и корректора органолептических характеристик пищевых продуктов.

Ключевые слова: кукурузный крахмал, ферментная модификация, нежирный йогурт, химико-технологические свойства, текстура

**CHEMICAL, TEXTURAL AND SENSORY PROPERTIES OF NON-FAT YOGHURT
WITH ADDITION OF ENZYMIC MODIFIED STARCH**

© 2019

Nikitina Elena Vladimirovna, candidate of biological sciences, assistant professor at the Department
of Technology of meat and milk products

*Kazan National Research Technological University
(420015, Kazan, Tolstoy St., 8/31, e-mail: ev-nikitina@inbox.ru)*

Yurtaeva Tatyana Alexandrovna, postgraduate

*Kazan National Research Technological University
(420015, Kazan, Tolstoy St., 8/31, e-mail: tanya.yurtaeva.95@mail.ru)*

Gamula Olga Olegovna, master student

*Kazan National Research Technological University
(420015, Kazan, Tolstoy St., 8/31, e-mail: olik-2345@yandex.ru)*

Abstract. The use of native starches in the dairy industry is ineffective due to their high retrograde, poor textural qualities, and the use of chemically modified starches is not recommended by the FAO / WHO. Enzyme-modified starches can be an excellent safe, effective, and low-cost alternative to stabilize skim milk products instead of native or chemically modified polysaccharides. The aim of the work was to establish the advantages of using Amylosubtilin modified potato starches over the native one in the technology of low-fat yoghurts for the correction of basic quality indicators. It has been established that corn starches modified with the Amylosubtilin multienzyme preparation at a concentration of 4.15-8.3 U / g starch for 1 hour, as compared to the native one, form protein-polysaccharide gels of high viscosity and stability most actively and effectively in non-fat yogurt. The use of these starches does not affect the biological value of yogurt, but leads to an improvement in organoleptic characteristics. According to the results of the study, the prospects of using these types of starches in the technology of fat-free dairy drinks as a fat mimetic and corrector of sensory indicators of food products are shown.

Keywords: corn starch, enzyme modification, Amylosubtilin, non-fat yogurt, chemical-technological properties, texture.

В современной пищевой промышленности крахмалы различной ботанической принадлежности широко используется в технологии кисломолочных продуктов в качестве стабилизатора, особенно для резервуарно изготовленных напитков или питьевых кисломолочных продуктов. Однако, аналогичные дефекты возникают и у термостатно приготовленных продуктов с пониженной жирностью и обезжиренных. Добавление стабилизаторов, как технологический прием, позволяет достичь желаемых текстурных свойств и предотвратить синерезис продуктов [1].

Тем не менее, как показывает практика и исследования в этой области, нативные крахмалы не подходят для применения в этой области из-за их плохой устойчивости к высокой кислотности и высокой скорости сдвига, а также к высокой степени ретроградации [2]. Для преодоления нежелательных свойств нативных крахмалов проводят химические модификации, которые могут заметно изменить их физико-химические свойства. Выявлено, что сшитые крахмалы имеют более стабилизированную гранулярную структуру и более высокую устойчивость к термической обработке и перемешиванию [2], кроме того применение такого крахмала позволило увеличить прочность кисломолочного геля [3]. Ацетилирование увеличивает вязкость и водоудерживающую способность крахмальной пасты, которая в свою очередь может улучшить стабильность йогурта [4,5]. Кроме того, что модифицированные крахмалы могут использоваться в качестве стабилизаторов или эмульгаторов [6], которые могут модифицировать или стабилизировать текстуру, такие крахмалы могут выступать функциональные заменители молочного жира [7,8,9]. Кроме того, эти крахмалы могут быть полезны для здоровья потребителя из-за их устойчивости к пищеварению в тонкой кишке

и могут улучшить некоторые физико-химические свойства продукта, такие как вязкость, образование геля и способность удерживать воду [7,9,10]. Во время хранения кисло-молочные напитки зачастую проявляют синерезис, могут происходить неблагоприятные изменения во внешнем виде и текстуре, это, несомненно влияет на сенсорное восприятие потребителя, вызывая нежелание потреблять такие продукты [11,12]. Использование крахмалов может уменьшить синерезис и повысить устойчивость при хранении, однако, необходимо избегать появления сенсорных дефектов, например, посторонние привкусы [11].

В настоящее время влияние модифицированного крахмала на свойства йогурта широко изучается. Однако большинство исследований было сосредоточено на конечных свойствах йогурта с добавлением крахмалов, подвергшихся химической модификации [6,7]. Более безопасно и рекомендовано к использованию ФАО/ВОЗ в пищевых продуктах биологически модифицированный крахмал, в частности, прошедших ферментную обработку. Ранее было показано успешное применение картофельного крахмала в технологии маложирного йогурта [13], глубоко охарактеризованы свойства таких крахмалов [14]. Цель настоящей работы - изучение влияния кукурузного крахмала, модифицированного Амилоsubтилином в малых дозах, на качественные характеристики обезжиренного термостатного йогурта.

Материалы и методы. В работе использовали кукурузные крахмалы: нативный (ГОСТ P52791-2007) и ферментно модифицированные крахмалы, полученные под действием разной концентрации амилолитического препарата Амилоsubтилин.

Основные характеристики используемых крахмалов показаны в таблице 1, они нами описаны ранее [15].

Таблица 1 – Концентрации ферментов для модификации и свойства используемых крахмалов

Полученный в результате ферментации крахмал	Активность фермента по амилазе, У/г крахмала	Амилоsubтилин, г/ 100 мл реакционной смеси	Содержание амилозы, %	Содержание амилопектина, %	Декстрозный эквивалент, %	Динамическая вязкость	Температура желатинизации, °С
Нативный	-	-	23.83	76.17	1.31	1.73	75
АМК-1	8.3	0.01	40.17	59.83	4.15	1.15	76
АМК-0.5	4.15	0.0201	28.66	71.34	3.56	1.18	77
АМК-0.1	0.83	0.1005	38.8	61.19	4.3	1.28	77
АМК-0.05	0.415	0.201	31.77	68.27	4.67	1.7	76

Получение термостатного йогурта. Для получения обезжиренного йогурта использовали коровье молоко ультравысокотемпературной обработки (Valio, Россия). Крахмалы добавляли в молоко в концентрации 1 % и подвергали пастеризации на кипящей водяной бане в течение 30 мин, смеси помешивали для равномерного распределения крахмала. Аналогично подвергали пастеризации контрольный образец молока без крахмала. Штаммы *Lactobacillus delbrueckii subsp.*

bulgaricus и *Streptococcus thermophilus* использовали для изготовления йогуртов. Закваску для йогурта ферментировали при 37° С в течение 16 ч. После чего добавляли стартовую культуру в молочные смеси из расчета 5 % к массе сырья. Инкубировали молоко для получения кисломолочного продукта при 40 °С в течение 6-7 часов, потос охлаждали готовый продукт при 4-5 °С в течение 16 ч. После стабилизации каждый образец подвергали анализу (1 сут), оставляли партию йогурта на хранение

при 4 °С в течение 28 суток, после хранения также проводили измерения.

Химические, физические, текстурные методы измерения. Анализ белка, лактозы (углеводов), содержания и плотности твердых веществ выполняли на приборе InfraLUM® FT-12 (Российская Федерация) с соответствующим программным обеспечением и данными калибровки для продукта «йогурт». Сывороточный белок, соль испытывали в сыворотке из кисломолочного продукта после центрифугирования при 3000 г в течение 15 мин с помощью анализатора молока «Клевер-2М». Измерения pH проводили с использованием цифрового pH-метра (HI 2216, Hanna Instruments, Германия). Титруемую кислотность, ВУС, синерезис измеряли с помощью центрифугирования, как описано ранее [13]. Все образцы были измерены в трех повторностях.

Вязкость образцов (100 мл) измеряли при 8 °С с использованием вискозиметра с концентрическим цилиндром Брукфилда (Китай), оснащенного ротором № 3, перемешивание при 60 об / мин, измерение проводили в течение 180 сек.

Определение количества суммы полисахаридов (СПС) (крахмал с экзополисахаридами) проводили по методике Feldman et al. [16] с модификациями. 10-15 г образца помещали в лабораторную колбу и кипятили на водяной бане при 100 °С в течение 30 минут. После охлаждения образцы центрифугировали при 4000 мин⁻¹ в течение 30 минут и к 4 мл образца добавляли 0,7 мл 85% трихлоруксусной кислоты. Образцы охлаждали до 4 °С и снова центрифугировали при 8000 мин⁻¹ в течение 10 минут. Осаждение ЭПС (1 мл) из образцов производили с использованием холодного этанола (-20 °С, 3 мл). Образцы выдерживали в холодильнике в течение 48 ч и после чего центрифугировали (4°С, 8000 мин⁻¹, в течение 10 мин), перерастворяли осадок в дистиллированной воде (объем равен объему пробы) и определяли СПС.

Количественная оценка полисахаридов. К 400 мкл экстракта полисахаридов добавляли 400 мкл 5% раствор фенола в воде. После этого в раствор в пробирке резко добавляли 2 мл концентрированной серной кислоты. Образцы выдерживают в течение 10

минут, затем перемешивают и оставляют на 10 минут при 30 °С. Для получения калибровочной линии использовали растворы глюкозы, приготовленные в разных пропорциях в 6 пробирках. Для контроля использовали 400 мкл дистиллированной воды + 400 мкл 5%-ного раствора фенола в воде с добавлением 2 мл серной кислоты. Образцы измеряют при 490 нм в кварцевых кюветах и сравнивали с контрольным образцом. Количество СПС (мг глюкозы/г продукта) рассчитывали с использованием калибровочной кривой глюкозы.

Органолептическая оценка и колориметрия

Образцы оценивались не менее 10 участниками. Для оценки вкуса использовалась гедоническая шкала от 1 (крайне плохо) до 10 (очень хорошо), от 1 (плохая) до 3 (отличная) для запаха, от 1 (плохая) до 10 (отличная) для текстуры и консистенции и 0 или 1 для внешнего вид йогурта. Дефекты также фиксировали, если были обнаружены. Каждый участник получил 30 мл йогурта (при 12 °С) в стеклянном флаконе по 100 мл с крышкой.

Параметры цвета (L*, a* и b*) образцов йогурта измеряли с помощью колориметра Chroma Meter (Китай). Разные значения представляют разные цвета: L*, яркость (черный-белый) (0–100); a*, зеленый-красный (-60 - +60); b*, синий-желтый (-60 - +60). Образцы (50 мл) перемешивали и помещали в алюминиевый цилиндр (наружный диаметр 55 мм) с оптически плоской поверхностью перед измерением, а датчик устанавливали непосредственно сверху цилиндра для предотвращения воздействия окружающего света.

Результаты исследований и обсуждение.

Показатель pH йогуртов, полученных с добавлением ферментно модифицированных крахмалов, был сравним с показателем контрольного образца (классического обезжиренного йогурта) (рисунок 1). Однако, через 28 дней хранения pH у образца с низкогидролизованным крахмалом АМК-0,05 был самым высоким, тогда как у остальных образцов (АМК-0,1, 0,5, и 1) был сравним или даже ниже контрольного. Это свидетельствует о сохранении метаболической активности молочнокислых бактерий в процесс хранения при пониженных температурах. Аналогичные данные получены при тестировании титруемой кислотности (рисунок 1).

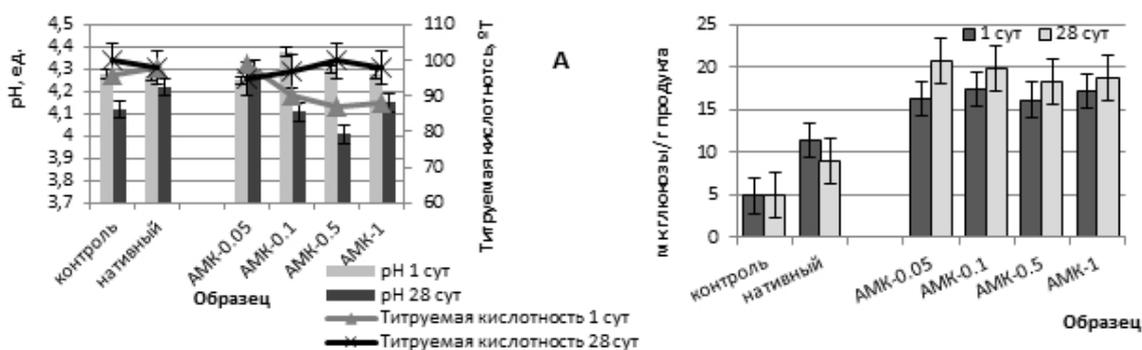


Рисунок 1 – pH и титруемая кислотность йогуртов (1 сут и 28 сут хранения) (А) и сумма полисахаридов нежирных йогуртов (Б), изготовленных с различными ферментно модифицированными кукурузными крахмалами

Химическая композиция йогуртов с крахмалами соответствовала требованиям государственного стандарта, количество общего белка в пределах нормы (таблица 2). Что касается количества сывороточного белка, то при введении кукурузных крахмалов АМК, произошло повышение его количества на 0,2-0,3 %. Как и следовало ожидать, общее количество углеводов увеличилось как минимум на 1 %, из-за внесения крахмала. Закономерно, что

внесение полисахарида увеличило концентрацию сухих веществ йогуртов сред-нем на 1,3 %, солей – на 0,05-0,07 %. Плотность напрямую зависит от доли сухих веществ в кисло-молочном продукте, поэтому неудивительно, что плотность йогуртов со стабилизаторами выше, чем в контрольном образце. В процессе хранения описанные показатели существенно не изменялись, что говорит о стабильности сформированного продукта.

Таблица 2 – Химические показатели йогуртов (1 сут и 28 сут хранения), изготовленных с различными ферментно модифицированными кукурузными крахмалами

Образец	Период хранения	Белок, %	Сывороточный белок, %	Углеводы, %	Соли, %	Сухое вещество, %	Плотность
контроль	1 сут	3,6±0,4	2,7±0,2	4,1±0,08	0,63±0,02	8,69±0,50	1033±1
	28 сут	3,6±0,2	2,8±0,2	4,1±0,2	0,65±0,03	8,90±0,43	1033±1
нативный	1 сут	3,8±0,2	3,0±0,1	5,4±0,1	0,69±0,02	10,24±0,32	1038±0
	28 сут	3,8±0,3	2,9±0	5,3±0,11	0,68±0,02	10,19±0,33	1037±0
АМК-0.05	1 сут	3,8±0,3	3,0±0	5,4±0,2	0,70±0,04	10,30±0,34	1036±1
	28 сут	3,6±0,2	3,1±0,1	5,5±0,3	0,71±0,04	10,28±0,54	1037±0
АМК-0.1	1 сут	3,9±0,1	3,0±0,2	5,4±0,4	0,69±0,03	10,29±0,53	1037±0
	28 сут	4,0±0,3	3,0±0,1	5,5±0,3	0,71±0,04	10,58±0,64	1038±1
АМК-0.5	1 сут	3,6±0,2	3,0±0,1	5,4±0,2	0,70±0,02	10,09±0,42	1035±0
	28 сут	3,8±0,2	3,0±0	5,5±0,4	0,70±0,03	10,33±0,63	1036±0
АМК-1	1 сут	3,4±0,3	2,9±0,2	5,3±0,3	0,68±0,02	9,60±0,62	1036±0
	28 сут	3,9±0,1	3,0±0,2	5,5±0,1	0,71±0,03	10,41±0,23	1038±0

Сумма полисахаридов включает экзополисахариды, синтезированные МКБ, и введенный крахмал. По сравнению с контролем количество экстрагируемых полисахаридов образце с нативным крахмалом было в 2 раза больше в начале срока хранения, но через 28 дней хранения незначительно уменьшилось в пределах ошибки (рисунок 1). В случае использования ферментно модифицированных крахмалов количество полисахаридов было в 3 раза больше контроля и в 1,5 раз больше образца с нативным крахмалом. Это обстоятельство дает основания для вывода о стимулирующей роли частично гидролизованных крахмалов для синтеза МКБ экзополисахаридов. Ранее выявленное увеличение количества углеводов на 1,2-1,4 %, скорее всего, обусловлено дополнительным синтезом полисахаридов.

Вязкость йогуртов определяет его густоту и тягучесть. Перед закладкой на хранение вязкость йогуртов с ферментно модифицированными крахмалами уступала образцу с нативным крахмалом, однако, она больше чем у контроля, за исключением образца АМК-1 (рисунок 2). Особенностью образца с нативным крахмалом было резкое снижение вязкости при увеличении времени вращения ротора до 180 сек, показатель достиг значения сравнимым с АМК-0,05. Подобное поведение характерно системам с высокой вязкостью, но низкой тягучестью.

После 28 дней хранения картина сильно изменилась. Вязкость экспериментальных йогуртов увеличилась, при этом они оставались тягучими, тогда как у образца с нативным крахмалом вязкость уменьшилась.

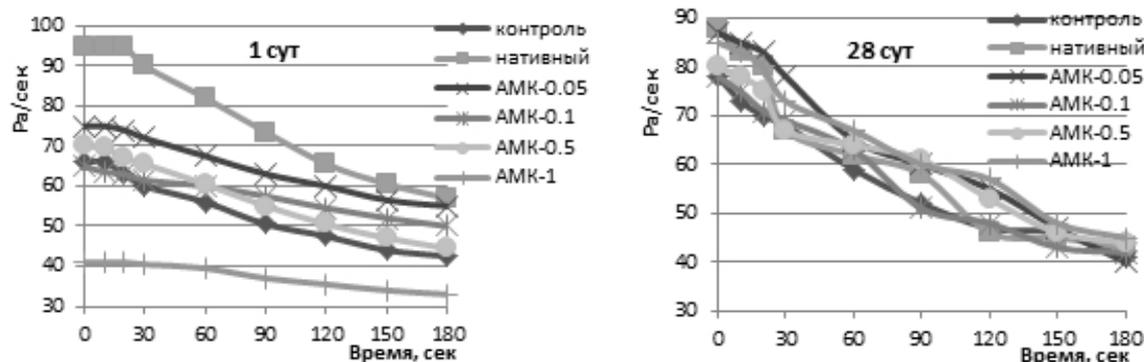
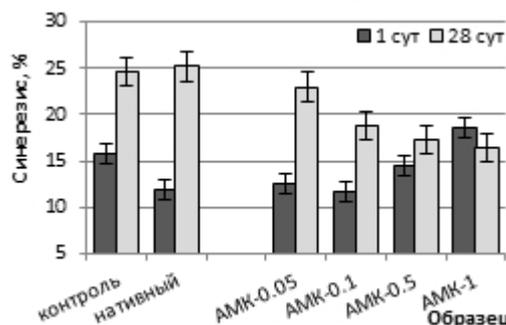


Рисунок 2 – Динамика вязкости обезжиренных йогуртов со стабилизаторами в процессе тестирования через 1 и 28 суток хранения

Низкий синерезис кисломолочного напитка и высокая ВУС определяют как функциональные свойства продукта, так и его товарную привлекательность. Показатель синерезиса через сутки сравнимый с контролем был выявлен у образцов АМК-0,5 и 1, а сравнимый с нативным – у АМК-0,05 и 0,1 (рисунок 3). После 28 дней хранения уровень синерезиса у контрольного и нативного образца был максимальным, тогда как у экспериментальных



образцов АМК он был меньше. Показатель ВУС молочного стустка контроля был наименьший в начале и конце хранения.

У нативного образца через после изготовления был высокий ВУС, однако, после хранения он снизился на 10 %. В случае использования АМК-крахмалов до хранения ВУС был выше контроля, а через 28 дней произошло увеличение этого показателя.

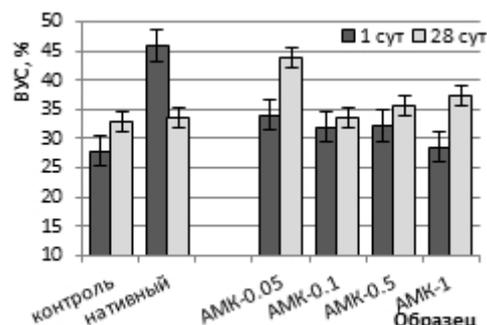


Рисунок 3 – Изменения синерезиса (А) и ВУС (Б) нежирных йогуртов со стабилизаторами в процессе хранения

Совокупность результатов, полученных при тестировании вязкости, синерезиса и ВУС свидетельствует о высокой способности ферментно модифицированных крахмалов образовывать белково-полисахаридный матрикс кисло-молочного продукта. Мягкий, но тягучий гель положительно влияет на текстурную составляющую диетического напитка.

Вкусовая характеристика йогурта является

неотъемлемой частью потребительских характеристик продукта питания. По органо-лептическим характеристикам наиболее вкусными оказались йогурты со стабилизаторами АМК-0,05 и 0,1, они имели плотный вкус, хорошую консистенцию, тогда как контрольный образец был плоским и жидким. Введение в рецептуру нежирных йогуртов биомодифицированных крахмалов не влияло на цветовую характеристику (таблица 3).

Таблица 3 – Органолептическая и цветовая характеристика нежирных йогуртов, изготовленных с ферментированными крахмалами

Образец	Период хранения	Цветность			Органолептическая оценка				
		L	a*	b*	Внешний вид	Вкус	Запах	Консистенция	Сумма
контроль	1 сут	100	-7,96	17,24	1	7	3	5	16
	28 сут	100	-9,32	30,77					
нативный	1 сут	100	-4,38	19,96	0	5	2	6	13
	28 сут	100	-4,76	11,12					
АМК-0.05	1 сут	100	-5,1	17,9	1	8	3	8	20
	28 сут	100	-5,97	14,91					
АМК-0.1	1 сут	100	-7,14	19,16	1	8	3	8	20
	28 сут	100	-8,64	22,24					
АМК-0.5	1 сут	100	-5,42	16,32	1	7	3	8	19
	28 сут	100	-6,13	15,34					
АМК-1	1 сут	100	-6,08	12,16	1	7	3	7	18
	28 сут	100	-8,55	18,84					

С каждым годом всё больше потребителей молочных продуктов осознают положительное влияние йогурта с низким содержанием жира, однако текстурные и вкусовые показатели их не всегда устраивают [17]. В связи с чем, обезжиренный

молочный продукт имеет меньшую популярность среди потребителей из-за потери реологических и сенсорных характеристик, а также увеличения синерезиса [18]. В работе показано положительное влияние ферментно модифицированного кукуруз-

ного крахмала на сенсорные характеристики обезжиренных термостатных йогуртов, в том числе за счет формирования вязкой плотной текстуры. Модифицированные крахмалы - это, в большинстве своём, нейтральные стабилизаторы, не вступающий во взаимодействие с белками в pH-зависимых процессах, но улучшают тело и текстуру напитка за счет увеличения вязкости водной фазы системы [19,20]. Вязкость йогурта с нативным крахмалом ниже, чем с АМК, это может быть обусловлено более разрыхленной и мицеллеподобной структурой FMS-геля в молоке и его способности образовывать более однородные матрицы. Таким образом, применение кукурузного крахмала, прошедшего незначительную ферментную обработку бактериальной амилазой, приводит к получению густого стабильного кисломолочного продукта, улучшая его органолептические характеристики и выступая в качестве заменителя жира.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Zuo J.Y. Effect of the extent of pasting on the dynamic rheological properties of acidified skim milk gels containing normal rice starch. / J.Y. Zu, Y. Hema, S. Hewitt, A. Saunders // *Food Hydrocolloids*. – 2008. – V.22, №8. – P.1567–1573.
2. Singh J. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications – a review. / J. Singh, L. Kaur, O.J. McCarthy. // *Food Hydrocolloids*. – 2007. – V.21, №1. – P.1–22.
3. Azim Z. Influence of cross-linked waxy maize starch on the aggregation behavior of casein micelles during acid-induced gelation. / Z. Azim, M. Alexander, M. Koxholt, M. Corredig // *Food Biophys*. – 2010. – V.5, №3. – P.227–237.
4. Cui B. Effect of cross-linked acetylated starch content on the structure and stability of set yoghurt. / B. Cui, Y.M. Lu, C.P. Tan, G.Q. Wang, G.H. Li // *Food Hydrocolloids*. – 2014. – V.35. – P.576–582.
5. Mirmoghtadaie L. Effects of cross-linking and acetylation on oat starch properties. / L. Mirmoghtadaie, M. Kadivar, M. Shahedi // *Food Chem*. – 2009. – V.116, №3. – P.709–713.
6. Schmidt, K.A. Modified wheat starches used as stabilizers in set-style yogurt. / K.A. Schmidt, T.J. Herald, K.A. Khatib // *J. Food Qual*. 2001. – V.24, №5. – P.421–434.
7. Lobato-Calleros C. Impact of native and chemically modified starches addition as fat replacers in the viscoelasticity of reduced-fat stirred yogurt. / C. Lobato-Calleros, C. Ramirez-Santiago, E.J. Vernon-Carter, J. Alvarez-Ramirez // *Journal of Food Engineering*. – 2014. – V.131. – P.110–115.
8. Abbas K.A., Khalil S.K., Hussin A.S. M. Modified starches and their usages in selected food products: A review study / K.A. Abbas, S.K. Khalil, A.S. Hussin // *J Agricultural Science*. – 2010. – V.2, №2. – P.90–100.
9. Morell P. Yogurts with an increased protein content and physically modified starch: Rheological, structural, oral digestion and sensory properties related to enhanced satiating capacity / P. Morell, I. Hernando, E. Llorca, S. Fiszman. // *Food Research International*. – 2015. – V.70. – P.64–73.
10. Legarova V. Sensory quality evaluation of whey-based beverages. / V. Legarova, L. Kourimska // *Mljekarstvo*. – 2010. – V.60, №4. – P.280–287.
11. Amaya-Llano S.L. Acid thinned jicama and maize starches as fat substitute in stirred yogurt. / S.L. Amaya-Llano, L. Martinez-Alegria, J.J. Zazueta-Morales, F. Martinez-Bustos. // *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*. – 2008. – V.41, №7. – P.1274–1281.
12. Gomes J.J.L. Physicochemical and sensory properties of fermented dairy beverages made with goat's milk, cow's milk and a mixture of the two milks. / J.J.L. Gomes, A.M. Duarte, A.S.M. Batista, R.M.F. de Figueiredo, E.P.de Sousa, E.L. de Souza, R.C.R.E. Queiroga. // *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*. – 2013. – V.54, №1. P.18–24.
13. Nikitina E. Effect of fermented modified potato starches to low-fat yogurt. / E. Nikitina, Rifqi Ahmad Riyanto, A. Vafina, T. Yurtaeva, M. Tsyganov, G. Ezhkova // *Journal of Food and Nutrition Research*. – 2019. – V.7, №7. – P. 549–555.
14. Vafina V. Physicochemical and morphological characterization of potato starch modified by bacterial amylases for food industry applications. / V. Vafina, V. Proskurina, V. Vorobiev, V. Evtugin, G. Egkova, E. Nikitina // *Journal of Chemistry*. – 2018. – V.8, [Online]. Available: <https://www.hindawi.com/journals/jchem/2018/1627540>.
15. Никитина Е.В. Свойства кукурузных крахмалов, модифицированных мультиферментными препаратами амилосубтилином и *Bacillus* / Е.В. Никитина, Т.А. Юртаева // В сборнике научных трудов 5-й Международной молодежной научной конференции «Юность и Знания – Гарантия Успеха». – Курск, 20–21 сентября. – 2018. – Т.1. – С.73–76.
16. Feldmane J. The influence of fermentation temperature on the development of exopolysaccharidea in yoghurt production / J. Feldmane, I. Ciprovica, P. Semjonovs, R. Linde // “Food for Consumer Well-Being” FOODBALT. 2014. Conference Proceedings. Jelgava, LLU. – 2014. – P.226–270.
17. Sahan N. Physical chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a β -glucan hydrocolloidal composite during storage / N. Sahan, K. Yasar, A.A. Hayaloglu. // *Journal of Food Hydrocolloids*. – 2008. – V. 22, №7, P.1291–1297.
18. Nouri M. Application of renneted skim milk as a fat mimetics in nonfat yoghurt / M. Nouri, H. Ezzatpanah, S. Abbasi // *Food and Nutrition Sciences*. – 2011. – V.2. – P.541–548.
19. Nguyen P.T.M. Effect of different hydrocolloids on texture, rheology, tribology and sensory perception of texture and mouthfeel of low-fat pot-set yoghurt / P.T.M. Nguyen, O. Kravchuk, B. Bhandari, S. Prakash. // *Food Hydrocolloids*. – 2007. – V.72, P.90–104.
20. Hansen P.M.T. Food hydrocolloids in the dairy industry // In K. Nishinari, E. (Eds.), *Food Hydrocolloids: Structures, Properties, and Functions*. – 1993. – P.211–224.

Статья поступила в редакцию 16.09.2019
Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 664.691/663.15

**ПРИМЕНЕНИЕ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ CHLORELLA
В ТЕХНОЛОГИИ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

© 2019

Трухина Елена Владимировна, старший преподаватель

Высшей школы биотехнологии и пищевых производств,

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого**(194021, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 48-50, e-mail: trukhina_ev@spbstu.ru)***Базарнова Юлия Генриховна**, доктор технических наук, профессор,

директор Высшей школы биотехнологии и пищевых производств,

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого**(194021, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 48-50, e-mail: jbazarnova@spbstu.ru)***Аронова Екатерина Борисовна**, кандидат технических наук, доцент,

доцент Высшей школы биотехнологии и пищевых производств,

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого**(194021, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 48-50, e-mail: aronovae@inbox.ru)*

Аннотация. В последние годы макаронные изделия из твердых сортов пшеницы набирают популярность благодаря питательным свойствам, низкой себестоимости и длительному сроку годности. Макароны считаются легкоусвояемым продуктом с низким гликемическим индексом. За счет введения в рецептуру макаронных изделий нетрадиционного сырья, богатого пищевыми волокнами, витаминами и полиненасыщенными жирными кислотами может быть значительно улучшена их пищевая ценность. Перспективным источником пищевых веществ являются микроводоросли рода *Chlorella*. Биомасса *Chlorella* богата полиненасыщенными жирными кислотами, содержит до 50% белка и до 4% натуральных пигментов – хлорофилла и каротиноидов, которые необходимы для профилактики алиментарно-зависимых заболеваний. Для получения биомассы микроводорослей *Chlorella* путем интенсивного культивирования использовали пре-культуру *Chlorella sorokiniana* (штамм 211-8k), пилотный фитобиореактор и культуральную среду, сбалансированную по содержанию макро- и микроэлементов. При разработке рецептов макаронных изделий производили замену муки на полученную воздушно-сухую биомассу микроводорослей в количестве от 2,5 до 7,5 % от массы мучной смеси. Качество готовых макаронных изделий оценивали по органолептическим показателям, увеличению массы, объема изделий, сохранности их формы и потере белковых веществ, хлорофилла при варке. Установлено, что использование биомассы микроводорослей в рецептурах макарон в пределах исследуемого количества вносимых добавок не оказывает заметного влияния на содержание влаги. Кислотность макаронных изделий повышается пропорционально количеству вносимых добавок микроводорослей, что объясняется высоким содержанием органических кислот в биомассе *Chlorella sorokiniana*. Внесение добавки биомассы микроводорослей позволяет обогатить макароны хлорофиллом в количестве от 25 до 77 % от рекомендуемой нормы потребления в сутки. Установлено, что для получения макаронных изделий с хорошими физико-химическими и органолептическими показателями допустимо внесение в рецептуры макарон до 5% сухой биомассы.

Ключевые слова: биомасса микроводорослей *Chlorella*, макаронные изделия, замена муки на сухую биомассу, хлорофилл

APPLICATION OF MICROALGAE BIOMASS CHLORELLA IN PASTA TECHNOLOGY

© 2019

Trukhina Elena Vladimirovna, Senior Lecturer of the Graduate School of Biotechnology and food Sciences*Peter The Great St.Petersburg Polytechnic University**(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya St., 29, e-mail: trukhina_ev@spbstu.ru)***Bazarnova Julia Genrikhovna**, doctor of technical sciences, professor,

director of the Graduate School of Biotechnology and food Sciences

*Peter The Great St.Petersburg Polytechnic University**(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya St., 29, e-mail: jbazarnova@spbstu.ru)***Aronova Ekaterina Borisovna**, candidate of engineering science

of the Graduate School of Biotechnology and food Sciences

*Peter The Great St.Petersburg Polytechnic University**(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya St., 29, e-mail: aronovae@inbox.ru)*

Abstract. In recent years pasta from firm grades of wheat gains popularity thanks to nutritious properties, low prime cost and a long period of validity. Pasta is considered an easily digestible product with a low glycemic index. Due to introduction to a compounding of pasta of the nonconventional raw materials rich with food fibers, vitamins and polyunsaturated fatty acids their nutrition value can be considerably improved. A perspective source of feedstuffs are sort *Chlorella* microseaweed. *Chlorella* biomass is rich with polyunsaturated fatty acids, contains up to 50% of protein and up to 4% of natural pigments – a

chlorophyll and carotinoids which are necessary for prevention of alimentary and dependent diseases. To obtain biomass of *Chlorella* microalgae by intensive cultivation, *Chlorella sorokiniana* pre-culture (strain 211-8k), pilot photobioreactor and culture medium balanced in content of macro- and microelements were used. At development of pasta formulations flour was replaced with produced air-dry biomass of microalgae in amount from 2.5 to 7.5% of mass of flour mixture. Quality of ready pasta products was evaluated by organoleptic indices, increase of weight, volume of products, preservation of their shape and loss of protein substances, chlorophyll during boiling. It's established that the usage of microalgae biomass in pasta formulations within the tested amount of additives does not significantly affect the moisture content. The acidity of pasta increases in proportion to the amount of microalgae additives added, which is due to the high organic acid content of *Chlorella sorokiniana* biomass. Addition of microalgae biomass makes it possible to enrich pasta with chlorophyll in amount from 25 to 77% of recommended consumption rate per day. It is established that for receiving macaroni a product with good physical and chemical and organoleptic indicators entering into compoundings of pasta to 5% of dry biomass is admissible.

Keywords: biomass of *Chlorella* microalgae, pasta, flour substitution with dry biomass, chlorophyll.

Введение. Блюда из макаронных изделий известны с начала I века до н.э. [1]. Традиционно макароны изготавливают из твердых сортов пшеницы (*Triticum durum*). Твердые сорта пшеницы являются богатым источником никотиновой кислоты, витаминов К и группы В, макро-, микро- и ультрамикроэлементов, незаменимых аминокислот, в том числе, фенилаланина, триптофана и изолейцина, а также глутаминовой кислоты и пролина, клетчатки и крахмала, пуринов. Макароны считаются легкоусвояемым продуктом с низким гликемическим индексом [2,3]. В последние годы макаронные изделия из твердых сортов пшеницы набирают популярность благодаря питательным свойствам, низкой себестоимости и длительному сроку годности [4,5,6].

Помимо уникальной пищевой ценности, макаронные изделия из твердых сортов пшеницы обладают великолепными кулинарными свойствами [7] и могут быть использованы в качестве самостоятельного блюда (паста карбонара, паста с соусом болоньезе, тренетте с соусом песто) или быть компонентом готовых блюд, например, лазаньи, пиццоккери равиолини, тортеллини, супов.

Пищевая ценность макаронных изделий может быть улучшена за счет добавления нетрадиционного сырья, богатого пищевыми волокнами [8,9], витаминами и полиненасыщенными жирными кислотами [10,11].

Омега-3 жирные кислоты, в том числе, эйкозапентаеновая (ЭКП) и докозагексаеновая (ДГК) кислоты относятся к эссенциальным, поскольку не могут быть синтезированы человеческим организмом. Главными источниками ЭКП и ДГК в пищевых рационах является жирная рыба, например, лосось, скумбрия, сардины, рыбий жир [12], некоторые орехи и растительные масла, тогда как рапс, масла грецкого ореха, сои и льняного семени содержат α -линоленовую кислоту (АЛК) [13].

Природным источником ЭКП и ДГК являются также морские водоросли семейств *Isochrysidaceae* (род *Isochrysis galbana* (Ig) и *Pavlovaceae* (род *Diacronema vlkianum* (Dv), которые накапливают Омега-3 жирные кислоты, что делает их важным пищевым сырьем, полученным в аквакультуре [14,15].

Перспективным источником биологически активных веществ являются микроводоросли рода

Chlorella. Биомасса *Chlorella* богата полиненасыщенными жирными кислотами, содержит до 50% белка, фолиевую кислоту, ниацин, холин, пантотеновую кислоту, а также более 10 видов витаминов, микро- и макроэлементы, в том числе, Ca, K, Fe, Na, Mg, Zn, Cu, P, Se, и др. [16,17,18]. Содержание хлорофилла в *Chlorella* достигает 4%, что в 5-10 раз больше чем в водорослях *Spirulina* и люцерне (*Medicago*) [19].

В настоящее время *Chlorella* относится к добавкам, разрешенным для применения в пищу [19,20]. Ее широко используют в составе пищевых продуктов для профилактики железодефицитной анемии, снижения уровня холестерина в крови и т.д.

Имеются сведения о результатах клинических испытаний биомассы *Chlorella* [21] и анализ ее биотехнологического потенциала [22]. Авторами [23,24] биомасса *Chlorella* предложена в качестве добавки для йогурта с целью повышения жизнеспособности бактериальных пробиотиков. Разработаны эмульсии, обогащенные каротиноидами и полиненасыщенными жирными кислотами, полученными из биомассы микроводорослей *Chlorella* [25,26], загущенные десерты [27], печенье [28], и макароны [29]. Имеется опыт использования белкового гидролизата *Chlorella* в качестве пищевой добавки [30].

Чаще всего биомассу *Chlorella* используют в виде сухого порошка, так как именно в этом виде она наиболее биодоступна для пищеварительных ферментов человека [31].

Цель работы: разработка рецептурного состава макаронных изделий с добавками биомассы микроводорослей *Chlorella sorokiniana* и исследование их показателей качества.

Материалы и методы исследования. Для получения биомассы микроводорослей *Chlorella* использовали пре-культуру *Chlorella sorokiniana* (штамм 211-8k) из коллекции водорослей университета Гёттингена (Culture Collection of Algae at Göttingen University, international acronym SAG).

Культивирование биомассы осуществляли в лабораторном фотобиореакторе в режиме освещения люминесцентными лампами (световой поток 2500 ± 300 Лк, Т(К) 400, дневной свет, фотопериод – 12 ч) [32].

Температура культивирования составляла (23±1) °С; интенсивность аэрации смеси – 1,2-1,8 л/мин; режим перемешивания – периодический (15 мин. один раз в сутки); скорость перемешивания – 500 об/мин. Для культивирования микроводорослей использовали культуральную среду, сбалансированную по содержанию макро- и микроэлементов [33].

Концентрирование клеточной суспензии осуществляли путем центрифугирования при 6000 об/мин в течении 5 минут, после чего сырую биомассу обезвоживали путем лиофильной сушки с воздушным охлаждением Alpha 2-4 Ldplus (давление 1 МБар, температура заморозки – 55 °С) [34]. Остаточное содержание влаги в сухой биомассе микроводорослей составляло от 3,5 до 4,0 %.

В сухой биомассе микроводорослей *Chlorella sorokiniana* определяли содержание белков, хлорофилла, фенольных соединений с использованием методик, предложенных авторами [20,3,6].

Для приготовления теста для макаронных изделий использовали коммерческую муку из твердых сортов пшеницы *Molino Grassi* (производитель Molino Grassi S.p.A.), питьевую воду, яичный меланж. При разработке рецептов макаронных изделий использовали замену муки на сухую биомассу микроводорослей в количестве от 2,5 до 7,5 % от массы мучной смеси. Приготовление контрольных образцов макарон осуществлялось без использования добавок биомассы микроводорослей.

Технология приготовления макаронного теста включает процессы смешивания сухих компонентов с водой, экструзии (выдавливание в требуемую форму) и дегидратации (сушка в контролируемых условиях) [35]. Тестовые заготовки формовали в

Таблица 1 – Состав сухой биомассы микроводорослей *Chlorella sorokiniana*

Основные компоненты							
Белок, г/100г		Липиды, г/100г		Углеводы, г/100г		Минеральные вещества, г/100г	
47,82		13,32		6,90		4,36	
Незаменимые АК	мг/г	ПНЖК	мг/г	Сахара	мг/г	Фитохимические вещества	мг/г
Гистидин	6,10	w_3	26,63	Сахароза	204,00	Хлорофилл	22,13
Треонин	19,00	эйкозапентаеновая	0,53				
Валин	20,00	α -липиды линоленовая затем	16,06	Глюкоза	133,00	Фенольные вещества	0,05
Метионин	1,80	окозагексаеновая	10,04				
Триптофан	0,20	w_6	25,66	Ксилоза	58,00	Каротиноиды	6,04
Фенилаланин	18,00	транс-линолевая	3,32				
Лейцин	30,00	цис-линолевая	14,80	Фруктоза	20,00	Органические кислоты	2,70
Лизин	21,00	октадекатриеновая	7,54				

Примерно 80% от общего содержания жирных кислот в составе липидов *Chlorella sorokiniana* составляют ненасыщенные жирные кислоты. Кроме того, биомасса богата биологически активными фитохимическими веществами, в числе которых преобладают хлорофиллы (22,13 мг/г сухой биомассы) и каротиноиды (6,04 мг/г сухой биомассы).

Таким образом, включение добавок биомассы *Chlorella sorokiniana* в рецептуры макаронных изде-

виде Тальятелле (итал. Tagliatelle) шириной 7 мм и длиной 500 мм, затем сушили в конвектомате Electrolux при 60 °С в течении 5 мин до достижения содержания влаги 30-32 %. Потери влаги макаронных изделий в процессе сушки определяли согласно ГОСТ 31964 [36]. В сухих макаронных изделиях определяли показатель титруемой кислотности согласно [37].

Кулинарную обработку опытных и контрольных образцов макаронных изделий осуществляли путем отваривания в воде в соотношении 1:10 (по массе) при температуре ~90 °С в течении 5-7 мин до кулинарной готовности.

Качество готовых макаронных изделий оценивали по увеличению массы и объема изделий при варке, сохранности формы изделий [36], а также определяли потери белковых веществ [38] и хлорофилла [39]. Органолептические показатели макаронных изделий определяли согласно требованиям ГОСТ 31986 [40]. При разработке оценочных критериев учитывали ГОСТ 31743 [41]. Пищевую ценность макаронных изделий определяли расчетным методом [42].

Результаты и их обсуждение. В таблице 1 приведен состав образца сухой биомассы микроводорослей *Chlorella sorokiniana*, полученного при культивировании в пилотном биореакторе [43].

Сухая биомасса микроводорослей *Chlorella sorokiniana* содержит около 48% белка, что значительно выше, чем в сое – альтернативного источника растительного протеина.

Установлено, что белки *Chlorella sorokiniana* содержат все необходимые для развития живых организмов аминокислоты.

Этот состав позволит обогатить продукты эссенциальными липидами и минорными компонентами питания, а также достичь необходимой цветовой гаммы макаронных изделий без использования синтетических красителей.

На рисунке 1 приведены результаты сенсорной оценки готовых макаронных изделий с заменой части муки в рецептурах на сухую биомассу микроводорослей *Chlorella sorokiniana*.

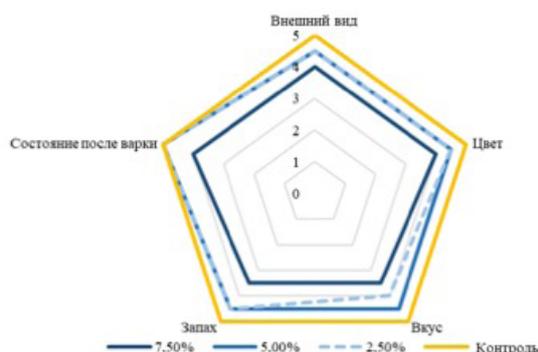


Рисунок 1 – Результаты сенсорной оценки готовых макаронных изделий с заменой муки на сухую биомассу микроводорослей *Chlorella sorokiniana*

Макаронные изделия с добавками биомассы микроводорослей имели оттенок от светло-зеленого до интенсивно-зеленого цвета в зависимости от количества вносимой добавки. Отмечено, что образцы макаронных изделий с добавкой более 5% биомассы имели выраженный рыбный привкус. Таким образом, внесение микроводорослей в количестве более 5 % нецелесообразно. Результаты исследований физико-химических показателей качества макаронных изделий с добавками сухой биомассы микроводорослей *Chlorella sorokiniana* представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические показатели качества макаронных изделий с добавкой биомассы микроводорослей *Chlorella sorokiniana*

Определяемые показатели	Процент замены муки на сухую биомассу микроводорослей			
	0	2,5	5,0	7,5
Влажность изделий, %	8,10±0,40	8,70±0,40	9,70±0,50	10,10±0,50
Кислотность, град.	4,70±0,50	7,10±0,70	7,30±0,70	10,90±0,10
Потери влаги при сушке макаронных изделий, %	8,60±0,20	8,40±0,10	8,20±0,10	8,30±0,30
Потери сухих веществ при варке, %	5,00±0,40	5,20±0,40	5,00±0,50	5,00±0,40
Потери белка при варке, г на 100 г готовых изделий	2,40±0,12	2,60±0,13	3,00±0,15	3,40±0,16
Сохранность формы сваренных изделий, %	100	100	100	98
Коэффициент увеличения объема	1,10	1,01	1,09	1,10
Коэффициент увеличения массы изделий	1,62	1,34	1,43	1,44

Выявлено, что замена муки на сухую биомассу микроводорослей в пределах от 2,5 до 7,5 % практически не влияет на потери влаги при сушке макаронных изделий, а потери сухих веществ при варке опытных образцов макаронных изделий не превышают значений, установленных требованиями ГОСТ 31743.

Потери белка при варке опытных образцов макаронных изделий увеличиваются пропорционально количеству вносимой добавки микроводорослей и варьируются от 2,6 до 3,4 г на 100 г готовых изделий.

Внесение в макаронные изделия добавок биомассы *Chlorella sorokiniana* позволяет обогатить их хлорофиллом, содержание которого увеличивается пропорционально количеству добавки и достигает от 25 до 77 % хлорофилла от рекомендуемой нормы потребления (РНП) хлорофилла в сутки (100 мг/сут)

Установлено, что замена муки на сухую биомассу микроводорослей в пределах исследуемого диапазона не оказывает заметного влияния содержание влаги и соответствует требованиям ГОСТ 31743. Кислотность макаронных изделий повышается пропорционально количеству вносимых добавок микроводорослей, что объясняется высоким содержанием органических кислот в биомассе *Chlorella sorokiniana* и достигает значений, предписываемых ГОСТ 31743 для макаронных изделий с добавкой томатной пасты.

[44].

На рисунке 2 приведено содержание хлорофилла в зависимости от количества добавки биомассы микроводорослей и потери хлорофилла при варке макаронных изделий. Установлено, что суммарные потери хлорофилла при варке макаронных изделий составляют около 10%.

В результате исследований сохраняемости формы макарон при варке оказалось, что внесение добавки биомассы микроводорослей более 5% приводят к повышению развариваемости изделий выше уровня, установленного ГОСТ 31743, что связано со снижением содержания клейковины, формирующей структуру изделий из теста.

Повышение значений коэффициента увеличения объема при одновременном снижении коэффициента увеличения массы макаронных изделий обусловлено особенностями полимерного матрикса пше-

ничной муки и микроводорослей. Наличие клейковины в пшеничной муке способствует процессу набухания и удерживанию воды, что способствует увеличению объема и массы изделий при варке. Отсутствие клейковины в составе микроводорослей и мелкий размер клеток обуславливает снижение вододерживающей способности, что влечет за собой

незначительное снижение коэффициента увеличения массы макаронных изделий.

Таким образом можно сделать вывод, что замена более 5 % муки на сухую биомассу микроводорослей *Chlorella sorokiniana* не целесообразна.

Пищевая ценность макаронных изделий представлена в таблице 3.

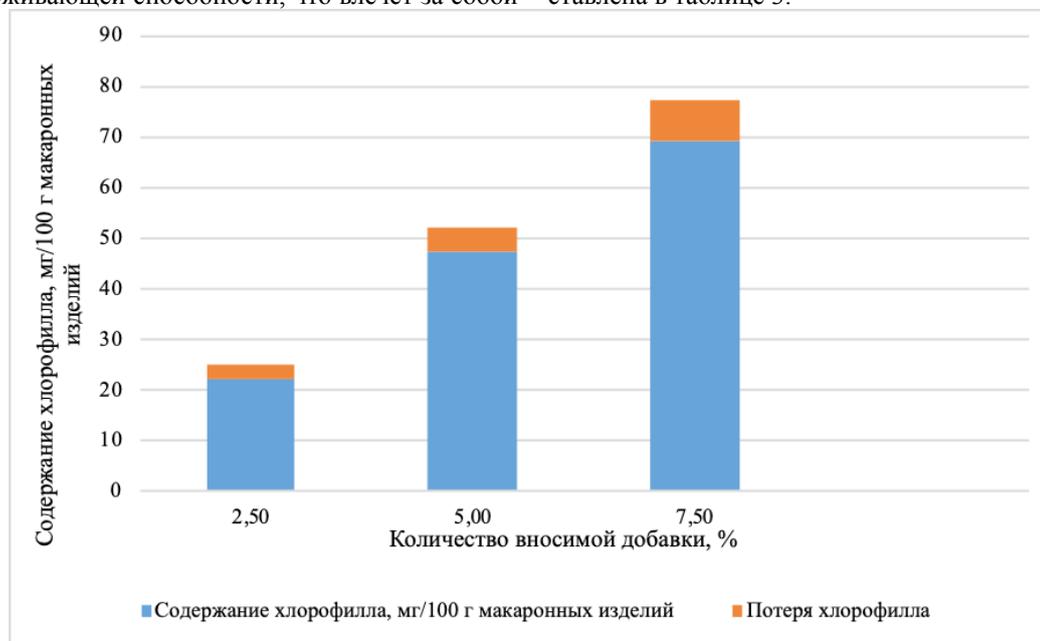


Рисунок 2 – Содержание хлорофилла в готовых макаронных изделиях с учетом его потерь при варке

Таблица 3 – Пищевая ценность макаронных изделий с добавкой сухой биомассы микроводорослей *Chlorella sorokiniana* (5% от массы мучной смеси)

Белки, г/100г	Липиды, г/100г	Углеводы, г/100г	Калорийность, ккал
15,7	4,1	57,6	332,8
Эссенциальные жирные кислоты		Содержание, мг/100 г	от РНП в сут,% [45]
w_3		40,2	16,1
w_6		17,8	6,0
Фитохимические вещества		Содержание, мг/100 г	от РНП в сут,% [44,45]
Хлорофилл		52,1	33,3
Каротиноиды		3,5	23,6
Органические кислоты		7,1	14,2

Выявлено, что внесение добавок сухой биомассы микроводорослей *Chlorella* оказывает существенное влияние на общее содержание белка в макаронных изделиях. Так, содержание белка и липидов в макаронных изделиях при замене 5 % муки на биомассу микроводорослей увеличилось на 18 % (белки) и 10 % (липиды), относительно контрольного образца.

Содержание углеводов в макаронных изделиях снижается пропорционально степени замены муки на биомассу микроводорослей. В составе муки углеводы составляют примерно 68 %, в то время как, в биомассе микроводорослей *Chlorella sorokiniana* – около 7 %. Калорийность макарон составила 332,8 ккал.

Таким образом, внесение в макаронные изделия

добавки сухой биомассы микроводорослей *Chlorella sorokiniana* в количестве 5% от массы мучной смеси не сказывается на повышении калорийности макаронных изделий.

Заключение. Добавки микроводорослей *Chlorella* в макаронные изделия способствует увеличению содержания эссенциальных пищевых нутриентов и биологически активных веществ, в том числе, полиненасыщенных жирных кислот, хлорофилла и каротиноидов, которые необходимы для профилактики алиментарно-зависимых заболеваний.

Включение добавок биомассы зеленых микроводорослей в рецептуры кулинарных изделий позволит создавать натуральные оттенки изделий из теста, что расширит ассортимент продукции без использования синтетических добавок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Agnesi E, The History of Pasta, in Pasta and Noodle Technology, ed. by Krueger JE, Matsuo RB and Dick JW. American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN. – 1996. – pp. 1.
2. Cleary L., & Brennan C. The influence of a (1/3) (1/4)-b-D-glucan rich fraction from barley on the physico-chemical properties and in vitro reducing sugars release of durum wheat pasta. *International Journal of Food Science and Technology*-2006-vol. 41. – pp. 910–918.
3. Tudoric C. M., Kuri V., & Brennan C.S. Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2002. – vol. 50. – pp. 347–356.
4. Bergman Y.K., Gualberto D., & Weber C. Development of high-temperature dried soft wheat pasta supplement with cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). Cooking quality, colour and sensory evaluation. *Cereal Chemistry*. – 1994. – vol. 71. – pp. 523–527.
5. Bjork I., Liljeborg, H., & Ostman, E. Low glycemic index foods. *British Journal of Nutrition*. – 2000. – vol. 83. – pp. 149–155.
6. Jenkins D.J., Wolever T.M., & Jenkins A.L. Starchy foods and glycemic index. *Diabetes Care*. 1988. – vol. 11. – pp. 149–159.
7. Feillet P., Dexter J. E. Quality Requirements of Durum Wheat for Semolina Milling and Pasta Production // In: J. E. Kruger, R. R. Matsuo and J. W. Dick, Eds., Pasta and Noodle Technology, AACCC Inc, St. Paul. 1996. – pp. 95–123.
8. Brennan C.S., Kuri V., & Tudorica C.M. Inulin-enriched pasta: effects on textural properties and starch degradation. *Food Chemistry*. – 2003. – vol. 86. – pp. 189–193.
9. Chillo S., Laverse J., Falcone P. M., Protopapa A., & Del Nobile M. A. Influence of the addition of buckwheat flour and durum wheat bran on spaghetti quality. *Journal of Cereal Science*. – 2008. – vol. 47. – pp. 144–152.
10. Iafelice G., Caboni M.F., Cubadda R., Di Criscio, T., Trivisonno, M.C., & Marconi E. Development of functional spaghetti enriched with long-chain omega-3 fatty acids. *Cereal Chemistry*. – 2008. – vol. 85. – pp. 146–151.
11. Verardo V., Ferioli F., Riciputi Y., Iafelice G., Marconi E., & Caboni M.F. Evaluation of lipid oxidation in spaghetti pasta enriched with long chain n-3 polyunsaturated fatty acids under different storage conditions. *Food Chemistry*. – 2009. – vol. 114. – pp. 472–477.
12. Гладышев М.И. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты и их источники для человека // *Journal of Siberian Federal University. Biology*. – 2012. – No 4. – С. 352–386.
13. Kris-Etherton P.M., Harris W.S.H., & Lawrence J.A. Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: new recommendations from the American Heart Association. *Arteriosclerosis Thrombosis and Vascular Biology*. – 2003. – 23. – pp. 151–152.
14. Liu C. P., & Lin, L. P. Ultrastructural study and lipid formation of *Isochrysis* sp. CCMP1324. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*-2001. – vol. 42. – pp. 207–214.
15. Yongmanitchai W., & Ward O.P. Omega-3 fatty acids: alternative sources of production. *Process Biochemistry*. – 1989. – vol. 24. – pp. 117–125.
16. Becker E.W. Microalgae in human and animal nutrition. In A. Richmond (Ed), *Handbook of microalgal culture*. Oxford: Blackwell. – 2004. – pp. 312–351.
17. Liu J, Hu Q. In: *Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology*. 2. Richmond A, Hu Q, editor. Oxford: Wiley; *Chlorella: industrial production of cell mass and chemicals*-2013. – pp. 329–338.
18. Chacón-Lee TL, González-Mariño GE. Microalgae for “healthy” foods – possibilities and challenges. *Comp Rev Food Sci Food Safety*. – 2010. – vol. 9. – pp. 655–675. doi: 10.1111/j.1541-4337.2010.00132.x.
19. Spoehr HA. *Chlorella as a source of food*. *Proc Am Philos Soc*. – 1951. – vol. 95. – pp. 62–67.
20. Bishop WR, Zubeck HM. Evaluation of microalgae for use as nutraceuticals and nutritional supplements. *J Nutr Food*. – 2012. – 2(5). – pp. 1–6.
21. Becker E.W. *Microalgae Biotechnology and Microbiology*. Cambridge: Cambridge University Press. – 1994.
22. Becker W. In: *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology*. 1. Richmond A, editor. Oxford: Blackwell Publishing; *Microalgae in human and animal nutrition*. – 2004-pp. 312–351.
23. Beheshtipour H, Mortazavian A, Haratian P, Darani K. Effects of *Chlorella vulgaris* and *Arthrospira platensis* addition on viability of probiotic bacteria in yogurt and its biochemical properties. *Eur Food Res Technol*. – 2012. – 235. – pp. 719–728. doi: 10.1007/s00217-012-1798-4.
24. Beheshtipour H., Mortazavian A.M, Mohammadi R., Sohrabvandi S., Khosravi-Darani K. Supplementation of *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* algae into probiotic fermented milks. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. – 2013. – vol. 12. – pp. 144–154. doi: 10.1111/1541-4337.12004.
25. Batista A.P., Raymundo, Sousa I., Empis J., & Franco J.M. Colored food emulsions e implications of pigment addition on the rheological behaviour and microstructure. *Food Biophysics*. – 2006. – vol. 1. – pp. 216–227.
26. Raymundo A., Gouveia L., Batista A.P., Empis J., & Sousa I. Fat mimetic capacity of *Chlorella vulgaris* biomass in oil-in-water food emulsions stabilized by pea protein. *Food Research International*. – 2005. – vol. 38. – pp. 961–965.
27. Batista A.P., Gouveia L., Nunes M.C., Franco J.M., & Raymundo, A. Microalgae biomass as a novel functional ingredient in mixed gel systems. In P. A. Williams, & G. O. Phillips (Eds.), *Gums and stabilisers for the food industry*. Cambridge, UK: RSC Publishing.

- 2008. – pp. 487–494.
28. Gouveia L., Batista A.P., Raymundo A., & Bandarra N.M. Spirulina maxima and Diacronema vliki-anum microalgae in vegetable gelled desserts. Nutrition and Food Science. – 2008. – vol. 38. – pp. 492–501.
29. Fradique M., Batista A.P., Nunes M.C. Gouveia L., Bandarra N.M., & Raymundo, A. Chlorella vulgaris and Spirulina maxima biomass incorporation in pasta products e part I: preparation and evaluation. Journal of the Science and Food and Agriculture. – 2010. – vol. 90. – pp. 1656–1664.
30. Morris HJ, Almarales A, Carrillo O, Bermúdez RC. Utilisation of Chlorella vulgaris cell biomass for the production of enzymatic protein hydrolysates. Bioresour Technol. – 2008. – vol. 99. – pp.7723–7729. doi: 10.1016/j.biortech.2008.01.080.
31. Кондитерская функциональная смесь для печенья: пат. Рос. Федерация / Тарасенко Н.А., Третьякова Н.Р., Баранова З.А. – №2016143866; заявл. 08.11.2016; опубл. 31.07.2017. Бюл. №22. – 8 с.
32. Базарнова Ю.Г., Кузнецова Т.А., Боргоякова А.С. Исследование влияния процесса автофлокуляции клеток микроводоросли chlorella sorokiniana в аквакультуре на получение комплекса пигментов // Известия КГТУ. – 2018. – № 51. – С. 69–80.
33. Базарнова Ю.Г., Политаева Н.А., Кузнецова Т.А., Тоуми А. Выделение ценных компонентов из биомассы микроводорослей Chlorella sorokiniana // Вестник Технологического университета. – 2018. – Т. 21. – № 2. – С. 176–179.
34. Bazarnova Y., Kuznetsova, T., Boysen, H.E. Methods for concentrating the cell suspension of hlorella microalgae for obtaining pigment complex // International Journal of Civil Engineering & Technology (IJCIET). – 2018. – vol. 9 issue 9. – pp. 340–350.
35. Guinea G.V., Rojo F.J., & Elices M. Brittle failure of dry spaghetti. Engineering Failure Analysis – 2004. – vol. 11. – pp. 705714.
36. ГОСТ 31964-2012 Изделия макаронные. Правила приемки и методы определения качества. М.: Стандартинформ, 2014.
37. ГОСТ ISO 750-2013 Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности. М.: Стандартинформ, 2018.
38. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein–dye binding / M.M. Bradford // Anal. Biochem. – 1976. – Vol. 72. – pp. 248–254.
39. Sumanta Nayek Spectrophotometric Analysis of Chlorophylls and Carotenoids from Commonly Grown Fern Species by Using Various Extracting Solvents / Nayek Sumanta // Research Journal of Chemical Sciences. – 2014. – vol. 4(9). – pp. 63–69.
40. ГОСТ 31986-2012 Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания. М.: Стандартинформ, 2014.
41. ГОСТ 31743-2017 Изделия макаронные. Об-щие технические условия. М.: Стандартинформ, 2013.
42. Типсина Н.Н. Расчет пищевой ценности хлебобулочных и кондитерских изделий: методические указания / Н.Н. Типсина, Т.Ф. Варфоломеева; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2016 – 41 с.
43. Bazarnova Yu.G., Kuznetsova T., Trukhina E. Aquabiotechnology of directed cultivation of microalgae Chlorella sorokiniana biomass // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science-2019. – vol. 288(1). – pp.012037.
44. МР 2.3.1.1915-04 Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 28 с.
45. МР 2.3.1.1915-08 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. – М.: Роспотребнадзор, 2009. – 41 с.

Статья поступила в редакцию 19.09.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 640.433

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ РЕСТОРАНОВ «МАКДОНАЛДС», «КФС» И «БУРГЕР КИНГ»

© 2019

Асфондьярова Ирина Владимировна, кандидат технических наук, доцент,
доцент Высшей школы сервиса и торговли

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(193231, Россия, г. Санкт-Петербург, пр. Большевиков, 3, e-mail: ririna25@mail.ru)*

Каткова Нина Михайловна, старший преподаватель

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(197373, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Ильюшина 13, e-mail: lingua-lesnoi@mail.ru)*

Павловская Наталья Антоновна, бакалавр

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(193231, Россия, г. Санкт-Петербург, пр. Большевиков, 9, e-mail: natasha.pavlovskaya.98@mail.ru)*

Аннотация. Конъюнктура рынка общепита, в настоящее время, постепенно адаптируется к современным условиям российской экономики, связанным с сокращением доходов населения, введением санкций, ростом цен на импорт и другими факторами. Самым популярным в мире и постоянно растущим сегментом рынка является формат фаст-фуд. Рестораны данного формата имеют широкую аудиторию за счет лояльной ценовой политики, доступности, рекламы и постоянных новинок. Фаст-фуд отличается повышенным содержанием сахаров, насыщенных жиров и калорий, что негативно сказывается на здоровье как взрослых людей, так и детей, вызывая ожирение, нарушение работы сердца, желудочно-кишечного тракта, почек и печени. На сегодняшний день, проблема качества продукции быстрого приготовления сохраняется. В связи с этим необходимо постоянно улучшать и контролировать качество фаст-фуда. Наиболее распространенные позиции в ассортименте ресторанов быстрого питания: чикенбургеры, гамбургеры, сэндвичи, хот-доги, пицца, картошка фри, а также напитки: сладкая газированная вода, молочные коктейли, кофе и другие. В качестве объектов исследования выбраны бургеры трех ресторанов «МакДоналдс», «КФС» и «Буркинг-Кинг», проведена их оценка качества по органолептическим и физико-химическим показателям, по результатам которой установлено, что отличный уровень качества имел бургер ресторана «КФС», хороший – «Макдоналдс» и удовлетворительный – «Бургер Кинг».

Ключевые слова: фаст-фуд, полуфабрикаты, качество, рестораны быстрого питания, «МакДоналдс», «КФС», «Буркинг Кинг», бургеры, мясо птицы, котлеты, органолептические и физико-химические показатели, перекисное число.

COMPARATIVE EVALUATION OF PRODUCT QUALITY OF RESTAURANTS “MACDONALDS”, “KFS” AND “BURGER KING”

© 2019

Asfondyarova Irina Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate professor,
associate professor of the Higher School of Service and Trade

*St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(193231, Russia, St. Petersburg, Bolshevikov Avenue, 3, e-mail: ririna25@mail.ru)*

Katkova Nina Mikhailovna, senior professor

*St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(197373, Russia, Saint-Petersburg, Ilyushin St., 13, e-mail: lingua-lesnoi@mail.ru)*

Pavlovskaya Natalia Antonovna, bachelor student

*St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(193231, Russia, St. Petersburg, Bolshevikov Avenue, 9, e-mail: natasha.pavlovskaya.98@mail.ru)*

Abstract. The food market environment is currently gradually adapting to the current conditions of the Russian economy, associated with a reduction in population incomes, the imposition of sanctions, rising import prices and other factors. Fast food format is the world's most popular and ever-growing market segment. Restaurants of this format have a wide audience due to loyal pricing, availability, advertising and new products. Fast food has a high content of sugars, saturated fats and calories, which negatively affects the health of both adults and children, causing obesity, impaired functioning of the heart, gastrointestinal tract, kidneys and liver. Today, the problem of the quality of instant products remains. In this regard, it is necessary to constantly improve and control the quality of fast food. The most common positions in the assortment of fast food restaurants are: chicken burgers, hamburgers, sandwiches, hot dogs, pizza, French fries, as well as drinks: carbonated sweet water, milkshakes, coffee and others. The burgers of the three McDonalds, KFS and Burger King restaurants were selected as objects of study, their quality was assessed according to organoleptic and physico-chemical indicators, the results of which showed that the KFS restaurant burger had an excellent level of quality, good - McDonald's and satisfactory - Burger King.

Keywords: fast food, convenience foods, quality, fast food restaurants, «McDonald's», «KFC», «Burger King», burgers, poultry meat, meatballs, organoleptic and physico-chemical indicators, peroxide value.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. Фаст-фуд – самый масштабный сегмент рынка общественного питания как за рубежом, так и в России. Фаст-фуд относится к продуктам, которые быстро готовятся, покупаются в ресторанах с использованием предварительно приготовленных ингредиентов и подаются в упакованном виде [1].

Однако, продукция фаст-фуда отличается высоким содержанием углеводов, жиров, натрия и калорий, превышающих суточную норму в несколько раз [2] и оказывает негативное влияние на организм человека: приводит к нарушению обмена веществ и ожирению [3], росту уровня холестерина в крови. Надо отметить, что ожирение является хроническим, многофакторным заболеванием и характеризуется как нарушение систем регуляции массы тела в результате накопления избыточного жира в организме [4]. Важной проблемой здравоохранения и государственной политики во всем мире является рост показателей детского ожирения, как в Соединенных Штатах, так и в других странах, в том числе в Европе и Азии [5].

Так, для приготовления картофеля фри и различных изделий из мяса в панировке, используется фритюрное масло, которое нагревается до температуры 175-190°C, что способствует образованию канцерогенных веществ – акриламида и акролеина, которые впитываются в продукт и раздражают слизистые оболочки внутренних органов желудка и кишечника. Кроме того, образуются транс-жиры, которые очень токсичны и имеют способность накапливаться в организме, приводя к болезням сердца, гормональным сбоям, раку [6].

Поэтому появляется необходимость в изменении меню, порций, разработке здорового питания и более тщательном контроле качества сырья и готовой продукции. Таким образом, взаимосвязь между возможностями быстрого питания и диетой стала актуальным предметом интереса в исследованиях пищевой среды [7], а контроль качества продукции фаст-фуда — важной задачей для государства.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых рассматривались аспекты этой проблемы и на которых обосновывается автор; выделение неразрешенных раньше частей общей проблемы.

Популярность ресторанов быстрого питания объясняется низкими ценами, доступностью, быстротой обслуживания и пропагандой нездорового пищевого поведения [7]. В дополнение к избытию фаст-фуда, в ресторанах быстрого питания используются большие порции, влияющие на потребление энергии [8].

Сегодня известны во всем мире такие

международные сети как: «Макдоналдс», «Бургер Кинг», «Сабвей», «КФС», имеющие запоминающиеся бренды, надежную репутацию, широкое меню и стабильные цены. Главными представителями рынка фаст-фуда в России являются «Макдоналдс», «Сабвей», «КФС», «Бургер Кинг», «Теремок», «Крошка Картошка» и другие.

Согласно многочисленным исследованиям рестораны быстрого питания посещают преимущественно работающие люди, студенты, а также люди, имеющие детей, что обусловлено нехваткой времени на приготовление пищи дома. Для покупателей большое значение имеет внешний вид продукта, его цена, быстрота обслуживания и возможность использования промокодов. Кроме того, производители фаст-фуда широко используют рекламные объявления с ориентиром на детей [9]. Так, для привлечения максимального количества посетителей, рестораны вводят в меню обеды для детей, в которые помимо еды, входит игрушка. В состав обеды входят бургеры или наггетсы на выбор, картофель фри, напиток (соки, лимонады, вода минимального объема). Также для детей предлагается мороженое с разными наполнителями (клубника, карамель, шоколад).

Некоторые производители фаст-фуда для укрепления своих позиций на рынке и наращивания производственных мощностей, совершенствуют рецептуры, делая их более сложными и оригинальными, разрабатывают новые технологии обработки продуктов, расширяют ассортимент, применяют акции и активную рекламу [10,11]. Например, для привлечения потребителей в ресторанах быстрого питания: «КФС», «Бургер-Кинг», «Теремок» предлагается, как «черная» с использованием активированного угля, так и «разноцветная» продукция с применением ярких красителей в напитках и еде.

Небольшой объем ресторанов быстрого питания, в настоящее время, стал включать в меню диетические и вегетарианские блюда, ориентированные на потребительские предпочтения разной национальной кухни. Например, в «МакДоналдсе» появилось рыбное меню и салаты на основе рыбы, отвечающие российским предпочтениям, а в качестве азиатского блюда – «Креветки в панировке с нежным соусом». Возрастает популярность в изготовлении блюд из органических корнеплодов, с меньшим внесением масла и транс-жиров, сокращается использование искусственных подсластителей, красителей и ароматизаторов [12].

Ресторан «КФС» использует для приготовления своей продукции натуральные полуфабрикаты из цыплят-бройлеров, отличающихся нежной консистенцией и повышенным содержанием белка

с добавлением оригинальных соусов собственной разработки. Кроме того, ресторан контролирует качество сырья и готовой продукции. В процессе изготовления своей продукции масло проверяют на уровень pH и степень его пригодности [13].

Полуфабрикаты (мясные, рыбные), овощи в рестораны быстрого питания приходят в замороженном и охлажденном виде, на качество которых влияет способы охлаждения и замораживания, условия и сроки хранения [14].

Но, продукция фаст-фуда выпускается по техническим условиям, на нее нет единого стандарта, что дает возможность производителям использовать разные ингредиенты, в том числе низкого качества. Часто производители для изготовления продукции быстрого питания используют недорогое сырье и острые, жирные или пряные соусы – майонез, горчицу или кетчуп с разными добавками, которые раздражают пищеварение, могут вызывать изжогу, тошноту [15]. Также в заведениях быстрого питания с целью экономии применяют маргарины, которые являются дешевыми заменителями жиров, где содержатся трансгенные жиры. При повторном использовании растительных масел, в них начинают выделяться опасные для организма канцерогенные вещества [16].

Основываясь на литературных источниках, есть некоторые решения проблемы зависимости от фаст-фуда, как путем сокращения доступа к этим вредным продуктам питания, так и расширения доступа к здоровой пище. В качестве решения данной проблемы предложено запретить телевизионную рекламу, увеличить акцизные налоги на подслащенные напитки и ограничить открытие, реконструкцию автономных предприятий быстрого питания. Для семей сделать легкий доступ к здоровым и доступным продуктам питания с помощью фермерских рынков и садов, тем самым сократить закупки нездоровой пищи.

Формирование целей статьи. Полуфабрикаты для бургеров, поступающие от производителя приготавливаются двумя способами в зависимости от вида мяса. Полуфабрикаты из говядины готовятся на грилях без использования масла.

Полуфабрикаты из мяса птицы жарятся во фритюре, что является наиболее вредным способом приготовления. Поэтому цель исследования – экспертиза качества бургеров из мяса птицы трех популярных ресторанов быстрого питания России по органолептическим и физико-химическим показателям.

Материалы исследования. Рестораны «Макдоналдс», «КФС» и «Бургер Кинг» пользуются наибольшим спросом у потребителей [17, 18].

Объектами исследования стали бургеры с котлетой из мяса птицы: образец 1 – «Чикенбургер», ресторан «Бургер Кинг», образец 2 – «Чизбургер» ресторан «КФС», образец 3 – «Чикенбургер», ресторан «Макдоналдс».

Из органолептических показателей качества

определяли: внешний вид, вид и цвет изделия на разрезе, консистенцию, форму и размер, запах и вкус [19].

При оценке внешнего вида бургера осматривали поверхность изделий, устанавливая равномерность, наличие повреждений, плесени, качество краев изделий.

Консистенцию бургера оценивали легким надавливанием пальцами на поверхность, устанавливая при этом плотность, нежность, жесткость, крошливость.

Цвет и вид на разрезе котлеты определяли, обращая внимание на равномерность перемешивания фарша, наличие хрящей, сухожилий, хрящей, раздробленных костей, кусочков жира.

Запах оценивали сразу после вскрытия упаковки. Вкус и сочность, определяли пробуя ломтики изделий при комнатной температуре, отмечая наличие или отсутствие постороннего привкуса, степень выраженности аромата специй и овощей.

Органолептическую оценку бургеров проводили по 5-балльной шкале, согласно которой уровни качества распределялись следующим образом: 25-21 – отличный, 20-16 – хороший, 15-11 – удовлетворительный и ниже 10 – неудовлетворительный.

Образец 1 – «Чикенбургер» отличался равномерной чистой поверхностью, с незначительной деформацией краев. Котлета имела маслянистую, некрошливую консистенцию. На разрезе фарш был серого цвета, без пятен и пустот. Бургер отличался сильно выраженным вкусом и запахом специй, репчатого лука. Кроме того, в бургере был отмечен привкус излишнего количества масла с горчинкой.

Образец 2 – «Чизбургер» имел правильную форму и размер, чистую поверхность, с незначительными трещинами на булочке. Консистенция котлеты крошливая и сухая.

Фарш котлеты был на разрезе равномерно перемешанный, без сухожилий, хрящей, раздробленных костей, кусочков жира и хлеба. Вкус и запах бургера, выраженные, приятные, с ароматом специй и добавленный овощей.

Образец 3 – «Чикенбургер» имел равномерную, чистую поверхность булочки без ломаных краев и видимых повреждений, размер меньше, чем у других образцов. На разрезе котлеты отмечен равномерно перемешанный фарш с серыми включениями. Вкус и запах бургера слабо выраженные.

Результаты органолептического анализа качества бургеров представлены на рисунке 1.

Отличный уровень качества имел образец бургера 2 – 21,6 балла, хороший – образец 3 (19,8 балла) и удовлетворительный – образец 1 (14,8 балла).

Из физико-химических показателей в бургерах определяли массу изделия, кислотность, массовую долю влаги булочки и котлеты, массовую долю хлористого натрия и перекисное число в котлете по стандартным методикам (таблица 1).

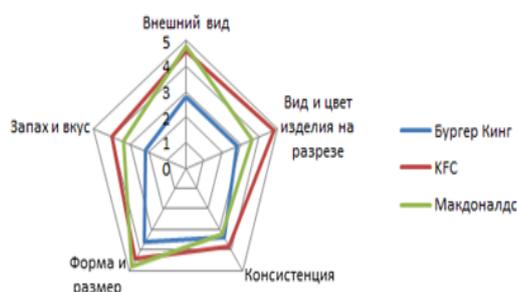


Рисунок 1 – Органолептическая оценка качества исследуемых образцов бургеров

Таблица 1 – Результаты исследования бургеров по физико-химическим показателям

Показатели качества	Бургеры		
	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Масса изделия, г	136,34±0,04	176,46±0,06	131,31±0,05
Массовая доля влаги котлеты, %	52,99±0,16	59,26±0,24	59,38±0,21
Массовая доля влаги булочки, %	30,81±0,27	34,29±0,32	33,67±0,29
Массовая доля хлористого натрия в котлете, %	0,41±0,04	0,29±0,02	0,45±0,05
Кислотность, ° Т	14,0±0,02	2,0±0,03	4,0±0,08
Перекисное число в котлете, %	18,0±0,06	2,0±0,04	3,0±0,07

Из таблицы следует, что масса исследуемых бургеров была выше 100г, по содержанию поваренной соли все образцы имели значения не выше 0,45%. Максимальная кислотность была установлена в образце 1, ресторана «Бургер Кинг». Котлеты по влажности имели значения, которые не превышали 60 %, а по влажности булочки бургеры были не более 35 %.

Но, надо отметить, что рестораны быстрого питания посещают как взрослые, так и дети. Согласно стандарту на бургеры, предназначенные для детей содержание соли не должно превышать 0,9% [19]. Кислотность должна быть не более 4° Т. Однако, бургер производства «Бургер Кинг» по кислотности превышал стандартные нормы, рекомендуемые для детского питания.

Известно, что в процессе тепловой обработки липиды претерпевают существенные изменения. Более глубокие изменения происходят при окислении. Развитие окислительных процессов приводит к появлению в жирах и жиросодержащих продуктах соединений перекисного характера, альдегидов, кетонов, низкомолекулярных кислот, оксикислот. В результате этого жиры теряют пищевую ценность, становятся токсичными. Для оценки процесса окисления жиров произведено определение перекисного числа куриных котлет, величина которых связана с количеством жира в продукте.

Согласно проведенным исследованиям, величина перекисного числа котлет не превышала норматив – 10,0 ммоль активного кислорода/кг [20], за исключением котлет, изготовленных рестораном «Бургер Кинг», в которых установлено превышение

на 8%.

Выводы. По итогам проведенных исследований, можно отметить следующее. Рестораны быстрого питания широко распространены на рынке с постоянной финансовой поддержкой. Политика сокращения доступа к фаст-фуду необходима, но не достаточна.

Кроме того, в настоящее время, потребитель ориентирован на модную, полезную, вкусную и недорогую пищу и внимательно следит за новыми трендами. Поэтому сегодня очень популярно легкое меню, с упором на здоровое питание. Также посетители хотят видеть в меню, кроме бизнес-ланчей, комбинированные предложения в виде комбо-ужинов по приемлемой цене.

Но качество продукции, представленное в ресторанах быстрого питания разное, что подтверждают результаты нашего исследования. По итогам проведенной оценки качества бургеров по органолептическим и физико-химическим показателям установили, что отличный уровень качества имел бургер ресторана «KFC», хороший – «Макдоналдс» и удовлетворительный – «Бургер Кинг». Баллы были снижены по консистенции, вкусу и запаху. Бургер ресторана «Бургер Кинг» отличался повышенным содержанием масла с горчинкой, что было отмечено при органолептической оценке. Кроме того, в этом образце обнаружили превышение перекисного числа на 8%, что свидетельствует о том, что продукция получена на масле после многократной тепловой обработки.

Во многих ресторанах не выделен отдельный ассортиментный ряд для детей, а требования к качеству продукции для детей более высокие

по сравнению с требованиями к питанию для взрослых. Также в ресторанах быстрого питания мало представлен или практически отсутствует ассортимент здорового питания, что можно учесть в развитии ассортиментной политики во всех рассматриваемых предприятиях быстрого питания, ниша которой остается сегодня незаполненной. Каждая единица продукции фаст-фуда в сети общественного питания не имеет маркировку. Информацию о составе и пищевой ценности продукции быстрого приготовления можно получить только на сайте ресторана. Таким образом, потребитель не имеет информации о пищевой ценности, составе и пищевых добавках, содержащихся в продукции фаст-фуд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Mohammad Alsabieh, Mohammad Alqahtani, Abdulaziz Altamimi, Abdullah Albasha, Alwaleed Alsulaiman a, Abdullah Alkhamshi, Syed Shahid Habib, Shahid Bashir Fast food consumption and its associations with heart rate, blood pressure, cognitive function and quality of life. Pilot study 2019 Heliyon 5 pp 1–6.
2. Jenna van Draanen, Michael Prelip, Dawn M. Upchurch Consumption of fast food, sugar-sweetened beverages, artificially-sweetened beverages and allostatic load among young adults 2018 Preventive Medicine Reports 10 pp 212–217.
3. Чем конкретно вреден фаст-фуд для здоровья детей и взрослых – документальные сведения // specialfood.ru: Чем вреден фаст-фуд – вся правда в одной статье. URL: [https://specialfood.ru/sf-sovety/chem-konkretno-vreden-fastfud-dlya-zdorovya-detej-i-vzroslyx-dokumentalnye-svedeniya/] (дата обращения: 17.04.2019).
4. Amal Bakr Shori, Mai Albaik, Fardos M. Bokhari Fast food consumption and increased body mass index as risk factors for weight gain and obesity in Saudi Arabia 2017 Obesity Medicine 8 pp 1–5.
5. Jebaraj Asirvatham, Michael R. Thomsen, Rodolfo M. Nayga Jr., Anthony Goudie Do fast food restaurants surrounding schools affect childhood obesity? 2019 Economics and Human Biology 33. pp 124–133.
6. Павловская Н.А, Асфондьярова И.В. Актуальные вопросы качества и безопасности фаст-фуда в ресторанах общественного питания // Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли. СПбПУ, 2019. С. 590–594.
7. Timothy L. Barnes, Natalie Colabianchi, Darcy A. Freedman, Bethany A. Bell, Angela D. Do GIS-derived measures of fast food retailers convey perceived fast food opportunities? Implications for food environment assessment 2017 Annals of Epidemiology 27 pp 27–34.
8. Jayne A. Fulkerson, Fast food in the diet: Implications and solutions for families 2018 Physiology & Behavior 193 pp 252–256.
9. Jennifer A. Emond, Meghan R. Longacre, Keith M. Drake, Linda J. Titus, Kristy Hendricks, Todd MacKenzie, Jennifer L. Harris, Jennifer E. Carroll, Lauren P. Cleveland, Kelly Gaynor, Madeline A. Dalton Influence of child-targeted fast food TV advertising exposure on fast food intake: A longitudinal study of preschool-age children 2019 Appetite 140 pp 134–141.
10. Павловская Н.А., Асфондьярова И.В. Анализ ассортимента полуфабрикатов сети общественного питания в современных экономических условиях // Инновационные вопросы товароведения, безопасности товаров и экономики: Сборник научных статей по итогам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (22–23 марта 2019 г.) ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет», 2019. С. 157–162.
11. Асфондьярова И.В. Обзор рынка и анализ качества мясных полуфабрикатов // Международный научный журнал, №1, 2018. – С.30–38
12. Американский фастфуд превращается в органику URL: <https://www.pravda.ru/news/world/1265383-eat/> (дата обращения: 27.10.2019)
13. Как устроена кухня фастфуда. Ресторан KFC // Живой журнал, 2013. URL: <https://kak-eto-sdelano.livejournal.com/116594.html> (дата обращения: 25.10.2019)
14. Формула современного фаст-фуда // Ресторановед № 8, 2008. URL: http://restoranoved.ru/magazines/magazine_9_2008/article_615/ (дата обращения: 30.10.2019)
15. Чем опасен фаст-фуд? // Официальный сайт правительства Санкт-Петербурга URL: https://www.gov.spb.ru/gov/terr/reg_primorsk/news/67411/ (дата обращения: 01.11.2019)
16. Цыганова А.В, Сульдина Т.И. Фаст-фуды – вредная еда // Старт в науке. №4, 2016. С. 37–38.
17. Ахмадеева О.А., Идрисова А.И. Тенденции развития рынка общественного питания в России // Молодой ученый №8, 2016. С. 483–486.
18. Здесь кризис // Новости, анализ, прогнозы, в сфере экономики и бизнеса, общества и политики. URL: <http://expert.ru/siberia/2016/36/zaest-krizis/> (дата обращения: 01.05.2019).
19. ГОСТ 33338-2015 Полуфабрикаты рубленые высокой степени готовности из мяса птицы для детского питания: Межгосударственный стандарт введен в действие 2017-01-01. – М. Стандартинформ, 2016. – 14 с.
20. Махачева Е.В., Влощинский П.Е. Физико-химические изменения в многокомпонентных мясных рубленых изделиях // Весник КрасГАУ № 7, 2013. С. 259–64.

Статья поступила в редакцию 23.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 637.146.34

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЙОГУРТОВ С ДОБАВКАМИ
СУХОГО ЭКСТРАКТА ФЕНХЕЛЯ**

© 2019

Яковченко Наталья Владимировна, кандидат технических наук,
старший преподаватель факультета пищевых биотехнологий и инженерии

Национальный исследовательский университет ИТМО

(191002, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, e-mail: nviakovchenko@itmo.ru)

Дубровский Игнатий Игоревич, магистрант, факультет **пищевых биотехнологий и инженерии**,

Национальный исследовательский университет ИТМО

(191002, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, e-mail: ign-777@yandex.ru)

Арсеньева Тамара Павловна, доктор технических наук,
профессор факультета пищевых биотехнологий и инженерии

Национальный исследовательский университет ИТМО

(191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, e-mail: tamara-arseneva@mail.ru)

Горшкова Светлана Борисовна, кандидат технических наук, доцент,
преподаватель факультета пищевых биотехнологий и инженерии

Национальный исследовательский университет ИТМО

(191002, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, e-mail: karat80@list.ru)

Аннотация. Растительные экстракты широко используются в молочных продуктах в качестве источника антиоксидантов. Семена фенхеля содержат полифенолы и флавоноиды и используются как в медицинских целях, так и в качестве вкусового компонента пищевых продуктов. Цель работы: получение сухого экстракта семян фенхеля и разработка рецептуры и технологии йогурта с добавками полученного экстракта. Исследовано влияние температуры на входе на способность к смачиванию, растворимость, массовую долю влаги высушенного распылением водного экстракта семян фенхеля. Изучено влияние добавок полученного сухого экстракта фенхеля на процесс кислотонакопления, влагоудерживающую способность сгустков и реологические характеристики йогуртов и их антиоксидантные свойства. Установлена концентрация вносимой добавки сухого экстракта фенхеля и ее влияние на сроки годности йогуртов.

Ключевые слова: фенхель, отвар, антиоксидантная активность, сушка распылением

DEVELOPMENT OF YOGURT PRODUCTION WITH ADDITIVES OF DRY FENNEL EXTRACT

© 2019

Iakovchenko Natalia Vladimirovna, candidate of technical science,
Senior Lecturer of faculty of food biotechnologies and engineering

National Research University ITMO

(191002, Russia, Saint-Petersburg, Lomonosova St., 9, e-mail: nviakovchenko@itmo.ru)

Dubrovskii Ignatii Igorevich, master's student, faculty of food biotechnologies and engineering

National Research University ITMO

(191002, Russia, Saint-Petersburg, Lomonosova St., 9, e-mail: ign-777@yandex.ru)

Arseneva Tamara Pavlovna, doctor of technical sciences, professor of faculty of food biotechnologies and engineering, "National Research University ITMO" (ITMO University)

(191002, Russia, Saint-Petersburg, Lomonosova St., 9, e-mail: tamara-arseneva@mail.ru)

Gorshkova Svetlana Borisovna, candidate of technical science,
associate professor. faculty of food biotechnologies and engineering

National Research University ITMO

(191002, Russia, Saint-Petersburg, Lomonosova St., 9, e-mail: karat80@list.ru)

Abstract. Spray drying is the most common drying technology in food industry and can be used as an alternative to freeze drying for the production of extracts in powder form. Fennel seeds are used to treat diabetes, bronchitis and chronic cough. They possess antibacterial, antifungal, antithrombotic, anti-inflammatory, hepatoprotective and antidiabetic activities. The aim of this study was to obtain fennel extract in dry form and investigate the influence of dry fennel extract incorporation on the possibility of yogurt production. The effect of inlet temperatures on wettability, solubility, moisture content of spray-dried fennel seed extract obtained by decoction technique was investigated. Lactic acid accumulation during fermentation occurs faster in the sample with fennel powder. Based on the results of rheological, organoleptic, physico-chemical properties and shelf life of the finished product, the recommended doses of dried fennel powder for yogurt have been proposed.

Keywords: fennel, decoction, antioxidant activity, spray drying.

Введение. В настоящее время продукты, способствующие хорошему самочувствию и снижающие риск возникновения алиментарно зависимых заболеваний, вызывают повышенный интерес у потребителей, причем более привлекательными являются продукты, содержащие природные антиоксиданты.

Лекарственные растения, богатые природными антиоксидантами фенольной природы, все чаще используются в производстве молочных продуктов для улучшения их питательных и терапевтических свойств. Кисломолочные продукты входят в их число и обладают рядом полезных качеств, и ученые не перестают находить новые свойства, которые положительно влияют на организм человека.

Многочисленными исследованиями доказаны неоспоримые преимущества йогурта. Потребление йогурта снижает риск заболеваний, вызывающих увеличение систолического и диастолического артериального давления, снижает концентрацию определенных кариогенных бактерий в полости рта (главным образом стрептококков и лактобацилл), а также повышает концентрацию кальция и фосфора [1,2]. Исследования, проведенные авторами [3] показали, что употребление йогурта уменьшает чувство голода и снижает потребление калорий при следующем приеме пищи на 11%. Результаты тестирования с участием 254 892 человек показали, что потребление 200 г йогурта в день снижает риск развития диабета на 22% [4]. Употребление йогурта рекомендовано также лицам, страдающим непереносимостью лактозы, что снижает риск дефицита кальция и витамина D в рационе [5]. Стоит отметить также, что употребление таких молочных продуктов как йогурт помогает улучшить общее качество рационов питания.

Технология распылительной сушки широко используется в пищевой и фармацевтической промышленности. Процесс распылительной сушки является непрерывным, что обеспечивает постоянную температуру сушки и скорость потока продукта. Это позволяет получать свободно сыпучие продукты точными характеристиками (размер частиц, морфология, физическая и химическая стабильность) и является относительно экономически выгодным процессом. Распылительная сушка может использоваться в качестве альтернативы сублимационной сушке для получения сухих экстрактов.

По прежнему возрастает интерес к пряно-ароматическим и лекарственным растениям, благодаря их антиоксидантным свойствам и содержанию физиологически активных веществ, в том числе, токоферолов, флавоноидов и терпеноидов. Растительные экстракты широко используются в молочных продуктах в качестве источника антиоксидантов [6,7,8,9].

Фенхель (*Foeniculum vulgare*) является растением, принадлежащим к семейству сложноцветных

(*Apiaceae*), и благодаря своим съедобным и очень ароматным листьям и семенам имеет долгую историю использования человеком. Семена фенхеля содержат полифенолы и флавоноиды и используются как в медицинских целях, так и в качестве вкусового компонента пищевых продуктов. Фенхель применяют для лечения диабета, бронхита, хронического кашля и камней в почках [10]. Результаты, полученные авторами [11], указывают, что семена фенхеля являются потенциальным источником природных антиоксидантов. В исследованиях на животных было доказано, что экстракты семян фенхеля можно использовать для лечения глаукомы и гипертонии. Так же он способствует улучшению лактации матери, кормящей грудью [12]. Фенольные соединения фенхеля способствуют профилактике и, сердечнососудистых заболеваний. Компоненты фенхеля оказывают антибактериальное, противогрибковое, антитромботическое, противовоспалительное, гепатопротекторное действия [13,14].

В связи с этим, целью исследований является получение сухого экстракта семян фенхеля и разработку рецептуры и технологии йогурта с добавками полученного экстракта.

Материалы и методы исследования. Для получения экстракта фенхеля измельченные семена фенхеля (328 ± 8 мкм) в количестве 120 г заливали 1 л горячей кипяченной воды. Смесь выдерживали на водяной бане в течение 4 мин., затем выдерживали в течение 15 мин. и фильтровали, используя лавсановую ткань. Полученные настои концентрировали в ротационном испарителе (BUCHI, В-491) до общего содержания сухих веществ 14% и хранили при 4°C до распылительной сушки.

Полученный концентрат высушивали на лабораторной распылительной сушилке Eyela SD-1000 (Tokyo Rikakikai Co. Ltd, Япония), используя две насадки диаметром 0,4 мм. Концентрат подавали в основную камеру с помощью перистальтического насоса. Температуру на входе варьировали от 120°C до 165°C с шагом 15°C. Давление при распылении составляло 90 кПа, а скорость потока воздуха варьировали от 0,45 до 0,50 м³/мин. Температуру на выходе поддерживали постоянной и контролировали скоростью потока подаваемого продукта.

Способность полученного сухого экстракта к смачиванию определяли в соответствии с Pabari & Ramtoola (2012) с некоторыми изменениями [15]. Диск фильтровальной бумаги, сложенный один раз диаметрально, помещали в чашку Петри диаметром 8,5 см. Далее на фильтр добавляли 8 мл дистиллированной воды и измеряли время полного смачивания образца.

Растворимость сухого экстракта фенхеля определяли методом Eastman & Moore (1984) [16]. Образец порошка (1 г) тщательно смешивали со 100 мл дистиллированной воды. Этот раствор переносили в экспериментальные пробирки,

центрифугировали при 3000 об/мин в течение 5 минут и настаивали в течение 30 мин. Надосадочную жидкость в количестве 25 мл переносили в предварительно взвешенную фарфоровую чашку и высушивали при 105 °С до постоянной массы. Растворимость (%) рассчитывали по разнице в весе до и после высушивания.

Для производства йогурта сухое обезжиренное молоко восстанавливали дистиллированной водой до содержания сухих веществ 11%. Экстракт фенхеля вносили в количестве 1% и 2% от массы молока и пастеризовали при 85–87°С в течение 10

минут.

В качестве контрольного образца был выработан образец без добавления фенхеля. В качестве заквасочных культур были использованы *Lactobacillus subsp. Bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus* в количестве 5% от массы смеси.

При оценке изменения органолептических показателей опытных образцов йогурта в зависимости от дозы вносимого порошка фенхеля, были выбраны дескрипторы и оценены по 5-балльной шкале. Характеристика выбранных дескрипторов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Описание органолептических характеристик, использованных для оценки образцов йогурта

Органолептический показатель	Дескриптор	Шкала оценки	
		0	5
Внешний вид	цвет	коричневый	белый
	распределения наполнителя по объему	неравномерно	равномерно
	отделение сыворотки	не происходит	интенсивное
Вкус и запах	горечь	не определяется	выраженная
	кисломолочный вкус и запах	не выраженный	ярко-выраженный
	привкус пастеризации	не определяется	выраженный
Консистенция	гомогенность	неоднородная	однородная

Антиоксидантную активность йогуртов определяли с использованием реагента DPPH 1, 1-дифенил-2-пикрилгидразила. На первом этапе получали водный экстракт йогурта в соответствии с методикой Shori & Baba [20]. Опытные и контрольные образцы йогурта в количестве 10 г смешивали с 2,5 мл дистиллированной воды и подкисляли 0,1 НСl до рН 4,0. Подкисленные йогурты выдерживали в течение 10 мин на водяной бане при температуре 45°С с последующим центрифугированием (5000 об / мин, 10 минут, лабораторная центрифуга Sigma). Значение рН полученного супернатанта доводили до 7,0 добавлением 0,1 Н NaOH и центрифугировали (5000 об / мин, 10 мин, лабораторная центрифуга Sigma). Для определения антиоксидантной активности образцы смешивали с 3,0 мл 0,1 мМ раствора DPPH (39,4 мг DPPH в 1 л метанола) и выдерживали в течение 2 часов при комнатной температуре в темном месте.

Таблица 2 – Влияние входящей температуры воздуха на показатели сухого экстракта фенхеля

Входящая температура, °С	Температура на выходе, °С	Способность к смачиванию, с	Растворимость, %	Массовая доля влаги, %
120	79–82	430 ± 7	93.94 ± 0.98	3.34 ± 0.06
135	79–82	349 ± 9	94.23 ± 0.96	3.69 ± 0.05
150	79–82	280 ± 8	96.12 ± 1.01	4.14 ± 0.05
165	79–82	117 ± 9	98.56 ± 0.99	4.33 ± 0.06

Содержание влаги (таблица 2) в сухих экстрактах фенхеля увеличивается с повышением температуры на входе. По-видимому, повышение температуры воздуха на входе приводит к быстрому формированию высохшего слоя на поверхности капли и образованию непроницаемой пленки на поверхности частиц, с последующим

Абсорбцию определяли с использованием спектрофотометра Shimadzu UV-1800 при длине волны 515 нм. Контролем служила смесь метанола и реагента DPPH.

Антиоксидантную активность (АА) рассчитывали по формуле:

Результаты и их обсуждение. В таблице 2

$$AA, \% = 1 - \left(\frac{\text{Абсорбция исследуемых образцов}}{\text{Абсорбция контрольного образца}} \right) \times 100$$

представлены результаты влияния температуры на входе на показатели качества сухого экстракта фенхеля.

В результате анализа данных, представленных в таблице 1, был сделан вывод о том, что наиболее подходящим для дальнейшего использования и исследования является сухой экстракт фенхеля, полученный при температуре сушки 165 °С.

образованием корки на поверхности. Содержание влаги в порошках находится в диапазоне от 3,34 до 4,33%, что свидетельствует о микробиологической безопасности сухого экстракта. Повышение температуры на входе уменьшает время смачивания, снижая вероятность комкования порошка при контакте с водой. Полученные данные

также показывают, что растворимость порошков повышается с увеличением входящей температуры. В результате анализа данных, представленных в таблице 2, был сделан вывод о том, что наиболее подходящим для дальнейшего использования

и исследования является порошок фенхеля, полученный при входящей температуре сушки 165 °С. Результаты органолептической оценки йогуртов с добавками экстракта фенхеля представлены на рисунке 1.

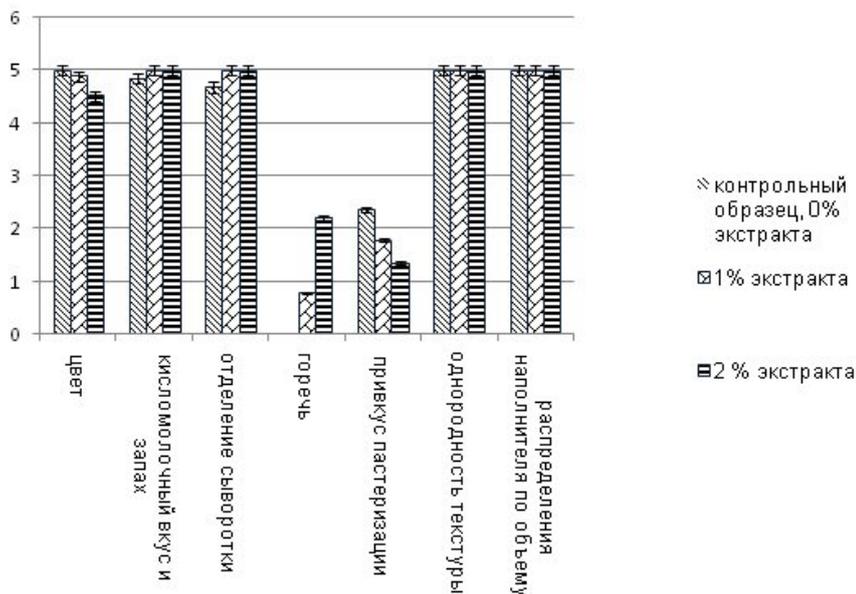


Рисунок 1 – Органолептическая оценка образцов йогурта

На основании анализа полученных результатов установлено, что предпочтительно использование добавки экстракта фенхеля в количестве 1% от массы молока. Дальнейшее повышение количества вносимой добавки приводит к ощутимому появлению горечи и изменению цвета готового продукта.

Включение порошка фенхеля в молоко до сквашивания влияет на титруемую кислотность и рН (таблица 3). Полученные данные показали, что увеличение содержания вносимого экстракта интенсифицирует процесс кислотонакопления в образцах и ведет к более интенсивному накоплению молочной кислоты.

Активная кислотность йогурта после 6-часовой

ферментации находилась в диапазоне от 4,82 до 4,61. Титруемая кислотность и, содержание молочной кислоты варьировалось от 80 до 104 °Т и от 0,720 до 0,936 ед. рН, соответственно.

Исходя из результатов предварительной органолептической оценки, динамики титруемой кислотности и рН, прогнозируемый срок годности контрольного и опытного образцов йогуртов составил 10 и 15 сут, соответственно.

Результаты исследований йогуртов при холодильном хранении представлены в таблице 4.

На основании полученных результатов, можно сделать вывод, что показатели качества йогуртов в течение всего периода хранения образцов отвечают требованиям, установленным нормативами.

Таблица 3 – Влияние концентрации вносимого экстракта фенхеля на динамику кислотонакопления

Продолжительность сквашивания, ч	Контрольный образец			Образец с 1% экстракта фенхеля			Образец с 2% экстракта фенхеля		
	°Т	% молочной кислоты	рН	°Т	% молочной кислоты	рН	°Т	% молочной кислоты	рН
0 (до сквашивания)	23 ± 2	0,207 ± 0,01	6,25 ± 0,02	21 ± 1	0,189 ± 0,01	6,27 ± 0,05	22 ± 1	0,198 ± 0,01	6,29 ± 0,04
1	24 ± 2	0,216 ± 0,01	6,15 ± 0,04	23 ± 1	0,207 ± 0,01	6,13 ± 0,04	26 ± 2	0,234 ± 0,01	6,09 ± 0,03
2	33 ± 3	0,297 ± 0,01	5,96 ± 0,02	37 ± 1	0,333 ± 0,01	5,83 ± 0,06	39 ± 2	0,351 ± 0,01	5,76 ± 0,06
3	48 ± 2	0,432 ± 0,01	5,61 ± 0,04	54 ± 2	0,486 ± 0,01	5,46 ± 0,05	56 ± 3	0,504 ± 0,01	5,37 ± 0,06
4	62 ± 2	0,558 ± 0,01	5,35 ± 0,05	69 ± 2	0,621 ± 0,01	5,15 ± 0,04	76 ± 3	0,684 ± 0,01	4,82 ± 0,03
5	69 ± 2	0,621 ± 0,01	5,05 ± 0,04	78 ± 1	0,702 ± 0,01	4,95 ± 0,04	94 ± 2	0,846 ± 0,01	4,72 ± 0,04
6	80 ± 1	0,720 ± 0,01	4,82 ± 0,04	94 ± 2	0,846 ± 0,01	4,72 ± 0,05	104 ± 3	0,936±0,01	4,61±0,04

Таблица 4 – Показатели качества контрольного и опытного образцов йогурта

Показатели	Продолжительность хранения, дни									
	Контрольный образец				Образец с содержанием сухого экстракта фенхеля 2%					
	0	5	10	13	0	5	10	15	20	
Титруемая кислотность, °Т	80±1	92±1	103±2	116±2	104±2	112±3	124±2	134±2	144±2	
Антиоксидантная активность, %	32,8±1,1	30,5±1,2	27,9±0,9	25,6±1,0	51,4±2,1	48,3±1,6	45,6±1,4	43,2±1,7	41,4±1,2	
Количество молочнокислых бактерий, КОЕ·мл ⁻¹	4,2 x10 ⁹	4,9x10 ⁹	6,2x10 ⁸	1,1x10 ⁷	4,9x10 ⁹	5,3x10 ⁹	6,8x10 ⁸	4,1x10 ⁷	1,2x10 ⁷	
Дрожжи, КОЕ·мл ⁻¹	<10	<10	16	28	<10	<10	<10	16	26	
Плесени, КОЕ·мл ⁻¹	<10	<10	<10	31	<10	<10	<10	15	30	

Выводы и предложения. На основании проведенных исследований установлено, что температура сушки на входе оказывает существенное влияние на физико-химические свойства полученного сухого экстракта. Повышение температуры на входе способствует повышению влаги, растворимости сухого экстракта фенхеля и уменьшения продолжительности смачивания порошка.

Основываясь на результатах исследований можно сделать вывод, что включение сухого экстракта фенхеля в количестве 1% от массы обезжиренного молока в состав йогурта позволяет создать продукт с уникальными органолептическими характеристиками.

Внесение экстракта фенхеля ускоряет процесс кислотонакопления и увеличивает влагоудерживающую способность полученных сгустков. На основании проведенных исследований установлен рекомендуемый срок хранения йогурта с добавками экстракта фенхеля при температуре (4±2) °С, который составил 15 сут.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Dong, J.Y., Szeto, I.M., Makinen, K., Gao, Q., Wang, J., Qin, L.Q., Zhao, Y. 2013. Effect of probiotic fermented milk on blood pressure: a meta-analysis of randomised controlled trials. *British Journal of Nutrition* 110 (7), 1188–1194.
- Ravishankar, T.L., Yadav, V., Tangade, P.S., Tirth, A., Chaitra, T.R. 2012. Effect of consuming different dairy products on calcium, phosphorus and pH levels of human dental plaque: a comparative study. *Eur Arch Paediatr Dent*. 13(3), 144–148
- Douglas, A., Minihane, A. M., Givens, D. I., Reynolds, C. K., Yaquob, P. 2012. Differential effects of dairy snacks on appetite, but not overall energy intake. *British Journal of Nutrition* 108(12), 2274–2285.
- Aune, D., Norat, T., Romundstad, P., Vatten, L.J. 2013. Dairy products and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. *Am J Clin Nutr*. 98(4), 1066–1083.
- Burgain, J., Gaiani, C., Jeandel, C., Cailliez-Grimal, C., Revol, A.M., Scher, J. 2012. Maldigestion of

lactose: clinical forms and therapeutic solutions. *Diet and Nutrition Notebooks* 47, 201–209 (in French).

- Shori, A.B., Baba, A.S., 2011a. Antioxidant activity and inhibition of key enzymes linked to type-2 diabetes and hypertension by *Azadirachta indica*-yogurt. *J. Saudi Chem. Soc.* 17, 295–301.

- Shori, A.B., Baba, A.S., 2011b. Comparative antioxidant activity, proteolysis and in vitro α -amylase and α -glucosidase inhibition of *Allium sativum*-yogurts made from cow and camel milk. *J. Saudi Chem. Soc.* 18, 456–463.

- O'Sullivan, A.M., O'Callaghan, Y.C., O'Grady, M.N., Waldron, D.S., Smyth, T.J., O'Brien, N.M., Kerry, J.P., 2014. An examination of the potential of seaweed extracts as functional ingredients in milk. *Int. J. Dairy Technol.* 67, 182–193.

- El-Said, M.M., Haggag, H.F., El-Din, H.M., Gad, A.S., Farahat, A. M., 2014. Antioxidant activities and physical properties of stirred yoghurt fortified with pomegranate peel extracts. *J. Ann. Agric. Sci.* 59(2), 207–212.

- Angelov, G., Boyadzhieva, S. 2016. Extraction of Fennel (*Foeniculum vulgare*) Seeds: Process Optimization and Antioxidant Capacity of the Extracts. *Chem. Biochem. Eng. Q.* 30(2) 245–253.

- Oktay, M., Gülçin, İ., Küfrevioğlu, Ö.İ., 2003. Determination of in vitro antioxidant activity of fennel (*Foeniculum vulgare*) seed extracts. *L.W.T. Fd. Sci. Technol.* 36, 263–271.

- Manzoor, A.R., Bilal, A.D., Shahnawaz, N.S., Bilal, A.B., Mushtaq, A.Q. 2016. *Foeniculum vulgare*: A comprehensive review of its traditional use, phytochemistry, pharmacology, and safety. *Arabian Journal of Chemistry* 9, 1574–1583.

- Feroli F., Giambanelli, E., D'Antuono, L.F. 2017. Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill. subsp. *piperitum*) florets, a traditional culinary spice in Italy: evaluation of phenolics and volatiles in local populations, and comparison with the composition of other plant parts. *J Sci Food Agric.* 97, 5369–5380.

- Зайцева, Т. Фенхель. Сильнее, чем имбирь и женьшень / Т. Зайцева. – М: АСТ, 2011. – 224 с.

- Pabari, R.M., Ramtoola, Z. 2012. Effect of a disintegration mechanism on wetting water absorption,

and disintegration time of Oro dispersible tablets. J. Young Pharm. 4, 157–163.

16. Eastman, J.E., Moore, C.O. 1984. Cold Water Soluble Granular Starch for Gelled Food Composition. U.S. Patent No. 4465702.

17. ГОСТ 10444.11-2013 (ISO 15214:1998) Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества мезофильных молочнокислых микроорганизмов.

18. ГОСТ 10444.12-2013 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов (с Поправкой).

19. МУК 4.2.1847-04 Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов.

20. Shori, A.B., Baba, A. S. 2013. Antioxidant activity and inhibition of key enzymes linked to type-2 diabetes and hypertension by Azadirachta indica-yogurt. Journal of Saudi Chemical Society 17, 295–301.

Статья поступила в редакцию 01.11.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 664.6

**ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА РЖАНО-ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА,
ВЫРАБОТАННОГО НА ОСНОВЕ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ**

© 2019

Китаевская Светлана Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Технология пищевых производств»,

*Казанский национальный исследовательский технологический университет
(420015, Россия, г. Казань, ул. Толстого, 8/31, e-mail: kitaevskayas@mail.ru)*

Романова Наталья Константиновна, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Технология пищевых производств»,

*Казанский национальный исследовательский технологический университет
(420015, Россия, г. Казань, ул. Толстого, 8/31, e-mail: NK5325@rambler.ru)*

Попова Евгения Владимировна, магистрант

*Казанский национальный исследовательский технологический университет
(420015, Россия, г. Казань, ул. Толстого, 8/31, e-mail: evgvlad173@gmail.com)*

Камартинова Дарья Рафаэловна, магистрант

*Казанский национальный исследовательский технологический университет
(420015, Россия, г. Казань, ул. Толстого, 8/31, e-mail: darya.kamartdinova@mail.ru)*

Аннотация. В статье представлены данные по оптимизации рецептурного состава замороженных тестовых полуфабрикатов и ржано-пшеничного хлеба с учетом технологических свойств сырья и особенностей криотехнологии хлебобулочных изделий. Оптимизацию ингредиентного состава рецептурных композиций проводили с использованием пакета прикладных программ Statgraphics 18.1. На матрице экспериментальных данных на основе многоуровневого многофакторного анализа были построены математические модели. В качестве переменных для многофакторного эксперимента были выбраны концентрации вносимых дрожжей, сухой закваски молочнокислых бактерий, сухого молока, поскольку эти факторы определяют жизнеспособность микроорганизмов – участников процесса брожения полуфабрикатов, а, следовательно, формируют качество ржано-пшеничного хлеба, выработанного с применением криотехнологии. Факторы исследования варьировали в следующих интервалах: дозировка прессованных дрожжей от 0,5 до 1,0 %; количество сухой закваски молочнокислых бактерий от 0 до 0,3 %; количество сухого молока от 0 до 6 вес. % к массе муки. Пористость и удельный объем готовой продукции были выбраны в качестве искомых функций. В результате проведенных исследований оптимизирован качественный и количественный рецептурный состав ржано-пшеничного хлеба, выработанного на основе замороженных полуфабрикатов, выявлены оптимальные концентрации исследуемых факторов: прессованных дрожжей – 0,7 %, сухой закваски молочнокислых бактерий – 0,1 % и сухого молока – 4 % к массе муки.

Ключевые слова: оптимизация, рецептурные компоненты, замороженные полуфабрикаты, ржано-пшеничный хлеб, показатели качества

**OPTIMISATION OF COMPOSITION RYE BREAD THAT WASS
PRODUCED FROM FROZEN DOUGH**

© 2019

Kitaevskaya Svetlana Vladimirovna, candidate of technical sciences,
assistant professor at the Department of technology of food production

*Kazan National Research Technological University
(420015, Russia, Kazan, Tolstoi St., 8/31, e-mail: kitaevskayas@mail.ru)*

Romanova Natalia Konstantinovna, candidate of technical sciences,
assistant professor at the Department of technology of food production

*Kazan National Research Technological University
(420015, Russia, Kazan, Tolstoi St., 8/31, e-mail: NK5325@rambler.ru)*

Popova Evgenia Vladimirovna, master student

*Kazan National Research Technological University
(420015, Russia, Kazan, Tolstoi St., 8/31, e-mail: evgvlad173@gmail.com)*

Kamartdinova Darya Rafaelovna, master student

*Kazan National Research Technological University
(420015, Russia, Kazan, Tolstoi St., 8/31, e-mail: darya.kamartdinova@mail.ru)*

Abstract. There is results of optimization of composition frozen dough and rye bread in article. Results includes technological properties of raw materials and features of cryotechnology bakery products. Optimization of

the ingredient composition was carried out using the Statgraphics 18.1. Mathematical models were constructed on the matrix of experimental data based on multilevel multifactor analysis. In the experiment as variable parameters were concentration of introduced yeast, lactic acid bacteria, milk powder. The choice of these parameters is related to the fact that these parameters determine the number of active cells of the microorganisms involved in the fermentation processes. These parameters determine the number of active cells of the microorganisms involved in the fermentation dough and they form the quality of rye bread produced using cryotechnology. The amount of pressed yeast varied from 0,5 to 1,0 % (by weight of flour). The concentration of dry yeast lactic acid bacteria varied from 0 to 0.3% (by weight of flour). The amount of milk powder varied from 0 to 6 % (by weight of flour). Porosity and specific volume of rye bread were measured. As a result of the research were determined optimal concentrations of the measured parameters: concentration of introduced yeast 0,7 %, lactic acid bacteria 0,1 %, milk powder 4 %.

Keywords: optimization, prescription components, frozen dough, rye-wheat bread, quality indicators

Введение. Технология приготовления хлебобулочных изделий на основе замороженных полуфабрикатов имеет ряд существенных отличий от традиционной технологии, применяемой в хлебопекарном производстве. Специалисты сходятся во мнении, что при производстве замороженного полуфабрикатов следует особо тщательно и грамотно подбирать рецептурные компоненты теста. Это объясняется низким качеством выпускаемой продукции, ограниченными сроками хранения полуфабрикатов в замороженном виде преимущественно из-за гибели значительной части микрофлоры – дрожжей и молочнокислых бактерий, участвующих в брожении тестовых полуфабрикатов [1-3].

Одним из простых способов повышения выживаемости дрожжей и молочнокислых бактерий в замороженных тестовых полуфабрикатах является снижение содержания влаги микроорганизмов. Использование в рецептурах гидрофильных и осмотически активных веществ является эффективным способом поддержания постоянного соотношения между содержанием вне- и внутриклеточной влаги за счет выделения части клеточной воды во внеклеточное пространство, что способствует частичному обезвоживанию клеток микроорганизмов. К данным веществам относится сухое молоко. Следует отметить, что сухое молоко служит дополнительным питанием для клеток молочнокислых бактерий, непосредственных участников процесса брожения теста, которые, как показывают проведенные нами исследования, более восприимчивы к низкотемпературным воздействиям, чем дрожжи [2,4,5].

С целью компенсации гибели части дрожжей и потерей ими газообразующей способности при длительном хранении теста в замороженном виде, а следовательно обеспечения созревания и расстойки полуфабрикатов в криотехнологии хлебобулочных изделий, рекомендуется увеличить дозировку дрожжей, при этом количество дрожжей в рецептурах замороженного теста в основном зависит от вида продукции и может быть увеличено до 20 % [7-9]. Многие исследователи, изучающие стабильность замороженных полуфабрикатов, сходятся во мнении,

что именно благодаря изменениям в рецептуре можно достичь существенного улучшения качества готовых изделий [1,2, 9-16].

Цель настоящей работы – создание оптимизированной рецептурной композиции ржано-пшеничного хлеба, вырабатываемого на основе замороженных полуфабрикатов с учетом технологических свойств сырья и особенностями криотехнологии.

Материалы и методы исследований. Рецептура и параметры технологического процесса приготовления тестовых полуфабрикатов, согласно которым были приготовлены образцы хлебобулочных изделий, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Рецептура и технологические параметры приготовления ржано-пшеничных полуфабрикатов

Сырье и полуфабрикаты, технологические показатели процесса	Расход сырья и параметры процесса
Закваска предыдущего приготовления, кг	57
Мука с закваской на тесто, кг	33
Мука пшеничная 1 сорта, кг	40
Мука ржаная обдирная, кг	27
Закваска молочнокислых бактерий	0 - 0,3
Дрожжи прессованные хлебопекарные, кг	0,5 - 1
Молоко сухое цельное, кг	0 - 6
Соль поваренная пищевая, кг	1,5
Вода, л	По расчету
Начальная температура, °С	5-10
Продолжительность брожения, ч	1-1,5
Конечная кислотность, град.	8

Сухая закваска состоит из лиофилизированных клеток штамма молочнокислых бактерий *Lactobacillus casei* ТМБ-Д и муки в качестве наполнителя. Клетки штамма *L. casei* ТМБ-Д представляют собой укороченные палочки размером 1,5-2,0 мкм с заостренными концами, которые часто располагаются длинными цепочками. Штамм осуществляет гомоферментативное молочнокислое брожение, является факультативным анаэробом, граммположительный, каталазоотрицательный, спор не образует. Штамм сбраживает такие сахара,

как сахароза, глюкоза, лактоза, мелибиоза; слабо сбраживает амагдолин и рибозу; не сбраживает мальтозу, маннозу, галактозу, раффинозу, арабинозу и трегалозу. Наши исследования показали, что данный штамм проявляет генопротекторные свойства, антимуtagenную и антиоксидантную активность [17,18].

Для многофакторного эксперимента в качестве переменных были выбраны следующие факторы: количество прессованных дрожжей; дозировка сухой закваски молочнокислых бактерий и сухого молока, так как данные факторы позволяют регулировать выживаемость дрожжей и молочнокислых бактерий при криообработке, тем самым стабилизировать качественные характеристики ржано-пшеничного хлеба. При выборе пределов варьирования параметров были учтены реально возможные изменения по каждому отдельному фактору: количество прессованных дрожжей исследовали в диапазоне 0,5-1,0 %; концентрацию сухой закваски молочнокислых бактерий – 0-0,3%; количество сухого молока – 0-6 вес. % к массе муки.

Тестовые полуфабрикаты упаковывали во влагонепроницаемую пленку, замораживание осуществляли в диапазоне температур минус 25–30 °С, замороженные полуфабрикаты хранили в течение 1 мес. Дефростацию полуфабрикатов проводили до полного размораживания при комнатной температуре. Выпечку полуфабрикатов осуществляли при температуре 230–240 °С в течение 40 мин.

Пористость ржано-пшеничного хлеба определяли согласно ГОСТ 5669-96 [19], удельный объем изделий – в соответствии с методикой, приведенной в руководстве [20].

Результаты исследований. Исследования проводили в соответствии с композиционным униформ-ротатабельным планом, приведенным в табл. 2, где концентрации дрожжей (X_1 , %), сухой закваски (X_2 , %) и сухого молока (X_3 , %) были выбраны качестве переменных; а пористость (Y_1 , %) и удельный объем (Y_2 , %) готовых изделий приняты в качестве искомым функций.

Математические модели исследуемых процессов были построены на основе многоуровневого многофакторного анализа, на матрице экспериментальных данных (таблица 2). Соответствие полученной модели эксперименту контролировали по следующим критериям: величина абсолютных ошибок отклонения средних экспериментальных данных от полученных на основании модели (с погрешностью определения самих экспериментальных данных); критерий Дюрбина – Ватсона; доверительная вероятность, коэффициент корреляции и стандартная ошибка отклонения. При получении математической модели и построении уравнений регрессии был рассчитан доверительный интервал, включающий не менее 99 % всех значений, полученных экспериментальным путем.

Таблица 2 – Влияние концентраций рецептурных компонентов на пористость и удельный объем хлеба

Матрица проведения эксперимента			Показатели качества готовых изделий	
X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2
0,5	0	0	56,9	186
0,6	0	0	58,2	192
0,7	0	0	57,6	189
0,8	0	0	57,1	184
0,9	0	0	55,2	180
1,0	0,1	0	61,5	204
0,7	0,05	0	58,7	187
0,7	0,07	0	59,2	190
0,7	0,08	0	60,1	194
0,7	0,09	0	60,9	199
0,7	0,12	0	61,6	205
0,7	0,15	0	60,0	192
0,7	0,2	0	58,3	190
0,7	0,3	0	55,0	179
0,7	0,1	0	59,2	189
0,5	0,15	0	60,1	190
0,5	0,2	0	56,1	181
0,6	0	1	57,2	188
0,7	0	2	58,8	195
0,7	0	3	59,0	197
0,7	0	4	60,5	200
0,7	0	5	60,5	201
0,7	0	6	59,8	196
0,7	0,15	5	58,9	190
0,7	0,15	4	61,8	210
0,7	0,1	4	62,0	209
0,7	0,1	4	60,1	191
1,0	0	4	55,7	186

Установлено, что значительное влияние на качество хлеба оказывает количество вносимой сухой закваски молочнокислых бактерий. Установлено, что при варьировании концентрации сухой закваски *L. casei* ТМБ-Д в диапазоне 0 – 0,15 % к массе муки при постоянной дозировке прессованных дрожжей – 0,7 %, происходит увеличение пористости и удельного объема ржано-пшеничного хлеба на 6 и 8,5 % соответственно.

При дальнейшем повышении концентрации исследуемой закваски от 0,15 до 0,3 % происходит снижение исследуемых показателей качества хлеба. Повышение дозировки прессованных дрожжей с 0,5 до 0,7 % к массе муки приводит к увеличению на 10 % пористости хлеба, при этом колебания исследуемого показателя зависят также от концентраций других рецептурных компонентов теста – закваски и сухого молока.

Использование сухого молока в количестве от 1 до 5 % позволяет повысить качественные

характеристики готовой продукции, выработанной на основе криотехнологии – увеличить пористость на 11 % и удельный объем ржано-пшеничного хлеба на 14 %. В результате математической обработки

результатов получены регрессионные уравнения зависимости пористости (Y_1) и удельного объема (Y_2) изделий от концентраций рецептурных компонентов ржано-пшеничного хлеба.

Для показателя пористость ржано-пшеничного хлеба (Y_1) получено уравнение регрессии вида:

$$Y_1 = a + b(X_1)^2 + c(X_1)^3 + dX_2 + eX_3 + fX_1X_2 + gX_2X_3 + hX_1X_3 + kX_1(X_2)^2 + nX_2(X_3)^2 + mX_2(X_1)^2,$$

с коэффициентами:

$a = 50,2101 \pm 2,11353;$	$e = 16,6259 \pm 3,54204;$	$k = -269,306 \pm 3,09583;$
$b = 38,8664 \pm 1,11557;$	$f = -2362,67 \pm 5,20104;$	$n = -4,32574 \pm 1,35772;$
$c = -33,8578 \pm 9,45648;$	$g = 16,3607 \pm 6,34682;$	$m = 1958,13 \pm 4,2081.$
$d = 741,047 \pm 1,58296;$	$h = -23,0508 \pm 5,04537;$	

Доверительная вероятность полученной зависимости – 92,25 %, коэффициент корреляции составляет 87,70 %; величина критерия Дюрбина–Ватсона 2,077; стандартная ошибка отклонения 0,376.

Экстремум расположен при следующих значениях варьируемых параметров: дозировка прессованных дрожжей 0,75 %, концентрация сухой закваски 0,14 %, количество сухого молока 4,4 %, при этом максимальное значение пористости составляет 65,4607 %.

Для удельного объема готовых изделий (Y_2) получено уравнение регрессии вида:

$$Y_2 = a + b(X_1)^2 + c(X_1)^3 + dX_2 + e(X_2)^2 + f(X_2)^3 + g(X_2)^3 + h(X_2)^3 + k(X_3)^2 + nX_2X_3 + mX_2(X_3)^2,$$

с коэффициентами:

$a = 153,344 \pm 6,56776;$	$e = 10071,6 \pm 27,2768;$	$k = -0,210009 \pm 0,08474;$
$b = 197,748 \pm 3,32918;$	$f = -63549,5 \pm 15,8730;$	$n = 99,3963 \pm 3,26092;$
$c = -174,991 \pm 2,80308;$	$g = 113356,0 \pm 27,7930;$	$m = -25,06 \pm 6,83087.$
$d = -399,578 \pm 1,44971;$	$h = 1,43516 \pm 0,480742;$	

Доверительная вероятность полученной зависимости – 90,12 %, коэффициент корреляции составляет 84,30 %; величина критерия Дюрбина–Ватсона 2,4219; стандартная ошибка отклонения 0,657.

Экстремум расположен при следующих значениях исследуемых параметров: количество прессованных дрожжей 0,75 %, количество сухой закваски 0,14 %, дозировка сухого молока 4,0 %, при

этом значение удельного объема ржано-пшеничного хлеба составляет 219,24031 %.

Установлено, что пористость и удельный объем готовых изделий в наибольшей степени зависят от концентрации прессованных дрожжей и сухой закваски молочнокислых бактерий, графическая зависимость исследуемых показателей качества ржано-пшеничного хлеба от данных факторов представлена на рисунке 1.

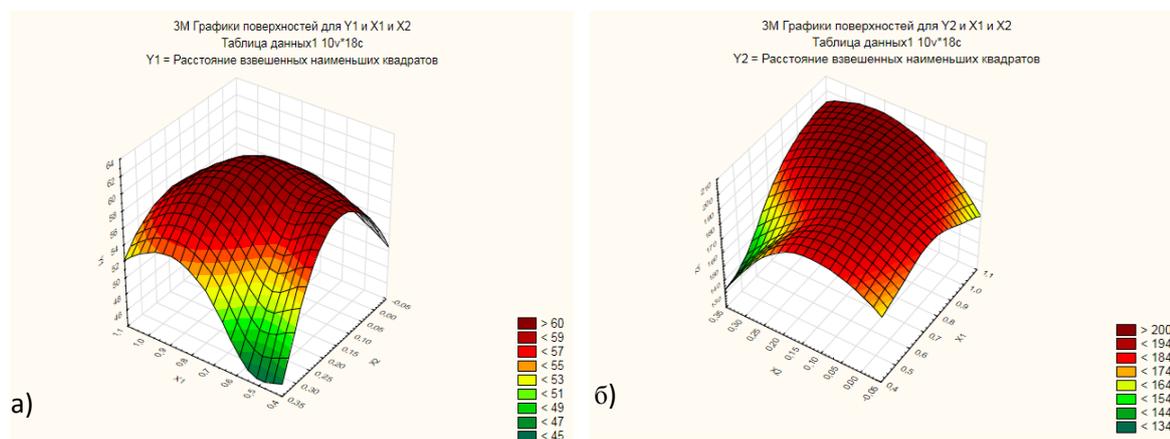


Рисунок 1 – Влияние факторов оптимизации на пористость (а) и удельный объем (б) готовых изделий

Графические интерпретации выявленных зависимостей пористости (а) и удельного объема (б) ржано-пшеничного хлеба от концентрации исследуемых компонентов теста представлены на рисунке 2. Адекватность полученной математи-

ческой модели подтверждает также симметричность расположения экспериментальных точек (данных, полученных экспериментальным путем) относительно прямых (данных, предсказанных при моделировании рецептуры).

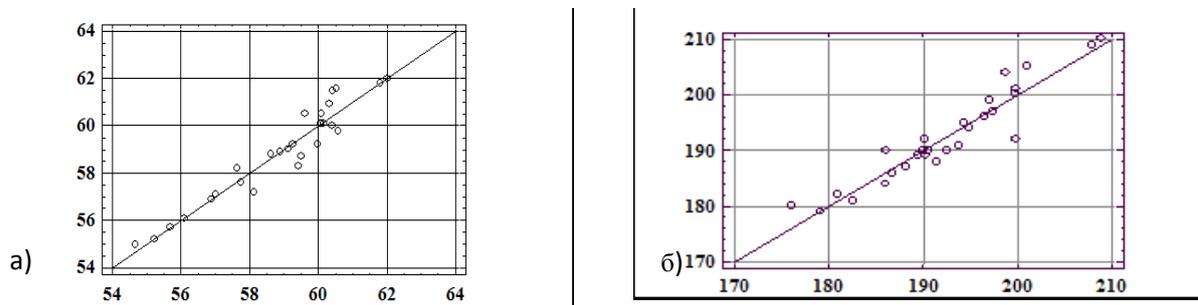


Рисунок 2 – Расположение экспериментальных данных относительно прямой соответствия пористости (а) и удельного объема (б) хлебобулочных изделий

В результате анализа полученных уравнений выявлена зависимость удельного объема (Y_2) от пористости хлеба (Y_1), регрессионное уравнение имеет вид:

$$Y_2 = a + bY_1 + c(Y_1)^2 + d(Y_1)^3,$$

с коэффициентами:

$$a = 36660,2 \pm 14,5991; \quad b = 1905,1 \pm 7,4868; \quad c = -32,8661 \pm 1,2789; \quad d = 0,1892 \pm 0,0727704.$$

Доверительная вероятность полученной зависимости – 89,93 %, коэффициент корреляции составляет 88,67 %; величина критерия Дюрбина – Ватсона 0,905; стандартная ошибка отклонения 2,80591.

Уравнения адекватно описывают влияние различных дозровок рецептурных компонентов ржано-пшеничного хлеба на исследуемые показатели качества – пористость и удельный объем готовых изделий.

В результате анализа приведенных зависимостей были получены оптимальные дозировки следующих компонентов ржано-пшеничных замороженных полуфабрикатов: пресованных дрожжей, сухой закваски молочнокислых бактерий и сухого молока, которые составили 0,7 %, 0,1 % и 4 % к массе муки соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Герасимова Э.О. Криогенные технологии в хлебопечении / Э.О. Герасимова, Н.В. Лабутина // Известия вузов. Пищевая технология. – 2019. – № 1. – С. 6–9.
2. Китаевская С.В. Биотехнологические основы использования криорезистентных микроорганизмов в хлебопечении: монография / С.В. Китаевская, О.А. Решетник. – Казань: КГТУ, 2006. – 268 с.
3. Ribotta P.D. Frozen dough in Bakery Products: Science and Technology. / P.D. Ribotta, A.E. Leon, M.C. Anon // Blackwell Publishing, Ames (USA). – 2006. – P. 381–390.
4. Китаевская С.В. Исследование резистентности

молочнокислых бактерий к низкотемпературной обработке // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 23. – С. 214–217.

5. Zhao G. Effect of protective agents, freezing temperature, rehydration media on viability of malolactic bacteria subjected to freeze-drying / G. Zhao, G. Zhang // J. of Appl. Microbiol. – 2005. – V. 99, № 2. – P. 333–340.

6. Пономарева О. И. Штамм хлебопекарных дрожжей ЛВ-3, устойчивый к воздействию низкой температуры / О. И. Пономарева [и др.] // Хлебопечение России. – 2005. – № 4. – С. 14–16

7. Meziani S. Influence of yeast and frozen storage on rheological, structural and microbial quality of frozen sweet doughet / S. Meziani et al. // Journal of Food Engineering, 2012 – №109. – P. 538–544.

8. Selomulyo V.O. Frozen bread dough: Effect of freezing storage and dough improvers / V.O. Selomulyo, W. Zhou // Journal of Cereal Science. – 2007. – 45. – P. 1–17.

9. Ribotta P.D. Effect of freezing and frozen storage of doughs on bread quality/ P.D. Ribotta, A.E. Leon, M.C. // Anon Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001. – № 49 (2). – P. 913–918

10. Phimolsiripol Y. Effects of freezing and temperature fluctuations during frozen storage on frozen dough and bread quality / Y. Phimolsiripol et al. // Journal of Food Engineering, 2008. – 84. – С. 48–56.

11. Sim S.Y., Thermal and dynamic mechanical properties of frozen wheat flour dough added with selected food gums / S.Y. Sim et al. // International Food Research Journal, 2012. – № 19 (1). – P. 333–340.

12. Laaksonen T.J. Thermal and dynamic-mechanical properties of frozen wheat doughs with added sucrose, NaCl, ascorbic acid and their mixtures/ T.J. Laaksonen, Y.H. Roos //Int. Journal of Food Properties, 2001.– № 4. – P. 201–213.

13. Матвеева И.В. Биотехнологические решения для замороженных полуфабрикатов и хлебобулочных изделий / И.В. Матвеева, Д. Гаццола, Страхан С. // Хлебопродукты. – 2011. – № 9. – С. 30–32.

14. Luo W. Improving freeze tolerance of yeast and dough properties for enhancing frozen dough quality - A review of effective methods / W. Luo et al. // Trends in Food Science & Technology, 2018. – № 72. – P. 25–33.

15. Tao H. Optimization of additives and their combination to improve the quality of refrigerated dough / Han T., Xiao Y., Wu F., Xu X. // LWT – Food Science and Technology, 2018 – № 89. – P. 482–488.

16. Лабутина Н.В. Технология производства хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов: монография. – Смоленск: Универсум, 2004. – 236 с.

17. Китаевская С.В. Продукты метаболизма молочнокислых бактерий, как вещества снижающие действие генотоксикантов / С.В. Китаевская, Т.А. Ямашев, О.Б. Иванченко, О.А. Решетник // Вестник технологического университета, 2015. – Т. 18, № 4. – С. 283–286.

18. Китаевская С.В., Антиоксидантный потенциал криорезистентных культур молочнокислых бактерий, применяемых в технологии функциональных продуктов питания / Китаевская С.В., Ткаченко С.В., Решетник О.А.// Вопросы питания, 2016. – Т. 85, № 2. – С. 140.

19. ГОСТ 5669-96 Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости – Введ. 1997-08-01. – М.: Издательство стандартов, 1997. – 5 с.

20. Пучкова, Л.И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства. С-Пб.: ГИОРД, 2004. – 259 с.

Статья поступила в редакцию 01.11.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 66.96: 664.07

**О ВАЛЬЦЕВАНИИ ТЕСТОВЫХ МАСС ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛУФАБРИКАТОВ
МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

© 2019

Мурашкина Оксана Александровна, старший преподаватель кафедры «Пищевые производства»*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11)***Авроров Валерий Александрович**, доктор технических наук,
профессор кафедры «Пищевые производства»*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e.mail: v_avrorov@bk.ru)***Сарафанкина Елена Александровна**, старший преподаватель кафедры
«Пищевые производства»*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11)*

Аннотация. В статье рассмотрены способы получения полуфабрикатов печенья путем отсадки тестовой массы, вальцевания и роторного формирования. Показано, что для производства тестовых полуфабрикатов печенья из пластичного песочного теста по сравнению с другими способами технологически рациональным является раскатывание куска теста в тонкий пласт с последующей выемкой из него тестовых полуфабрикатов. Приведены основные фирмы и модели тестоформирующих машин, широко применяемых в пищевых производствах, минипекарнях и кондитерских цехах предприятий общественного питания для получения тестовых полуфабрикатов печенья. Отмечено, что высокие качественные показатели полуфабрикатов во многом зависят от структурно-механических свойств тестовой массы, способов и режимов ее обработки. Проведены аналитические зависимости процесса вальцевания тестовой массы на двухвалковой тестораскатывающей машине, позволяющие определить основные конструктивно-технологические показатели процесса валкового вальцевания. Предложена схема модификации валковой раскатывающей машины с валками, объединенными в единую каретку и несущим тестовую массу транспортером

Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, пластичное тесто, способы и оборудование для получения тестовых полуфабрикатов печенья, аналитические зависимости для определения конструктивно-технологических параметров валковых раскатывающих машин.

**ON THE ROLLING TEST FOR THE MASS PRODUCTION OF SEMI-FINISHED FLOUR
CONFECTIONERY PRODUCTS**

© 2019

Murashkina Oksana Aleksandrovna, senior lecturer of the Department "Food production"*Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baidukov proezd/Gagarin St., 1a\11)***Avrorov Valery Altksandrovich**, doctor of technical Sciences,
Professor of the Department "Food production"*Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baidukov proezd/Gagarin St., 1a\11, e.mail: v_avrorov@bk.ru)***Sarafankina Elena Aleksandrovna**, senior teacher of the Department "Food production"*Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baidukov proezd/Gagarin St., 1a\11)*

Abstract. The article considers the methods of obtaining semi-finished cookies by depositing the test mass, rolling and rotary formation. It is shown that for the production of test semi-finished cookies from plastic short-bread compared to other methods, it is technologically rational to roll out a piece of dough into a thin layer with subsequent excavation of test semi-finished products from it. The main firms and models of dough-forming machines, widely used in food production, mini-bakeries and confectionery shops of public catering enterprises for the production of semi-finished test cookies. It is noted that high quality indicators of semi-finished products largely depend on the structural and mechanical properties of the test mass, methods and modes of its processing. The analytical dependences of the rolling process of the test mass on a two-roll rolling machine are carried out, which allow to determine the main structural and technological parameters of the roll rolling process. The scheme of modification of the roll rolling machine with rolls United in the uniform carriage and the conveyor bearing test weight is offered

Keywords: flour confectionery products, plastic dough, methods and equipment for the production of test semi-finished cookies, analytical dependences for determining the structural and technological parameters of roll rolling machines.

Введение. Анализ ассортимента мучной кондитерской продукции, поступающей на отечественный рынок, показывает, что существенный объем среди этой продукции занимает сегмент печенья с характерным преобладанием традиционных видов: сахарного, крекерного (сухого), овсяного и сдобного. Менее распространены комбинированные виды печенья с начинками, глазированного и многослойного, однако их производство в связи с повышенным спросом с каждым годом увеличивается.

Из мировой практики хорошо известно, что при производстве комбинированного двух-, трех- или четырехкомпонентного печенья с добавлением шоколада, карамели, кремов и других начинок, получается продукт с нетрадиционной вкусовой комбинацией, значительно более широкой по сравнению с классическими видами печенья.

Получение тестовых заготовок печенья в зависимости от используемых рецептов может осуществляться непосредственным формованием – отсадкой на отсадочных машинах, путем предварительного раскатывания куска теста в тонкий пласт с последующим формованием полуфабрикатов выемкой или с одновременным непрерывным нарезанием заготовок профильными валковыми элементами, а также формованием на роторных машинах.

Отечественными предприятиями выпускаются различные модели отсадочных, раскатывающих и роторных машин, способных удовлетворить производства по основным показателям назначения и ассортименту выпускаемой продукции. Примерами могут служить отсадочные машины фирм «Олимп», «Новые технологии 58», ЗАО НПП «Восход», «Ростпищемаш», «Penza Food Group» и др. Из зарубежных моделей известны отсадочные машины серии «RoboForm» фирмы «CV Craft», машины фирмы «Multidrop Classic» и др., которые способны отсаживать тестовые заготовки для печенья, кексов, пирожных, бисквитов и других изделий [1-4].

Валковые тестораскатывающие машины, по сравнению с отсадочными и роторными, более просты по устройству и по наладке на требуемые режимы работы. Известными конструкциями таких машин являются двух и многовалковые машины с постепенно уменьшающимся зазором между валками или с реверсируемыми транспортерами типа «Ролл-авто» ЗАО НПП «Восход», МРТ-400 «Салют» и др. [5,6]. Эти машины достаточно широко используются в кондитерских цехах предприятий общественного питания и в мимнипекарнях.

Известно, что качественная отсадка тестовых полуфабрикатов на отсадочных машинах, раскатывание теста в тонкий равномерный по высоте пласт, ротационное формование полуфабрикатов во многом определяется структурно-механическими показателями теста, обуславливающими поведение

тестовой массы при ее обработке. Реологические свойства теста для мучных кондитерских изделий, такие как упругость, пластичность, вязкость и др. зависят от содержания клейковины в муке, содержания в рецептуре жира и сахара, технологии и режимов замеса, температурно-влажностных условий и других факторов [7-12,15].

Например, некоторые виды песочного теста с ярко выраженными пластичными и адгезионными свойствами в зависимости от рецептуры трудно поддаются отсадке через фильтры отсадочных машин. Для получения тестовых заготовок печенья из такого теста более рациональной технологией является машинное раскатывание куска теста в тонкий пласт с последующей выемкой из него различных по форме заготовок. В этом случае качество раскатанного пласта, его однородность по толщине, отсутствие трещин по краям, задиров от адгезии с валками определяется конструктивно-технологическими параметрами валковой раскатывающей машины.

Поэтому представляет интерес задача анализа некоторых из этих параметров с целью определения рациональной настройки исполнительных элементов валковой раскатывающей машины.

Анализ процесса вальцевания тестовой массы. Условия вальцевания тестовой массы при ее пропуске через валки раскатывающей машины будем рассматривать на машине с одной парой установленных друг над другом валков, вращающихся в разные стороны (рисунок 1).

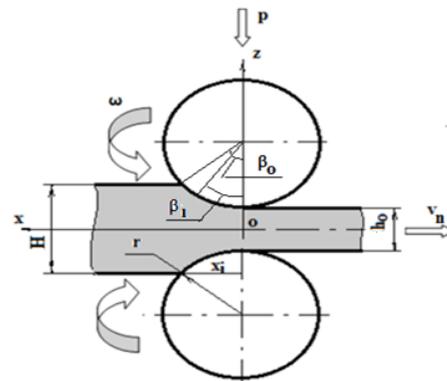


Рисунок 1 – Схема процесса раскатки тестовой массы в тонкий пласт – угловая скорость вращения валков, – радиус валков, – давление на пласт со стороны нагруженного валка, – высота тестовой массы на входе в створ валков, – высота пласта на выходе из створа валков, – скорость движения раскатанного пласта теста, β_0 – угол, определяющий зону деформации тестовой массы, β_i – текущий угол приложения нагрузки к тестовой массе со стороны валка

$$Q = v b h_0 \cos \beta, \quad (1)$$

где b – ширина пласта на выходе из створа

валков, м; v – окружная скорость валков, м/с; h_0 – высота пласта на выходе из створа валков, м; β – угол наклона вектора скорости валка к оси Ox , $\cos\beta = 1 - \frac{h-h_1}{r}$; h – высота слоя пласта, м; h_1 – высота слоя пласта в нейтральном сечении, в котором линейная скорость валков совпадает со скоростью потока тестовой массы, м.

Высота пласта с момента входа в створ валков будет уменьшаться до момента его выхода из створа со скоростью сжатия, равной

$$v_c = v \sin\beta; \quad \sin\beta = \frac{x}{r}, \quad (2)$$

Зависимость изменения градиента давления $\frac{\partial p}{\partial x}$ на пласт от линейной скорости валков v , вязкости тестовой массы η и высоты слоя по длине зоны деформации теста в створе валков h может быть представлена дифференциальным уравнением

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(h^3 \frac{\partial p}{\partial x} \right) = 24v\eta \frac{\partial h}{\partial x} \quad (3)$$

При граничных условиях ($p = 0$ при $h = H$) величина давления на пласт будет равна

$$p = \frac{48\eta v}{\sqrt{\frac{z(H-h_0)}{r}}} \frac{(H-h)(Hh-h_1^2)}{Hh h_1^2}, \quad (4)$$

Распорное усилие, действующее на валки, определяется следующим выражением [10]

$$F_p = \int_0^a \int_0^{b/2} p \, dy \, dx \quad (5)$$

$$\text{Если принять, что } b = \frac{Q}{2vh}; \quad dx = \frac{dh}{\sqrt{\frac{z(H-h_0)}{r}}},$$

то распорное усилие будет равно

$$F_p = \frac{3\eta Q r}{2Hh_0(H-h_0)} \left[(H+h_0) \ln\left(\frac{H}{h_0}\right) + 2(h_0-H) \right] \quad (6)$$

В решении (6) учитывается только деформация сжатия тестовой массы в створе валков, поэтому, как отмечается в [10], это выражение можно использовать для оценки усилия при зазоре между валками 10..20 и более мм.

Для высоты раскатанного пласта в пределах 0,5...3 мм, что собственно и требуется для тестовых заготовок песочного печенья, необходимо дополнительно учитывать деформацию сдвига по слоям тестовой массы, между которыми возникнут наибольшие напряжения. В этом случае уравнение движения тестовой массы запишется как

$$\frac{dp}{dx} = \eta \frac{d^2 v_{nx}}{dx^2}, \quad (7)$$

где v_{nx} – компонента скорости течения потока тестовой массы по оси Ox .

При граничных условиях

$$v_{nx}(z=h) = v \cos \left[\arcsin\left(\frac{x}{r}\right) \right] = v \sqrt{\frac{1-x^2}{r^2}}$$

напряжение сдвига определится как

$$\tau_{xz} = \eta \frac{dv_{nx}}{dz} = \frac{dp}{dx} z + C, \quad (8)$$

где C – постоянная интегрирования, $v_{nx} = 0$ при равных окружных скоростях валков.

Интегрируя (8) при условии, что $v_{nx} = 0$ при $z = h$, получим решение относительно компоненты скорости течения в сечении потока v_{nx} .

$$v_{nx} = -v_x - \frac{z^2 - h^2}{2\eta} \frac{dp}{dx}, \quad (9)$$

где v_x – проекция окружной скорости валка на ось Ox , $v_x = -v \cos\beta$.

При стационарном потоке тестовой массы через створ валков объемный расход будет равен

$$Q = -2h \left(\bar{v}_x - \frac{h^2}{3\eta} \frac{dp}{dx} \right), \text{ м}^3/\text{м}, \quad (10)$$

где \bar{v}_x – средняя проекция радиальной скорости валка, $\bar{v}_x = v \cos\beta$; $\cos\beta = \frac{r-(H-h_0)}{r}$. Согласно [10]

$$\frac{dp}{dx} = \frac{3\eta v h_1 \cos\beta_1}{h^3} \left(1 - \frac{h \cos\beta}{h_1 \cos\beta_1} \right) \quad (11)$$

Можно записать, что

$$\frac{dp}{dh} \frac{dh}{dx} = \frac{dp}{dh} \sqrt{\frac{H-h_0}{2r}} = \frac{3\eta v h_1 \cos\beta_1}{h^3} \left(1 - \frac{h \cos\beta}{h_1 \cos\beta_1} \right) \quad (12)$$

Интегрируя выражение (12) при условии, что $p = 0$ при $h = h_0$, получим решение для определения величины давления на пласт

$$p = \frac{3\eta v h_1 \cos\beta_1}{\sqrt{\frac{z(H-h_0)}{r}}} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{h^2 - h_0^2}{h_0^2 h^2} \right) - \left(\frac{h-h_0}{h_1(h_0 h)} \right) \right] \quad (13)$$

Распорное усилие, действующее на верхний валок, Н

$$F_p = \frac{3\eta v L r}{H-h_0} \left[\ln \frac{H}{h_0} - \frac{H-h_0}{H+h_0} \right], \quad (14)$$

где L – рабочая ширина валков, м.

Крутящий момент на ведущем валке, Нм

$$M_{kp} = \frac{6\eta v h_0 H L r^2}{(H+h_0)\sqrt{2r(H-h_0)}} \left(\frac{H-h_0}{h_0 H} \right), \quad (15)$$

Мощность, необходимая для вальцевания тестовой массы в створе валков

$$N = M_{kp} \omega. \quad (16)$$

Приведенные выше выражения позволяют

определить технические характеристики процесса вальцевания тестовой массы в зависимости от ее реологических свойств и назначить рациональные параметры валковой тестораскатывающей машины при ее конструировании.

К основным недостаткам валковых машин можно отнести:

– необходимость многократного пропуска тестовой массы через пару валков для достижения требуемой высоты пласта, что увеличивает время технологического цикла вальцевания и требует оснащения машины двумя дополнительными передающими транспортерами и их приводом, усложняющими конструкцию;

– однократное вальцевание (однократный пропуск тестовой массы через створ валков) тестовой массы в безтранспортерном варианте исполнения машины с одной парой валков, что ограничивает область ее применения;

– сложность конструкции многовалковых

машин, значительные габариты и потребляемая мощность, несмотря на возможность получать пласт любой заданной высоты.

Одним из направлений совершенствования валкового процесса вальцевания тестовых масс является замена нижнего валка несущей опорной плоскостью, имеющей возможность возвратно-поступательного движения относительно верхнего раскатывающего валка, например, лентой транспортера, на которую укладывается кусок теста, подлежащего раскатке [13,14,16-20]. Для получения требуемой высоты пласта каретка с валками способна перемещаться относительно опорной поверхности в вертикальной плоскости (рисунок 2).

Такое решение возможно при развертке нижнего валка в плоскость, аналогично тому, как одно из колес прямозубой зубчатой передачи развертывается в зубчатую рейку для получения требуемых движений.

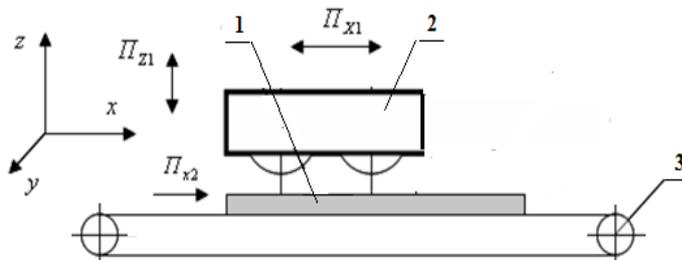


Рисунок 2 – Схема координатных движений исполнительных элементов модифицированной раскатывающей машины: 1 – раскатываемый пласт теста, 2 – каретка с раскатывающими валками, 3 – несущий ленточный транспортер, P_{x1} – возвратно-поступательное движение каретки с валками по оси Ox ; P_{x2} – прямолинейное движение ленты транспортера по оси Ox ; P_{z1} – прямолинейное движение каретки по оси Oz

Предложенная модификация принципа действия известной двухвалковой раскатывающей машины позволяет получать качественный пласт из любого вида теста и, главное, превратить машину в раскатывающе-формующий комплекс, для чего на выходе транспортера легко устанавливается нарезной формующий валик с ячейками, непрерывно нарезающими из пласта тестовые полуфабрикаты круглой, прямоугольной или иной формы. Кроме того, несущий транспортер легко стыкуется с транспортером туннельной конвейерной печи.

Нетрудно убедиться, что приведенные выше аналитические выражения для двухвалковой машины при предложенном способе вальцевания существенно упрощаются, поскольку нет необходимости определять величину распорного усилия, действующего на валок, крутящего момента на валке. Величина сжимающего давления на пласт здесь определяется массой валков и каретки. Тестовая масса деформируется в пласт под действием равномерно распределенной по ширине валков сдвиговой нагрузки. Предложенный способ вальцевания и технические решения раскатывающей машины запатентованы.

Выводы.

1. Проведен анализ способов раскатки теста в пласт и приведены основные зависимости, для определения конструктивно-технологических параметров двухвалковой раскатывающей машины.

2. Предложен модификация раскатывающей машины с несущим транспортером и раскатывающей кареткой, движущейся возвратно-поступательно относительно раскатываемой тестовой массы, помещенной на транспортере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Penza food. ru. Тестоотсадочные машины ТОМ-200 и ТОМ 200М.
2. SV Craft item/otsadochnaya machine. Отсадочные машины фирмы «СВ Крафт».
3. food-mechanics.ru. Отсадочные машины моделей МОК.
4. voskhod-saratov.ru. Отсадочные машины ЗАО НПП «Восход».
5. Валентас К.Дж., Ротштейн Э., Сингх Р.П. Пищевая инженерия. Справочник с примерами расчетов. – С.Пб: Профессия, 2004. – 848 с.
6. Тутов Н.Д., Авроров Г.В., Авроров В.А. Производство хлеба и хлебобулочных изделий на

малых предприятиях. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 232 с.

7. Мачихин Ю.А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин. – М: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 216 с.

8. Кузнецов О.А., Волошин Е.В., Сагитов Р.Ф. Реология пищевых масс. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. – 106 с.

9. Падохин В.А., Кокина Н.Р. Физико-механические свойства сырья и пищевых продуктов. – Иваново: ИвГХТУ. Институт химии растворов РАН, 2007. – 128 с.

10. Калошин Ю.А., Березовский Ю.М., Верняева Л.В. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции. – М: МГУТУ, 2009. – 168 с.

11. Авроров В.А., Тутов Н.Д. Основы реологии пищевых продуктов. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 268 с.

12. Еркебаев М.Ж., Комогоров Г.И., Мачихин Ю.А. Раскатка тестовых заготовок. – М:ЦНИИТЭИхлебопродуктов, 1993. – 32 с.

13. Авроров В.А., Ловцева В.В. Разработка новых компоновок многовалковых тестораскатывающе-формующих машин для песочного теста / Машиностроение и техносфера XXI: материалы междунар. научн. техн. конф. – Севастополь: ДНГУ. – 2013. – Т.1. – С. 8–11.

14. Авроров В.А., Сарафанкина Е.А. Моделирование поведения тестовой массы при ее раскатывании в тонкий равномерный пласт / Современные пищевые технологии и оборудование: материалы региональной науч. практ. конф. – Пенза: ПГТА, 2009.

15. Корячкин В.П. Особенности стационарного течения пластических сред / Управление реологическими свойствами пищевых продуктов: сборник материалов I научн. практ. конф. – М: МГУПП, 2008. – С.228–237.

16. Ловцева В.В., Тутов Н.Д. Разработка и анализ компоновок многовалковых тестораскатывающих машин для малых предприятий / Изв. ЮЗГУ. – Курск. – № 2. – С. 34–39.

17. Ловцева В.В., Тутов Н.Д. О деформировании упругопластичного куска теста на многовалковой тестораскатывающей машине с транспортером / Изв. ЮЗГУ. – Курск. – № 2. – С. 15–21.

18. Пат. № 2408190, Российская Федерация. МПК А21С3/00. Устройство для раскатки пласта и формования из него тестовых заготовок / В.А. Авроров, В.С.Николаев [и др.]. Заяв. 20.05.2008; Опубл. 10.01.2011.

19. Пат. № 2536962, Российская Федерация. МПК А21С3/02. Способ и устройство для раскатки теста в непрерывный пласт / В.В. Ловцева, В.С. Николаев [и др.]. Заяв. 20.03.2013; Опубл. 27.12.2014.

20. Пат. № 2478292, Российская Федерация. МПК А21С3/02. Устройство для раскатки теста в пласт / В.А. Авроров, В.С.Николаев [и др.]. Заяв. 29.11.2011; Опубл. 10.04.2013.

Статья поступила в редакцию 26.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 53.06, 637.5.03, 637.5.072.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ФАРША КУРИНОГО, ОБРАБОТАННОГО ВЫСОКИМ ГИДРОСТАТИЧЕСКИМ ДАВЛЕНИЕМ

© 2019

Донскова Людмила Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры товароведения и экспертизы

Уральский государственный экономический университет

(620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 марта/Народной воли, 62/45, e-mail: cafedra@list.ru)

Волков Алексей Юрьевич, доктор технических наук, заведующий лабораторией прочности

Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН

(620137, Россия, г. Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, 18, e-mail: volkov@imp.uran.ru)

Коткова Виктория Викторовна, аспирант кафедры товароведения и экспертизы

Уральский государственный экономический университет

(620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 марта/Народной воли, 62/45, e-mail: kiki-ekb@yandex.ru)

Аннотация. Научная идея связана с поиском решений одной из проблем, а именно, повышение срока годности продуктов без существенного изменения их потребительских свойств. Из многообразия существующих методов обработки пищевых продуктов авторами рассматривается метод обработки высоким гидростатическим давлением. В качестве объекта исследований был выбран фарш куриный охлажденный механической обвалки, относящийся к категории скоропортящегося сырья высокого риска. Гидростатическая обработка фарша высоким давлением проводилась на лабораторной установке, разработанной в Институте физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург). Режим воздействия – давление 250 МПа, экспозиция 15 мин., температура окружающей среды $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Предметом исследований явились микробиологические показатели, химический состав и органолептические свойства, показатели безопасности. Установлено, что обработка фарша куриного механической обвалки высоким гидростатическим давлением в статичном режиме не оказывает отрицательного влияния на свойства фарша, определяющие его качество, пищевую ценность и безопасность. Можно утверждать, что обработка в заданном режиме задерживает гидролиз жировых компонентов, повышает стабильность белковых молекул, вследствие чего эти вещества дольше остаются в нативном состоянии, что, безусловно, предпочтительнее для сохранения качественного продукта и увеличения срока годности. Исследование, проведенное в порядке, установленном МУК 4.2.1847-2004 для санитарно-эпидемиологической оценки и обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов, позволяет обоснованно увеличить срок годности фарша куриного охлажденного механической обвалки, изготовленного с применением данного режима барообработки, до 10 суток. Обработанный фарш соответствует требованиям ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 034/2013.

Ключевые слова: обработка, высокое гидростатическое давление, фарш куриный, механическая обвалка, сроки годности, микробиология, качество, безопасность, органолептическая оценка, кислотное число.

ASSESSMENT OF QUALITY AND SAFETY OF MINCED CHICKEN, PROCESSED HIGH HYDROSTATIC PRESSURE

© 2019

Donskova Ludmila Alexandrovna, candidate of agricultural sciences, associate professor
of the department commodity science and expertise

Ural State University of Economics

(620144, Russia, Ekaterinburg, March 8 St./People's will, 62/45, e-mail: cafedra@list.ru)

Volkov Alexey Yurievich, doctor of technical sciences, professor, head of the laboratory of strength

M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences

(620137, Russia, Yekaterinburg, S. Kovalevskaya St., 18, e-mail: volkov@imp.uran.ru)

Kotkova Victoria Viktorovna, postgraduate student of the Department of commodity science and expertise

Ural State University of Economics

(620144, Russia, Ekaterinburg, March 8 St./People's will, 62/45, e-mail: kiki-ekb@yandex.ru)

Abstract. The scientific idea is connected with the search for solutions to one of the problems, namely, increasing the shelf life of products without significantly changing their consumer properties. From the variety of existing methods of food processing, the authors consider the method of processing high hydrostatic pressure. As the object of research was selected minced chicken cooled mechanical boning, belonging to the category of perishable raw materials of high risk. Hydrostatic processing of minced meat by high pressure was carried out on a laboratory installation developed at the Institute of metal physics named after M. N. Mikheeva of Ural branch of the Russian Academy of Sciences (Yekaterinburg). Exposure mode-pressure 250 MPa, exposure 15 min., ambient temperature $20 \pm 2^\circ\text{C}$. The subject of research were microbiological parameters, chemical composition and

organoleptic properties, safety indicators. It is established that the processing of minced chicken high hydrostatic pressure in a static mode does not have a negative impact on the properties of minced meat, which determine its quality, nutritional value and safety. It can be argued that the treatment in a given mode delays the hydrolysis of fat components, increases the stability of protein molecules, so that these substances remain longer in the native state, which is certainly preferable to preserve the quality of the product and increase the shelf life. The study conducted in accordance with the established procedure for sanitary and epidemiological assessment and justification of shelf life and storage conditions of food products, allows reasonably increase the shelf life of minced chicken chilled mechanical boning, made with the use of this mode of baroobrabotki up to 10 days. Processed minced meat meets the requirements of TR CU 021/2011 and TR CU 034/2013.

Keywords: processing, high hydrostatic pressure, minced chicken, mechanical boning, shelf life, microbiology, quality, safety, sensory evaluation, acid number.

Введение. В группе полуфабрикатов мясной фарш занимает особое место. Это не только прекрасный материал для творчества и кулинарных экспериментов в домашних условиях, как подчеркивает Е.В. Милеенкова [1], это прекрасная универсальная основа для производства различных видов продукции и в производственных условиях. Мясной фарш представляет собой мясной полуфабрикат с размером частиц не более 8 мм, предназначенный для изготовления формованных полуфабрикатов или для реализации в фасованном или нефасованном виде на предприятиях розничной торговли и общественного питания. Ассортимент мясных фаршей разнообразен, в основе формирования его можно выделить два классификационных признака – сырьевые особенности (фарш можно приготовить из любого вида мяса, распространенными являются комбинированные виды фарша, содержащие в различных пропорциях говядину и свинину, говядину и мясо птицы и др., фарши с использованием сырья растительного происхождения) и термическое состояние продукта (различают фарш охлажденный, подмороженный, замороженный). В последнее десятилетие получил распространение фарш из мяса птицы, в силу экономической доступности сырья, и составляющий порядка 10% от объема реализуемой продукции предприятий птицеводческой промышленности [2]. Куриный фарш достаточно широко используется в качестве сырьевой основы для производства колбасных изделий, мясных полуфабрикатов, реализуется как готовый продукт.

Важным направлением в практической деятельности предприятий птицеводческой промышленности является решение задачи, связанной с рациональным и максимальным использованием мясных ресурсов. Одним из способов решения задачи явилось применение на пищевые цели мяса, которое остается после разделки тушек птицы, что позволило обеспечить отрасль новым видом сырья: мясом птицы механической обвалки [3]. Сегодня, данный продукт рассматривается как дополнительный сырьевой источник полноценного белка животного происхождения и находит применение при производстве широкого перечня мясных продуктов, включая мясной фарш.

Вместе с тем, фарши представляют собой продукты, отличающиеся непродолжительным хранением. Микрофлора мясного фарша значительно обильнее, чем микрофлора целого куска мяса. Это объясняется тем, что при измельчении мяса происходит равномерное распределение микроорганизмов, находящихся на поверхности мяса по всей массе фарша, кроме того, часть микробов попадает в продукт с мясорубки и другого оборудования, а наличие в фарше воздуха и раздробленных клеток способствуют быстрому развитию микроорганизмов, микробная порча мясного фарша возникает при наличии в 1 г 5 – 10 млн бактерий. Увеличение поверхности соприкосновения структурных частиц фарша с воздухом и поверхностью оборудования, а также высокая степень измельчения различных тканей и костного мозга, наличие избыточного мясного сока и высокое значение pH делают это сырье хорошей питательной средой для микроорганизмов. В связи с этим фарш и мясо механической обвалки относят к категории скоропортящегося сырья высокого риска [4]. При использовании для механической обвалки низкосортного мясного сырья может повышаться содержание условно-патогенных и патогенных микроорганизмов, снижается окислительная устойчивость жира, уменьшается срок годности полуфабрикатов [5]. В связи с чем, производство фарша, в том числе из куриного мяса механической обвалки требует жесткого соблюдения санитарных норм и температурного режима [6, 7]. Эти факты вызывают интерес производителей и научного сообщества к поиску методов, способствующих пролонгировать сроки годности мясного фарша за счет повышения микробальной чистоты продукта, при этом сохранив на высоком уровне и важнейшие потребительские свойства – органолептические показатели, пищевую ценность продукта, безопасность.

Одной из популярных технологий, обеспечивающей длительное хранение свежих и готовых к употреблению продуктов без применения консервирующих веществ, одновременно высококачественных и безопасных, является технология обработки высоким давлением (HPP – High Pressure Processing).

Применение барообработки в пищевой про-

мышленности стало возможным благодаря исследованиям, которые с конца 19 века проводились в области изучения такого воздействия на основные структурные вещества живой клетки, изменение их химических и физических свойств, морфологические и др. преобразования в них [8]. Из литературных источников отечественных и зарубежных авторов [8 - 16] известно, что это один из методов, используемых для инактивации бактерий, и, продукты, обработанные данным методом, не имеют по своему составу и свойствам аналогов [17]. В связи с этим, целью исследований, результаты которых отражены в данной научной публикации, явилось исследование качества и безопасности куриного фарша механической обвалки, обработанного высоким давлением и научно-практическое обоснование данного метода в повышении сроков годности.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования явился фарш куриный механической обвалки охлажденный [18]. Партия фарша была предварительно разделена на 2 группы - контрольную и опытную по признаку использования барообработки. Для проведения гидростатической обработки фарш предварительно помещался

в полимерный материал, препятствующий проникновению масляной среды. Подготовленные таким образом образцы загружались в рабочую камеру лабораторной установки, заполненную смесью масел и глицерина. Камера герметично закрывалась, затем в ней создавалось давление, величина которого контролировалась посредством манометра, расположенного на внешней стороне установки. Гидростатическая обработка фарша высоким давлением проводилась на лабораторной установке, разработанной в Институте физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург). Режим воздействия – давление 250 МПа, экспозиция 15 мин., температура окружающей среды $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Предметом исследования явились органолептические показатели куриного фарша, показатели безопасности, микроструктурные показатели, для оценки которых использовали стандартные методики.

Результаты и их обсуждение. Микробиологические показатели фарша определялись на соответствие требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Информация представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты оценки безопасности контрольной и опытной партии фарша куриного охлажденного по микробиологическим показателям

Наименование показателя	Нормы соответствия с ТР ТС 021/2011	Результат испытаний					
		В день изготовления (фон)		5 суток хранения		7 суток хранения	10 суток хранения
		Контрольная партия	Опытная партия	Контрольная партия	Опытная партия	Опытная партия	Опытная партия
Listeria monocitogenes	Не допускается в 25 г	Не обнаружена	Не обнаружена	Не обнаружена	Не обнаружена	Не обнаружена	Не обнаружена
БГКП (колиформы)	Не допускаются в 0,0001 г	Не обнаружены	Не обнаружены	Обнаружены в 0,0001 г	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
Бактерии рода Salmonella	Не допускаются в 25 г	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
КМАФАнМ	Не более $5,0 \cdot 10^6$	$6,1 \cdot 10^6$	$4,9 \cdot 10^5$	Более $3,0 \cdot 10^7$	$2,9 \cdot 10^5$	$8,0 \cdot 10^5$	$5,8 \cdot 10^6$

Исходные микробиологические показатели контрольной группы не соответствовали требованиям ТР ТС 021/2011, а именно общее микробальное число превышало максимальный допустимый уровень на $1,1 \cdot 10^6$ КОЕ/г. При установленном в лабораторных условиях уровне микробной загрязненности фарша продукт не может использоваться для реализации населению, т.к. высокий уровень накопления непатогенных или условно патогенных микроорганизмов неизменно будет вызывать преждевременный и ускоренный протеолиз, таким образом снижая пищевую ценность с одной стороны и способствуя накоплению токсичных или балластных для организма веществ – продуктов этого протеолиза и жизнедеятельности микроорганизмов – с другой.

Дальнейшее определение подтверждает этот тезис: через 5 суток хранения в контрольном образце количество КМАФАнМ превысило $3,0 \cdot 10^7$ КОЕ/г, перейдя в фазу неконтролируемого роста, а также

установлено наличие бактерий группы кишечной палочки (колиформ). Между тем, барообработанный фарш демонстрирует отрицательную динамику роста микробной массы в первые 5 суток хранения, снизившись с $4,9 \cdot 10^5$ КОЕ/г в день изготовления до $2,9 \cdot 10^5$ КОЕ/г к пятым суткам хранения. Во второй половине срока хранения рост микробной массы происходил более бурно, к 7 суткам показатель превысил первоначальный уровень в 2 раза, а к 10 суткам составил $5,8 \cdot 10^6$ КОЕ/г, что на $0,8 \cdot 10^6$ КОЕ/г превышает максимальный допустимый уровень. Патогенные и санитарно-показательные микроорганизмы не обнаруживаются в течение 10-суточных лабораторных испытаний.

Проведен сравнительный анализ органолептических показателей исходного образца куриного фарша и барообработанного и определено содержание основных компонентов – белков и жиров как основных показателей, характеризующих свойство функционального назначения продуктов [19,20], а

также массовой доли влаги.

Показатели качества фарша куриного механической обвалки определены в соответствии с требованиями ГОСТ 53163-2008 Мясо птицы механической обвалки. Оценивались органолептические показатели: внешний вид, консистенция, цвет, запах и аромат бульона. Органолептическая оценка фарша, прошедшего обработку высоким гидростатическим давлением, показала стабильность всех органолептических показателей в течение 10 суток хранения на удовлетворительном уровне. К 7 суткам наблюдалось изменение аромата бульона: от очень приятного, ароматного сильного до недостаточно ароматного [21], что в целом не повлияло заметно на вкусовые достоинства продукта. Контрольный образец выдержал установленный производителем 5-суточный срок хранения, к 7 суткам произошло заметное снижение всех показателей, появились признаки гидролиза жира, изменился цвет поверхности.

В опытном образце фарша (на момент изготовления) массовая доля белка составила 14,41%, массовая доля жира 15,7%, массовая доля влаги 69,2%, что соответствует требованиям нормативных документов для данного вида продукции. В контрольных точках (5,7,10 сутки хранения) эти значения незначительно колебались, не превышая величин погрешностей соответствующих методов измерения. К концу срока хранения (10 суток) все значения также остались в пределах нормативных.

Таблица 2 – Динамика кислотного числа куриного фарша

Показатель/ ед.изм.	Контрольный образец				Опытный образец			
	фон	5 сутки	7 сутки	10 сутки	фон	5 сутки	7 сутки	10 сутки
Кислотное число, мг КОН/г	2,1±0,2	2,0±0,2	Не опр	Не опр	1,8±0,2	2,1±0,2	2,1±0,2	2,1±0,2

Полученные результаты согласуются с данными Е.В. Махачевой и П.Е. Влощинского [22]. Увеличение кислотного числа жира, обусловленное процессами гидролиза и накоплением свободных жирных кислот, является характерным для мясных продуктов, имеющих в своем составе куриный жир, и такие продукты в большей степени подвержены окислительной порче. Влияние обработки высоким давлением на скорость процесса окисления жира в исследованиях не установлено.

Вмешательством человека в окружающую среду обусловлена загрязненность пищевого сырья и продуктов токсичными веществами. Загрязненные пищевые объекты могут оказывать вредное воздействие на организм человека в силу нутриентного несоответствия потребностям организма или содержащихся в них ксенобиотиков. ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции» регламентирует содержание токсичных элементов в мясопродуктах и пестицидов, количе-

Динамика аналогичных показателей контрольных образцов не отличается от динамики опытных групп: все значения не выходят за рамки установленных стандартом значений.

Фарш (контрольный образец) имеет 2 контрольных точки (фон и 5 суток), т.к. органолептические показатели снижены к концу срока хранения, установленного производителем. В соответствии с методикой МУК 4.2.1847 пищевой продукт, снизивший минимальный допустимый уровень хотя бы по одному из показателей, не подлежит дальнейшей оценке. Таким образом, срок годности фарша (контрольный образец) не превышает 5 суток на основе органолептических и микробиологических показателей.

При производстве и хранении мяса и мясопродуктов возможны окислительные процессы в жире, скорость и направленность которых зависят от природных свойств сырья и условий окисления. Окислительная порча начинается с присоединения активированных молекул кислорода и образования перекисей и развивается по принципу цепных реакций.

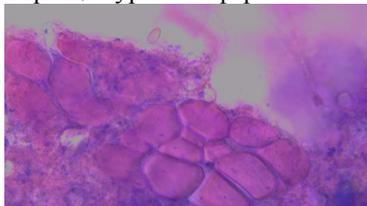
Массовая доля жира в исследуемом фарше составила (15,425±0,771%); куриный жир имеет в своем составе большое количество непредельных жирных кислот, чем обусловлена в немалой мере его нестойкость к окислительной порче.

Для определения влияния барообработки на процессы гидролиза жировых компонентов фарша в исследуемых объектах определено кислотное число, данные представлены в таблице 2.

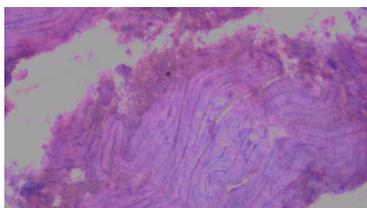
Значения, которые были определены нами в исследуемом фарше. Исследованиями установлено, что образцы фарша куриного механической обвалки, контрольный и опытный образцы содержали кадмий, мышьяк, ртуть, свинец и пестициды группы ДДТ и ГХЦГ в количествах, не превышающих предельно установленные концентрации техническим регламентом. Установлено, что обработка фарша в режиме высокого гидростатического давления не оказывает воздействия на количественное их содержание.

Структурированные системы имеют сплошной пространственный каркас, который образуется при определенной концентрации дисперсных частиц в результате их соприкосновения. Последнее вызывает проявление сил взаимодействия, которые определяют механическую прочность каркаса и его строение. По акад. А.П. Ребиндеру фарш является коагуляционной структурой, поскольку в нем присутствуют и частицы, и тончайшие

прослойки свободной и связанной влаги, где частицы взаимодействуют, слипаются между собой через эти прослойки дисперсионной среды. Дальнейшее исследование влияния высокого давления направлено на выявление изменений микроструктурного состава фарша. На рисунке 1 представлены изображения микроструктуры опытного образца куриного фарша.



а)



б)

Рисунок 1 – Микроструктура фарша (опытный образец): а) жировые клетки; б) мышечные волокна

Различий в микроструктуре контрольного и опытного образцов фарша не установлено. При малом и среднем увеличении в поле наблюдения преобладают мышечные волокна, а также жировые клетки и частицы, коллагеновые волокна, отверстия от воздушных полостей или капелек воды и водяные прослойки между частицами. Преобладающие в фарше золи и гели, образованные белками мышечной ткани, придают ему липкость и пластичность при высокой влагоемкости. При этом большая часть воды удерживается поверхностью частиц мяса как связанная с белковыми молекулами и иммобилизационная (в поверхностной пленке), другая часть поглощается. Поэтому при увеличении степени измельчения поверхность увеличивается быстрее, чем выделяется жидкость из разрушенных клеток, и влагоемкость возрастает. Помимо этого, взаимодействие между частицами фарша осуществляется посредством мостиков из белковых молекул, которые пронизывают видимые водяные прослойки и также имеют гидратную оболочку. При этом вода в фарше находится не в чистом виде, а насыщена белками, солями, т.е. представляет собой раствор [23].

Выводы и предложения. Полученные результаты свидетельствуют о том, что обработка фарша куриного механической обвалки высоким гидростатическим давлением в статичном режиме не несет какого-либо негативного влияния на свойства фарша, определяющие его качество, пищевую ценность и безопасность. Можно утверждать, что

обработка в заданном режиме задерживает гидролиз жировых компонентов, повышает стабильность белковых молекул, вследствие чего эти вещества дольше остаются в нативном состоянии, что, безусловно, предпочтительнее для сохранения качественного продукта и увеличения срока годности. Поскольку в содержании белка, жира и влаги не происходит видимых колебаний, можно говорить о щадящем действии барообработки на основные компоненты пищевых продуктов. Полученные данные согласуются с мнением японского исследователя Хаяси, который считает величины давления до 10^9 Па, не приводящими к разрыву или образованию новых ковалентных связей. Из-за этого высокомолекулярные соединения сохраняют первичную и вторичную структуру, а отсутствие разрушения ковалентных связей выгодно отличает барообработку от традиционной тепловой обработки. Следует отметить, что обработка высоким гидростатическим давлением не ведет к кулинарной готовности пищевого объекта.

Таким образом, данное исследование, проведенное в порядке, установленном МУК 4.2.1847-2004 для санитарно-эпидемиологической оценки и обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов, позволяет обоснованно увеличить срок годности фарша куриного охлажденного механической обвалки, изготовленного с применением данного режима барообработки, до 10 суток. Возможность увеличения срока годности, более чем 10 суток, выдвигается авторами как рабочая гипотеза дальнейших исследований фарша куриного механической обвалки, подвергнутого обработке высоким гидростатическим давлением в режиме 500 МПа и экспозиции 15 минут.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект №18-016-00082 «Влияние обработки высоким гидростатическим давлением (до 10000 атмосфер) на физические свойства, микробиологические показатели и сроки хранения различных пищевых продуктов»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Милеенкова Е.В. Мясной фарш – уникальный продукт для творчества//Все о мясе. – 2013. – №4. – С. 54–55.
2. Фарш куриный. Энциклопедия по продукту [Электронный ресурс]. URL: <https://agro24.ru/product/farsh-kurinyy/> (дата обращения: 12.11.2019).
3. Научное обеспечение птицеводства и птицепереработки за 85 лет. – Ржавки: 2014. – 504 с.
4. Абдуллаева А.М., Серегин И.Г., Никитченко В.Е. Микробиологический мониторинг коммерческих полуфабрикатов из мяса птицы // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2017. – Т. 12. – № 4. – С. 350–358.
5. Махонина В.Н. К вопросу оценки качества

мяса птицы механической обвалки// Птица и птицепродукты. – 2013. – № 1. – С.2–30.

6. Гуцин В. В. Технология полуфабрикатов из мяса птицы / В. В. Гуцин, Б. В. Кулишев, И. И. Маковеев, Н. С. Митрофанов. – М.: Изд-во «Колос», 2002. – 283 с.

7. James M. Jay, Martin J. Loessner, David A. Golden Modern food microbiology. – Springer US. – 2005. – P. 790.

8. Крисс А.Е. Жизненные процессы и гидростатическое давление. М.: Наука. – 1973. – 272 с.

9. Туменов С. Н. Обработка мясных продуктов давлением / С.Н. Туменов, А.В. Горбатов, В.Д. Косой. – М.: Агропромиздат, 1991 – 205 с.

10. Горбунова Н.А. О возможности использования высокого давления при производстве мясных продуктов / Н.А. Горбунова // Все о мясе. – 2012. – № 1. – С. 45–47.

11. Ликерт Т. Производство инновационных изделий из мяса с помощью высокого гидростатического давления (ВГД) / Т. Ликерт, М. Бадевин, Г. Форволд, Д. Алберс, С. Тёпфл, А. Кнох // Мясная индустрия. – 2014. – №1. – С. 14–18.

12. Шелихов П.В. Изучение применения высокого давления как экологически безопасного способа обработки пищевых продуктов / П.В. Шелихов, А.Д. Гладкая, И.А. Сасина // Сборник научных праць ВНАУ. – 2010. – №5 (45). – С. 217–221.

13. Hayman M. Effect of high-pressure processing on the safety, quality, and shelf life of ready-to-eat meats / M. Hayman, I. Baxter, P.J. Oriordan C.M. Stewart// J. of Food Prot. – 2004. – V.67. – No.8. – P.1709–1718.

14. Куткина М.Н. Инновационные технологии в производстве кулинарной продукции: монография / М.Н. Куткина, С.А. Елисеева, Е.Ю. Феденишина; СПбГГТУ. – Санкт-Петербург, 2014. – 80 с.

15. Обработка высоким давлением для обеспечения безопасности и длительности сроков хранения продуктов питания / Уринбаев М.Д., Кокумбекова Н.К. // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. Международный научный сборник. – Выпуск. М.: 2015. – С. 316–321.

16. Изучение применения высокого давления как экологически безопасного способа обработки пищевых продуктов / Шелихов П.В., Гладкая А.Д. // Безпека продуктів харчування та технологія переробки: Збірник наукових праць ВНАУ. – 2010. – № 5. – С. 217–221.

17. Винникова Л.Г. Применение высокого давления в качестве альтернативы тепловой обработки мяса птицы / Л.Г. Винникова, И.А. Прокопенко // Восточно-европейский журнал. – 2015. – № 3/10 (75). – С. 31–36.

18. ГОСТ 31490-2012. Мясо птицы механической обвалки. Технические условия. Введ. 2015-07-01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 9 с.

Статья поступила в редакцию 30.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 637.1

ВЛИЯНИЕ ДИГИДРОКВЕРТЕЦИНА НА СРОКИ ГОДНОСТИ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

© 2019

Погосян Давид Гарегинович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой переработки сельскохозяйственной продукции
Пензенский государственный аграрный университет

(440014, Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30, e-mail: pogosyan.d.g@pgau.ru)

Аннотация. Работа посвящена актуальному вопросу, связанному с разработкой функциональных кисломолочных продуктов с пролонгированным сроком годности. В проведённых лабораторных исследованиях было установлено, что применение дигидроквертецина (ДГК) при выработке сметаны за счёт проявления антиоксидантных свойств позволяет увеличить срок его годности независимо от содержания массовой доли жира (10 или 20%) в 1,9-2,3 раза. Внесение ДГК в процессе заквашивания позволяет увеличить численность молочнокислых микроорганизмов с 10^8 до 10^9 и гарантированно увеличить срок годности с 14 до 32 суток без изменения органолептических показателей. Внесение препарата в конце сквашивания не оказывает влияние на численность молочнокислых микроорганизмов, но увеличивает срок годности сметаны с 14 до 26 суток. Внесение ДГК при производстве творога отдельным способом в составе растопленного масла позволяет увеличить срок годности творога независимо от содержания массовой доли жира (5 или 18%) с 5 до 10 суток. При этом ДГК не приводит к увеличению количества молочнокислых микроорганизмов в твороге, сдерживает их численность и нарастание титруемой кислотности продукта в процессе хранения.

Ключевые слова: сливки, сметана, творог, дигидроквертецин, срок годности, сквашивание, молочнокислые микроорганизмы, функциональные продукты, технология производства.

THE INFLUENCE OF DIHYDROQUERCETIN ON THE EXPIRATION DATE WHOLE MILK PRODUCTS

© 2019

Pogosyan David Gareginovich, doctor of biological Sciences, Professor, head of the Department agricultural products processing
Penza State Agrarian University

(440014, Russia, Penza, Botanicheskaya St., 30, e-mail: pogosyan.d.g@pgau.ru)

Abstract. The work is devoted to the topical issue related to the development of functional fermented milk products with a prolonged shelf life. In laboratory studies, it was found that the use of dihydroquercin (DGK) in the development of sour cream due to the manifestation of antioxidant properties can increase its shelf life regardless of the content of the mass fraction of fat (10 or 20%) in 1,9-2,3 times. The introduction of DGK in the fermentation process allows to increase the number of lactic acid microorganisms from 10^8 to 10^9 and to increase the shelf life from 14 to 32 days without changing the organoleptic parameters. The introduction of the drug at the end of fermentation does not affect the number of lactic acid microorganisms, but increases the shelf life of sour cream from 14 to 26 days. The introduction of DGK in the production of cottage cheese in a separate way as part of melted butter can increase the shelf life of cottage cheese regardless of the content of the mass fraction of fat (5 or 18%) from 5 to 10 days. At the same time, DGK does not lead to an increase in the number of lactic acid microorganisms in the cottage cheese, it restrains their number and the increase in the titrated acidity of the product during storage.

Keywords: cream, sour cream, cottage cheese, dihydroquercetin, shelf life, fermentation, lactic acid microorganisms, functional products, production technology.

Введение. В настоящее время отечественная молочная промышленность приступает к производству инновационных продуктов питания, в которой особое место принадлежит продукции с антиоксидантными и функциональными свойствами. В связи с этим весьма актуальным может считаться использование природного антиоксиданта дигидрокверцетина при производстве наиболее распространённых кисломолочных продуктов питания. Литературные данные свидетельствуют, о том, что отечественный дигидрокверцетин по присущей ему высокой антиокислительной и биологической активности представляет собой поистине уникальный объект

с огромными перспективами использования в пищевой промышленности, в том числе молочной отрасли, в качестве антиокислителя для увеличения сроков годности в 2-3 раза и улучшения качества продукции [1,2,3].

Технология получения биофлаваноида – дигидрокверцетина (ДГК) из лиственницы сибирской была разработана в Институте биологического приборостроения РАН г. Пушкино. По своим свойствам его можно отнести к функциональным пищевым ингредиентам. ДГК – природный антиоксидант, который защищает высокожирные продукты питания от порчи и прогоркания за счет прерывания процесса окисления. Процесс

окисления жиров приводит к возникновению токсичных и канцерогенных веществ, при этом наиболее опасными из них являются свободные радикалы. Главная функция ДГК заключается в способности перехватывать и связывать свободные радикалы и препятствовать, тем самым, развитию патогенных процессов в организме. Внесение ДГК в рецептуру продуктов питания способствует торможению свободнорадикальных процессов и пероксидному окислению липидов клеточных мембран. Кроме того ДГК не токсичен, устойчив по отношению к температурным, механическим воздействиям, обладает высокой активностью и не оказывает отрицательного воздействия на вкусовые качества. Он так же является синергистом, усиливающим действие таких антиоксидантов как токоферолов, аскорбиновой кислоты, являясь донором водорода, необходимого для регенерации этих антиоксидантов. Кроме того ДГК является и хелатором ионов металлов, являющихся индукторами цепной реакции окисления липидов. Благодаря таким свойствам ДГК используется для увеличения сроков годности пищевых продуктов [4,5]. В настоящее время сроки годности продуктов питания являются определяющим фактором для реализации молочной продукции в крупных торговых сетях. Поэтому некоторые недобросовестные производители для увеличения годности своих продуктов используют синтетические антиоксиданты, регуляторы кислотности, консерванты, стабилизаторы, не указывая их наличие на упаковке продукта [6]. Для решения данной проблемы успешно можно применять использование ДГК, так как он помимо антиоксидантных свойств обладает уникальными биологическими свойствами. Введение ДГК в продукты питания позволяет использовать их в качестве профилактического средства для замедления процесса старения, для реабилитации после перенесенных заболеваний, при переутомлении и снижении защитных сил организма. Кроме того, ДГК показал свою высокую эффективность в качестве профилактического средства и при лечении сердечно-сосудистых и лёгочных заболеваний. Он является так же сильным иммуномодулятором, обладает гепато, гастро и нейропротекторными свойствами [1,7].

Однако, не смотря на многочисленные научные заключения, ДГК в продуктах питания производимых у нас в стране по воле чиновников не имеет такого широкого распространения. Компания «АМЕТИС» производитель ДГК не только прошла сертификацию в Евросоюзе, но и в США, Японии, Индии успешно проходит в Китае и других странах, но не в России. В итоге, ДГК активно применяется в Европейских странах при производстве различных видов йогурта, кефира, пахты, сухого молока, питьевых сливок, сметаны, сыров, масла сливочного, безалкогольных напитков, кондитерских изделий

на основе шоколада [8]. В России насчитывается крайне мало предприятий производимых молочные продукты с добавлением ДГК: агрохолдинг «МОЛПРОЕКТ», Москва (сметана 15 и 20%, сухое молоко, сгущённое молоко 8,5%, йогурт фруктовый), ОАО «Иркутский масложиркомбинат», г. Иркутск («Байкальская сметана 20%»), «Ростовский завод плавяных сыров» (Сметана 20%), ОАО «Вимм-Билль-Данн», г. Москва (напиток кисломолочный «Профилакт 120/80»), ООО «Пробиотик +», г. Москва (йогурт «утро-вечер», «Стимбифид» 2,5%), ООО «Биокор» (ТМ «Лактомир»), г. Новосибирск (биопродукт кисломолочный «Бифидум 791 БАГ с антиоксидантом»), ООО «Биопром», г. Киров (творог «Стимбифид» 9%) [5].

Эффективность применения дигидрокверцетина изучались на таких молочных продуктах, как сухое и цельное молоко, соево-молочные концентраты, сливочное масло, сгущенное молоко, йогурт, сыр. Были выпущены ряд патентов о применении ДГК в молочных продуктах питания. Однако более актуальным будет считаться его применение как антиоксиданта в высокожирных и скоропортящихся молочных продуктах, поэтому наши исследования были направлены на изучение возможности использования ДГК при выработке сметаны различной жирности и творога. В настоящее время разработан ГОСТ 33504-2015 где изложены все требования, которым должен соответствовать ДГК [9].

Цель исследований – изучить влияние природного антиоксиданта и функционального пищевого ингредиента дигидрокверцетина на качественные показатели и сроки годности сметаны и творога различной жирности при его внесении в процессе заквашивания и после сквашивания.

Материалы и методы исследования. В качестве объекта исследований применялась, сметана (с м.д.ж. 10 и 20%) произведённая термостатным способом и творог (с м.д.ж. 5 и 18%) полученный раздельным способом в лабораторных условиях. В качестве исходного сырья для производства сметаны и творога использовали сливки и обезжиренный творог ОАО Молочный комбинат «Пензенский». В контрольных и опытных образцах продуктов определяли органолептические показатели по общепринятым методам, массовую долю жира в определяли кислотным методом, титруемую кислотность – титрометрическим методом [10], количество молочнокислых микроорганизмов в сметане определяли по ГОСТ 10444.11-89 [11]. Порошок ДГК был представлен для лабораторных исследований компанией «Торговый Дом Биотехнологии» г. Москва.

Рекомендуемая норма внесения ДГК при производстве сметаны 20%-ной жирности, составляет 40 г на 1 тонну продукции. В производственных условиях при выработке сметаны ДГК растворяют в обрате с температурой не ниже

27°C в соотношении 1:30. Потом добавляют в бачок с нормализованной смесью и далее отправляют на дальнейшую обработку, пастеризацию [3,5,12].

Лабораторные исследования по изучению влияния дигидрохверцетина на качество и срок годности сметаны были проведены в условиях лаборатории переработки молока кафедры переработки с/х продукции Пензенского ГАУ. Для этого из пастеризованных сливок термостатным способом были приготовлены контрольные и опытные образцы сметаны с массовой долей жира (м.д.ж.) 10 и 20%, которые хранили при температуре $4 \pm 2^\circ\text{C}$. В одних опытных образцах (№1) ДГК вносили в сливки в процессе заквашивания, в других образцах (№2) после сквашивания в процессе перемешивания, до созревания. ДГК в количестве 40 мг/кг сливок предварительно растворяли в 10 мл тёплого молока. Исследования проводились в течение 35 суток в десяти контрольных точках: с интервалом 7 суток с 1 по 14 сутки и в дальнейшем через каждые 3 суток.

Вторая часть наших исследований была посвящена изучению влияния ДГК на срок годности и качественные показатели творога. В лабораторных условиях из обезжиренного творога в кашированной упаковке, со сроком годности 5 суток, были приготовлены контрольные и опытные образцы творога с массовой долей жира 5 и 18%. Для этого использовали растопленное крестьянское масло, и в него вносили водно-спиртовой раствор с ДГК из расчёта 1,2 мг на 1 кг творога (собственная модификация). Для лучшего распределения, ДГК растворяли вначале в растворе 96%-ного спирта, затем смешивали его с водой в соотношении 40:60. Водно-спиртовой раствор ДГК при температуре 27-30°C вносили в тёплое растопленное масло путём тщательного перемешивания. Исследования проводили в течение 10 суток хранения при температуре 2-6°C в 8 контрольных точках: первая – на 1-е сутки хранения, вторая – на 3-и сутки, третья – на 5-е сутки, четвертая и последующие – на 6-е и до 10-х суток ежедневно.

Результаты исследования и их обсуждение. В проведённых исследованиях было установлено, что в контрольных образцах сметаны независимо от жирности, показатели качества соответствовали требованиям нормативных значений по наличию на конец срока годности: живых молочнокислых микроорганизмов (не менее 10^7 КОЕ/г) и титруемой кислотности 74-78°Т (не более 100°Т по факту) в течении 14 суток с момента их производства (таблица 1). В контрольных образцах сметаны с 17 суток хранения было отмечено снижение общего количества молочнокислых микроорганизмов с 10^7 до 10^6 , хотя показатели титруемой кислотности оставались в пределах допустимых значений. Начиная с 20 суток хранения, появились

нежелательные изменения органолептических показателей сметаны: слабо выраженная горечь и незначительное расслоение консистенции. Эти изменения усиливались в процессе дальнейшего хранения в результате, которого на 26 сутки было выявлено присутствие нечистого вкуса, выраженной горечи и значительного расслоения консистенции в продукте. Однако при этом титруемая кислотность до 29 суток оставалась на уровне допустимых значений, а содержание молочнокислых микроорганизмов снижалось до 10^4 КОЕ/г. Следовательно, срок годности сметаны произведённой в лабораторных условиях из пастеризованных сливок при термостатном способе гарантированно составило 14 суток.

В опытных образцах сметаны №1 с добавлением ДГК в процессе заквашивания отмечалось увеличение численности молочнокислых микроорганизмов в конце сквашивания с 10^8 до 10^9 , содержание которых не снижалось в течение 7-14 суток хранения. Полученные нами результаты исследований согласуются с данными других учёных, которые установили, что ДГК оказывает стимулирующее воздействие на рост и развитие молочнокислых микроорганизмов [1,12,13,14]. При этом было отмечено, что с увеличением жирности продукта численность положительной микрофлоры снижалась несколько быстрее. С 35 суток хранения было отмечено снижение общего количества молочнокислых микроорганизмов до 10^6 , хотя показатели титруемой кислотности так же оставались в пределах нормы (86-89°Т). Нарастание кислотности в опытных образцах сметаны №1, происходило медленнее, чем в контроле и в опытных образцах сметаны №2. Так, например, нарастание титруемой кислотности сметаны контрольного образца на 14 сутки хранения в зависимости от м.д.ж. находилась в пределах 74-78°Т, что соответствовало кислотности сметаны с добавлением ДГК опытных образцов №1 на 23 сутки и №2 на 20-е сутки. Слабо выраженная горечь, и незначительное расслоение появились только на 38 сутки хранения.

В опытных образцах сметаны №2 при добавлении ДГК после сквашивания перед созреванием не было выявлено увеличение численности микроорганизмов, однако их содержание не снижалось в течение 26 суток хранения.

Следовательно, ДГК в данной ситуации проявлял только антиоксидантные свойства, т.е. независимо от того на какой технологической стадии производства сметаны данный препарат вносится, он защищает молочный жир от преждевременного окисления, тем самым увеличивает срок годности продукта [1]. С 29 суток хранения было отмечено снижение общего количества молочнокислых микроорганизмов до 10^6 и с 32- суток хранения появились отклонения от органолептических показателей.

Таблица 1 – Влияние ДГК на динамику качественных показателей сметаны с м.д.ж. 10 и 20%

Хранение, сутки	Контрольный образец	Внесение ДГК											
		при заквашивании (опытный образец №1)				после сквашивания (опытный образец №2)							
		КОЕ/см ³ (г)		Кислотность, °Т		КОЕ / см ³ (г)		Кислотность, °Т		КОЕ / см ³ (г)		Кислотность, °Т	
		м.д.ж 10%	м.д.ж 20%	м.д.ж. 10%	м.д.ж. 20%	м.д.ж 10%	м.д.ж 20%	м.д.ж 10%	м.д.ж 20%	м.д.ж 10%	м.д.ж 20%	м.д.ж. 10%	м.д.ж. 20%
1	10 ⁸	10 ⁸	68	65	10 ⁹	10 ⁹	68	64	10 ⁸	10 ⁸	68	66	
7	10 ⁸	10 ⁷	73	70	10 ⁹	10 ⁹	69	65	10 ⁸	10 ⁸	71	68	
14	10 ⁷	10 ⁷	78	74	10 ⁹	10 ⁸	72	68	10 ⁸	10 ⁷	74	70	
17	10 ⁶	10 ⁶	80	76	10 ⁸	10 ⁸	73	69	10 ⁷	10 ⁷	76	72	
20	10 ⁶	10 ⁶	85	80	10 ⁸	10 ⁸	75	70	10 ⁷	10 ⁷	77	73	
23	10 ⁵	10 ⁶	91	85	10 ⁸	10 ⁷	77	74	10 ⁷	10 ⁷	79	76	
26	10 ⁵	10 ⁵	97	91	10 ⁷	10 ⁷	79	77	10 ⁷	10 ⁷	82	79	
29	10 ⁴	10 ⁵	104	97	10 ⁷	10 ⁷	83	82	10 ⁶	10 ⁶	86	83	
32	10 ³	10 ⁴	111	101	10 ⁷	10 ⁷	87	85	10 ⁵	10 ⁵	91	89	
35	10 ³	10 ³	117	110	10 ⁶	10 ⁶	89	86	10 ⁵	10 ⁴	97	93	

При проведении исследований связанных с влиянием ДГК на срок годности творога, мы предложили свой способ внесения препарата. Для получения стандартного по составу творога с разной массовой долей жира, определённое расчётным путём масло с ДГК с помощью куттеров вносили в обезжиренный творог. Данный способ внесения ДГК считается наиболее целесообразным и способствует равномерному распределению ДГК по всей массе готового продукта. Поэтому предлагаемый нами способ внесения применительно для производства творога раздельным способом и особенно она будет актуальна при выработке творожных изделий. По нашему мнению при традиционной технологии производства творога, внесение ДГК в процессе заквашивания будет приводить к его потерям за счёт отхода определённой его части в сыворотку.

Органолептические показатели творога всех исследуемых образцов в первые пять суток не изменялись и соответствовали требованиям

Таблица 2 – Влияние ДГК на динамику качественных показателей творога с м.д.ж. 5 и 18%

Хранение, сутки	Контрольный образец				Опытный образец			
	м.д.ж. 5%		м.д.ж. 18 %		м.д.ж. 5%		м.д.ж. 18 %	
	КОЕ/см ³	Кислотность, °Т	КОЕ/см ³	Кислотность, °Т	КОЕ/см ³	Кислотность, °Т	Кислотность, °Т	КОЕ/см ³
1-3	10 ⁷	170	10 ⁷	136	10 ⁷	162	136	10 ⁷
5-7	10 ⁶	180	10 ⁶	136	10 ⁷	180	136	10 ⁷
8	10 ⁶	190	10 ⁶	144	10 ⁷	180	136	10 ⁷
9	10 ⁶	190	10 ⁶	144	10 ⁷	180	136	10 ⁷
10	10 ⁵	204	10 ⁵	146	10 ⁷	190	144	10 ⁷

При изучении микробиологических показателей было установлено, что концентрация молочнокислых микроорганизмов в готовом продукте на 3-и сутки во всех исследуемых образцах составила 10⁷ КОЕ/см³. В контрольных об-

стандарта. Начиная с 6-х суток хранения в контрольном образце творога 5%-ной жирности, появились нежелательные изменения в виде слабо выраженной горечи. Эти изменения усиливались в процессе дальнейшего хранения, в результате которого на 8-е сутки в данном образце было выявлено наличие нечистого вкуса и выраженной горечи, а в образце с массовой долей жира 18 %, появилась слабо выраженная горечь. В опытных образцах, с добавлением ДГК, органолептические показатели в течение исследуемых 10 суток не изменялись.

При определении динамики титруемой кислотности было установлено, что нарастание кислотности в опытных образцах творога происходило медленнее (таблица 2). Так за период проведения исследований титруемая кислотность опытного образца творога с массовой долей жира 5% повысилась на 20%, контрольного – на 11,8 %; опытного образца жирностью 18 % – на 7,4 %, контрольного – 5,8 %.

разцах снижение молочнокислых микроорганизмов до 10⁵ КОЕ/см³ происходило на 10 сутки хранения, что ниже допустимых значений. В образцах с добавлением ДГК, до 10-и суток хранения, содержание микроорганизмов находилось на уровне до

10^7 КОЕ/см³. Наличие в опытных образцах творога ДГК способствовало сохранению нормативных значений концентрации микроорганизмов в течение исследуемого периода хранения [15,16].

Таким образом, при производстве кисломолочных продуктов применение природного антиоксиданта дигидрохвертецина, позволяет увеличить срок годности: термостатной сметаны в 1,9-2,3 раза и творога полученного раздельным способом – в 2 раза независимо от содержания массовой доли жира в продуктах. Кроме того применение ДГК позволяет расширить линейку функциональных молочных продуктов лечебно-профилактической направленности и служит технологическим инструментом улучшения качества кисломолочных продуктов [17,18,19,20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Дигидрохвертецин и арабиногалактан – природные биорегуляторы в жизнедеятельности человека и животных, применение в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: монография / Ю.П. Фомичев, Л.А. Никанова, В.И. Дорожкин, и др. – М.: «Научная библиотека», 2017. – 702 с.
 2. Радаева И.А. Биофлавоноиды в молочной промышленности // Молочная промышленность. – 2008. – №3. – С.68–71.
 3. Применение дигидрохвертецина в пищевой промышленности / www.balinvest.lv > dgk > dgk-v-pishhevyh - produktah > params > post /дата обращения 22.11.2019.
 4. Филиппов С.В. Натуральные ингредиенты для производства функциональных продуктов / С.В. Филиппов, О.С. Козлова // Переработка молока. – 2010. – №7. – С.20–21.
 5. Влияние дигидрохвертецина на качество и сроки хранения молочных продуктов /www.dkv99.ru > pishchevaaya-promyshlennost > molochnaya-produktsiya / дата обращения 21.11.2019.
 6. Ветрова М. Дигидрохвертецин вместо консервантов // Общественно-политическая газета «Президент». – №3 (318). Октябрь 2016 года / prezidentpress.ru / дата обращения 22.11.2019.
 7. Плотников, М.Б. Лекарственные препараты на основе дигидрохвертецина / М.Б. Плотников, Н.А. Тюкавкина, Т.М. Плотникова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2005. – 228 с
 8. Орлов И. В России прошла первая межведомственная проверка рынка молочной продукции /prezidentpress.ru / дата обращения 21.11.2019.
 9. ГОСТ 33504-2015 Добавки пищевые. Дигидрохвертецин. Технические условия (с Поправкой).
 10. Погосян, Д.Г. Технология производства цельномолочных продуктов: практикум.– Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – 147 с.
 11. ГОСТ 10444.11-89 Продукты пищевые. Методы определения молочнокислых микроорганизмов: Методы микробиологического анали-
- за: Сб. ГОСТов. – М.: Стандартинформ, 2010.
12. Коренкова А.А. Влияние фитодобавок флавоноидной природы на показатели качества молочных продуктов: автореферат канд. дисс. / А.А. Коренкова. – Москва, 2006. – 23 с.
 13. Блинова Т.Е. Влияние дигидрохвертецина на молочнокислые бактерии / Т.Е. Блинова, Н.А. Радаева, А.Н. Здравовцева // Молочная промышленность. – 2008. – №4. – С.57–58.
 14. Решетник Е.И. Обоснование и разработка пищевых продуктов с применением дигидрохвертецина / Е.И. Решетник // Вестник Даль-ГАУ. – 2007. – Вып. 1. – С. 135–137.
 15. Яркина М.В. Творог функционального назначения с антиоксидантной композицией природного происхождения – «Белое наслаждение» / М.В. Яркина, А.В. Мамаев, А.П. Симоненкова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2014. – №2 (25). – С.66–74.
 16. Разработка рецептуры и технологии творога функционального назначения с использованием экологически безопасной композиции из антиоксидантов природного происхождения / М.В. Яркина, А.В. Мамаев // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В.М. Горбатова. 2 (2012). – № 2. – С. 206–212.
 17. Погосян Д.Г. Функциональные пищевые ингредиенты в молочных продуктах / Д.Г. Погосян, И.В. Гаврюшина // Переработка молока. – 2013. – № 3. – С. 24–26.
 18. Крючков В.В. Функциональные кисломолочные напитки: технология и здоровье: монография / В.В. Крючков, И.А. Евдокимов. Ставрополь: ГОУВПО «СевКавГТУ», 2007. – 91 с.
 19. Блинова Т.Е. Бактерицидные свойства дигидрохвертецина / Т.Е. Блинова, Н.А. Радаева, А.Н. Здравовцева // Молочная промышленность. – 2008. – №4. – С.60–63.
 20. Костыря О.В. О перспективах применения дигидрохвертецина при производстве продуктов с пролонгированным сроком годности / О.В. Костыря, О.С. Корнеева // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2015. – №4. – С.165–170.

Статья поступила в редакцию 01.11.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 656.2 + 06

ВЫВОД ЗАВИСИМОСТЕЙ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВНУТРЕННИХ ИСТОЧНИКОВ В КАБИНЕ КРАНА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ХОДУ

© 2019

Баланова Марина Васильевна, ведущий инженер*Ростовский государственный университет путей сообщения**(344068, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2, e-mail: fmv04@mail.ru)*

Аннотация. Кабины кранов на железнодорожном ходу, как и основное большинство кабин транспортных средств, представляют собой тонкостенные коробчатые оболочки прямоугольного профиля, внутри которых располагается рабочее место крановщика. Исследование процесса шумообразования в кабине на рабочем месте машиниста крана проводится при условиях, когда основные источники шума являются широкополосными излучателями, звуковое давление и звуковая мощность от различных источников определяются по принципу энергетического суммирования, замкнутый объем характеризуется средним значением коэффициента звукопоглощения. Шумовые характеристики внутри кабины формируются за счет одновременного воздействия источников воздушного шума (внутренних и внешних) и структурного шума, передаваемого через раму на элементы ограждения кабины.

Ключевые слова: источники шума, рабочее место, акустическая система, звуковое поле.

THE OUTPUT OF THE DEPENDENCY OF ACOUSTIC IMPACT OF DOMESTIC SOURCES IN THE CRANE CABIN ON RAILWAY TO THE COURSE

© 2019

Balanova Marina Vasilievna, Principal engineer*Rostov State University of railway engineering**(344068, Russia, Rostov-on-don, PL. Rostov Rifle Regiment Of the people's Militia St., 2, e-mail: fmv04@mail.ru)*

Abstract. Crane cabins on the railway track, as well as the majority of the cabins of vehicles, are thin-walled box shell rectangular profile, inside which is the workplace of the crane operator. The study of the process of noise formation in the cockpit at the workplace of the crane operator is carried out under conditions when the main sources of noise are broadband emitters, sound pressure and sound power from various sources are determined by the principle of energy summation, the closed volume is characterized by an average sound absorption coefficient. Noise characteristics inside the cabin are formed due to the simultaneous impact of air noise sources (internal and external) and structural noise transmitted through the frame to the elements of the cabin fence.

Keywords: noise source, workstation, speaker system, sound box.

Введение. Шум, воздействующий на машиниста крана на железнодорожном ходу можно разделить на несколько групп.

К первой относится шум, при движении крана, когда возникают динамические силы взаимодействия подвижного состава и железнодорожного пути, завихрения воздушных потоков при высоких скоростях. Уровни такого шума меняются в зависимости от профиля и участка железнодорожного пути, графика движения и др. Во время движения крана на железнодорожном ходу происходят соударения на неровностях поверхности колеса и рельса, взаимные удары автосцепных устройств [18-20]. Шум в данном случае представляет собой нестационарные случайные импульсные процессы [14-17].

Ко второй группе можно отнести шум от основного (дизель-генераторная установка, тяговые электродвигатели и редукторы) и вспомогательного (выпрямительные установки, вентиляторы охлаждения, электрические машины и вентиляционно-отопительная система кабины) оборудования крана. Так, например, уровень звуковой мощности вентилятора тесно

связан зависимостью с его параметрами, так как происходит в замкнутое пространство кабины [10-13]. У правильно спроектированного вентилятора преобладает шум аэродинамического происхождения, так как при увеличении скорости вращения колеса шум, создаваемый лопастями вентилятора, растет быстрее, чем его механическая составляющая.

Основная часть. Кабины кранов на железнодорожном ходу, как и большинство кабин транспортных средств, представляют собой тонкостенные коробчатые оболочки прямоугольного профиля, внутри которых располагается рабочее место крановщика. Исследование процесса шумообразования в кабине на рабочем месте машиниста крана проводится при следующих условиях [7-9]:

- основные источники шума являются широкополосными излучателями;
- звуковое давление и звуковая мощность от различных источников определяются по принципу энергетического суммирования;
- замкнутый объем характеризуется средним значением коэффициента звукопоглощения;
- шумовые характеристики внутри кабины фор-

мируются за счет одновременного воздействия источников воздушного шума (внутренних и внешних) и структурного шума, передаваемого через раму на элементы ограждения кабины.

Для акустической системы объекта исследования характерными особенностями формирования воздушной составляющей шума является следующее: звуковое поле в кабине машиниста крана формируется одновременным вкладом звука, излучаемого внутренними источниками L_1 , звука, пройденного из машинного отделения, который определяется звуковым излучением силовой установки L_2 , и звука, пройденного в кабину от внешних источников L_3 . Расчетная схема воздушной составляющей шума приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Расчетная схема воздушной составляющей шума

Источниками внутреннего шума в кабинах являются вентиляторы, кондиционеры, двигатели внутреннего сгорания. Их излучение происходит в замкнутое внутреннее пространство и уровни воздушного шума в кабине и моторном отделении определяются по формуле (1), на основе данных работы [1,с.250] которая, применительно к рассматриваемым в статье кабинам, примет следующий вид

Источниками внутреннего шума в кабинах являются вентиляторы, кондиционеры, двигатели внутреннего сгорания. Их излучение происходит в замкнутое внутреннее пространство и уровни воздушного шума в кабине и моторном отделении определяются по формуле (1), на основе данных работы [1,с.250] которая, применительно к рассматриваемым в статье кабинам, примет следующий вид.

$$L = L_{wi} + 10 \left(\lg \frac{0.04}{r^2} + \frac{S_i - \sum_1^{k*} \alpha_i S_i}{S \sum_1^{k*} \alpha_i S_i} \right) + 6. \quad (1)$$

где уровни звуковой мощности источников, дБ;
 r – расстояние от источника шума до расчетной точки, м;
– площадь внутренней поверхности, м²;
– площадь и коэффициент звукопоглощения соответствующего элемента кабины или машинного отделения.

Для моторного отделения L_{wi} уровни звуковой мощности силовой установки формула имеет вид:

$$L_w = 10 \lg(10^{0.1L_1} + 10^{0.1L_2} + 10^{0.1L_3}) \quad (2)$$

Зависимость уровней звуковой мощности в кабине машиниста крана, создаваемой акустическим излучением силовой установки, на основе данных работ Иванова Н.И. [2,с.223] приведено к следующему виду.

$$L_2 = L_w + 10 \lg \left(\frac{0.04}{r^2} + \frac{S_n - \sum \alpha_{in} S_{in}}{S_n \sum \alpha_{in} S_{in}} \right) \left(\frac{0.04}{r^2} + \frac{S_n - \sum \alpha_{in} S_{in}}{S_n \sum \alpha_{in} S_{in}} \right) - 3U_{nep} + 10 \lg \frac{S_k - 1.3 \sum_1 \alpha_{ik} S_{ik}}{S_k (S_k - \sum_1 \alpha_{ik} S_{ik})} + 10 \lg S_{пер} + 6, \quad (3)$$

где $3U_{nep}$ – звукоизоляция перегородки между кабиной и машинным отделением, дБ;
индексы n и k относятся к машинному отделению и кабине.

Для практических расчетов удобнее пользоваться уровнями звукового давления, а не звуковой мощностью, используя соотношения [2,с.223] между звуковым давлением, интенсивностью звука, звуковой мощностью, скоростью звука и плотностью воздуха. В этом случае зависимость уровней звукового давления примет вид

$$L_p = L_w - 10 \lg S_u \quad (4)$$

где L_p – уровни звукового давления, дБ;
 S_u – площадь источника звука, м².

К внешним источникам шума следует отнести доли выпуска шума двигателя внутреннего сгорания и доли шума системы «рельс-колесо». Вывод зависимостей уровней шума в кабине машинистов кранов основан на следующих допущениях: шум двигателя внутреннего сгорания проникает в кабину через боковые стенки и потолок.

Шум от системы «колесо-рельса» проникает в кабину через пол. На основе данных [2,с.223;3,с.216;4,с.200] работ зависимость для расчета воздействия внешних источников приведены к виду:

$$L = LP - 20 \lg r + 10 \lg(1 - \alpha_3) (14 + SkBk) - 3I_0 + 2,$$

где L_p – уровни звукового давления, излучаемые рельсом, дБ;

$3I_0$ – звукоизоляция остекления, дБ;

α_3 – коэффициент звукопоглощения верхнего строения пути, составляющее по данным работы [2,с.223]. Уровни звукового давления, создаваемые в кабине звуковым излучением выпуска двигателя внутреннего сгорания, то есть уровни шума пройденные через несущие элементы кабины, определяются по формуле:

$$L_1^* = L_w^* + 10 \lg \left(\frac{0.04}{r^2} + \frac{S_k - \sum_1^3 \alpha_i S_{ki}}{S_k \sum_1^3 \alpha_i S_{ki}} \right) - 10 \lg \frac{\sum_1^3 S_{ki}}{10 S_{ki} 10^{-0.1(3u_{ki} + t_{ki})}} + 6 \quad (5)$$

Уровни звукового давления, пройденные в кабину через элементы остекления, определяются по формуле:

$$L_2 = L_w + 10 \lg \left(\frac{0.04}{r^2} + \frac{S_k - \sum_1^3 \alpha_i S_{ki}}{S_k \sum_1^3 \alpha_i S_{ki}} \right) - 10 \lg \frac{\sum_1^2 S_{oi}}{\sum_1^2 S_{oi} 10^{-0.1(3u_{oi} + t_{oi})}} + 6 \quad (6)$$

где M_{ki} и M_{oi} – звукоизоляция элементов не

сушей части кабины и остекления, дБ;

S_{oi} – площадь соответствующего элемента остекления, м²;

t_{oi} – добавка к звукоизоляции соответствующего элемента ограждения кабины (таблица 1) [2, с.223]. Уровни шума, пройденные в кабину от системы

Таблица 1 – Дифференциальные поправки к звукоизоляции кабины

Расположение элементов ограждения к источнику	Элементы ограждения	Усредненные значения поправок, дБ в октавных полосах частот, Гц						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
0,1 < r < 2,0	Боковые стенки потолок	7	7	7	7	7	9	9
		7	7	7	7	7	9	9
		8	8	8	8	8	10	10
r < 2,0	Боковые стенки потолок	9	9	9	9	9	13	17
		9	9	9	9	9	13	17
		9	9	9	9	9	15	18

Таблица 2 – Коэффициент звукопоглощения отражающей поверхности

Отражающая поверхность	Коэффициент частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
бетон	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06
гравий	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06
песок	0,1	0,33	0,1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7

Тогда уровни звукового давления в кабине от воздействия акустического излучения внешних источников определяется как:

$$L_3 = 10 \lg(10^{0.1L_1} + 10^{0.1L_2} + 10^{0.1L_3}) \quad (8)$$

Выводы. Изучены закономерности формирования виброакустических характеристик в кабинах железнодорожных кранов на рабочих местах машинистов учитывающие одновременное воздействие воздушной составляющей, создаваемой внутренними и внешними источниками, а также компоновкой кузова и расположением источников относительно расчетной точки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Борисов Л.П., Гужас Д.Р. Звукоизоляция в машиностроении. – М.: Машиностроение. – 1990. – 250 с.
2. Иванов Н.И. Борьба с шумом и вибрациями на путевых и строительных машинах. – М.: Транспорт. – 1987. – 223 с.
3. Колесников И.В. Способы снижения шума и вибраций при проектировании, производстве и эксплуатации железнодорожного подвижного состава / И.В. Колесников, С.Ф. Подуст, С.С. Подуст, А.Н. Чукарин // Монография. – М.: ВНИИ-ТИ РАН. – 2015. – 216 с.
4. Месхи Б.Ч. Улучшение условий труда операто

«колесо-рельс», определяются как

$$L_{kn} = L_{w_{kn}} - 20 \lg R_{kn} + 10 \lg(1 - x_c) - 3u_{пол} + 10 \lg \left(\frac{0,04}{r^2} + 1 \right) - 2. \quad (7)$$

где R_{kn} – расстояние от колеса до расчетной точки, м;

$3u_{пол}$ – звукоизоляция пола, дБ;

x_c – коэффициент звукопоглощения отражающей поверхности (балластного слоя), приведен в таблице 2.

ров кранов путем снижения шума в кабинах (теория и практика) // Месхи Б.Ч., Вилинов И.Е., Чукарин А.Н., Богуславский И.В. // монография. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ. – 2010. – 200 с.

5. Финоченко Т.А., Переверзев И.Г., Баланова М.В. Физические факторы, воздействующие на надежность работы машинистов кранов на железнодорожном ходу // Надежность. – 2019. – №1. – С. 36–39. – DOI: 10.21683/1729-2646-2019-19-1-36-39.

6. Идентификация производственных факторов, влияющих на условия труда работников локомотивных бригад тепловозов и мотовозов / Т.А. Финоченко, И.А. Яицков, А.Н. Чукарин // Инженерный вестник Дона. – 2017. – №4. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4438.

7. Alekseev A. E., Tezadov, Y. A., & Potapov, V. T. (2013). The detection of an external acoustic impact on an optical fiber using a scattered-light interferometer. Technical Physics Letters, 39(1), 42–45. <https://doi.org/10.1134/S1063785013010033>.

8. Aramyan A. R. (2003). Acoustic impact on superluminescence in argon plasma. Journal of Experimental and Theoretical Physics Letters, 77(6), 276–279. <https://doi.org/10.1134/1.1577756>.

9. Belousova A. O., Golovanov A. N., & Matveev I. V. (2012). Impact of acoustic oscillations on thermal tornado stability. Thermophysics and Aeromechanics, 19(3), 397–402. <https://doi.org/10.1134/S0869864312030055>.

10. Boldyrev V.S., Fadeev G.N., Marguli, M.A., & Nazarenko B.P. (2013). Iodine-starch clathrate complexes under the impact of a low-frequency acoustic field. *Russian Journal of Physical Chemistry A*, 87(9), 1588–1591. <https://doi.org/10.1134/S0036024413090057>.
11. Eriksson E.J., Schaeffler F., & Sullivan K.P.H. (2007). Acoustic Impact on Decoding of Semantic Emotion. In C. Müller (Ed.), *Speaker Classification II: Selected Projects* (pp. 57–69). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74122-0_6.
12. Kalmring K., Roessler W., Schroeder J., Stiedl O., Bickmeyer U., & Bailey W.J. (1990). Importance of Tooth Impact Rate in Acoustic Communication in Bushcrickets. In F. G. Gribakin, K. Wiese, & A.V Popov (Eds.), *Sensory Systems and Communication in Arthropods: Including the First Comprehensive Collection of Contributions by Soviet Scientists* (pp. 248–253). Basel: Birkhäuser Basel. https://doi.org/10.1007/978-3-0348-6410-7_42.
13. Kawashima, K., Nishiura, N., Takano, M., & Nakayama, O. (1998). Ultrasonic Imaging of Spall Damage Under Repeated Plate Impact Tests with C-Scan Acoustic Microscope. In D. O. Thompson & D. E. Chimenti (Eds.), *Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation: Volume 17A* (pp. 1517–1522). Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5339-7_196.
14. Martens M.J.M. (1992). Sound Propagation in the Natural Environment, Animal Acoustic Communication and Possible Impact for Pollination. In M. Cresti & A. Tiezzi (Eds.), *Sexual Plant Reproduction* (pp. 225–232). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-77677-9_22.
15. Mishakin V.V, Kazhaev V.V, & Naumov M.Y. (2002). Combination of Methods of Impact Indenter and Acoustic Anisotropy for Assessing Fatigue Flaws in Metals. *Russian Journal of Nondestructive Testing*, 38(9), 667–671. <https://doi.org/10.1023/A:1022858122115>.
16. Paimushin V.N., & Gazizullin R.K. (2017). Static and Monoharmonic Acoustic Impact on a Laminated Plate. *Mechanics of Composite Materials*, 53(3), 283–304. <https://doi.org/10.1007/s11029-017-9662-z>.
17. Polimeno U., Meo M., Almond D.P., & Angioni S.L. (2010). Detecting Low Velocity Impact Damage in Composite Plate Using Nonlinear Acoustic/Ultrasonic Methods. *Applied Composite Materials*, 17(5), 481–488. <https://doi.org/10.1007/s10443-010-9168-5>.
18. Antulli C. (2006). Post-impact flexural tests on jute/polyester laminates monitored by acoustic emission. *Journal of Materials Science*, 41(4), 1255–1259. <https://doi.org/10.1007/s10853-005-4235-2/>
19. Shcherbakov I.P., Kuksenko V.S., & Chmel' A.E. (2012). Acoustic emission accumulation stage in compression and impact rupture of granite. *Journal of Mining Science*, 48(4), 656–659. <https://doi.org/10.1134/S1062739148040090>.
20. Xu F., Liu Y., Wang X., Brashaw B.K., Yeary L.A., & Ross R.J. (2019). Assessing internal soundness of hardwood logs through acoustic impact test and waveform analysis. *Wood Science and Technology*, 53(5), 1111–1134. <https://doi.org/10.1007/s00226-019-01122-y>.

Статья поступила в редакцию 15.09.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 331.45

**ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАБОТНИКОВ
В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР**

© 2019

Заровняев Александр Петрович, аспирант кафедры «Техносферная безопасность»*Горный институт СВФУ им. М.К. Аммосова**(677013, Россия, г. Якутск, ул. Кулаковского, 50, e-mail: zarovnyaev00@mail.ru)*

Аннотация. В статье освещены особенности влияния холодового фактора на производственную деятельность работников Республики Саха (Якутия). Рассмотрены процессы, возникающие в результате воздействия низких температур – переохлаждение и обморожение. Произведен анализ основных фаз переохлаждения. Определены степени обморожения. В результате проведенного эмпирического исследования, по мнению руководителей строительных организаций, лесозаготовительных предприятий, предприятий по ремонту автомобильных дорог г.Якутск, приведена структура заболеваний их работников. Выведена возрастная категория работников, подвергающихся заболеваниям при переохлаждении или обморожении. Выделены критерии установления патологических процессов, обусловленных длительным воздействием переохлаждения незначительного уровня. Выявлены основные пути, которые способствуют снижению уровня переохлаждения и заболеваемости, а также повышению безопасности труда.

Ключевые слова: руководитель, работник, заболевания, низкие температуры, переохлаждение, обморожение.

**WAYS TO REDUCE THE EMPLOYEE'S MORBIDITY UNDER
THE CONDITIONS OF LOW TEMPERATURES**

© 2019

Zarovnyaev Alexander Petrovich, graduate student of the department "Technosphere safety"*Mining Institute NEFU them. M.K. Ammosova**(677013, Russia, Yakutsk, Kulakovsky St., 50, e-mail: zarovnyaev00@mail.ru)*

Abstract. The article determines the significance of the low temperatures in which the labor activity of workers takes place. The changes resulting from exposure to low temperatures - hypothermia and frostbite are considered. The analysis of the main phases of subcooling is made. The degrees of frostbite is determined. As a result of an empirical study, according to the leaders of construction organizations, logging enterprises, and road repair enterprises in Yakutsk, the structure of the diseases of their workers is given. The age category of workers in Yakutsk exposed to diseases during hypothermia or frostbite has been derived. The main criteria for establishing pathological processes due to the prolonged exposure to subcooling of an insignificant level are identified. The main ways that contribute to lowering the level of hypothermia and morbidity, as well as improving occupational safety, have been identified.

Keywords: manager, employee, disease, low temperature, hypothermia, frostbite.

Введение. На сегодняшний день актуальным остается поиск путей совершенствования контроля по состоянию заболеваемости работников Республики Саха (Якутия) и внедрением эффективных профилактических технологий с учетом особенностей условий труда, поскольку состояние заболеваемости характеризует уровень социально-экономического, технического, культурного, нравственного развития государства. Так, в производственных условиях г. Якутск существуют профессии, где возможно общее переохлаждение всего организма (строители, находящиеся на открытых площадках; рабочие горнодобывающей, лесной промышленности; сплавщики леса; дорожные рабочие) или местные повреждения, преимущественно открытых участков тела, прежде всего, рук (рабочие рыбоконсервных заводов). В связи с этим, владельцам предприятий, на которых выполняются перечисленные работы, необходимо должным образом позаботиться о снижении уровня переохлаждения и заболеваемости своих сотрудников.

Анализ публикаций по теме исследования.

Всесторонним изучением профессиональной заболеваемости ученые занимались много лет. Исследованию состояния профессионального заболевания посвящены работы многих отечественных ученых, в частности: Т.Я. Биндюк [9], О.В. Бессчетнова [9], Н.В. Гречковская [4], Н.Ф. Измеров [5], В.А. Капцов [6], В.В. Косарев [7], А.И. Литвяков [8]. Отдельные проблемы рассмотрены в трудах Р.Е. Булата [2], Ю.Л. Воробьева [3], В.Г. Газимовой [1], Р.А. Дурнева [3], Е.П. Жовтяка [1], В.А. Пучкова [3], Н.А. Рослая [1], В.И. Стародубова [10]. Недостаточно раскрытыми являются пути снижения заболеваемости работников под влиянием низких температур.

Целью статьи является выявление путей снижения заболеваемости работников г. Якутск в условиях низких температур. Достижение поставленной цели обуславливает решение следующих задач: определить заболевания работников, вызванные влиянием низких температур; выделить критерии установления патологических процессов, обусловленных длительным воздействием переохлаждения незначительного уровня; выявить основные пути,

которые, по мнению руководителей предприятий, способствуют снижению уровня обморожения и заболеваемости, а также повышению безопасности труда.

Материалы и результаты исследований. В клинической картине изменений, возникающих в результате воздействия низких температур, выделяют переохлаждение и обморожение (общее переохлаждение тела, гипотермия, замерзание).

Холод как вредный фактор производственной среды неблагоприятно влияет на организм и производственную деятельность человека. Скорость и глубина переохлаждения зависят от: интенсивности и продолжительности действия холодного фактора; состояния организма человека; условий, в которых находится работник. Устойчивость организма к

переохлаждению снижается при физической усталости человека; переохлаждение скорее наступает в условиях высокой влажности воздуха или сильного ветра. В условиях длительного пребывания при низкой температуре воздуха может произойти общее переохлаждение организма (снижение температуры тела человека до 35°С и ниже) [1,с.12].

Переохлаждение является следствием нарушения теплового баланса и развивается в тех случаях, когда в организме человека теплоотдача превышает теплопродукции. То есть организм вырабатывает тепла меньше чем нужно для того, чтобы преодолеть холод. Вследствие этого температура тела постепенно снижается [3,с.42]. В процессе развития переохлаждения различают следующие фазы (таблица 1):

Таблица 1 – Фазы переохлаждения

Фаза	Описание
Компенсация	Терморегуляторные реакции организма имеют рефлекторный, приспособительный характер и направлены на предупреждение снижения температуры тела путем, с одной стороны, уменьшения теплоотдачи, а с другой – увеличением теплопродукции. Уменьшение теплоотдачи достигается прекращением выделения пота, сужением кровеносных сосудов кожи и мышц, уменьшением кровотока в них. Теплопродукция усиливается за счет повышения обмена веществ
Декомпенсация	Равновесие между теплопродукцией и теплоотдачей нарушается, преобладает теплоотдача, и поэтому развивается состояние патологической гипотермии. При этом имеет место гипоксия как результат нарушения дыхания и кровообращения. Это состояние усиливается нарушением микроциркуляции вследствие снижения тонуса сосудов, замедления кровообращения и ухудшения реологических свойств крови

*Составлено автором по данным [2;3;6;11]

Переохлаждение может вызвать обморожение, под которым понимают патологическую гипотермию, что сопровождается тяжелыми нарушениями функций организма (может привести к гибели).

При оказании домедицинской помощи различают 4 степени обморожения [11]:

1. У кожи пострадавшего бледный цвет, отечность незначительная, происходит снижение чувствительности или наступает ее полное отсутствие;

2. На участке обморожения наблюдается образование пузырей, для которых характерно наполнение жидкостью прозрачного или белого цвета; повышается температура тела, наступает переохлаждение;

3. Свойственно появление пузырей, которые наполнены темно-красной или темно-бурой жидкостью – наступает омертвление кожи; вокруг омертвевших частей кожи развивается воспалительный вал; характерно развитие интоксикации – переохлаждение, потоотделение, значительно ухудшается самочувствие, апатия;

4. Пузыри, образовавшиеся на месте обморожения, наполненные жидкостью черного цвета. Для пострадавшего характерны признаки шока. Развивается гангрена.

Для лиц, которые перенесли тяжелые формы гипотермии, присущи астенизация, гемиплегия, эпиплептические припадки, изменения со стороны психической сферы в виде психозов. Развитие осложнений способствует снижению иммунологической реактивности организма. Результатом является

пневмония, плеврит, заболевания воспалительного характера других органов и систем. Нередко наблюдается развитие трофических нарушений [10,с.3].

Вместе с тем, на сегодняшний день отсутствует необходимое количество материалов по мерам снижения обморожения и заболеваемости работников в условиях низких температур г. Якутск. В связи с этим, было проведено эмпирическое исследование, которое заключается в определении заболеваний, вызванных переохлаждением и обморожением; выделение критериев установления патологических процессов, обусловленных длительным воздействием переохлаждения незначительного уровня, а также выявление основных путей, которые, по мнению руководителей предприятий, способствуют повышению безопасности труда работников, недопущению переохлаждения и обморожения, что в результате приводит к снижению общего уровня заболеваемости.

Выборку составили 57 респондента, из которых 28 (или 49,1%) испытуемых руководители строительных организаций, 17 (или 29,8%) – руководители лесозаготовительных предприятий, 12 респондентов (или 21,1%) – руководители предприятий по ремонту автомобильных дорог г. Якутск (рисунок 1).

На основе проведенного анкетирования среди руководителей предприятий г. Якутск нами выяснены основные заболевания работников, вызванных переохлаждением и обморожением (рисунок 2).

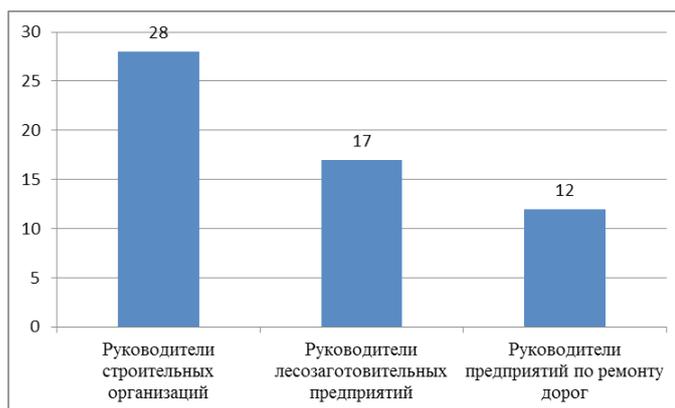


Рисунок 1 – Распределение респондентов в разрезе предприятий, чел.

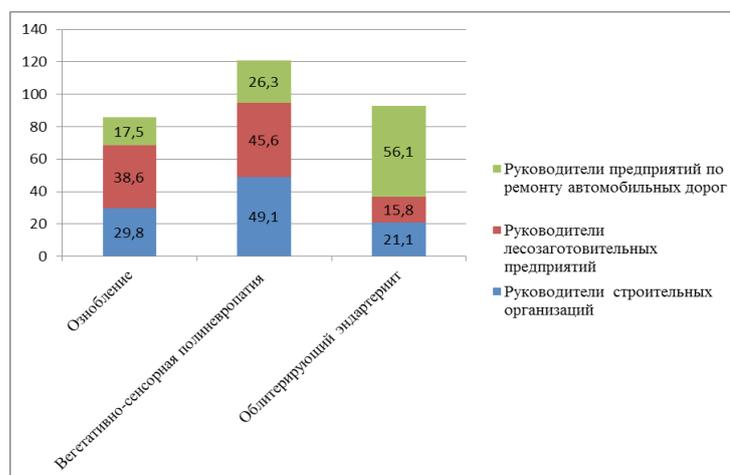


Рисунок 2 – Распределение респондентов по выявлению основных заболеваний работников г. Якутск, %

Как видно из рисунка 2, основными заболеваниями работников, вызванных переохлаждением и обморожением, являются ознобление (утверждает 17 респондентов или 29,8% – руководители строительных организаций; 22 респондента или 38,6% - руководители лесозаготовительных предприятий; 10 респондентов или 17,5% – руководители предприятий по ремонту автомобильных дорог); вегетативно-сенсорная полиневропатия (ангиотрофоневрозы) (утверждает 28 респондентов или 49,1% – руководители строительных организаций; 26 респондента или 45,6% - руководители лесозаготовительных предприятий; 15 респондентов или 26,3% – руководители предприятий по ремонту автомобильных дорог); облитерирующий эндартериит (утверждает 12 респондентов или 21,1 % – руководители строительных организаций; 9 респондентов или 15,8% – руководители лесозаготовительных предприятий; 32 респондента или 56,1% – руководители предприятий по ремонту автомобильных дорог).

В случае ознобления длительное воздействие холодного фактора на открытую кожу конечностей влечет дерматит. Острое ознобление проявляется покраснениями, сопровождается парестезиями, зудом, покалыванием. При благоприятных обстоятельствах через 1-2 дня все эти явления обычно проходят [11].

Если влияние холодного фактора повторяется неоднократно, ознобления становится хроническим. Ознобления, обусловленного длительным воздействием температуры от +10 до +14 °С, выделяют три стадии развития патологического процесса: эритематозную, цианотическую и стадию дерматита с образованием папул и узлов. Нередко все стадии сочетаются, а основными симптомами могут быть изменения кожи или наличие узлов. Основой таких изменений является повреждение кровеносных сосудов и нервных окончаний различной степени. Поражение кожи под воздействием холода наблюдают преимущественно у женщин, они локализируются на кистях, коленях и лишь иногда распространяются на предплечье, бедра и голени. При резких изменениях температуры окружающей среды ход болезни обостряется. Эти изменения сохраняются в течение всего периода влияния неблагоприятных внешних условий (холод, сырость) и на начальных стадиях развития исчезают после устранения холодного фактора [8,с.52].

В случае хронического воздействия умеренного, особенно с одновременным увлажнением конечностей, вследствие дистрофических изменений в нервных рецепторах, стволах, околососудистых сплетениях и сосудистой стенке развиваются хронические болезни периферийных нервов и сосудов. Наблюда-

ются два типа этих заболеваний. Если в профессиональной деятельности происходит только местное переохлаждение рук, болезнь имеет характер вегетативно-сенсорного полиневрита (ангиотрофоневроза) верхних конечностей. Повреждаются капилляры и прекапилляры, тогда как большие сосуды не испытывают поражения. В случае воздействия и местного, и общего переохлаждения, особенно в сочетании с увлажнением, сосудистая составляющая болезни становится более весомой - возникает нейроваскулит с поражением преимущественно нижних конечностей, который, в некоторых случаях заболевания, протекает по типу облитерирующего эндартериита. Кроме этого, длительное общее переохлаждение приводит к частым простудам, способствует повышению артериального давления с развитием гипертонической болезни [7, с.120].

Вегетативно-сенсорная полиневропатия (ангиотрофоневроз) – нарушение тонуса сосудов верхних конечностей с явлениями акроангиоспазма также могут возникнуть в результате длительного воздействия холодного фактора (холодовой ангиотрофоневроз). Если работа в условиях низких температур сочетается с физическими нагрузками верхних конечностей, то развитие нарушений сосудистой (капиллярной) системы сопровождается изменениями в других элементах опорно-двигательного аппарата и других структурах - нервах, связках, сухожилиях, мышцах пояса верхних конечностей. Это приводит к развитию периартрита, эпикондилита, артрита, а также вегетомиофасцикулита, неврита. В легких случаях после каждого, даже незначительного переохлаждения рук кожа пальцев белеет и теряет

чувствительность, работники чувствуют онемение, «ползания мурашек», затруднение движений. Профессиональные ангиотрофоневрозы умеренной степени проявления являются обратимыми процессами и хорошо поддаются лечению [5, с. 16].

Облитерирующий эндартериит возникает при длительном переохлаждении конечностей и встречается главным образом у дорожных работников, строителей. Клиническими признаками этого заболевания является побеление кожи пальцев, снижение кожной чувствительности, парестезии, затруднено движение конечностей и ослабление пульсации на периферических сосудах [9, с.73].

Различают четыре стадии облитерирующего эндартериита. На I стадии (спастической) у работников появляется боль, ощущение похолодания и онемение в конечностях, ослабление пульса на периферических сосудах. Такие явления могут наблюдаться достаточно длительное время, они периодически исчезают и снова появляются.

При второй стадии (ишемической) ангиоспастический синдром становится более постоянным и выраженным вследствие развития устойчивых структурных изменений в стенках сосудов. Существует угроза образования в стенках сосудов тромбов. Стадия III (некротическая) характеризуется образованием язв на конечностях, что обусловлено нарушением питания тканей. На IV стадии (гангренозной) наблюдается развитие сухой или влажной гангрены [4, с.59]. Распределение респондентов по определению возрастной категории работников г. Якутск, подвергающихся заболеваниям, приведено на рисунке 3.

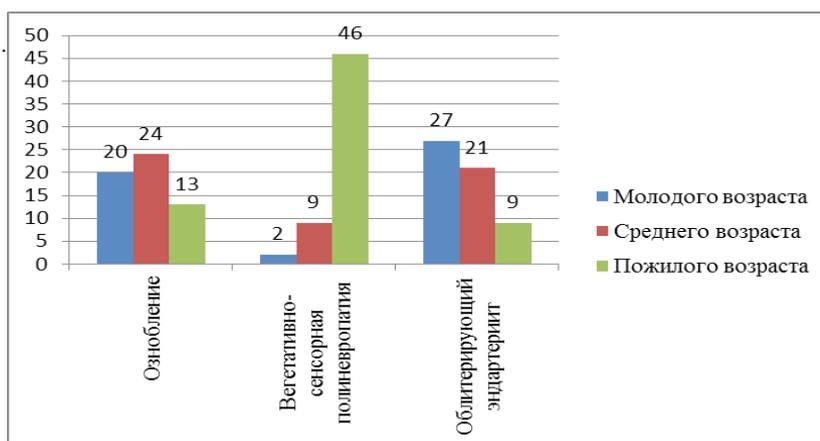


Рисунок 3 – Распределение респондентов по определению возрастной категории работников г. Якутск, подвергающихся заболеваниям, чел.

Как видно из рисунка 3, ангиотрофоневрозом болеют преимущественно лица пожилого возраста (по мнению 46 респондентов или 80,7%), что связано со стажем работы, тогда как озноблением и облитерирующим эндартериитом – работники преимущественно молодого (20 респондентов или 35,1% и 27 или 47,4% соответственно) и среднего возраста

(24 респондентов или 42,1% и 21 или 36,8% соответственно).

По мнению руководителей, основными критериями установления патологических процессов, обусловленных длительным воздействием переохлаждения незначительного уровня, являются (таблица 2):

Таблица 2 – Основные критерии установления патологических процессов, обусловленных длительным воздействием переохлаждения незначительного уровня

Вегетативно-сенсорная полиневропатия (ангиотрофоневрозы)	Облитерирующий эндартериит
1. Стаж работы более 10 лет в условиях интенсивного или тяжелого физического труда в холодном климате, имеющегося давления на мышцы, связки, сухожилия, их травмирование, воздействия вибрации, в т. ч., что не превышает предельно допустимых уровней инфразвука, контактного ультразвука, химических веществ	1. Стаж работы более 5 лет в условиях переохлаждения (низкая температура, высокая скорость движения ветра)
2. Выписка из амбулаторной карты за последние 5 лет с указанием обращений по поводу заболеваний, обусловленных физическим перенапряжением, переохлаждением и др. неблагоприятными факторами на производстве	2. Выписка из амбулаторной карты и справка ангиолога о нозологии заболевания, свидетельство об обращении и лечении по этому поводу.
3. Санитарно-гигиеническая характеристика с отражением в ней степени тяжести труда, особенностей микроклимата, уровней вибрации и др. неблагоприятных факторов, влияющие на работника	3. Санитарно-гигиеническая характеристика с отражением в ней степени тяжести труда, особенностей микроклимата, уровней вибрации и др. неблагоприятных факторов, влияющие на работника
Переохлаждающим микроклиматом считают такой, где: температура воздуха на рабочем месте ниже допустимой более чем на 5°C, скорость движения воздуха превышает допустимую более чем в 2 раза, работа на открытом воздухе, температура которого ниже -10 °С	Переохлаждающим микроклиматом считают такой, где: температура воздуха на рабочем месте ниже допустимой более чем на 5°C, скорость движения воздуха превышает допустимую более чем в 2 раза, влажность воздуха 80% и выше, работа на открытом воздухе, температура которого является ниже -15°C, без посредственного контакта с водой, температура которой является ниже 10 °С
Необходимо принимать во внимание: – региональные нагрузки – более 5000 кг для мужчин и более 4000 кг для женщин, общая нагрузка - более 46000 кгм для мужчин и более 28 000 кгм для женщин; – массу груза, который поднимают и перемещают: периодически - более 30 кг для мужчин и более 10 кг для женщин, постоянно - более 15 кг для мужчин и более 7 кг для женщин; – общую массу груза, который перемещают в смену: с рабочей поверхности - 870 кг для мужчин и более 350 кг для женщин, с пола - более 435 кг для мужчин и более 175 кг для женщин; – статическую нагрузку за смену в связи с удерживанием груза одной рукой - более 36000 кгс, двумя руками - более 70000 кгс, с участием мышц корпуса и ног - более 100 000 кгс	Необходимо принимать во внимание: – статическую нагрузку за смену в связи с удерживанием груза одной рукой – более 36000 кгс, двумя руками – более 70000 кгс, с участием мышц корпуса и ног – более 100 000 кгс
Установить впервые это профзаболевание после прекращения контакта с вредными факторами производства можно в течение ближайшего года, при наличии данных, подтверждающих клинические проявления патологии в период работы во вредных условиях, так как на более поздних этапах нет убедительных критериев дифференциального диагностирования выявленной патологии	В случае установления профзаболевания после прекращения работы в условиях низких температур в выписке из амбулаторной карты следует отразить частоту лечения по поводу облитерирующего эндартериита в период работы во вредных условиях, вывод ангиолога на тот период, рекомендации ЛКК о дальнейшей работоспособности, а также динамику патологии на время осмотра. Связь возможно в течение ближайших 5 лет с момента перехода на другую работу или прекращения работы вообще

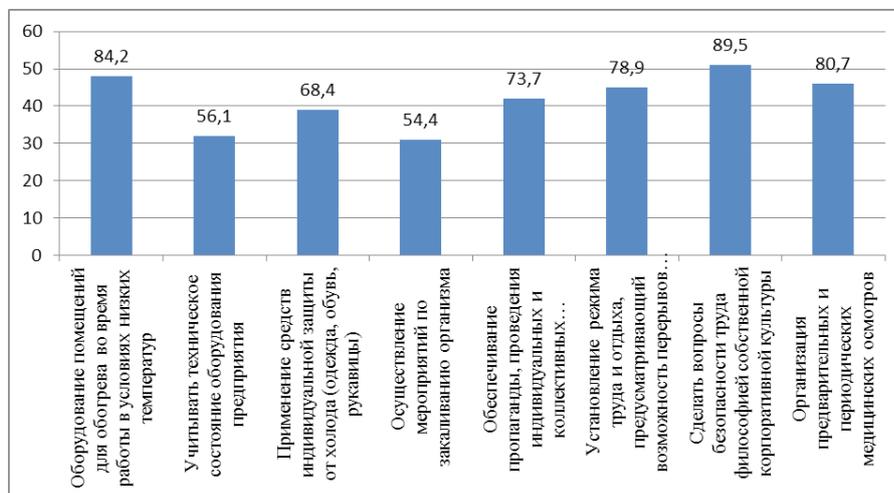


Рисунок 4 – Основные пути снижения переохлаждения и заболеваемости работников г. Якутск, %

Результатом проведенного эмпирического исследования также является определение основных путей по снижению уровня переохлаждения и заболеваемости работников г. Якутск в условиях низких температур (рисунок 4). Как видно из рисунка, 89,5% респондентов считают, что с целью снижения переохлаждения и заболеваемости работников г. Якутск, необходимо сделать вопросы безопасности труда философией собственной корпоративной культуры; 84,2% – проводить оборудование помещений для обогрева во время труда на открытом воздухе в условиях низких температур; температура воздуха в помещениях должна поддерживаться в пределах 21-24 °С; 80,7% – организовывать предварительные и периодические медицинские осмотры лиц, работающих в условиях воздействия низких температур; периодические медицинские осмотры проводить один раз в течение двух лет с участием терапевта, невропатолога и хирурга; 78,9% – устанавливать внутрисменный режим труда и отдыха, предусматривающий возможность перерывов для обогрева; 73,7% – обеспечивать пропаганду, проведение индивидуальных и коллективных мероприятий по защите работников; 68,4% – применять к работникам корпоративные средства индивидуальной защиты от холода – одежду, обувь, рукавицы; 56,1% – учитывать техническое состояние оборудования предприятия при определении основных задач работы; 54,4% – осуществлять мероприятия по закаливанию организма работников, адаптации его к пребывания в условиях холодного климата. Важно, что при предварительном осмотре лиц, которые трудоустраиваются, следует учитывать перечень противопоказаний для работы в условиях действия низких температур.

Заключение. Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. К изменениям, возникающим в результате воздействия низких температур, относятся переохлаждение и обморожение (общее охлаждение тела, гипотермия, замерзание).

2. В процессе развития переохлаждения различают две фазы (компенсация и декомпенсация).

3. Переохлаждение может вызвать обморожение, под которым понимают патологическую гипотермию, что сопровождается тяжелыми нарушениями функций организма. При оказании домедицинской помощи выделены четыре степени обморожения.

4. Основными заболеваниями работников г. Якутск, вызванных переохлаждением и обморожением, по мнению руководителей строительных организаций, по ремонту автомобильных дорог, а также лесозаготовительных предприятий, являются ознобление, вегетативно-сенсорная полиневропатия (ангиотрофоневрозы) и облитерирующий эндартериит. Установлено, что ангиотрофоневрозом болеют преимущественно работники пожилого возраста (по мнению 46 респондентов или 80,7%), что связано со стажем работы, тогда как озноблением и

облитерирующим эндартериитом – работники преимущественно молодого (20 респондентов или 35,1% и 27 или 47,4% соответственно) и среднего возраста (24 респондентов или 42,1% и 21 или 36,8% соответственно).

5. Критериями установления патологических процессов, обусловленных длительным воздействием переохлаждения незначительного уровня, являются: стаж работы, выписка из амбулаторной карты работника, Санитарно-гигиеническая характеристика с отражением в ней степени тяжести труда, особенностей микроклимата, уровней вибрации и др. неблагоприятных факторов, влияющие на работника.

6. Выделены основные пути снижения заболеваемости работников г. Якутск в условиях низких температур: оборудование помещений для обогрева во время труда на открытом воздухе; температура воздуха в помещениях должна поддерживаться в пределах 21-24°С (84,2% респондентов); организация предварительных и периодических медицинских осмотров работников, проведение периодических медицинских осмотров проводить один раз в течение двух лет с участием терапевта, невропатолога и хирурга (80,7%); установление внутрисменного режима труда и отдыха, предусматривающий возможность перерывов для обогрева (78,9%); обеспечение пропаганды, проведения индивидуальных и коллективных мероприятий по защите работников (73,7%); применение к работникам корпоративных средств индивидуальной защиты от холода – одежды, обуви, рукавиц (68,4%); проверка технического состояния оборудования предприятия при определении основных задач работы (56,1%); осуществление мероприятий по закаливанию организма работников, адаптации его к пребывания в условиях холодного климата(54,4%).

7. При предварительном осмотре лиц, которые трудоустраиваются, следует учитывать перечень противопоказаний для работы в условиях действия низких температур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Актуальные проблемы проведения предварительных, периодических и дополнительных медицинских осмотров работающих во вредных и (или) опасных условиях труда в зависимости от факторов профессионального риска / В.Г. Газимова, Н.А. Рослая, Е.П. Жовтяк [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2007. – № 3. – С. 11–14.

2. Булат Р.Е. Теория и практика формирования готовности работников строительных организаций к профессиональной деятельности: поиск, привлечение, оценка, подбор, наем, адаптация, обучение, аттестация, увольнение персонала, документирование кадровой работы / Р. Е. Булат, М. А. Мосин. – С-Пб.: Стройиздат, 2008. – 212 с.

3. Воробьев Ю.Л. Основы формирования культуры безопасности жизнедеятельности населе-

ния / Ю.Л. Воробьев, В.А. Пучков, Р.А. Дурнев; под общ. ред. Ю. Л. Воробьева. – М.: Деловой экспресс, 2006. – 316 с.

4. Гречковская Н.В. Новые организационные формы профпатологической помощи работающему населению // Сб. «Современная медицина: актуальные вопросы» XXIV научно-практ. конф., Новосибирск. – 2013. – № 24. – С. 58–62.

5. Измеров Н.Ф. Актуализация вопросов профессиональной заболеваемости / Н. Ф. Измеров // Здравоохран. Рос. Фед. – 2013. – № 2. – С. 14–17.

6. Капцов В.А. Оценка профессионального риска у работников транспорта / В.А. Капцов, В.Б. Панкова, М.Ф. Вильк // Гигиена и санитария. – М., 2011. – № 1. – С.54–57.

7. Косарев В.В. Профессиональные болезни : учебник / В. В. Косарев, С. А. Бабанов. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 368 с.

8. Литвяков А.И. Профессиональные болезни / А.И. Литвяков, А.Н. Щупакова. – Мн. : Тесей, 2005. – 232 с.

9. Профессиональные болезни: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений, обучающихся по специальности 033300 «Безопасность жизнедеятельности» / авт.-сост. Т.Я. Биндюк, О.В. Бессчетнова. – Балашов: Николаев, 2007. – 128 с.

10. Стародубов В.И. Сохранение здоровья работающего населения – одна из важнейших задач здравоохранения // Мед. труда и пром. экол. – 2005. – № 1. – С.1–8.

11. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rospotrebнадзор.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4570.

Статья поступила в редакцию 21.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 614

К ВОПРОСУ О ТРАЕКТОРИЯХ КАРЬЕРЫ ВЫПУСКНИКОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

©2019

Назарова Ольга Михайловна, кандидат педагогических наук,
доцент кафедры «Защита в чрезвычайных ситуациях»

Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (филиал)
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Володарского, 6, e-mail: nazarovaolgam@mail.ru)

Сайфетдинова Марьям Кяримовна, кандидат педагогических наук,
доцент кафедры «Защита в чрезвычайных ситуациях»

Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (филиал)
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Володарского, 6, e-mail: nazarovaolgam@mail.ru)

Гарькин Игорь Николаевич, кандидат исторических наук, магистрант
Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (филиал)
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Володарского, 6, e-mail: nazarovaolgam@mail.ru)

Антошкин Денис Иванович, магистрант
Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (филиал)
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Володарского, 6, e-mail: nazarovaolgam@mail.ru)

Аннотация. Материал представлен на основе социологического исследования, в котором рассматривается траектория развития выпускников направления подготовки, которых связаны с обеспечением безопасности в чрезвычайных ситуациях. Выявлены основные направления желаний развития выпускников после окончания ВУЗа. Репрезентативная выборка составила 100 человек. В результате исследование дало возможность утверждать, что большинство студентов удовлетворены уровнем обучения и подготовки в ВУЗе и планируют работать по полученной профессии или же продолжать обучение. И как следствие, студенты активно включаются в различного рода деятельность направленную на приобретение практических навыков и опыта работы, а так же проявляют готовность к участию в общественной работе. Выявленные пробелы в подготовке выступают мотивом к учебной деятельности и дополнительной самостоятельной работе по их восполнению. Таким образом, результаты социологического исследования траектории карьеры выпускников, говорят о дальнейшей разработке научных основ подготовки и обучения спасателей, оптимизации программ и методик трудоустройства выпускников.

Ключевые слова: выпускники, траектория развития, социологический опрос, чрезвычайные ситуации, трудоустройство.

TO THE QUESTION OF CAREER TRAJECTORIES OF GRADUATES OF THE DIRECTION OF TRAINING ON SAFETY IN EMERGENCY SITUATIONS

©2019

Nazarova Olga Mikhailovna, Candidate of Pedagogical Sciences,
Associate Professor of the Department "Protection in Emergency Situations"

Moscow State University of Technology and Management named after V.G. Razumovsky (branch)
(Russia, Penza, Volodarskogo St., 6, e-mail: nazarovaolgam@mail.ru)

Sayfetdinova Maryam Kyarimovna, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
of the Department "Protection in Emergency Situations"

Moscow State University of Technology and Management named after V.G. Razumovsky (branch)
(Russia, Penza, Volodarskogo St., 6, e-mail: nazarovaolgam@mail.ru)

Garkin Igor Nikolaevich, Candidate of Historical Sciences, Undergraduate
Moscow State University of Technology and Management named after V.G. Razumovsky (branch)
(Russia, Penza, Volodarskogo St., 6, e-mail: nazarovaolgam@mail.ru)

Antoshkin Denis Ivanovich, Undergraduate
Moscow State University of Technology and Management named after V.G. Razumovsky (branch)
(Russia, Penza, Volodarskogo St., 6)

Abstract. The material is presented on the basis of a sociological study, which examines the trajectory of development of graduates of the direction of training, which are associated with security in emergency situations. The main directions of professional development of graduates after graduation are revealed. The representative sample was 100 people. As a result, the study made it possible to assert that the majority of students are satisfied with the level of education and training at the University and plan to work in the profession or continue training. And as a result, students are actively involved in various activities aimed at acquiring practical skills and work experience, as well as show willingness to participate in public work. The identified gaps in training serve as a motive for educational activities and additional independent work to fill them. Thus, the results of sociological research of career trajectory of graduates, speak about further development of scientific bases of training and training of

rescuers, optimization of programs and methods of employment of graduates.

Keywords: graduates, development trajectory, sociological survey, emergency situations, employment.

Введение. Современное состояние рынка труда требует от соискателей (выпускников ВУЗов) быть конкурентоспособным специалистом. Такой специалист должен иметь представление о своём будущем; четко представлять место своей работы; иметь набор компетенций и уметь применить на практике знания, полученные в период теоретической подготовки и в идеале иметь стаж работы по специальности.

Цель работы: реализовать социологическое исследование (в форме анкетирования) с целью изучения отношения выпускников к их дальнейшему развитию.

Материалы и результаты исследований. Опрос проводился среди студентов Пензенского государственного университета архитектуры и строительства. Практическая значимость данного опроса состоит в использовании полученных результатов в совершенствовании деятельности работников кафедр и специализированных структурных подразделений с ВУЗа по улучшению методик

трудоустройства выпускников. В опросе приняли участие обучающиеся старших курсов направления «Техносферная безопасность» (бакалавриат и магистратура). Репрезентативная выборка составила 100 человек, из которых 49% – юноши и 51% – девушки (рисунок 1).

Во-первых, в рамках опроса устанавливалась траектория дальнейшего развития учащихся. Так – 54% опрошенных планируют искать работу по специальности; заняться предпринимательской деятельностью и продолжить образование планируют по 16% соответственно, посвятить себя семье планируют 6%, не определились с выбором 8% [1,2,19] (рисунок 2).

Работать по специальности после окончания обучения в плане большинства опрошиваемых – 70%, не собираются всего – 8%, и не определились – 22% (рисунок 3).

Фактически основная масса выпускников имеет интерес к своей профессии и успешно проходит профессиональную адаптацию [11,12,16].

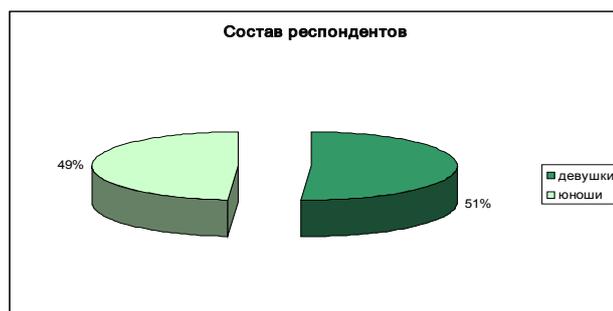


Рисунок 1 – Состав респондентов

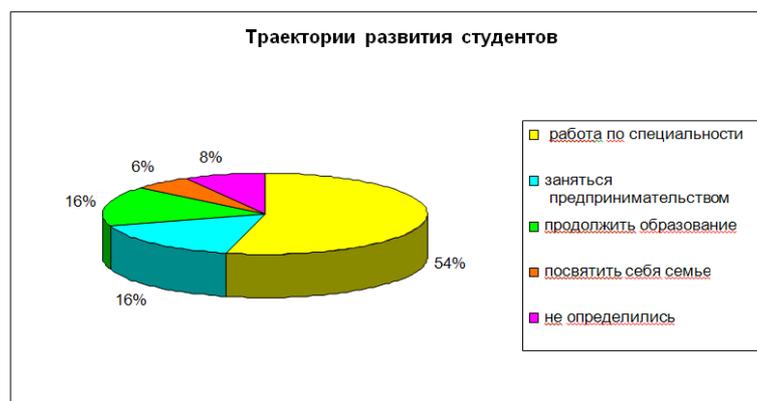


Рисунок 2 – Планы студентов на будущее

Во-вторых, исследовались факторы выбора будущего места работы. Результат опроса показали, что наибольшее значение при выборе работы имеет материальный фактор (39%).

Следующими по значимости оказались самореализация и карьерный рост (24% и 23%), и только

для единиц важно общественное признание и возможность принести пользу людям (по 4% соответственно) (рисунок 4).

Очевидно, что на выбор в будущем места работы, главным образом будет влиять размер предлагаемой заработной платы [8,9,10,17].



Рисунок 3 – Распределение ответов студентов на вопрос желают ли они работать по специальности после обучения

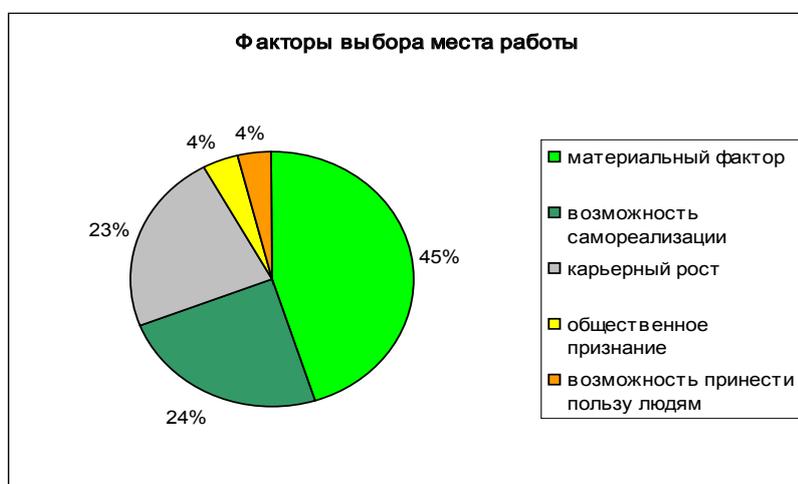


Рисунок 4 – Факторы выбора места работы

Важным фактором при поиске работы является профессиональная компетентность специалистов, поэтому анкета включила вопрос о мнении студентов касательно соответствия подготовки требованиям работодателей.

Профессиональная подготовка почти соответствует требованиям, предъявляемым специалистами вашего профиля на рынке труда.

Вариант «соответствует полностью» выбрали 27%, «не соответствует» 1%, и 2% затруднились при ответе на вопрос (рисунок 5).

Респонденты в основном (70%) указали, что про-

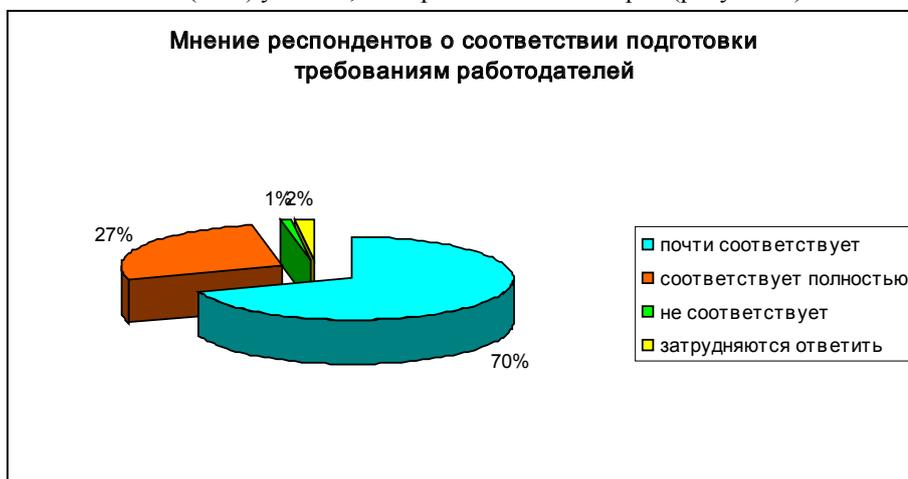


Рисунок 5 – Мнение респондентов о соответствии подготовки требованиям работодателей

Наиболее эффективным способом поиска работы, по мнению большинства, является помощь родственников, друзей и знакомых (47%); СМИ, интернет, объявления выделили 24%, самостоятельное обращение к работодателям 29% (рисунок 6). Полученные данные можно объяснить особенностями российского менталитета [6,7,14].

Анкетирование позволило выявить мнение студентов о наиболее важных, качествах специалистов, способствующих успешному трудоустройству. В качестве основных требований работодателей при

приеме на работу были выделены и представлены на рисунке 7: наличие опыта работы (36%), хороший уровень знаний и подготовки (30%), желание работать (17%), умение подать себя (7%), затруднились при ответе на вопрос – 10% [11,12].

Как и ожидалось, большинство респондентов (69%) не имеют опыта работы по профессии, имеют опыт – 31% из опрашиваемых (рисунок 8). Скорее всего, они и считают, что опыт работы является конкурентным преимуществом при приеме на работу [3,4,13].

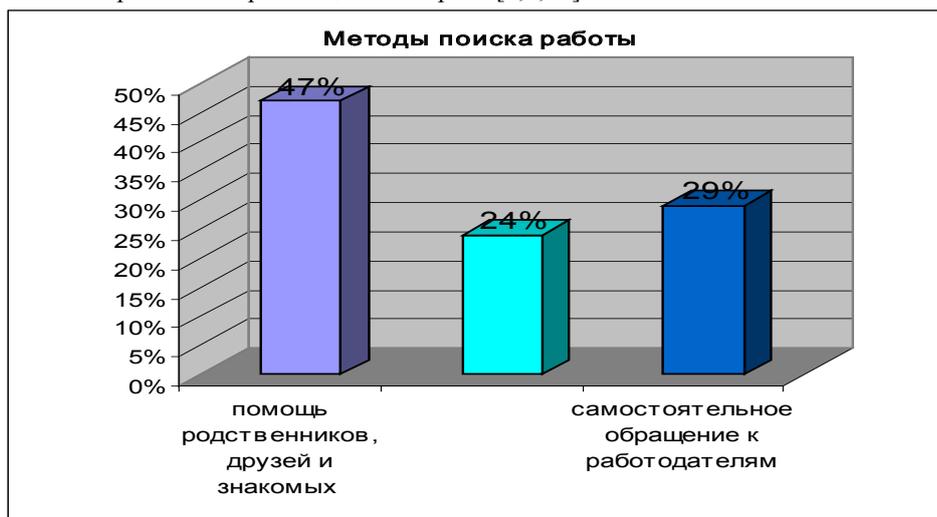


Рисунок 6 – Методы поиска работы

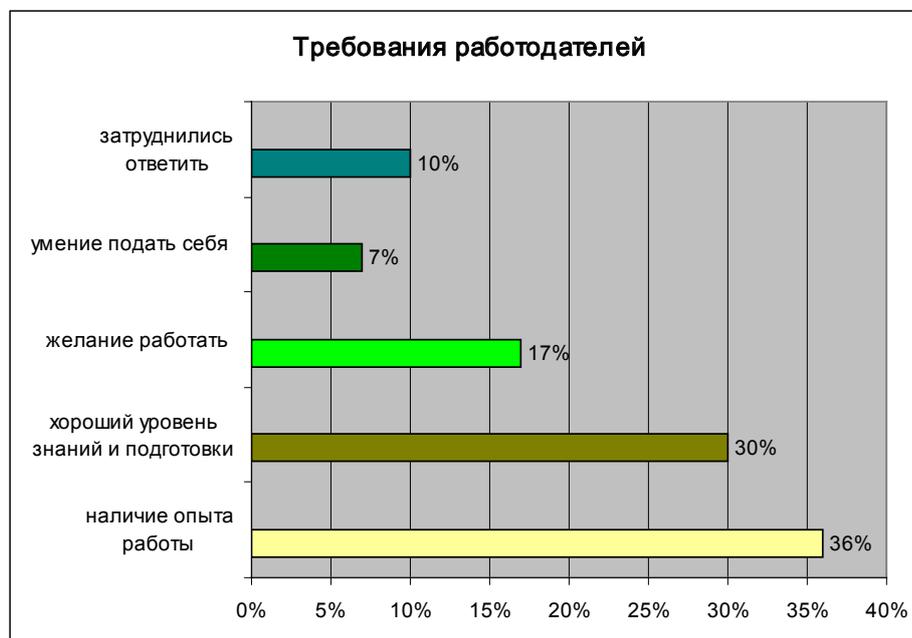


Рисунок 7 – Требования работодателей

Несмотря на отсутствие реального опыта работы, все студенты проходили производственную практику на предприятиях. Основными результатами практики обучающиеся считают: убежденность в правильности выбора профессии (35%); формальность практики (19%); обнаружение пробелов

в специальной подготовке (18%); трудоустройство (8%); разочарование в профессии (2%) (рисунок 9). Выявленные пробелы в подготовке выступают мотивом к учебной деятельности и дополнительной самостоятельной работе по их восполнению [5,7,11,18].

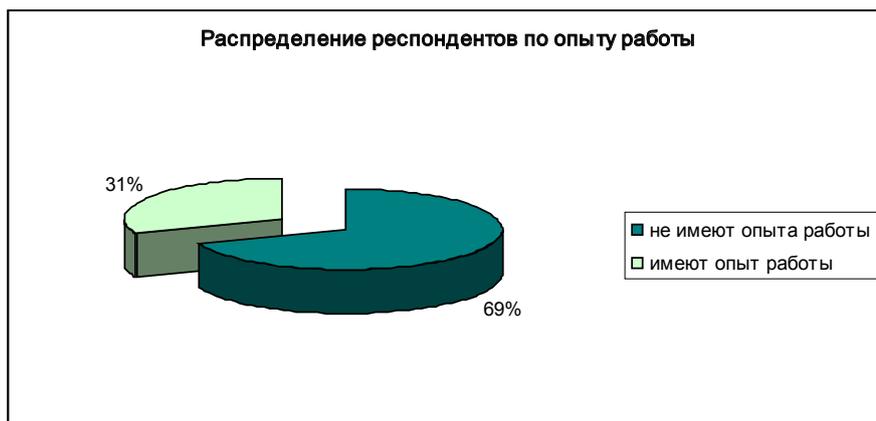


Рисунок 8 – Распределение респондентов по наличию опыта работы

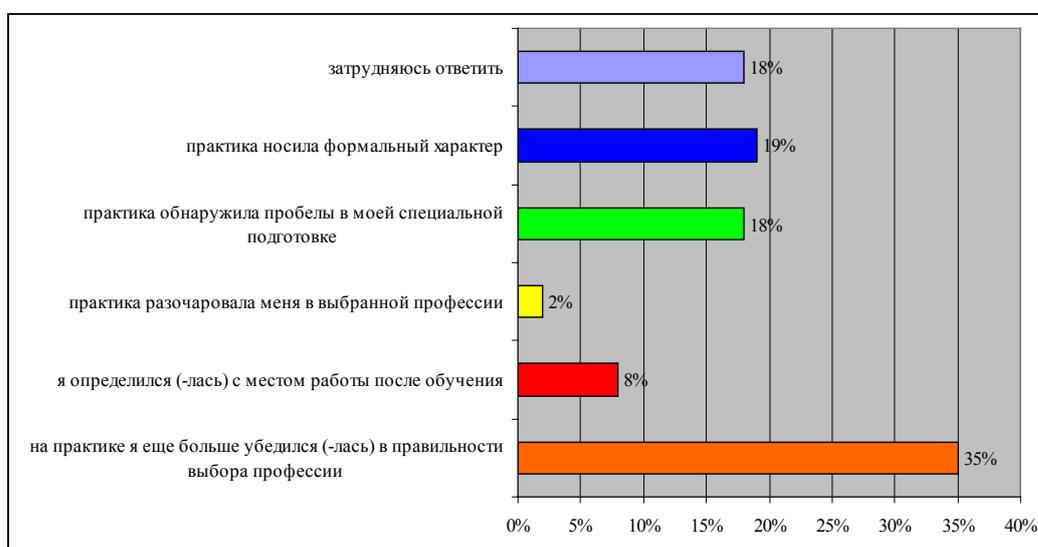


Рисунок 9 – Мнение студентов об итогах прошедшей практики

Выводы. Итак, результаты опроса показали, что в целом студенты удовлетворены уровнем обучения и подготовки в ВУЗе и планируют работать по полученной профессии или же продолжать обучение. Опыт работы респонденты выделили как наиболее важный конкурентный фактор на рынке труда. В связи с этим, студенты по большей части активно стараются приобретать практические навыки и опыт работы, готовы к участию в общественной работе. Таким образом, результаты социологического исследования траектории карьеры выпускников специальности ЧС, говорят о дальнейшей разработке научных основ подготовки и обучения спасателей, оптимизации программ и методик трудоустройства выпускников. Увеличение зачетных единиц в образовательных программах на приобретение опыта и практического навыка в соответствующих подразделениях обеспечит трудоустройство выпускников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Аврамова Е.М, Беляков С.А., Логинов Д.М, Полушкина Е.А. Механизмы трудоустройства рос-

сийской молодежи. М.: Дело, 2017.

2. Болдырев С.А., Гарькин И.Н., Медведева Л.М. Адаптация студентов в строительном ВУЗе: социологический аспект // Региональная архитектура и строительство. – 2017. – №1. – С.84–90.

3. Болдырев С.А., Гарькин И.Н., Медведева Л.М. Формы работы центра практики студентов и содействия трудоустройству выпускников // Региональная архитектура и строительство. – 2016. – №3. – С.187–191.

4. Виноградов О.С., Виноградова Н.А., Кадакина Н.А., Малюкова И.О. Подготовка специалистов в области «Техносферной безопасности» в высшей школе // В сборнике: Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве Материалах Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 176–179.

5. Виноградова Н.А., Виноградов О.С. Приоритетные направления развития науки и образования // Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение. – 2017. – 280 с.

6. Виноградова Н.А., Виноградов О.С. Роль внеурочных занятий для совершенствования про-

фессиональных компетенций студентов направления «Техносферная безопасность» // Всероссийская очная конференция «Педагог XXI века»: Uri: <https://mir-olimpiad.ru/konferentsii/31-vsrossiiskaya-ochnaya-konferentsiya-pedagog-xxi-veka/#spisok>.

7. Гарькин И.Н. Управление ВУЗом: подразделение по трудоустройству выпускников и студентов // Вестник Костромского государственного университета. Серия Педагогика. Психология. Социокинетика. – 2018. – №2. – С.100–103.

8. Гарькин И.Н., Агафонкина Н.В., Медведева Л.М. Опыт реализации проекта по трудоустройству студентов «RusWorks» // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2016 – №3. – 146–150.

9. Гарькин И.Н., Медведева Л.М., Абакаров А.Д., Назарова О.М. Обеспечение кадрами строительных специальностей предприятий в сельской местности // «Успехи современной науки и образования». Международный научно-исследовательский журнал. Изд-во г. Белгород. – №7, Т.1. – 2016. – С. 10–12.

10. Гарькин И.Н., Медведева Л.М., Назарова О.М. Отношение студентов к предпринимательству: результаты социологического исследования // Вестник Костромского государственного университета. Серия Педагогика. Психология. Социокинетика. – 2017. – №2. – С.107–110.

11. Гарькин И.Н., Назарова О.М. Информационное сопровождение центров трудоустройства выпускников Вузов // NEWS OF SCIENCE AND EDUCATION. Изд-во Publishing House «Education and Science» s.r.o, Прага. – Т.5, №1. – 2018. – С.6–8.

12. Гарькин И.Н., Назарова О.М. Общественные организации и Вуз: опыт сотрудничества // News of Science and Education. 2018. Т. 5. № 1. С. 060-062.

13. Гарькин И.Н., Назарова О.М. Системный подход к проблеме трудоустройства студентов и выпускников // News of Science and Education. 2018. Т. 5. № 1. С. 63–65.

14. Гарькин И.Н., Назарова О.М. Университетские центры трудоустройства: реализация коммерческих услуг // News of Science and Education. 2018. Т. 5. № 1. С. 57–59.

15. Гарькина И.А., Гарькин И.Н. Методы формирования кадрового резерва для органов государственной власти (на примере Пензенской области) // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4; URL: <http://www.science-education.ru/118-14441> (дата обращения: 29.08.2014).

16. Еремкин А.И., Худяков В.А., Савенкова Ю.С., Петренко В.О. Система содействия трудоустройству выпускников Вуза в современных условиях на рынке труда // Alma Mater, №2. – 2010. – С.45–49.

17. Казаков В.А., Бареева Р.З., Сайфетдинова М.К. Роль производственной практики в формировании профессиональных навыков спасателей // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного университета. – 2010. – №3(106). – С.231–236.

18. Коземаслов Н.Д. Проблемы трудоустройства

студентов и выпускников ВУЗа // Молодежный научный форум: Общественные и экономические науки: электр. сб. ст. по мат. XXXIX междунар. студ. науч.-практ. конф. № 10(39). URL: [https://nauchforum.ru/archive/MNF_social/10\(39\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/MNF_social/10(39).pdf).

19. Попова Н.В., Голубкова И.В. Проблема трудоустройства выпускников // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=15510>.

Статья поступила в редакцию 29.09.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 628.58

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕНОСНЫХ ПОЖАРНЫХ ДЫМОСОСОВ

© 2019

Григорьев Алексей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры АГПС
МЧС России

(115419, Россия, г. Москва, ул. Шаболовка, 14, e-mail: Lcurina@mail.ru)

Макаренко Алексей Игоревич, помощник оперативного дежурного СПТ и АСР по ТиНАО
ГКУ «ПСЦ»

(115419, Россия, г. Москва, ул. Шаболовка, 14, e-mail: makarne@list.ru)

Левин Вячеслав Анатольевич, помощник начальника караула ПСЧ-8
ФГКУ «2 ОФПС ЯО»

(115419, Россия, г. Москва, ул. Шаболовка, 14, e-mail: Ds22004@mail.ru)

Протасова Елена Валерьевна, магистрант

*Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (филиал)
(Первый казачий университет)*

(440026, Россия, г. Пенза, улица Володарского, 6, e-mail: woinova53@mail.ru)

Аннотация. В статье авторами рассмотрена возможность модернизации переносных пожарных дымососов с помощью частотного преобразователя. Пожарные дымососы предназначены для нормализации воздушной среды при пожаре в помещениях, путем подачи воздуха и удаления продуктов горения, а также для получения высокократной пены и транспортирования ее по рукавам к очагу пожара. Возможность обеспечения безопасной работы пожарных и спасателей, а также обеспечение проведения максимально эффективной эвакуации пострадавших, приводит к необходимости использования всех доступных средств. Спасение людей в чрезвычайной ситуации, связанной с пожарами, в том числе включает в себя необходимость преодоления сильного задымления. Часто, задымление не просто снижает видимость, но и является источником повышенной опасности, т.к. может содержать токсичные для дыхания компоненты и продукты горения. При этом, снижение концентрации дыма при помощи дымососов способно серьезно снижать температуры в помещении, где происходит возгорание. Все эти факты подтверждают высокое значение использования дымососов при пожарах в небольших помещениях подвального и чердачного типа. Неоценимый вклад этих устройств связан с возможностью относительно быстрой расчистки территории от едких продуктов горения и обеспечение прохода пожарных к месту нахождения пострадавших. Целью работы этой техники является создание безопасных условий при тушении пожара, то есть удаление и последующий выброс дыма наружу. Данный вариант применяется при удалении воздуха из верхней точки помещения. Приведены результаты эксперимента по использованию модернизированного вентилятора при тактической вентиляции в вытяжном режиме. Проведен сравнительный анализ дымоудаления при работе базовой и модернизированной версии дымососа марки ДПЭ-7.

Ключевые слова: пожарный вентилятор, дымоудаление, дымосос пожарный электрический, анемометр, частотный преобразователь, модернизация, мобильность.

INCREASING THE EFFICIENCY OF PORTABLE FIRE FIGHTERS

© 2019

Grigoryev Aleksey Nikolaevich, candidate of technical Sciences, associate Professor,
head of the Department of AGPS

EMERCOM of Russia

(115419, Russia, Moscow, Shabolovka St., 14, e-mail: Lcurina@mail.ru)

Makarenko Alexey Igorevich, assistant of the operational duty fire extinguishing service
TINAO GKU "PSC" Moscow

(115419, Russia, Moscow, Shabolovka St., 14, e-mail: makarne@list.ru)

Levin Vyacheslav Anatolyevich, assistant chief of the guard of the Fire and rescue-8
FGKU 2OFPS in the Yaroslavl region sergeant of the internal service Levin Vyacheslav

(115419, Russia, Moscow, Shabolovka St., 14, e-mail: Ds22004@mail.ru)

Protasova Elena Valeryevna, undergraduate

Moscow State University of Technology and Management named after VG Razumovsky PKU (branch)

(440026, Russia, Penza, Volodarskogo St., 6, e-mail: woinova53@mail.ru)

Abstract. In the article, the authors considered the possibility of modernization of portable fire smoke exhausters using a frequency converter. Fire extinguishers are designed to normalize the air during a fire in the premises, by supplying air and removing combustion products, as well as to obtain high-foam and transporting it along the arms to the fire. The ability to ensure the safe operation of firefighters and rescuers, as well as ensuring the most efficient evacuation of victims, necessitates the use of all available means. Rescue of people in an emergency related to fires, including the need to overcome strong smoke. Often, smoke does not only reduce visibility, but also is a source of increased danger, because May contain components toxic to respiration and combustion products.

At the same time, reducing the concentration of smoke with the help of smoke exhausters can seriously reduce the temperature in the room where the fire occurs. All these facts confirm the high importance of the use of smoke exhausters in case of fires in small rooms of the basement and attic type. The invaluable contribution of these devices is associated with the possibility of relatively quick cleaning of the territory from corrosive combustion products and ensuring the passage of firefighters to the location of the victims. The purpose of this technique is to create a safe environment for extinguishing a fire, that is, the removal and subsequent emission of smoke out. This option is used when removing air from the top of the room. The results of an experiment on the use of a modernized fan for tactical ventilation in the exhaust mode are presented. A comparative analysis of smoke removal during the operation of the basic and upgraded versions of the DPE-7 smoke exhauster was carried out.

Keywords: fire fan, smoke removal, electric smoke pump, anemometer, frequency Converter, modernization, mobility.

Управление газовыми потоками на пожаре, является одной из важнейших задач в ходе спасения людей и успешного тушения пожаров. Применение в строительстве и отделке зданий полимерных современных материалов, выделяющих в процессе горения ядовитые химические вещества, затрудняет ведение разведки пожарными подразделениями и эвакуацию людей [1-4]. Дым, является одним из основных факторов, значительно снижающих продуктивность работы пожарных подразделений, и, кроме того, ядовитые газы представляют серьезную угрозу не только для пострадавших, но и для самих спасателей. При осуществлении пожаротушения важно задать правильное направление движению воздушных потоков, как правило, в небольших помещениях, подвалах, лестницах и т.д. естественной вентиляции для этого недостаточно. В результате пожарно-спасательными подразделениями применяются принудительные системы подпора воздуха. Для решения этих задач применяются автоматические системы дымоудаления, и специальное оборудование, находящееся в расчете пожарных подразделений – переносные дымососы и вентиляторы [5-7]. Принцип работы этих приборов основан на использовании разности давления воздушных масс в помещении и вне него. Многократное использование на практике дымососов марок ДПЭ-7, ДПГ-10, ДПМ-7 показало их незаменимость при тушении пожаров на маленьких промышленных складах и полуподвальных производственных помещениях. Неоценимую пользу имеют эти устройства, если происходит задымление ядовитыми веществами или химикатами [8]. При их использовании, довольно быстро, решается вопрос с удалением продуктов горения, снижении температуры, что, безусловно, способствует скорейшей ликвидации чрезвычайной ситуации, а в ряде случаев, является незаменимым средством для возможности осуществления ликвидации пожара [9, 10].

Задачи принудительной вентиляции заключаются в недопущении объемной вспышки, снижении концентрации дымовых газов, снижении температуры в помещении, улучшении видимости, и, конечно, предотвращении распространения пламени и дымовых газов.

Цель работы. Необходимо произвести модер-

низацию дымососа ДПЭ-7 с целью повышения его эффективности.

Материалы и результаты исследований. ДПЭ-7 (дымосос пожарный электрический) – наиболее распространенный переносной дымосос. Этим прибором долгое время оснащались пожарные подразделения и, до сих пор, они находятся на вооружении в пожарно-спасательных частях во многих гарнизонах нашей страны. По сравнению современными мобильными средствами, дымоудаление ДПЭ-7 имеет ряд недостатков:

- невысокая производительность;
- питание электродвигателя осуществляется от генераторной установки 3-х фазной сети автомобиля Газодымозащитной службы или автомобиля связи и освещения.

Исходя из этих недостатков, было предложено изменить схему питания электродвигателя ДПЭ-7 (рисунок 1), а именно, установить частотный преобразователь электронного типа. Асинхронный преобразователь частоты служит для преобразования сетевого трёхфазного или однофазного переменного тока. При этом, ток частотой 50 (60) Гц преобразуется в трёхфазный или однофазный, но уже с частотой от 1 Гц до 800 Гц.



Рисунок 1 – Частотный преобразователь, смонтированный к вентилятору ДПЭ-7

Для исследования характеристик ДПЭ-7 с частотным преобразователем, а также для сравнений характеристик с имеющимися на вооружении современными вентиляторами, на базе ПСО № 206 ГКУ «ПСЦ» г. Москвы были

проведены эксперименты, результаты которых показали значительное увеличение эффективности вентилятора с использованием частотного преобразователя при проведении тактической вентиляции.

Скорость воздушного потока определяли

анемометром, классом точности не ниже 2,5, и секундомером с верхним пределом измерения до 30 мин 30 с (погрешность измерения $\pm 0,2$ с). Для определения скорости потоков ветра, температуры, применялась автоматическая погодная станция WS-UMB.

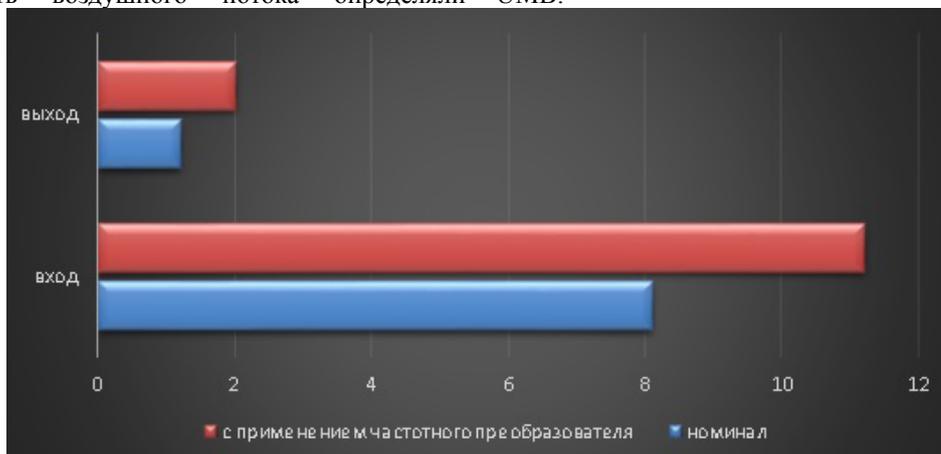


Рисунок 2 – Скорость (м/с) потоков воздуха при тактической вентиляции базовой модели ДПЭ-7 и с использованием частотного преобразователя

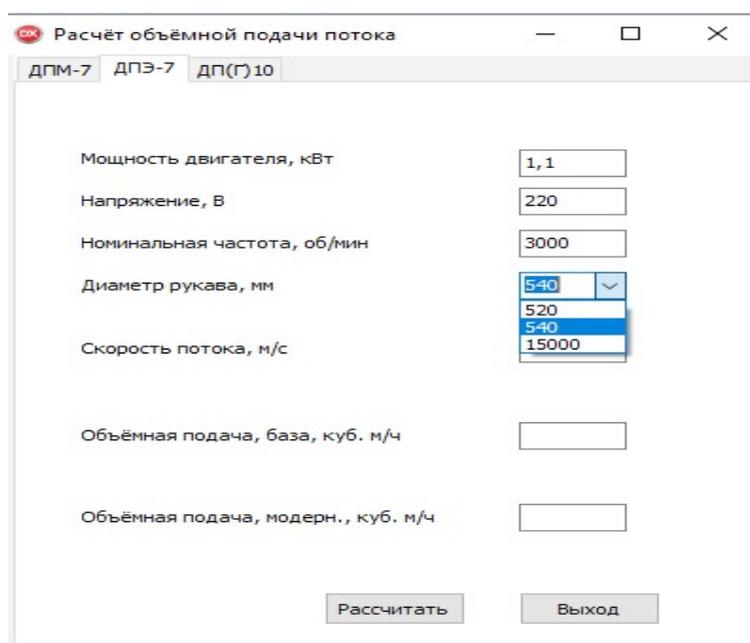


Рисунок 3 – Интерфейс программы для расчета объемной подачи воздуха

Из рисунка 2 видно, что при замере параметров на входном и выходном проеме, вентилятор, оснащенный частотным преобразователем, показал увеличение средней скорости потоков воздуха. Так, на входном проеме скорость увеличилась на 2,1 м/с, на выходном на 1 м/с.

Расчеты для определения эффективности

Таблица 1 – Объемная подача потока

Показатели Q на входе, м ³ /ч		Показатели Q на вытяжке, м ³ /ч	
Базовая комплектация ДПЭ-7	Экспериментальная комплектация ДПЭ-7	Базовая комплектация ДПЭ-7	Экспериментальная комплектация ДПЭ-7
5725	7916	7139	9754

модернизации ДПЭ-7 строились на определении объемной подачи воздуха (рисунок 3) [11].

Исходя из расчетов объемной подачи воздуха (Q), которую определяли с учетом площади поперечного сечения воздуховода (ластичного рукава) и средней скорости воздушного потока, была доказана эффективность предложенной модернизации (таблица 1).

При использовании ДПЭ-7 на подачу и вытяжку наблюдается увеличение скорости потока воздуха. Таким образом, объем подаваемого воздуха увеличился с на 2191 м³/ч (при соединении с ластичным рукавом длиной 540 мм). При этом, на конце ластичного рукава средняя скорость потока увеличилась с 10,1 м/с до 13,8 м/с. А объем воздуха, удаленного из помещения, увеличился на 2615 м³/ч. Эти показатели играют чрезвычайно важное значение при организации пожаротушения и на них надо обратить внимание при выборе системы модернизации.

Применение дымососа имеет чрезвычайно важное значение при ликвидации очагов возгорания в небольших помещениях со слабым подпором воздуха [12-15]. Необходимость его применения заключается в обеспечении максимально эффективного пожаротушения и скорейшей эвакуации пострадавших. Обеспечение вышеуказанных целей невозможно без грамотной подготовки специалистов в области пожарной и техносферной безопасности [16,17]. Практическая отработка навыков работы с дымососами должна быть зафиксирована в учебной программе этих направлений. Тактика тушения пожаров должна включать в себя сравнительную оценку факторов риска [18-20] и методы их снижения.

Анализируя статистику чрезвычайных ситуаций, связанную с пожарами в Российской Федерации, нельзя не отметить некоторую положительную тенденцию к снижению возгораний, тем не менее развивать технику и технологии пожаротушения – задача первостепенной важности, а потому все модернизации и инновации в этой сфере должны проходить строгую проверку и незамедлительно внедряться в пожарно-спасательных частях.

Заключение. В результате проведенной модернизации улучшились следующие показатели:

1. Мобильность пожарного вентилятора (питание может производиться от любой электросети напряжением переменного тока 220в, без применения специальной техники);

2. Простота управления (на пульте управления появилась кнопка реверса, что дает нам менять направление воздушного потока в зависимости от поставленных задач, а также плавное изменение частоты оборотов крыльчатки дымососа);

3. Увеличение производительности данного дымососа.

При моделировании тактической вентиляции помещений небольшой площади, коридоров и лестничных маршей, ДПЭ-7, оснащенный частотным преобразователем, имеет ряд преимуществ, такие как: быстрый переход с режима приточной вентиляции на вытяжную, возможность вентиляции лестничных маршей подземных транспортных инфраструктур.

Дальнейшее изучение возможностей частотного преобразователя при работе дымососа ДПЭ-7

позволит увеличить производительность при сохранении целостности деталей аппарата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Чешко И.Д. Расследование и экспертиза пожаров Под науч. ред. канд. юр. наук Н.А. Андреева. – 2-е изд., стереотип. – СПб.: СПБИБП МВД России, 1997. – 562 с.

2. Соколов Е.Е., Бурков И.В., Назаров Д.Е., Никитин М.И. Эксплуатация средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД). Учебное пособие. – Иваново: ОН и РИГ ИВи ГПС МЧС России, 2006. – 118 с.

3. Драгин В.А., Нормов Д.А. Порядок определения величин пожарного риска для объектов производства: монография / Драгин В.А., Нормов Д.А. – Краснодар: КСЭИ, 2015. – 88 с.

4. Брушлинский Н.Н. Пожарная статистика : Учебное пособие / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов. – М.: Академия МЧС России, 2017. – 107 с.

5. Методические рекомендации руководителю тушения пожара по организации и проведению тактической вентиляции зданий и сооружений при тушении пожаров и ликвидации последствий ЧС на территории города Москвы. – М.: ГУ МЧС России по г. Москве, 2014, 78 с.

6. Теребнев В.В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. – ИБС-Холдинг, 2005. – 248 с.

7. Степанов К.Н., Повзик Я.С., Рыбкин И.В. Пожарная техника. – М.: ЗАО «СПЕЦТЕХНИКА», 2003. – 400 с.

8. Казаков В.А., Виноградов О.С., Виноградова Н.А., Наумов Л.В., Макришина М.В. Предупреждение чрезвычайных ситуаций в электрохимических производствах // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2012. №1. С. 52–57.

9. Григораш О.В. Преобразователи частоты с улучшенными техническими характеристиками / Григораш О.В., Денисенко Е.А., Корзенков П.Г., Бондарчук А.В. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №115(01).

10. НПБ 301-2001 Техника пожарная. Дымососы переносные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний. – ГУГПС МВД России, 2001.

11. Виноградов О.С., Виноградова Н.А., Гуляева Э.Ю., Полудняков А.И. Программное обеспечение по расчету уровня загрязнения при техногенных авариях // Сурский вестник. 2019. № 2 (6). С. 31–33.

12. Порядок тушения пожаров подразделениями пожарной охраны, утвержденный приказом МЧС России от 31 марта 2011 г. № 156.

13. Приказ от 9 января 2013 г. № 3 «Об утверждении правил проведения личным составом ФПС ГПС аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием СИЗОД в

непригодной для дыхания среде».

14. Баньщикова З.Е., Близнюк М.С., Глебов В.Ю., Иванов В.С., Курличенко И.В., Назаренко Е.К., Руденко А.В., Савченков С.Н., Сломянский В.П., Федосеева О.С. Справочное пособие по организации выполнения мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и проведению аварийно-спасательных работ силами и средствами органов государственной власти, органов местного самоуправления в мирное и военное время / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016. 528 с.

15. Радоуцкий В.Ю. Организация и ведение аварийно-спасательных работ: учеб. пособие / В.Ю. Радоуцкий, В.П. Полуянов; под ред. В.Ю. Радоуцкого. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 156 с.

16. Виноградов О.С., Виноградова Н.А., Кадакина Н.А., Малюкова И.О. Подготовка специалистов в области «Техносферной безопасности» в высшей школе // В сборнике: Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве Материалах Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 176–179.

17. Vinogradov O.S., Vetlugina G.P., Zaitsev V.Yu., Kaleda I.A., Koroleva T.I., Bochkareva L.P. Theoretical and Methodological Background to Environmental Training of Students of Technosphere and Fire Safety Profile // Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” (ISEES 2018), 2018, p.80–84.

18. Собурь С.В. Пожарная безопасность предприятия: Курс пожарно-технического минимума: Учебно-справочное пособие. – М.: ПожКнига, 2017. – 480 с.

19. Онищенко В.Я. Классификация и сравнительная оценка факторов риска // Безопасность труда в промышленности. – №7. – 2013. – С. 23–27.

20. Тихомиров О.И. Пособие по пожарной безопасности. – М.: НЦ ЭНАС. – 2014. – 64 с.

Статья поступила в редакцию 30.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 629.3

**ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ В МЕГАПОЛИСАХ. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ
ПРИ ВНЕДРЕНИИ ИННОВАЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

© 2019

Гурковская Елена Александровна, доктор технических наук,
профессор кафедры «Холодильные технологии и техносферная безопасность»
Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского
(Первый казачий университет)

(115419, Россия, г. Москва, ул. Шаболовка, 14, e-mail: s704@mail.ru),

Романенко Александр Иванович, кандидат технических наук,
заведующий кафедрой «Холодильные технологии и техносферная безопасность»
Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского
(Первый казачий университет)

(115419, Россия, г. Москва, ул. Шаболовка, 14, e-mail: rai-52@mail.ru)

Тараканова Валентина Викторовна, кандидат педагогических наук,
доцент кафедры «Холодильные технологии и техносферная безопасность»
Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского
(Первый казачий университет)

(115419, Россия, г. Москва, ул. Шаболовка, 14, e-mail: s704@mail.ru),

Бузетти Константин Дантевич, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Холодильные технологии и техносферная безопасность»

(115419, Россия, г. Москва, ул. Шаболовка, 14, e-mail: s704@mail.ru),

Чигринов Михаил Дмитриевич, магистрант ПКИТ (ф)
Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского
(Первый казачий университет) (филиал)

(440026, Россия, г. Пенза, улица Володарского, 6, e-mail: woinova53@mail.ru)

Аннотация. В данной статье рассматривается проблемы влияния природных и техногенных процессов при внедрении инновационных строительных технологий и пути их решения. Увеличение плотности городской застройки, загруженность наземного транспорта вызывает дополнительные агрессивные воздействия на геологическую среду, в связи с чем, инженерно-геологические изыскания по программе Реновации требуют не только оценки инженерно-геологических условий территории, прогнозирование изменения окружающей среды в результате строительства и эксплуатации высотных зданий, но и расчёт возможного возникновения геологического и техногенного риска. Строящиеся объекты в городах, попадают в зоны геологического риска, где главную роль играют геологические, техногенные и геоэкологические процессы. Немаловажным фактором является оценка безопасности возводимых конструкций ещё на стадии строительства и закладки фундамента. В статье рассмотрена оценка современного состояния природной и техногенной среды, которая может привести к интенсивному развитию техногенных и инженерно-геологических процессов, аварийным ситуациям, резкому обострению комплекса экологических проблем, техногенным рискам и снижению экологической безопасности населения. Основными направлениями оценки техногенного риска при строительстве зданий и сооружений являются гидрогеологические условия. Проблемы влияния природных и техногенных процессов на застраиваемую территорию, в результате которых могут образоваться опасные инженерно-геологические процессы, повлекшие за собой нештатные ситуации, показывают необходимость разработки и внедрения инновационно-строительных методов и технологий. Решение этой задачи является чрезвычайно важной, в связи с быстрой застройкой новых территорий в г. Москва и Московской области.

Ключевые слова: инженерно-геологическая среда, геологический риск, техногенный риск, гидрологическая среда, реновация, инновационные строительные технологии (ИСТ), тиксотропия, плавунность, механическая суффозия, палеодолина.

**TECHNOGENIC RISKS IN MEGAPOLIS. PROBLEMS AND SOLUTIONS
AT THE INTRODUCTION OF INNOVATIVE CONSTRUCTION TECHNOLOGIES**

© 2019

Gurkovskaya Elena Aleksandrovna, doctor of technical Sciences,
Professor of the Department of Refrigeration Technologies and Technosphere Safety
Moscow State University of Technology and Management named after V.G. Razumovsky
(the First Cossack University)

(115419, Russia, Moscow, Shabolovka St., 14, e-mail: s704@mail.ru)

Romanenko Alexander Ivanovich, candidate of technical Sciences, Head
of the Department of Refrigeration Technologies and Technosphere Safety

*Moscow State University of Technology and Management named after V.G. Razumovsky
(the First Cossack University)*

(115419, Russia, Moscow, Shabolovka St., 14, e-mail: rai-52@mail.ru)

Tarakanova Valentina Viktorovna, candidate of pedagogical Sciences, associate Professor
of the Department of Refrigeration Technologies and Technosphere Safety

*Moscow State University of Technology and Management named after V.G. Razumovsky
(the First Cossack University)*

(115419, Russia, Moscow, Shabolovka St., 14, e-mail: s704@mail.ru)

Busetti Konstantin Dantevich, candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department
of Refrigeration Technologies and Technosphere Safety

*Moscow State University of Technology and Management named after V.G. Razumovsky
(the First Cossack University)*

(115419, Russia, Moscow, Shabolovka St., 14, e-mail: s704@mail.ru)

Chigrinov Mikhail Dmitrievich, undergraduate

Moscow State University of Technology and Management named after VG Razumovsky PKU (branch)

(440026, Russia, Penza, Volodarskogo St., 6, e-mail: woinova53@mail.ru)

Abstract. This article discusses the problems of the influence of natural and technogenic processes in the implementation of innovative construction technologies and ways to solve them. The increase in urban density, the load of ground transport causes additional aggressive effects on the geological environment, and therefore, engineering and geological surveys under the Renovation program require not only an assessment of the engineering and geological conditions of the territory, prediction of environmental changes as a result of the construction and operation of high-rise buildings, but also the calculation of the possible occurrence of geological and technological risk. Objects under construction in cities fall into geological risk zones, where the main role is played by geological, technogenic and geoecological processes. An important factor is the safety assessment of the structures under construction even at the construction stage and laying the foundation. The article considers the assessment of the current state of the natural and technogenic environment, which can lead to the intensive development of technogenic and engineering-geological processes, emergency situations, a sharp aggravation of the complex of environmental problems, technological risks and a decrease in the environmental safety of the population. The main areas of technogenic risk assessment in the construction of buildings and structures are hydrogeological conditions. The problems of the influence of natural and man-caused processes on the built-up area, as a result of which dangerous engineering-geological processes may arise, which entail emergency situations, show the need for the development and implementation of innovative construction methods and technologies. The solution to this problem is extremely important in connection with the rapid development of new territories in Moscow and the Moscow region

Keywords: engineering-geological environment, geological risk, technological risk, hydrological environment, renovation, innovative building technologies (IST), thixotropy, quicksand, mechanical suffusion, paleodoline

Введение. Основными критериями повышения качества проектирования зданий и сооружений промышленного, гражданского и иного назначения является достоверность и достаточность результатов инженерно-геологических изысканий. При строительстве и реконструкции сооружений, часто возникает необходимость оценки местности, для предотвращения последующего деформирования зданий и сооружений, ведущих к возникновению техногенных рисков [1-3].

В Москве остро встает проблема ветхого жилья, чей срок эксплуатации подошел к концу. Одним из инструментов решения данной проблемы на современном этапе является разработка программы по Реконструкции, которая определяет механизмы внедрения инновационных строительных технологий (ИСТ). При реализации данной программы имеются сопутствующие факторы, включающие проведение инженерно-геологических и ряда других изысканий.

Выявление особенностей данных изысканий и необходимость решения возникающих проблем при

их проведении на реконструируемых участках, как при точечной, так и при плотной городской застройке по программе реновации и определяют ее актуальность.

Цель работы. Определение проблем влияния природных и техногенных процессов при внедрении инновационных строительных технологий и пути их решения.

Материалы и результаты исследований. Реконструкция предусматривает на месте снесенных ветхих зданий построить многоэтажные высотные комфортные жилые здания с соответствующей инфраструктурой. В результате, в микрорайоне в несколько раз возрастает численность населения, значительно увеличивается количество транспортных потоков и подземных сооружений (паркингов). В условиях и без того плотной городской застройки, в период строительства и эксплуатации зданий и сооружений, на грунты оказываются значительные нагрузки, возрастает динамическое воздействие от транспорта и строительных механизмов, вибрация

зданий от оборудования и бытовых механизмов.

Всё вышеперечисленное вызывает развитие опасных инженерно-геологических процессов (карст, механическая суффозия, подтопление, плавунность в песках, набухание и тиксотропию в глинистых грунтах). Если не предотвратить данные процессы, то в условиях плотной городской среды, при совокупности всех перечисленных процессов, могут возникнуть резонансные явления, что может привести к наведенному возбуждённому техногенному землетрясению. Поэтому инженерно-геологические изыскания по программе Реновации требуют не только оценки инженерно-геологических условий территории, но и прогнозирование изменения окружающей среды в результате строительства и эксплуатации высотных зданий и расчёт возможного возникновения геологического и техногенного риска, в том числе и риска возникновения чрезвычайной ситуации [4]. Необходим расчёт показателей риска и по ряду экологических параметров [5,6].

По причине увеличения техногенных рисков при строительстве за последние 30 лет произошли многочисленные разрушения торговых и развлекательных комплексов и гидротехнических сооружений с человеческими жертвами как в России (Трансвальпарк - 28 и 190 чел. и Бауменский рынок- 66 и 30чел.), так и в странах ближнего и дальнего зарубежья: Южной Кореи – Сеул (Сампунг - 502 и 1500 чел.) и Латвии – Рига (Максима 54 и 40 чел.), Бангладеш (Рана Плаза - 1129 и 2500 чел.). Эти аварии возникли при неблагоприятном сочетании ряда различных технологических дефектов, но основным явилась возбуждённая техногенная микросейсмичность.

При выполнении инженерно-геологических изысканий важнейшей задачей является прогнозирование возможных последствий взаимодействия проектируемого сооружения с геологической средой. Реновация территории подразумевает снос зданий и сооружений, извлечение инженерных сетей и коммуникаций, выемку фундаментов, экскавацию грунта, вертикальную планировку территорий и пр. Принятые меры необходимы для обеспечения возможности нового современного безопасного строи-

тельства на городских территориях.

Как правило, строительство зданий и сооружений, срок эксплуатации которых закончился, производилось в благоприятных условиях геологической среды (песчаные или глинистые основания, пониженный уровень грунтовых вод, отсутствие плотной городской застройки, отсутствие большой интенсивности наземного транспорта и инфраструктуры сети метрополитена). За последние 50 лет инженерно-геологические условия в г. Москва подверглись значительным изменениям. Увеличение плотности городской застройки, прокладка новых линий метрополитена и железнодорожных путей, увеличение загруженности наземного транспорта и пр. вызвали дополнительные агрессивные воздействия на геологическую среду мегаполиса.

Строительное освоение территорий и эксплуатация зданий, сооружений и других объектов, расположенных на слабопроницаемых грунтах, практически повсеместно сопровождаются накоплением влаги в толщегрунта и подъемом уровня грунтовых вод.

Такой процесс называется подтоплением (или техногенным подтоплением). Он возникает и развивается вследствие нарушения сложившегося природного динамического равновесия в водном балансе территории. Эти нарушения возникают в результате практической деятельности человека и на застраиваемых территориях обычно развиваются в две стадии: 1-ая при строительстве, 2 - ая при эксплуатации.

Строящиеся объекты в городах, особенно в мегаполисах, каким является Москва, часто попадают в зоны геологического и геоэкологического риска, поскольку используются территории со сложными инженерно-геологическими условиями, где, главную роль, в первом случае, играют геологические процессы: подтопление и выветривание, морозное пучение в слое сезонного промерзания и оттаивания, плавунность и механическая суффозия в песках и тиксотропия в глинистых грунтах, карст в известняках.

Зоны геологического риска представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Геологические процессы



Рисунок 2 – Техногенные и геоэкологические процессы

Во втором случае главная роль отводится сложным техногенным и геоэкологическим процессам, таким как: инженерная подготовка территории, статические нагрузки от инженерных сооружений, отепляющее воздействие от зданий, многочисленных подземных теплотрасс, коллекторов, туннелей метрополитена и подземных переходов, химико-биологическое загрязнение грунтов и вод, вибрационные нагрузки от транспорта.

Зоны техногенного и геоэкологического риска представлены на рисунке 2.

Кроме того, используются места бывших свалок, поймы и долины мелких рек (русла заключены в трубы), овраги [7-11]. В связи с этим, неверная оценка современного состояния природной и техногенной среды приводят к интенсивному развитию техногенных и инженерно-геологических процессов, аварийным ситуациям, резкому обострению комплекса экологических проблем, техногенным рискам и снижению экологической безопасности населения.

В современных условиях государственные стандарты и нормативные документы (ГОСТ, СНиП) предусматривают оценку опасности и риска негативных инженерно-геологических и техногенных процессов для зданий и сооружений гражданского и промышленного назначения, транспортных систем и других объектов, поскольку это необходимо для предупреждения или уменьшения возможного ущерба от их проявлений. Однако, практически, методические подходы для оценки степени сложности природной и техногенной сред, не используются совсем или используются в малой степени.

Основным направлением оценки техногенного риска при строительстве зданий и сооружений являются гидрогеологические условия, состояние грунтовых вод и вибрационное воздействие на геологическую среду. Известно, что Москва – город с определенной спецификой геологического строения территории, многовековой интенсивной антропогенной деформацией геологической среды, усилившейся в последние десятилетия в связи с активной, но непродуманной точечной застройкой, опреде-

ляющей развитие многочисленных провалов, с существенной опасностью механической суффозии, подтопления и техногенных процессов разрушения грунта [7-11]. Провалы грунта в городе – частое явление, и есть риск, что их частота и сила будут нарастать. К сожалению, мониторинг геоэкологических рисков в мегаполисе на современном этапе практически отсутствует, и коммунальные службы реагируют, когда событие уже успело принять характер локальной катастрофы. Так, на сегодняшний день, более 70% существующих водных коммуникаций в Москве требуют замены, поскольку изношены или выполнены с нарушениями технических требований, в связи с чем, в первые годы третьего тысячелетия, наблюдались многочисленные прорывы трубопроводов с размывом грунта под дорожным покрытием, с образованием местного подтопления, провал автомобилей. В качестве примера отсутствия мониторинга геологического риска можно привести провал грунта, глубиной до 5-6 м, площадью около 300 м² по Ленинградскому проспекту, 30. Причиной данной аварии признано воздействие строительства многофункционального офисного комплекса с подземной автостоянкой, расположенного вблизи площадки нового строительства. Анализ гидрогеологических условий показал, что данная площадка обладает сложными инженерно-геологическими условиями, однако, из соображений экономии, не было выполнено гидрогеологическое моделирование.

Грунтовые воды, обладающие критическим градиентом подземного потока, устремились в палеодолину, что привело к активизации механической суффозии, и в короткие сроки вымыли мелкие фракции песка, в результате чего образовались пустота и оседание грунта на площади около 300 м². Чтобы исключить эту ситуацию, нужно было спрогнозировать соответствующие проектные решения при анализе палеогидрографической обстановки района о направлении потока подземных вод и суффозионных свойствах песка [11].

Вибрационное воздействие на геологическую среду может оцениваться как воздействие низкого,

среднего и высокого уровней и может повлечь за собой возникновение техногенных рисков. В городах основными виброгенерирующими источниками являются движущиеся транспортные средства (автомобильные и железнодорожные магистрали), строительные машины и механизмы. Вибрация, создаваемая этими источниками, в верхнем своем пределе, соотносится с 6-7-балльными (городская железная дорога) и 3-4-балльными (легковой и грузовой автомобильный транспорт) землетрясениями [12]. Как показывают наблюдения, вибрационное воздействие такого уровня не вызывает существенных негативных последствий, но только в случае ограничения времени воздействия. При долговременном непрерывном воздействии вибрация приводит к преждевременному старению конструктивных материалов. Как следствие перманентного вибрационного воздействия здания и сооружения, располагающиеся вдоль автомобильных или железнодорожных магистралей с интенсивным движением, а также в зонах действия промышленных предприятий и строительных площадок, могут испытывать циклическую или непрерывную осадку, на 3-8 мм больше, чем аналогичные объекты вне магистралей. Прокладка новой магистрали вблизи уже существующих зданий может нарушить установившееся распределение напряжений в грунтовом массиве, повлечь за собой опускание поверхности под полотном дороги и таким образом спровоцировать большую осадку тех частей или отдельных элементов зданий и конструкций, которые обращены в сторону новой магистрали [13-17]. Геологический состав грунта влияет на изменение частотного состава вибрации, передаваемой от источника. Кроме того, от динамического взаимодействия грунта с фундаментом зависят значения собственных частот колебаний конструкции здания. То есть, чем выше жесткость фундамента и чем больше плотность грунта, тем выше значения собственных вибрационных частот системы «грунт - фундамент здания» [18,19].

Другим важным моментом, который следует учитывать при рассмотрении зависимости величины колебаний от расстояния между источником и объектом воздействия, является преобразование сейсмических волн из одного вида в другой. Чем больше расстояние от источника вибрации до здания, тем большая часть вибрационной энергии передается зданию поверхностными (рзлеевскими) волнами и тем меньше влияют на него волны сжатия и сдвига. Кроме того, при увеличении расстояния происходит перераспределение энергии в область низких частот. Частота доминирующей составляющей уменьшается, поэтому, при одинаковых результатах измерений вибрации на фундаменте здания, чем больше расстояние от источника, тем выше риск повреждения конструкции [17,20].

Характеристики вибрации, измеряемой на конструкции здания, для разных источников возбужде-

ния техногенной природы, должны соответствовать международному стандарту ISO4866:1990.

Заключение. В заключении можно сказать, что обзор реконструируемых территорий города Москвы, предусматривающих снос ветхих зданий и сооружений, а также строительство новых многоэтажных конструкций выделяет ряд особенностей и проблем проведения инженерно-геологических изысканий в программе Реновации.

Установлено, что проблемы влияния природных и техногенных процессов на застраиваемую территорию, в результате которых могут образоваться опасные инженерно-геологические процессы, повлекшие за собой нештатные ситуации, показывают необходимость разработки и внедрения инновационно-строительных методов и технологий для проведения инженерно-геологических изысканий, и предотвращения техногенных рисков, комплекса экологических проблем и повышения экологической безопасности населения в мегаполисах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1 Грассник А., Хольцапфель В. Бездефектное строительство многоэтажных зданий. Ч II. Отделочные работы / Пер. с нем. Ю. М. Веллера. – М. Стройиздат, 1985. – 288 с.
- 2 Партон В.З. Механика разрушения. От теории к практике – М., Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990 – 240 с.
- 3 Ярцев В.П., Киселева О.А. Прогнозирование поведения строительных материалов при неблагоприятных условиях эксплуатации., Тамбов, Изд-во ТТГУ, 2009 – 124 с.
- 4 Городецкий А.С., Батрак Л.Г., Городецкий Д. А., Лазнюк М. В., Юсипенко С. В. Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона (проблемы, опыт, возможные решения и рекомендации, компьютерные модели, информационные технологии). – К, Издательство «Факт», 2004 – 106 с.
- 5 Ахтямов Р.Г., Елизарьев А.Н., Вдовина И.В., Планида Ю.М., Хаертдинова Э.С. Применение сетевых моделей при планировании аварийно-спасательных и других неотложных работ. / Р.Г. Ахтямов и др. / Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2012. – №2. – С. 29–34.
- 6 Казаков В.А., Виноградов О.С., Виноградова Н.А., Аброськин Н.В., Царёв В.А. Автоматизированный блок по расчету уровня загрязнения атмосферы промышленными и автомобильными выбросами // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2013. № 2 (17). С. 68–72.
- 6 Виноградов О.С., Виноградова Н.А., Гуляева Э.Ю., Полудняков А.И. Программное обеспечение по расчету уровня загрязнения при техногенных авариях // Сурский вестник. 2019. №2 (6). С. 31–3.
- 7 Вавренюк С.В. Научное сопровождение ДАЛЬНИИС РААСН строительства уникальных объектов саммита АТЭС // Промышленное и гражданское

строительство. – 2013. – № 9. – С. 56–58.

8. Егоров Ю.К., Зеркаль О.В., Кирин М.В., Самарин Е.Н. Оценка риска развития опасных геологических процессов на территории г. Москвы при инженерных изысканиях. //Сергеевские чтения. Выпуск 17. «Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городских агломераций». М.: РУДН, 2015.

9. Кучуков Э.З., Касымов Ж.В. Влияние геологических и инженерно-геологических процессов на безопасность работы северо-западного тоннеля в Крылатском районе // В сборнике: Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы в строительстве. II Потаповские чтения. 2016. С. 105–108.

10. Потапов А.Д., Ревелис И.Л., Чернышев. С.Н. Землетрясения. Причины, последствия и обеспечение безопасности. Учебное пособие. ИНФРА. – М. 2018. С. 143.

11. Локшин Г.П., Лихачева Э.А., Лацка Я., Крайчович Ю. Оценка вибрационного воздействия на территории города (на примере Москвы и Братиславы) // Инженерная геология. – 1991. – № 4. – С. 82–91.

12. Померанцева И.В., Солодилов Л.Н., Момзиков В.Я., Рудаков В.П. Геолого-геофизические, геодинамические и человеческие факторы, влияющие на безопасность крупных городов и мегаполисов (еще раз о причинах разрушения аквапарка «Трансвааль» 14 февраля 2004 г.). //В книге геофизика XXI столетия. 2003-2004. Сб. трудов пятых и шестых геофизических чтений им. К.В. Федынского. М, 2005, изд. МПР РФ, ЦЕНТРГЕОН, ЕАГО, РАЕН.

13. Пронин А.П., Башорин В.Н. Современная флюидная активность глубинных разломов: их воздействие на объекты техносферы и здоровье населения Москвы и Московской области. //Сб. докладов тематической научно-практической конференции «Городской строительный комплекс и безопасность жизнеобеспечения граждан». Часть 1. В рамках Научно-технического конгресса по безопасности «Безопасность - основа устойчивого развития регионов и мегаполисов». – М.: МГСУ, 2005.

14. Гликман А.Г. Планетарная пульсация как механизм формирования тектонических процессов / А.Г. Гликман // Экология и охрана труда. – 2009. – № 3. – С. 30–35.

15. Кучуков Э.З., Филькин Н.А., Воронин А.М. Влияние инженерно-геологических и техногенных процессов на городское строительство и хозяйство. // Материалы научно-практической. конференции «Инновации в отраслях народного хозяйства как фактор решения социально экономических проблем современности». МГАКХИС, М. 2011. – С. 59–62.

16. Виноградов О.С., Виноградова Н.А., Безбоорова О.Е., Шерстнев В.В. Система сбора экологической информации о состоянии территориальной техносферы // Наука Красноярья. 2018. Т. 7. № 4. С. 7–26.

17.Кучуков Э.З., Филькин Н.А., Лаухин С.А. К оценке опасности геологических инженерно-геологических и техногенных процессов при проектировании, строительства и эксплуатации инженерных сооружений на урбанизированной территории // Сергеевские чтения. 2016. №18. – С.310–314.

18. Леденев В.В. Аварии в строительстве. Причины аварий зданий и сооружений Тамбов.2014, с. 209.

19. Слюсарев А.С., Гаас Г.Ю. Необходимость достоверных и достаточных инженерно-геологических изысканий территорий строительства зданий по программе реновации в г. Москве // Потаповские чтения, 2019 г. Сб. материалов ежегодной Всероссийской научн.-практической конф. памяти д.т.н., проф. А.Д.Потапова. Изд. Национального исследов. Московского государственного строительного ун-та, М. 2019, С.104–108.

20. Возведение жилых и общественных зданий/ Сост. С.В. Максимов, Е.А. Дербакова, Ульяновский государственный технический университет. – Ульяновск, УлГТУ, 2006. – 34 с.

Статья поступила в редакцию 25.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 331.45

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОВЕДЕНЧЕСКОГО АУДИТА БЕЗОПАСНОСТИ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

© 2019

Макаров Павел Вячеславович, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Техносферной безопасности»*Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет
(603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65, e-mail: pv-makarov@yandex.ru)*

Аннотация. В статье представлены результаты анализа производственного травматизма в Российской Федерации. Определена динамика изменения показателей травматизма за последние годы. Показано, что строительная отрасль занимает первое место по уровню травматизма. Выделены три основные причины травматизма в строительстве и определен их организационный характер. На основе анализа структуры производственного травматизма показана главенствующая роль человеческого фактора в причинах травмирования работников. В качестве инструментария управления человеческим фактором выбран контроль производственной деятельности. Изучен и установлен потенциал поведенческого аудита безопасности как метода повышения безопасности производственной среды. Проведён практический эксперимент по реализации поведенческого аудита безопасности на действующем предприятии при возведении и эксплуатации строительных лесов. Определены особенности и периодичность проведения поведенческого аудита безопасности на предприятии строительной отрасли. На основе периодического анализа динамики изменения показателей уровня климата безопасности и уровня травматизма продемонстрирована эффективность поведенческого аудита безопасности. Выявлена способность влияния поведенческого аудита безопасности на повышение уровня культуры безопасности в строительной организации. При анализе результатов определены элементы наиболее подверженные коррекции в результате проведения поведенческого аудита безопасности.

Ключевые слова: Травматизм в строительстве, управление рисками, человеческий фактор, контроль безопасности, поведенческий аудит безопасности, культура безопасности.

**ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF BEHAVIORAL SAFETY AUDIT
AT THE ENTERPRISES OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY**

© 2019

Makarov Pavel Vyacheslavovich, candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department
“Technosphernoy Security”*Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
(603950, Russia, Nizhny Novgorod, Il'inskaya St., 65, e-mail: pv-makarov@yandex.ru)*

Abstract. The article presents the results of the analysis of industrial injuries in the Russian Federation. The dynamics of changes in injury rates in recent years. It is shown that the construction industry ranks first in terms of injuries. Three main causes of injuries in construction are identified and their organizational nature is determined. Based on the analysis of the structure of industrial injuries, the dominant role of the human factor in the causes of injury of workers is shown. The control of production activity is chosen as a tool of human factor management. The potential of behavioral safety audit as a method of improving the safety of the production environment is studied and established. A practical experiment on the implementation of behavioral safety audit at the operating enterprise during the construction and operation of scaffolding was carried out. The features and frequency of behavioral safety audit at the enterprise of the construction industry are determined. On the basis of periodic analysis of dynamics of change of indicators of level of climate of safety and level of traumatism efficiency of behavioral audit of safety is demonstrated. The ability of influence of behavioral safety audit on increase of level of safety culture in the construction organization is revealed. The analysis of the results identified the elements most susceptible to correction as a result of behavioral security audit.

Keywords: Injuries in construction, risk management, human factor, safety control, behavioral safety audit, safety culture.

Введение. Современные темпы развития промышленности в России создают условия для вовлечения всё большего количества людей в сферу производства и строительства. Государство осознаём всю меру ответственности и риски, неумолимо сопутствующие техническому прогрессу. Увеличение темпов строительства и реконструкции объектов промышленного и гражданского профиля зачастую приводит к неизбежным потерям, связанным с трав-

матизмом.

Анализ статистики и баз данных. Актуальность изучения проблем связанных с потерей здоровья человеком в процесс труда подтверждается официальной статистикой [1], представленной на рисунке 1.

Несмотря на установившийся тренд снижения частоты травмирования, в последние годы происходит замедление этого процесса. По данным Росстата

[2] снижение коэффициента частоты (Кч) травмирования по РФ за период 2014-2018 гг. произошло на 16,6%, тогда как аналогичный процесс снижения Кч за предыдущие пятилетние периоды, начиная с 2000 года составили 50,0%, 47,6% и 57,1% соответствен-

но. Статистика показывает устойчиво низкий уровень травматизма в последние пять лет. Но ненужно забывать, что в абсолютных цифрах это десятки тысяч человек, частично или полностью потерявшие свое здоровье.

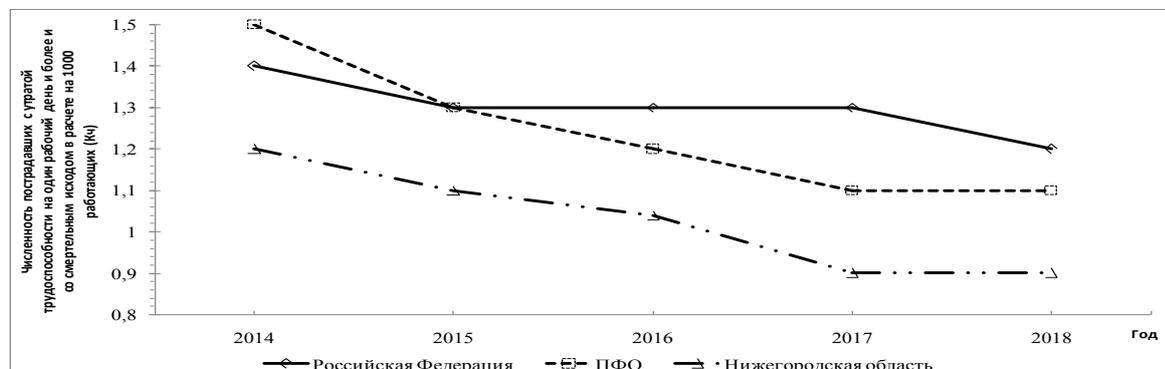


Рисунок 1 – Показатели частоты производственного травматизма в Российской Федерации, ПФО и Нижегородской области с 2014 по 2018 гг.

Таблица 1 – Сведения о пострадавших на производстве в Российской Федерации по видам экономической деятельности за 2018 год*

Вид экономической деятельности	Численность пострадавших в расчете на 1000 работающих	Из них со смертельным исходом в расчете на 1000 работающих	Число дней нетрудоспособности в расчете на 1 пострадавшего
Всего по Российской Федерации	1,2	0,054	49,3
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	2	0,116	47,9
Добыча полезных ископаемых	1,6	0,118	63,1
Обрабатывающие производства	1,4	0,045	50,2
Обеспечение электрической энергией, газом и паром, кондиционирование воздуха	0,7	0,044	43,8
Водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	1,1	0,055	48,9
Строительство	1,7	0,165	59,5
<i>Строительство зданий</i>	1,8	0,172	52,1
<i>Строительство инженерных сооружений</i>	1,7	0,174	67,6
<i>Работы строительные специализированные</i>	1,5	0,144	60
Торговля оптовая и розничная	0,6	0,038	51,8
Транспортировка и хранение	1,3	0,07	47,3
Деятельность административная и сопутствующие дополнительные услуги	1	0,041	43,2
Здравоохранение и социальные услуги	0,9	0,01	40,6
Культура, спорт, досуг и развлечения	1	0,014	38,4
Прочий вид услуг	0,6	0,014	31,3

* Составлено по данным Федеральной службы государственной статистики [2]

Анализ отраслевых показателей производственного травматизма, представленный в таблице 1, показывает, что предприятия строительной отрасли в 2018 году вышли на первое место по частоте общего и смертельно травматизма, обогнав «традиционного» лидера по этому показателю добывающую промышленность. Тяжесть травматизма лишь немного уступает отрасли добычи полезных ископаемых. Согласно статистике при строительных работах травмируются более чем на 40% чаще, чем

при других видах деятельности в среднем по стране. Назрела острая необходимость принятия мер по снижению показателей травмирования и не только в отчетах, но и в реальных условиях.

Структура и характер причин травмирования различны в разных отраслях и конкретных производственных условиях. Строительное производство имеет ряд особенностей, влияющих на генезис производственного травматизма. На основе анализа причин травмирования нами выделены три основ-

ные особенности. Первая - это постоянно и быстро изменяющиеся условия проведения работ. Циклы производства строительно-монтажных работ идут по графикам и изменение производственной обстановки происходит, порой, каждый час. При этом работы, сгруппированные в группы цикла, могут вестись параллельно, влияя на смежные участки при совмещённых работах, работников, субподрядчиков и т.д. При этом изменяются и виды опасностей, по-

являются новые, приводя к синергетическому эффекту. Вторая – это частая сменяемость кадрового состава на строительных предприятиях.

По данным официальной статистики [3,4,5] в течение одного календарного года в строительной организации увольняется и вновь принимается на работу более половины сотрудников. Распределение данного показателя по годам представлено на рисунке 2.

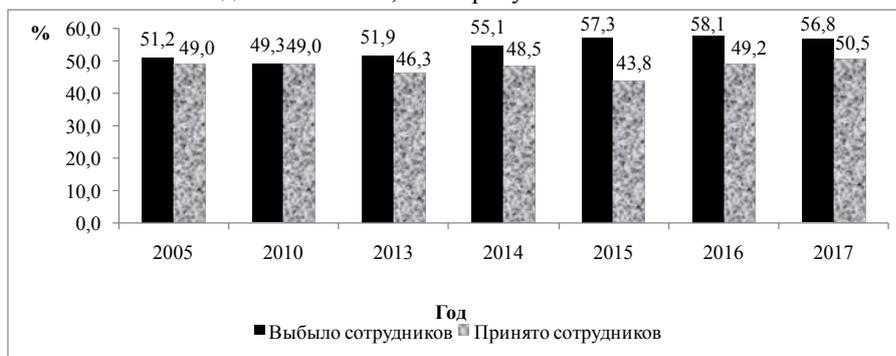


Рисунок 2 – Движение кадрового состава в строительных организациях в РФ (в процентах к списочной численности сотрудников)

Аналогичные показатели вышедших сотрудников для других отраслей промышленности [4] варьируются в пределах от 25% до 30,5% за период 2013-2015 гг. Строительное производство имеет свои особенности в сфере ведения бизнеса. Сезонный характер работы, не равномерная нагрузка производственных мощностей и широко распространенный субподрядный характер ведения строительного бизнеса создают условия для высокой ротации кадрового состава. Частая смена работников становится причиной низкого уровня культуры безопасности. Далее раскроем этот аспект подробнее. Третья особенность, дающая вклад в появления травматизма, это, отмеченный ранее, субподрядный характер ведения строительных работ. По нашим оценкам при возведении жилого многоквартирного дома генеральный подрядчик может привлекать от 5 до 17 субподрядных организаций для проведения работ на различных циклах строительства. Зачастую генподрядчик не координирует работу отдельных субподрядчиков и это становится причиной несчастных случаев. Плохая или вовсе отсутствующая коммуникация и согласованность в действиях порождает риски, управлять которыми может только организатор производственной деятельности. Субподрядные бригады могут не знать, что участвуют в совмещённых работах и подвергаются опасности со смежных участков производства работ. Таким образом, три причины, на которые мы обратили внимание, лежат в плоскости организационных причин появления несчастных случаев.

Целью нашего исследования было установить основные причины травматизма на предприятиях строительной отрасли и изучить потенциал контрольных мероприятий как механизма управления

человеческим фактором в генезисе аварийности и травматизма.

Материалы и результаты исследования. Минтруд России является официальным партнером глобальной кампании «Vision Zero» [6,7]. Концепция «нулевого травматизма» «Vision Zero» предусматривает переход к такому стилю управления безопасностью производственной среды, при котором становится возможным максимально снизить влияния человеческого фактора на появления аварийных ситуаций. По статистике 67,7% [8] причин травмирования кроются в психологических и поведенческих особенностях человека. Анализ травматизма в строительстве показывает, что до 90% причин носит организационный характер, при этом человеческий фактор занимает до 80%. Концепция «Vision Zero» содержит 7 правил, реализация которых в том или ином виде предусмотрена в российском законодательстве. Всё направлено на повышение уровня культуры (приверженности) безопасности.

Управление рисками, связанными с человеческим фактором, основано на общем алгоритме - выявление, оценка и уменьшение. Учет человеческого фактора при оценке риска предусмотрен в нормативных документах, регламентирующих построение и функционирование систем управления охраной труда [9,10,11].

Методология оценки описана в [12,13] и основана на семействе методов Human Reliability Assessment (Analysis) (HRA). Методы, предложенные в указанных документах, направлены в первую очередь на оценку надежности человека-оператора [14] и применение их для строительного производства либо сильно ограничено, либо совсем невозможно. Кроме того, постоянно изменяющаяся про-

изводственная обстановка не позволяет провести оценку в соответствии с методологией или делает её бессмысленной. В настоящее время известно несколько сотен методик НРА, их объединяет согла-

сованность в том, что надежность функционирования человека повышает контроль его деятельности. Данное положения будет использовано нами в дальнейшем.

Таблица 2 – Динамика изменения климата безопасности, объектов оценки ПАБ и уровня травматизма на фоне проведения ПАБ с различной периодичностью

Критерий оценки	Номер бригады																			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Элемент климата безопасности	критерий оценки: от 0 до 100 балл																			
Применение не безопасных приемов и операций	64	59	51	71	62	55	58	70	53	52	68	73	48	50	65	69	51	50	66	70
Страх необоснованного наказания	77	72	69	80	68	71	67	77	64	69	69	76	62	66	73	78	55	61	75	76
Информирование руководителя о коллегах, использующих опасные приемы ведения работ и пренебрегающих требованиями безопасности	63	58	61	59	48	45	55	60	47	50	62	69	48	49	65	68	46	44	60	67
Частота пренебрежения безопасностью в пользу выполнения задания в срок	83	78	59	63	74	68	67	70	69	73	66	66	62	65	68	73	63	64	68	68
Приоритет безопасности (способность взять на себя ответственность остановить работы в случае обнаружения предаварийной ситуации или опасного способа проведения работ другими работниками)	87	79	82	73	74	73	79	81	69	66	77	79	65	67	77	80	64	61	75	76
Скрытие травм и происшествий	79	73	76	69	51	62	72	70	52	60	70	73	47	53	72	65	48	50	75	73
Количество несоответствий элементов ПАБ	критерий оценки: от 0 до 100 %																			
Реакция работника	-	-	-	-	46	54	68	77	38	42	59	70	35	36	65	72	32	31	58	75
Применение и состояние СИЗ	-	-	-	-	14	12	21	19	10	8	16	20	10	11	18	21	9	8	19	18
Положение работника	-	-	-	-	3	4	7	7	3	5	6	7	4	5	5	9	4	3	9	7
Инструменты и приспособления	-	-	-	-	0	1	2	2	0	2	2	6	0	0	3	4	0	1	3	3
Соблюдение требований инструкций	-	-	-	-	4	4	6	9	0	2	5	7	1	1	5	8	1	0	3	7
Содержание рабочего места	-	-	-	-	2	4	11	10	1	2	5	6	0	2	3	5	0	3	7	7
Уровень травматизма	критерий оценки: количество официально зарегистрированных случаев																			
Микротравмы	4	7	0	1	6	5	3	3	4	3	2	6	3	5	4	5	4	6	2	9
Травмы (все виды и степени тяжести)	2	0	2	1	1	1	4	2	0	1	2	1	1	1	1	0	1	0	2	2
Период	«0» срез				1 квартал				2 квартал				3 квартал				4 квартал			

Инструментарий управления человеческим фактором для строительной организации должен быть легко реализуем и не требовать больших ресурсов. По возможности необходимо вписать его уже в существующие процедуры. Основываясь на возможности управления человеческим фактором через контрольные мероприятия, нами предложена схема модернизации текущего и оперативного контроля путём внедрения процедуры поведенческого аудита безопасности на предприятии строительной отрасли.

Поведенческий аудит безопасности (ПАБ) уже достаточно распространенный интерактивный метод оценки и коррекции поведенческих особенностей человека, связанных с обеспечением безопасности [15]. В качестве площадки для проверки нашей гипотезы и эффективности метода управления человеческим фактором была выбрана организация, специализирующаяся на возведении и эксплуатации строительных лесов. Среднесписочная численность персонала организации составляет 746 человек. В среднем на одном подрядном объекте задействовано от 25 до 45 человек. В качестве объектов исследования были выбраны четыре бригады монтажников строительных лесов, работающие на разных объектах с примерно одинаковым содержанием и условиями проведения работ. Характер выборки удовлетворял условиям сходимости показателей группы (численность, возраст, стаж и опыт работы). Расхождения характеристик группы не превышает 5%.

На первом этапе нами выполнено исследование уровня климата безопасности в выбранных четырех бригадах. В дальнейшем климат безопасности в локальных бригадах сложится в общий уровень культуры безопасности в организации. Сама оценка и критерии оценки были использованы из ранее проведенных нами исследований [16]. Необходимость проведения такой оценки обусловлена наличием доказанной связи низкого уровня климата безопасности с повышенной частотой травмирования работников [18, с.257].

Контрольные мероприятия, к которым относится и ПАБ, имеют как минимум два ограничения по частоте их использования. Первое – это ресурсоёмкое мероприятие и поэтому частота его применения должна быть обоснована периодом наступления желаемого результат. Второе – это наблюдения за работником в процессе выполнения им трудовых обязанностей, что само по себе может стать фактором, влияющим на появления ошибок из-за волнения. Нужно установить периодичность ПАБ, которая достоверно влияла бы на повышения уровня климата безопасности и снижение частоты травматизма. Поэтому в каждой из четырех бригад была определена своя частота ПАБ в течение года. Периодичность ПАБ у первой бригады 4 раза в месяц, у второй бригады 2 раза в месяц, у третьей бригады 1 раз в месяц и у четвертой бригады 1 раз в 2 месяца.

Эффект от ПАБ оценивали динамикой изменения в течение года показателей, которые оценивают при ПАБ, уровня травматизма и климата безопасности. Частота оценки показателей проводилась 1 раз в квартал. Оценка климата безопасности проводилась путём анонимного анкетирования. Результаты анкетирования были обработаны по предложенной нами ранее методике [18] и переведены в относительные значения от 0 до 100. Где 0 – это идеально хорошая характеристика, а 100 – самая плохая. Динамика изменения оцениваемых параметров приведена в таблице 2.

Выводы. Проведенное нами исследование позволило выявить некоторые закономерности при реализации ПАБ в строительной организации:

1. Проведение контрольных мероприятий в форме поведенческого аудита безопасности показало положительное влияние на климат безопасности. В данном случае ПАБ работает как психолого-педагогический метод коррекции поведенческих и психологических свойств работника и, как следствие, снижает влияние человеческого фактора на аварийность.

2. Выявленная положительная динамика изменения критериев оценки проявилась отчетливо у 1 и 2 бригады, в то время как бригады 3 и 4 показали статистически не значимые результаты. В среднем ключевые показатели климата безопасности улучшились в 1 бригаде на 39%, во 2 бригаде на 27,5%. При этом в 3 и 4 бригадах произошло ухудшение на 5% и 4% соответственно. Коэффициент парной корреляции составил 0,37, что достаточно высокое значение для психологического метода оценки. Данное обстоятельство показывает, что ПАБ должен быть элементом регулярного оперативного контроля в системе управления охраной труда.

3. Произошла адаптация реакции работников 1 и 2 бригады на появление аудитора. Работники чувствовали себя более уверенно и не меняли манеры ведения работы в присутствии проверяющего, при этом количество не применения или неправильного применения СИЗ тоже уменьшилось. Прочие объекты оценки ПАБ либо оставались на изначально низком уровне, либо менялись незначительно.

4. Устойчивое улучшение параметров оценки в 1 и 2 бригадах произошло после двенадцатой недели от начала регулярных контрольных мероприятий с применением ПАБ. Это согласуется с исследованиями [17] о влиянии контроля деятельности на поведение человека.

5. Существенной разницы в результатах при проведении ПАБ 4 и 2 раза в месяц не выявлено. Положительный эффект нарастает в обоих случаях. Поэтому в данном случае экономически целесообразнее проведение ПАБ дважды в месяц.

6. Малая эффективность проведения ПАБ один раз в месяц и менее объясняется отсутствием накопительного эффекта от данного психолого-педагогического мероприятия вследствие высокой ско-

рости ротации кадров в строительной организации. Возможно, для отраслей с более низкой динамикой смены кадрового состава подойдут схемы ПАБ с иной периодичностью.

7. Незначительное уменьшение количества травмирования и увеличение микротравм в анализируемом отрезки времени не свидетельствует о малой эффективности ПАБ как профилактического мероприятия. При этом произошло уменьшение скрываемости работниками случаев травмирования и всё то, что раньше замалчивалось, попало в официальную статистику. А значит, будет проведен анализ и приняты меры по предотвращению повторения данного вида травм в будущем, что в долгосрочной перспективе может существенно уменьшить количество и тяжесть травм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Информационная бюллетень «Условия и охрана труда в Нижегородской области» № 26 за 2018 год [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.minsocium.ru/docs/reg_trud/ohrana_truda/bulletin_work_security/bulletin_work_security_26_2018.pdf (дата обращения 05.11.2019).
2. Федеральная служба государственной статистики. Условия труда [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gks.ru/working_conditions?print=1# (дата обращения 05.11.2019).
3. Строительство в России. 2016: Стат. сб. / Росстат. – М., 2016. – 111 с.
4. Промышленное производство в России. 2016: Стат.сб. / Росстат. – М., 2016. – 347 с.
5. Строительство в России. 2018: Стат. сб. / Росстат. – М., 2018. – 119 с.
6. Министерство труда Российской Федерации. Охрана труда [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosmintrud.ru/labour/safety/308> (дата обращения 05.11.2019).
7. Министерство труда Российской Федерации. Охрана труда [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosmintrud.ru/labour/safety/293> (дата обращения 05.11.2019).
8. Министерство труда Российской Федерации. Охрана труда [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosmintrud.ru/labour/safety/307> (дата обращения 05.11.2019).
9. Стандарты, устанавливающие требования по выполнению работ или оказанию услуг в области строительства, реконструкции и капитального ремонта. Системы управления охраной труда в строительных организациях. Порядок создания и внедрения. СТО НОСТРОЙ 8.1.1 2019. – М.: Национальное объединение строителей, 2019. – 187 с.
10. OHSAS 18001:2007. «Системы менеджмента в области охраны труда и предупреждения профессиональных заболеваний. Требования». – 2007. – 29 с.
11. ISO 45001-2018 «Occupational health and safety management systems – requirements with guidance for use». – 2018. – 55 с.
12. ГОСТ 12.0.230.5-2018 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ. – 2018. – 49 с.
13. ГОСТ Р МЭК 62508-2014 Менеджмент риска. Анализ влияния на надежность человеческого фактора. – 2014. – 82 с.
14. Крук В.М. Ассесмент обеспечения личностной надежности специалиста // Электронный журнал. Гуманитарный вестник. – 2012. – № 2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.hmbul.ru/articles/17/17.pdf> (дата обращения 05.11.2019).
15. ГОСТ Р 12.0.008-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда в организациях. Проверка (аудит). – 2009. – 49 с.
16. Макаров П.В. Анализ культуры безопасности на предприятии / П.В. Макаров, В.С. Крамар, О.С. Хасанов, И.В. Смердин // Сетевое издание «Нефтегазовое дело». – 2018. – № 3. – С. 147–169.
17. Ian Glendon A. Sharon G. C. Human Safety and Risk Management : A Psychological Perspective, Third Edition. – Taylor & Francis Group, LLC. – 2016. – 488 p.
18. Макаров П.В. Количественная оценка результатов анкетирования работников / П.В. Макаров, А.Ф. Борисов // Справочник специалиста по охране труда. – 2008. – № 5 – С. 18–23.

Статья поступила в редакцию 01.11.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 629.7

**ПОНИЖЕННОЕ ДАВЛЕНИЕ ВОЗДУХА КАК ОДИН ИЗ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ ДЛЯ
КАБИННОГО ЭКИПАЖА ВОЗДУШНОГО СУДНА**

© 2019

Шуреков Владимир Васильевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры
«Поисковое и аварийно-спасательное обеспечение полетов и техносферной безопасности»
Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева
(432071, Россия, г. Ульяновск, ул. Можайского, 8/8, e-mail: nodes@list.ru)

Самохина Светлана Сергеевна, кандидат педагогических наук, доцент, профессор РАЕ,
доцент кафедры «Естественнонаучные дисциплины»
Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева
(432071, Россия, г. Ульяновск, ул. Можайского, 8/8, e-mail: sv_samokhina@rambler.ru)

Мухунова Юлия Витальевна, ассистент кафедры «Поисковое и аварийно-спасательное обеспечение
полетов и техносферной безопасности»
Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева
(432071, Россия, г. Ульяновск, ул. Можайского, 8/8, e-mail: melonkis@mail.ru)

Аннотация. В работе представлены результаты исследования динамики давления воздуха в пассажирских салонах ближнемагистрального узкофюзеляжного пассажирского воздушного судна (ВС) типа Sukhoi Superjet 100-95В и среднемагистрального узкофюзеляжного пассажирского ВС типа Boeing 737-800 в процессе их эксплуатации. Для измерения давления воздуха в пассажирском салоне ВС использовались цифровой и аналоговый барометр. Выявлено, что барометрическое давление на разных этапах полета ВС отличается, так как зависит от атмосферного давления в аэропорту вылета и прилета, от времени года, наличия осадков, относительной влажности и температуры атмосферного воздуха. В обоих типах ВС динамика барического давления в пассажирском салоне схожая. При взлете ВС давление воздуха постепенно снижалось (в среднем с 752 мм рт. ст. до 601 мм рт. ст.), минимальное давление зафиксировано на эшелоне: в Boeing 737-800 – 574,8 мм рт. ст., а в Sukhoi Superjet 100-95В – 629,5 мм рт. ст. Основной причиной расхождений барического давления явилась разная высота полета ВС (эшелон 11000 м для ВС типа Boeing 737-800, для ВС типа Sukhoi Superjet 100-95В – 9500 м). При снижении, заходе на посадку барическое давление в салоне ВС вернулось к исходным показателям. Кабинный экипаж ВС во время эксплуатации подвергается воздействию изменяющегося барического давления. В связи с этим с целью исключения отклонений системы кондиционирования от штатного режима и, как следствие, оказания неблагоприятного воздействия на экипаж и пассажиров на борту ВС, контроль давления в салоне ВС является обязательным условием для безопасного полета. При длительных перелетах cabinному экипажу для улучшения физического самочувствия и работоспособности рекомендуется периодически вдыхать чистый кислород из переносного оборудования с помощью специальной маски. Только при полном соблюдении регламента режима труда и отдыха возможно полное восстановление работоспособности и долголетие профессиональной деятельности. Во время нештатных ситуаций, связанных с медленной разгерметизацией кабины и пассажирского салона ВС до снижения безопасной высоты полета (3000 м), экипажу ВС и пассажирам рекомендуется исключить паническое состояние, приводящее к интенсивному потреблению кислорода, снизить энергопотребление скелетных мышц за счет уменьшения лишних движений тела, чтобы исключить вероятность появления необратимых нарушений организма в условиях гипоксии.

Ключевые слова: воздушное судно, этапы полета, cabinный экипаж (бортпроводник), пониженное давление воздуха, барометр, гипоксия, гражданская авиация, безопасность полетов.

**REDUCED AIR PRESSURE AS ONE OF THE HARMFUL FACTORS
FOR THE CABIN CREW OF THE AIRCRAFT**

© 2019

Shurekov Vladimir Vasilyevna, candidate of biological sciences, associate Professor
of the Department of Search and Rescue and Technosphere safety
Ulyanovsk Institute of civil aviation named after Chief Marshal of aviation B.P. Bugaev
(432071, Russia, Ulyanovsk, Mozhaiskogo St., 8/8, e-mail: nodes@list.ru)

Samokhina Svetlana Sergeevna, candidate of pedagogical sciences, associate Professor,
Professor of the Russian Academy of natural history, associate Professor of the Department
of Natural Science subjects

Ulyanovsk Institute of civil aviation named after Chief Marshal of aviation B. P. Bugaev
(432071, Russia, Ulyanovsk, Mozhaiskogo St., 8/8, e-mail: sv_samokhina@rambler.ru)

Mukhunova Yuliya Vitalyevna, assistant of the Department of Search and Rescue and Technosphere safety
Ulyanovsk Institute of civil aviation named after Chief Marshal of aviation B. P. Bugaev
(432071, Russia, Ulyanovsk, Mozhaiskogo St., 8/8, e-mail: melonkis@mail.ru)

Abstract. The paper presents the results of studies of changes in air pressure in the passenger cabin of the high-speed aircraft of the Sukhoi Superjet 100-95B type and the mid-range narrow-body passenger aircraft of the Boeing 737-800 type during their operation. To measure air pressure in the passenger cabin of the aircraft, a digital and analog barometer was used. The pressure in the aircraft is different from atmospheric pressure. The dynamics of passenger pressure in the passenger compartment is similar. When the aircraft took off, the air pressure gradually decreased (from an average of 752 mm Hg. Art. To 601 mm Hg. Art.). The minimum pressure recorded at the echelon: in a Boeing 737-800 – 574.8 mm Hg. Art., and in Sukhoi Superjet 100-95B – 629.5 mm Hg. Art. Aircraft altitude (level 11,000 m for aircraft of the Boeing 737-800 type, for aircraft of the Sukhoi Superjet 100-95B type – 9500 m). With a decrease in pressure on the initial pressure. The aircraft crew's cabinet undergoes a pressure change during operation. In this regard, an exception may be caused by a prerequisite for flight – this is a prerequisite for the crew and passengers of the aircraft. For long flights, the crew's office should be advised to periodically inhale oxygen using an oxygen mask. This will have a beneficial effect on a person's health and physical condition. Only with full observance of the rules of work and rest is it possible to fully restore the working capacity and longevity of professional activity. During emergency situations associated with the slow transformation of the cockpit and passenger cabin of the aircraft, to reduce flight altitude (3000 m). Decrease in energy consumption in the body, decrease in energy consumption, possibly irreversible disturbances in hypoxia.

Keywords: aircraft, flight stage, air pressure, barometer, bar altitude, hypoxia, cabin crew (flight attendant), civil aviation, flight safety.

Введение. Экипаж пилотируемого ВС состоит из летного экипажа (командира, других лиц летного состава) и кабинного экипажа (бортоператоров и бортпроводников), которые во время полета постоянно взаимодействуют между собой. В настоящее время бортпроводники являются неотъемлемой частью экипажа пассажирского ВС. Основная задача кабинного экипажа – обеспечение комфортного и безопасного полета пассажиров на борту ВС [1,2,3]. Бортпроводником принято считать работника гражданской авиации, имеющего свидетельство бортпроводника гражданской авиации Российской Федерации, включенного в состав кабинного экипажа ВС для обеспечения в полете безопасности пассажиров, эксплуатации оборудования пассажирской кабины ВС и выполнения сервисных процедур согласно стандартам авиакомпании. Места для бортпроводников оборудованы обращенными вперед или назад креслами, с привязной системой, которые располагаются возле аварийных выходов на борту ВС [1]. Бортпроводники работают в замкнутом узком пространстве, ограниченном пассажирским салоном, летящего на большой скорости. На организм кабинного экипажа влияют следующие негативные факторы условий труда: ионизирующее излучение, резкие изменения барометрического давления в салоне во время взлета и посадки ВС, пониженное парциальное давление кислорода или гипоксия, авиационный шум, пониженная относительная влажность воздуха, общая вибрация и напряженность трудового процесса [4,5,6,7].

Перепад давления воздуха в салоне ВС в процессе полета организмом ощущается в виде дискомфорта, боли в ушах и искаженном восприятии звуков. Гипоксия является одним из вредных и опасных факторов, которое может привести к различным функциональным нарушениям организма, в первую очередь в части, касающейся когнитивных функций

центральной нервной системы, а длительная гипоксия может привести к потере сознания и даже летальному исходу [8]. Например, 14 августа 2005 года произошла авиакатастрофа, связанная с медленной разгерметизацией ВС. Экипаж самолета Boeing-737 кипрской авиакомпании Helios Airlines, выполнявший рейс № 522 Ларнака – Афины – Прага, в условиях гипоксии и низкой температуры на борту потерял сознание, ВС оказалось неуправляемым. В результате столкновения ВС с землей, к северу от Афин, погибли 115 пассажиров и 6 членов экипажа, находившихся на борту ВС [9].

Имеются данные о нормативных значениях барического давления в кабине и пассажирском салоне ВС на разных этапах полета. При нештатных ситуациях, приводящих к изменению барического состояния, пилотам предписывается алгоритм действий по нормализации давления воздуха. При этом систематического контроля барического давления в пассажирском салоне ВС не производится. Однако ВС может оказаться в различных метеоусловиях, приводящих к неблагоприятным воздействиям на физиологическое состояние экипажа и пассажиров ВС.

Таким образом, непрерывный мониторинг давления воздуха в кабине и пассажирском салоне ВС, концентрации кислорода во вдыхаемом воздухе, является практически значимым для организации комфортного и безопасного полета.

Цель исследования – изучение динамики барического давления на борту ВС на разных этапах полета и представления рекомендаций кабинному экипажу и пассажирам по безопасному поведению во время полета.

Методика исследования. Исследовалась динамика давления атмосферного воздуха в пассажирских салонах ближнемагистрального узкофюзеляжного пассажирского ВС типа Sukhoi Superjet 100-95B и среднемагистрального узкофюзеляжного пассажирского ВС типа Boeing

737-800 в процессе их эксплуатации, которые являются наиболее распространенными типами ВС внутри нашей страны.

Современные ВС оснащены системой регулировки давления на борту и системой контроля внутренней среды (Environmental Control System – ECS) [10, 11]. Согласно ГОСТ 12.1.005-88, СанПиН 2.2.4.3359-16, СанПиН 2.5.1.2423-08 давление воздуха не является нормируемым показателем микроклимата условий труда работников, но в них указаны гигиенические нормы барометрического давления [12,13,14]. Для любых типов ВС гражданской авиации с гермокабинами, независимо от высоты полета, величина барометрического давления не должна быть менее 567 мм рт. ст. (2400 м), а для обеспечения комфортных условий в полете скорость изменения барометрического давления в гермокабине на всех режимах полета допускается не более 0,18 мм рт. ст. в секунду.

Давление в пассажирском салоне ВС определяется величиной атмосферного давления в аэропорту вылета и прилета, зависит от времени года, наличия осадков, относительной влажности и температуры воздуха [15,16].

Для измерения давления в пассажирском салоне ВС использовался мобильный телефон модели Samsung Galaxy S7 с датчиком барометрического давления, на котором было установлено приложение «Барометр». Барометрический датчик устанавливается на материнской плате и служит для измерения атмосферного давления с точностью до 0,02 миллибара в диапазоне температур от -40 до +85 градусов по Цельсию. Датчик представляет

собой тонкую мембрану на кремниевой поверхности и систему обработки данных. Измерения давления на борту ВС дублировались с помощью аналогового барометра-анероида БТК-СН-14 «Утес».

Барометрическая высота полета ВС относительно уровня моря определялась с помощью приложения «GPS TEST». Результаты измерений сохранялись в виде скриншотов (фотофиксация экрана мобильного телефона). Измерения давления воздуха проводились в средней части пассажирского салона на всех этапах полета ВС: во время руления, разбега, первоначального набора высоты, набора высоты на чистом крыле, на эшелоне, на снижении, при заходе на посадку и пробеге.

Результаты исследования. Измерение давления проводилось в салоне SSJ-100 во время рейса Ульяновск (аэропорт Баратаевка) – Москва (аэропорт Шереметьево) 24 ноября 2018 года и в салоне Boeing 737-800 во время рейса Ульяновск (аэропорт Баратаевка) – Москва (аэропорт Внуково) 29 декабря 2018 года (таблица 1).

На начальных этапах полета барическое давление в салонах обоих типов ВС незначительно увеличивалось. При наборе высоты ВС барометрическое давление в пассажирском салоне начало уменьшаться и достигло минимума на эшелоне. Минимальная барометрическая высота салона: в Sukhoi Superjet 100-95B составила 629,5 мм рт. ст., а в Boeing 737-800 – 574,8 мм рт. ст. (таблица 1), (рисунок 1). Основной причиной разницы давления явилась высота полета ВС: эшелон 11000 м для ВС типа Boeing 737-800 на, для ВС типа Sukhoi Superjet 100-95B – 9500 м.

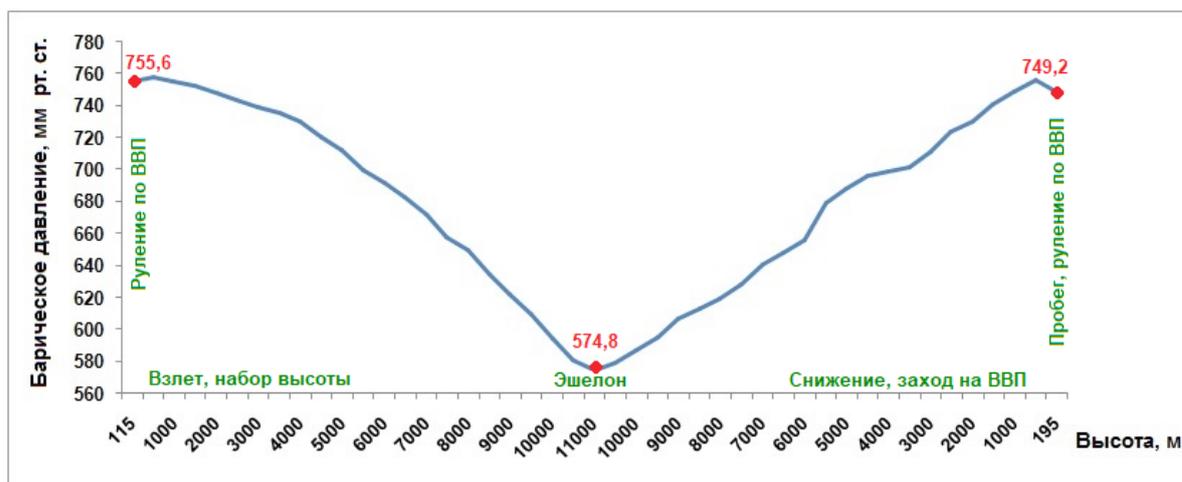


Рисунок 1 – Зависимость барического давления в пассажирском салоне от высоты полета Boeing 737-800

При заходе на взлетно-посадочную полосу (ВВП) барическое давление повысилось до 750 – 755 мм рт. ст. Во время руления ВС по ВВП давления воздуха в салонах обоих ВС уменьшилось на 5 – 10 мм рт. ст. Таким образом, за время полета

перепад давлений составил в салоне Sukhoi Superjet 113 мм рт. ст., а в салоне Boeing 737-800 – 81 мм рт. ст. Динамика барического давления на борту ВС на разных этапах полета находится в пределах допустимых значений [10,11].

Таблица 1 – Давление воздуха в пассажирском салоне ВС на разных этапах полёта

Этап полёта ВС	Дата, маршрут, тип ВС	
	24.11.2018, Ульяновск – Москва, Sukhoi Superjet 100-95В	29.12.2018, Ульяновск–Москва, Boeing 737-800
Руление по ВВП		
Взлет, набор высоты (500 м над уровнем моря)		
Эшелон		
Заход на ВВП (500 м над уровнем моря)		
Пробег, руление по ВВП		

Выводы. Таким образом, кабинный экипаж во время полета ВС испытывает явные барические воздействия, которые могут приводить к угнетению работоспособности и ускорению времени наступления утомления организма, проявляющееся в снижении эффективности и качества выполнения профессиональных задач. Самое низкое давление воздуха, как показано при анализе динамики полета ВС, отмечено на эшелоне. Именно на этом этапе полета ВС следует ожидать возникновение физиологического дискомфорта у экипажа ВС. Поэтому контроль давления в салоне ВС необходимо

проводить периодически для исключения отклонений системы кондиционирования от штатного режима и, как следствие, оказания неблагоприятного воздействия на организм человека. Согласно ФАП МО ГА – 2002 и ФАП – 128 все члены экипажа ВС проходят медицинские осмотры и получают соответствующие допуски к выполнению трудовых обязанностей [17,18]. Принято считать, что для здорового организма перепады давления, возникающие на разных этапах полета ВС, не представляют опасности. Однако если такие изменения возникают часто, то

кабинный экипаж может находиться в условиях хронической гипоксии и пониженной влажности в течение всего рабочего времени. Эти факторы могут стать причинами профессиональных заболеваний авиационного персонала. При длительных перелетах кабинному экипажу для улучшения физического самочувствия и работоспособности рекомендуется периодически вдыхать чистый кислород из переносного оборудования с помощью специальной маски. Только при полном соблюдении регламента режима труда и отдыха [19] возможно полное восстановление работоспособности и долголетие профессиональной деятельности.

Кроме этого, следует отметить, что пассажиры, находящиеся в салоне ВС также подвергаются влиянию перепада давления воздуха. Конечно, время данного воздействия зависит от частоты и длительности полета до пункта назначения. Тем не менее, пассажирам должна предоставляться информация о том, на каких ВС перепад давлений минимален и поэтому наиболее благоприятен при длительных перелетах. Сложные явления в атмосфере (турбулентность ясного неба, струйные течения, инверсии и т. д.) также вносят изменения в стандартное распределение давления воздуха на разных высотах [15,16]. Пониженное давление может особенно негативно воздействовать на пассажиров, не подготовленных к длительному полету [20]. Из-за избыточного давления в полых органах и расширения газов в желудочно-кишечном тракте могут отмечаться явления высотного метеоризма. Подвижность диафрагмы при вдохе и выдохе ограничивается и приводит к уменьшению жизненной емкости легких, затрудняется кровообращение организма. Возможно возникновение боли в ушах, боли в области гайморовых и лобных пазух, кашля, суставных и мышечных болей, обезвоживание организма из-за пониженной относительной влажности. Отмечаются эмоциональные сдвиги, замедляется умственная деятельность и понижается пространственное зрение.

В заключении хотелось бы отметить, что серьезные воздействия на организм человека возникают при нештатных ситуациях, связанных с разгерметизацией кабины и пассажирского салона ВС. В случае медленной разгерметизации салона ВС экипажу и пассажирам до снижения безопасной высоты полета (3000 м) рекомендуется исключить паническое состояние, приводящее к интенсивному потреблению кислорода, снизить энергопотребление скелетных мышц за счет уменьшения лишних движений тела, чтобы исключить вероятность появления необратимых нарушений организма в условиях гипоксии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Приложение 6 к Конвенции о международной гражданской авиации. Эксплуатация воздушных

судов. Часть II. Международная авиация общего назначения. Самолеты. – Изд. 8-е. – Канада, Монреаль: ИКАО, 2014.

2. Стюарды и стюардессы: история профессии и требования. Справка [Электронный ресурс]. – URL: <https://ria.ru/20081207/156681051.html>: (дата обращения 01.11.2019).

3. Тарасова Е.О. Профессия бортпроводника: Преимущества и ограничения. – Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки. – 2017. – № 2. – С. 77 – 89.

4. Шуберт Г. Физиология человека в полете / Г. Шуберт. – М.: Изд-во биологической и медицинской литературы, 1973. – 204 с.

5. Авиационная и космическая медицина. Учебник / Под. ред. Г. И. Гурвича. – Л. 1971. – 430 с.

6. Парин В. В. Космическая биология и медицина / В. В. Парин, Ф. П. Космолинский, Б. А. Душков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Просвещение, 1975. – 224 с.

7. Санитарно-гигиеническая характеристика вредности, опасности, напряженности, тяжести труда членов экипажей воздушных судов Гражданской авиации России, утвержденная Главным государственным санитарным врачом РФ от 13.10.1997.

8. Физиология человека / Под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. Пер. с англ. В 3-х томах. Т. 3. – М.: Мир, 2005. – 198 с.

9. Головин Г.С. Влияние гипоксии на организм человека при разгерметизации воздушного судна / Г.С. Головин, К.А. Зырянов, В.В. Шуреков // Гражданская авиация: XXI век: Сб. матер. V междунар. молодежной науч. конф. 11-12 апреля 2013 г. – Ульяновск: УВАУ ГА (И), 2013. – С. 15–17.

10. ГОСТ 22607-77. Системы кондиционирования воздуха самолётов и вертолётот. Термины и определения.

11. 737-800 Flight Crew Operations Manual. The Boeing Company. – 2014.

12. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

13. СанПиН 2.5.1.2423-08 Гигиенические требования к условиям труда и отдыха для летного состава гражданской авиации.

14. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

15. Матвеев Л. Т. Физика атмосферы / Л. Т. Матвеев. – СПб.: Гидрометеоздат, 2000. – 778 с.

16. Толмачева Н.И. Физическая метеорология. Учебное пособие. – Пермь: ПГНИУ, 2012. – 324 с.

17. Федеральные авиационные правила «Медицинское освидетельствование летного, диспетчерского состава, бортпроводников, курсантов и кандидатов, поступающих в учебные заведения гражданской авиации», утвержденные приказом Минтранса России от 22.04.2002 № 50.

18. Федеральные авиационные правила «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации», утвержденные приказом Минтранса России от 31.07.2009 № 128.

19. Положение об особенностях режима рабочего времени и времени отдыха членов экипажей воздушных судов гражданской авиации Российской Федерации, утвержденное приказом Минтранса РФ от 21.11.2005 № 139.

20. Джонсон Д.А. Советы авиапассажирам: Соблюдение правил безопасности полета и спасение в аварийных ситуациях. Пер. с англ. К. Г. Бомштейна: – М.: Транспорт, 1989. – 304 с.

Статья поступила в редакцию 30.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 51-74

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИВЕДЕННЫХ ЗОН ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ
ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

© 2019

Юсупджанов Владимир Исмаилович, доктор технических наук,
профессор Высшей школы техносферной безопасности*Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: yusupdzh_vi@spbstu.ru)***Кутузова Екатерина Владимировна**, магистр*Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: kutuzova.ev@edu.spbstu.ru)*

Аннотация. В статье рассмотрены аспекты применения приведенной зоны поражения для отдельных элементов опасного производственного объекта. Рассмотрены способы определения приведенной зоны поражения осколками, ударной волной и комбинированного поражения, на основе законов поражения, по которым возможно проводить расчеты вероятных зон поражения. Координатный закон поражения – закон поражения, выражающий зависимость вероятности поражения от удаления эпицентра взрыва от элемента опасного производственного объекта. Числовой закон поражения – закон поражения, выражающий зависимость вероятности поражения элемента опасного производственного объекта от числа взрывов. Предложена методика определения координатных законов поражения и приведенных зон поражения для элементов опасного производственного объекта. Установление уязвимых элементов для каждого опасного производственного объекта производится исходя из содержания события «объект поражен», которое для одного и того же объекта в различных условиях может быть различным. Поэтому, законы поражения и приведенные зоны поражения следует рассчитывать для различных уровней и возможных сценариев развития аварий.

Ключевые слова. Система управления промышленной безопасностью; План локализации и ликвидации аварий; Опасный производственный объект; Координатный закон поражения; Числовой закон поражения; Приведенные зоны поражения.

**THE METHOD OF DETERMINING THE REDUCED DAMAGE AREAS
OF ELEMENTS OF HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES**

© 2019

Yusupdzhanov Vladimir Ismailovich, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Higher School of
Technosphere Security of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University*Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya St., e-mail: yusupdzh_vi@spbstu.ru)***Kutuzova Ekaterina Vladimirovna**, master*Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
(195251, Russia, St. Petersburg, Politekhnikheskaya St., 29, e-mail: kutuzova.ev@edu.spbstu.ru)*

Abstract. The article analyzes aspects of application of the reduced damage areas for individual elements of hazardous production facility. Methods for determining the reduced damage area by shrapnel, shock wave and combined damage are reviewed, namely the Destruction Laws using which it is possible to calculate the potential damage areas. The Coordinate Destruction Law expresses the dependence of the destruction probability on the removal of the explosion epicenter from the element of hazardous production facility. The Destruction Digital Law expresses the dependence of the destruction probability of the element of hazardous production facility on a number of explosions. A method for determining the Coordinate Destruction Laws and reduced damage areas for elements of hazardous production facility is proposed. The identification of vulnerable elements for each hazardous production facility is made on the grounds of the event with the following content: the object is damaged, which may be different for the same object under various conditions. Therefore, the Coordinate Destruction Law and reduced damage areas should be calculated for different levels and possible scenarios of accidents. Based on experience and theory, the reduced damage areas during the explosion of various amounts of explosives occurred in an open area are determined.

Keywords. Industrial Safety Management System; the plan for accidents localization and liquidation; hazardous production facility; the Coordinate Destruction Law; the Destruction Digital Law; reduced damage areas.

Введение. Оценка последствий от воздействия поражающих факторов взрыва на здания, сооружения, технику и людей, а также принятия решений по защите и выработке мер безопасности основываются на показателях:

- вид и количество взрывчатого вещества (ВВ);
- условия взрыва;
- расстояние от места взрыва до места оценки его последствий;
- параметры поражающих факторов взрыва;

- степень повреждения (разрушения) зданий, сооружений, техники и степень поражения людей.

Для определения (расчета) показателей применяются разные виды функциональных зависимостей, расчетные соотношения которых определяются условиями взрыва. Эти соотношения определяются исходя из задач: получить большую точность, или простоту расчетов. Кроме того, проведение расчетов может проводиться для решения:

- задачи прогнозирования последствий взрыва по заданному типу и количеству ВВ (ВВ, ГВС, ПВС);

- задачи определения типа и количества ВВ по заданным последствиям взрыва.

Основным поражающим фактором ударной волны является избыточное давление во фронте воздушной ударной волны. Избыточное давление описывается уравнением М.А. Садовского, которое не всегда удобно для аналитических исследований в связи с необходимостью аппроксимации [2-3]. Кроме того, уравнение не учитывает действие других поражающих факторов взрыва. Для более полного и точного результата исследований предлагается применять следующие законы поражения: координатный закон поражения, подчиняющийся нормальному распределению Гаусса, и числовой закон поражения, подчиняющийся распределению Пуассона. Для количественного решения некоторых прикладных вопросов в области обеспечения безопасности на опасных производственных объектах необходимо использовать методику определения приведенных зон поражения [2-4].

Высокий уровень промышленной безопасности достигается разработкой и внедрением Системы управления промышленной безопасностью (далее – СУПБ) на опасных производственных объектах [1].

СУПБ – это структурированная совокупность управленческих решений, норм и процедур, посредством которых осуществляется и развивается деятельность по предотвращению рисков и соблюдению требований промышленной безопасности [1].

Управленческие решения, нормы и правила разрабатываются в следующей документации СУПБ:

- а) заявление о политике эксплуатирующих организаций в области промышленной безопасности;

- б) положение о системе управления промышленной безопасностью;

- в) положение о производственном контроле над соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах;

- г) документы планирования мероприятий по снижению риска аварий на опасных производственных объектах;

- д) декларация промышленной безопасности;

- е) иные документы, обеспечивающие функционирование системы управления промышленной безопасностью, предусмотренные положением о системе управления промышленной безопасностью.

Актуальность данной статьи заключается в обосновании методики расчета вероятных зон поражения осколками и комбинированного поражения осколками и ударной волной, образующихся при взрыве.

Цель статьи – обосновать применение законов поражения и методики определения приведенных зон поражения для элементов опасного производственного объекта.

Методика исследования. Расчеты вероятных зон поражения осколками и комбинированным поражением предлагается проводить по следующим законам поражения [2-3]:

Координатный закон поражения (КЗП) – закон поражения, выражающий зависимость вероятности поражения от удаления эпицентра взрыва от элемента опасного производственного объекта (далее – ОПО). Эта зависимость описывается функцией $G(x, z)$;

Числовой закон поражения (ЧЗП) – закон поражения, выражающий зависимость вероятности поражения элемента ОПО от числа взрывов. Эта зависимость описывается функцией $G(n)$ [4-8].

Графическим изображением функции $G(x, z)$ является поверхность (рисунок 1). Рассмотрим структуру данной функции.

Функция $G(x, z)$ положительна, так как данная функция выражает собой вероятность поражения объекта. В окрестности объекта можно выделить зону достоверных поражений $Q_d Q_d$, в пределах которой $G(x, z) = 1G(x, z) = 1$ [9-13].

За пределами данной зоны располагается зона недостоверных поражений $Q_n Q_n$. При взрыве в пределах этой зоны не обязательно происходит поражение объекта и $0 < G(x, z) < 1$. В пределах ее $G(x, z)$ — монотонно убывающая функция. Для двух взрывов, расположенных в одном направлении от центра объекта на удалении $I_1 = \sqrt{x_1^2 + z_1^2}$ и $I_2 = \sqrt{x_2^2 + z_2^2}$ при $I_1 < I_2$ справедливо неравенство $G(x_1, z_1) > G(x_2, z_2)$. Это следует из того, что вероятность поражения объекта по мере удаления взрыва от него может только уменьшаться. Область вокруг объекта, при взрыве в пределах которого можно ожидать поражения объекта, называется областью опасных взрывов [2].

За пределами зоны недостоверных поражений располагается зона безопасных взрывов $Q_6 Q_6$. Взрывы в пределах данной зоны ущерба объекту не наносят, и $G(x, z) = 0G(x, z) = 0$.

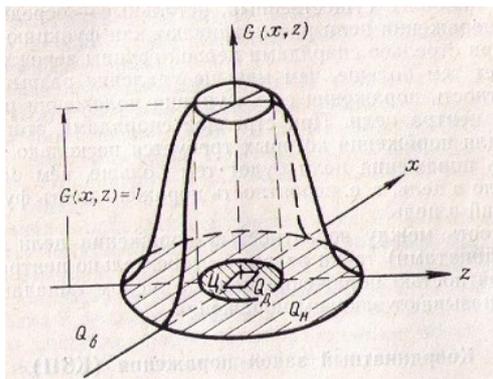


Рисунок 1 – График функции координатного закона поражения

Таким образом, координатный закон поражения выражается следующей функцией [5-6]:

$$G(x, z) = \begin{cases} 1 & \text{при } (x, z) \in Q_d; \\ G(x, z) & \text{при } (x, z) \in Q_n; \\ 0 & \text{при } (x, z) \in Q_b. \end{cases} \quad (1)$$

Числовой закон поражения характеризует поражающее действие осколков, при поражении которыми в ряде случаев имеет место «накопление ущерба». Под накоплением ущерба понимается явление, состоящее в том, что объект может быть поражен только совместным действием двух или более осколков, ни один из которых в отдельности объекта не поражает [14-18].

Зависимость $G(n)$ есть функция целочисленного аргумента, поэтому графически его можно представить в виде ряда ординат, отвечающих различным значениям n (рисунок 2) [5-6]. Для наглядного представления вершины этих ординат соединяют линиями. Рассмотрим структуру данной функции.

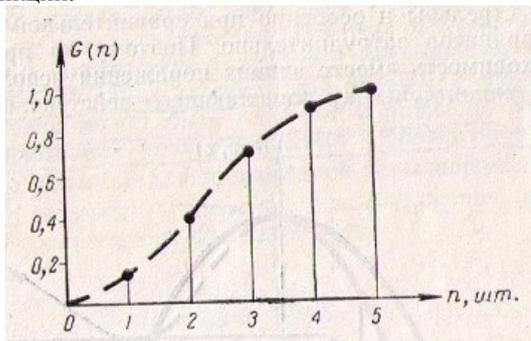


Рисунок 2 – График функции числового закона поражения

Функция $G(n)$ положительна. Это следует из того, что данная функция выражает собой вероятность поражения объекта. При отсутствии попаданий объект поражен быть не может, т.е. $G(0)=0$. При неограниченном увеличении числа попаданий поражение объекта становится достоверным событием, т.е. $G(\infty)=1$. При увеличении числа попаданий вероятность поражения объекта не может стать меньше — закон поражения есть

неубывающая функция, т.е. если $n_2 > n_1$, то $G(n_2) \geq G(n_1)$ [5-6].

Для некоторого класса объектов числовой закон поражения может быть выражен показательной функцией. К этому классу относятся объекты, для которых накопление ущерба отсутствует. Такие объекты состоят из агрегатов (отсеков), резко различных по уязвимости: при попадании в одни агрегаты объект поражается достоверно; при попадании в другие – совсем не поражается. Следовательно, поражение объекта достигается осколком, попавшим в уязвимый агрегат (элемент), т.е. вероятность поражения объекта численно равна вероятности попадания осколков в уязвимые отсеки [2-3].

Если взрывы независимы и вероятность поражения от взрыва к взрыву не меняется и равна p , то вероятность поражения объекта при n попаданиях в нее будет равна вероятности поражения объекта хотя бы одним осколком. Вероятность этого события, как известно, определяется по формуле [5-6]

$$G(n) = 1 - (1 - p)^n \quad (2)$$

Законы поражения являются полными характеристиками поражающего действия взрывов, но они неудобны для практического использования, так как функции, выражающие эти законы, имеют сложный вид. Поэтому возникает необходимость вместо закона поражения использовать более простую характеристику поражающего действия взрыва.

Поражающее действие взрыва характеризуют площадью зоны поражения S . Под площадью зоны поражения понимают такую площадку вокруг элемента ОПО, при взрыве в пределах которой элементу ОПО может быть нанесено поражение. Площадь зоны поражения является случайной величиной [5].

Пояснение этого утверждения. Область вокруг элемента ОПО разобьем на k элементарных площадок размером $\Delta S_i \Delta S_i = \Delta x_i \Delta z_i$ и занумеруем их по порядку $i = 1, 2, 3, \dots, k$. Считают, что взрыв с равной вероятностью может произойти в пределах любой элементарной площадки. Если при взрыве в пределах i – той элементарной площадки элемент будет поражен, то данная площадка принадлежит к площади зоны поражения. Так как поражение элемента ОПО при взрыве есть случайное событие, то и принадлежность i – той элементарной площадки к зоне поражения S будет случайной величиной. Поэтому в качестве числовой характеристики поражающего действия взрыва используют математическое ожидание площади, при взрыве в пределах которой элементу ОПО может быть нанесено поражение. Эту площадь называют приведенной зоной поражения S_p [8,13].

Случайная величина – площадь зоны поражения

представляет собой сумму элементарных площадок:

$$S = \sum_{i=1}^k \Delta S_i \quad (3)$$

Так как размеры i – той элементарной площадки невелики, то при взрыве в пределах этой площадки вероятность поражения постоянна и равна $G(x_i, z_i)$. Если эта площадка не принадлежит зоне поражения, то вероятность этого события равна $1 - G(x_i, z_i)$. Математическое ожидание приращения площади поражения будет определяться по формуле [6]

$$M[\Delta S_i] = \sum_{i=1}^k \Delta S_i p_i = \Delta S_i G(x_i, z_i) + 0[1 - G(x_i, z_i)] = \Delta S_i G(x_i, z_i) \quad (4)$$

Математическое ожидание площади зоны поражения согласно теореме о математическом ожидании суммы случайных величин определится [5]

$$M[S] = \sum_{i=1}^k \Delta S_i G(x_i, z_i) \quad (5)$$

или переходя к бесконечно малым величинам, формулой [5]

$$M[S] = S_{\pi} = \iint_{-\infty}^{\infty} G(x, z) dx dz \quad (6)$$

Отсюда, в зависимости от условий расположения элементы ОПО могут находиться как в укрытиях, так и вне укрытий. Укрытиями могут быть здания и сооружения, фундаментальные конструкции, защитные сооружения.

Получение и обсуждение результатов.

Определение координатных законов поражения и приведенной зоны поражения для указанных условий необходимо производить по следующей методике [8, 11, 13].

1. Для каждого ОПО установить содержание понятия «объект поражен», то есть определить поражение каких j – тех элементов (агрегатов, механизмов, персонала) объекта лишает его возможности выполнять свои функции. Такие элементы называются уязвимыми элементами объекта. Для каждого j – того уязвимого элемента определить размеры, материал, из которого он состоит, экранирование его различными деталями (защита), возможность поражения его каждым из поражающих факторов.

2. Установить поражающие i – тые факторы, которые могут выводить из строя рассматриваемый объект. Для каждого из них рассчитать координатный закон поражения $G_i(x, z)$, исходя из параметра, с помощью которого можно количественно определить величину воздействия i – того фактора на объект. В качестве параметров принять:

- плотность убойных осколков $\Delta\Delta(x, z)$, приходящихся на единицу уязвимой площади

объекта;

- избыточное давление $\Delta\Delta$ рф – для оценки воздушной ударной волны [19-20].

Опытно – теоретическим путем установить зависимость величины параметров с удалением от взрыва

$$\begin{cases} \Delta(x, z) = f(x, z); \\ \Delta p_{\Phi} = \psi(x, z). \end{cases} \quad (7)$$

Расчетом или на основании экспериментальных данных установить зависимость между вероятностью поражения объекта W и величиной параметра поражающего фактора

$$\begin{cases} W = g(\Delta); \\ W_{уд.в} = \varphi(\Delta p_{\Phi}) \end{cases} \quad (8)$$

и т.п., эти зависимости называют функциями поражения [6].

С помощью зависимости (7) и функции поражения (8) рассчитать значения функции, выражающей координатный закон поражения объекта $G_i(x, z)$.

3. Рассчитать функцию координатного закона комбинированного поражения как результат воздействия на объект всех поражающих факторов $G(x, z)$.

Если принять результат воздействия каждого поражающего фактора независимым событием, то вероятность поражения объекта хотя бы одним поражающим фактором определится по формуле

$$G(x, z) = 1 - \prod_{i=1}^I [1 - G_i(x, z)] \quad (9)$$

где I – число поражающих факторов [5].

4. Определить приведенную зону поражения по формуле (6) и рассчитать значения приведенных размеров отдельных элементов ОПО по формулам

$$2m_{\pi} = \sqrt{\frac{S_{\pi}}{\lambda}}; \quad 2l_{\pi} = S_{\pi} : 2m_{\pi}, \quad (10)$$

где

$$\lambda = 2l_{\pi} : 2m_{\pi} \lambda = 2l_{\pi} : 2m_{\pi}.$$

Установление уязвимых элементов для каждого ОПО производится исходя из содержания события «объект поражен». Содержание этого события для одного и того же объекта в различных условиях может быть различным [3]. Поэтому, КЗП и приведенные зоны поражения следует рассчитывать для различных уровней и возможных сценариев развития аварий.

Опытно-теоретическим путём определены приведенные зоны поражения при взрыве различного количества взрывчатого вещества на открыто расположенной местности. Значения данных зон указаны в таблице 1 [10, 15, 19].

Таблица 1 – Приведенные зоны поражения при взрыве на открыто расположенной местности

№ п/п	Количество взрывчатого вещества, кг	Приведенная зона поражения, м ²
1	0.05	162.2
2	0.5	352.0
3	1.5	509.4
4	3.5	677.5
5	6	812.2
6	9	930.9
7	12	1025.6
8	18	1175.5
9	24	1295.0
10	32	1426.6

Таким образом, в статье были рассмотрены законы поражения, а также способы определения приведенной зоны поражения осколками, ударной волной и комбинированного поражения. Рассмотрены аспекты применения приведенной зоны поражения для отдельных элементов ОПО. Кроме того, предложена методика определения приведенных зон поражения для элементов опасного производственного объекта. Опытнo-теоретическим путём были определены приведенные зоны поражения при взрыве различного количества взрывчатого вещества на открыто расположенной местности.

Выводы. На данный момент законы поражения и способы определения приведенной зоны поражения осколками, ударной волной и комбинированного поражения не применяются в области промышленной безопасности.

Методику определения приведенных зон поражения необходимо использовать для количественного решения ряда прикладных вопросов в области обеспечения безопасности на ОПО.

Эти вопросы относятся к определению последствий взрыва вплоть до поражения персонала и элементов ОПО; к возможности анализировать влияние защитных мероприятий на уменьшение приведенных зон поражения за счет повышения устойчивости элементов ОПО; к оптимизации защитных мероприятий по критерию максимального снижения приведенных зон поражения при выделенных экономических ресурсах на их выполнение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 N 116-ФЗ.
2. Басенко В.Г., Гуменюк В.И., Танчук М.И. Безопасность жизнедеятельности. Защита в чрезвычайных ситуациях. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2008.
3. Кармишин А.М., Киреев В.А., Гуменюк В.И. Проблемные вопросы промышленной безопасности // Научно-технические ведомости СанктПетербургского государственного политех-

нического университета 2013. № 2(178). С. 320–324.

4. Бобриков А., Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии. СПб.: Галей принт, 2006.

5. Кашутин В., Теория вероятностей. Л.: ВАА им. М. И. Калинина, 1971.

6. Вентцель Е.С., Теория вероятностей и ее инженерное приложение. М.: Наука, 1988.

7. Аверьянов А.И., Теоретические основы управления огнем артиллерии. Л.: ВАА им. М. И. Калинина, 1978.

8. Буравлев А.И., К вопросу определения приведенной зоны поражения объектов. Вооружение и экономика 2(44), 2018.

9. Кармишин А.М., Киреев В.А., Теория поражающего действия ОМП. М.: Изд-во ВУ РХБ защиты, 2003. – 280 с.

10. Кармишин А.М., Киреев В.А., Карнюшкин А.И. Оценка показателей опасности при авариях взрывоопасных объектов // Сб. матер. X научно-практ. конф. «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций». 5–6 октября 2010 г. М.: Изд-во Центра «Антистихия», 2010. С. 207–213.

11. Кармишин А.М., Киреев В.А., Гуменюк В.И. К вопросу о количественных показателях опасности техногенных аварий // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета 2(177) 2013. – ISSN 1994–2354. СПб.: ГПУ, 2013, С. 281–288.

12. Кармишин А.М., Киреев В.А. Карнюшкин А.И. Теоретическое описание комбинированного действия АХОВ» // Сб. докл. на V научно-практ. конф. «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций». 15–16 ноября 2005 г. – М.: ООО «Рекламно-издательская фирма «МТП-инвест», 2006. С. 379–392.

13. Буравлев А.И., Ерохин В.А., Скрынников А.А. К вопросу о понятии эффективной зоны поражения / Сборник статей XX Всероссийской конференции научно-технической школы-семинара «Прием, передача, обработка и отображение информации о быстропротекающих процессах». Сочи, октябрь 2009 г. – М.: РПА «АТР», 2009.

14. Буравлев А.И. К вопросу о критерии определения высокоточного оружия // Вооружение и экономика. – 2011. – № 4 (16).

15. Балаганский И.А., Мержиевский Л.А. Действие средств поражения и боеприпасов: Учебник. – Новосибирск.: Изд-во НГТУ, 2004.

16. Власов В.И. Факты и аргументы теории боевой эффективности. – М.: ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 2011.

17. Миропольский Ф.П., Саркисян Р.С., Вишняков О.Л., Попов А.М. Авиационные боеприпасы и их исследование: Учебник / Под ред. Ф.П. Миропольского. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1996.

18. Дорофеев А.Н., Кузнецов В.А., Саркисян Р.С.

Авиационные боеприпасы: Учебник. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1978.

19. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии / Под общ. ред. А.А. Бобрикова. – СПб.: «Галея принт», 2006. – 424 с.

20. Блинов Г.И. Концептуальные вопросы развития теории боевой эффективности РАВ на современном этапе / В сб. «Современные методы проектирования и отработки ракетно-артиллерийского вооружения». – Саров.: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2006. – Т. 1.

Статья поступила в редакцию 30.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 331.45

**ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА
ПО ВОПРОСАМ ОХРАНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА**

© 2019

Донцов Сергей Александрович, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Управление безопасностью в техносфере»*Российский университет транспорта (МИИТ)**(127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова 9, стр. 9, e-mail: sdonzov@rambler.ru)*

Аннотация. Одной из причин возникновения несчастных случаев на производстве является забывание информации по безопасным способам и методам выполнения работ. Показана исключительная важность формирования и поддержания профессиональных навыков работника в области охраны труда на протяжении его трудовой деятельности, зависящая от скорости формирования психологической системы действий как превентивного механизма обеспечения безопасности. Приведены психологические особенности влияния личности работника на безаварийный труд, выполнено исследование по оценке скорости забывания полученной информации, предложены способы повышения запоминания действующих норм и правил безопасности. При ограниченности временных возможностей для обучения персонала в производственных условиях рекомендована кратковременная или «двухдневная модель», а для работ повышенной опасности и необходимости запоминания информации на более длительный срок «трехмесячная модель» поддержания заданного уровня безопасности. Реализация указанных моделей возможна практически для всех существующих видов обучения по охране и безопасности труда, а их внедрение и использование должно стать действенным способом предупреждения несчастных случаев на производстве, рационального распределения ограниченных ресурсов и активным элементом построения системы управления охраной труда новой формации.

Ключевые слова: охрана и безопасность труда забывание информации, обучение, несчастные случаи на производстве, машиностроение.

PSYCHOLOGICAL FEATURES OF STAFF TRAINING ON OCCUPATIONAL SAFETY AND SAFETY

© 2019

Dontsov Sergey Alexandrovitch, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department “Management of Safety in the Technosphere”*Russian University of Transport (MIIT)**(127994, Russia, Moscow, Exemplary St., 9, e-mail: sdonzov@rambler.ru)*

Abstract. One of the causes of industrial accidents is the loss of information on safe working methods and methods. It is shown that it is extremely important to develop and maintain the professional skills of the worker in the field of labor protection during his/her working life, depending on the speed of formation of the psychological system of action as a preventive mechanism for ensuring safety. Psychological features of influence of employee ‘s personality on accident-free work are given, research is carried out on estimation of rate of forgetting of received information, methods of increasing memorization of existing norms and safety rules are proposed. With limited time possibilities for training of personnel in production conditions, a short-term or “two-day model” is recommended, and for works of increased danger and the need to remember information for a longer period of time the “three-month model” of maintaining the specified level of safety. Realization of the specified models is possible practically for all existing types of training in an industrial health and safety, and their introduction and use has to become an effective way of accident prevention on production, rational distribution of limited resources and an active element of creation of a control system of labor protection of a new formation.

Keywords: safety and safety of work forgetting information, training, accidents at work, mechanical engineering.

Введение. В 2018 году в Российской Федерации производственный травматизм составил 23,6 тыс. человек, из них 1,07 тыс. работников – погибли [1], а согласно данным Всемирной организации здравоохранения смертность в России от несчастных случаев на производстве и находится на третьем месте после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний [2].

За последнее десятилетие в стране было достаточно много сделано для снижения уровня производственного травматизма, большинству крупных компаний удалось снизить общий уровень травми-

рованных лиц и в первую очередь не за счет разработки новых методов и средств, а просто адаптируя уже существующие мировые практики.

Нельзя сказать, что это не принесло определенных результатов, но простое копирование чуждого нам мировоззрения и инструментария практически всегда не срабатывает.

Так, был сделан акцент на управление человеческим фактором, были разработаны соответствующие директивы, стандарты, планы действий положения и др., но они также не решили главную задачу – значительно иликратно снизить именно

количество летальных несчастных случаев.

Сегодня, к сожалению, отечественный бизнес практически не учитывает почти безграничные возможности психики человека данные нам эволюцией, а ведь именно они, очевидно, будут являться самыми действенными.

Нельзя не отметить, что эти попытки не предпринимались ранее, так в начале XX века в Новом Свете они проводились, но в первую очередь не с гуманитарной, а экономической точки зрения – в связи с возрастающими издержками страхового бизнеса на выплаты родственникам погибших на производстве. Спустя несколько десятилетий уже британские исследователи пытались выявить закономерности, объясняющие причины травмирования определенного количества работников из общей выборки, выполняющих идентичные операции и имеющие одинаковый инструмент и приспособления. Так, часть работников не имела производственных травм вообще, а определенная доля была подвержена этому весьма часто. Это пытались объяснить по-разному: некой случайностью, врожденной предрасположенностью и иными причинами. Дальнейшее изучение этих фактов с использованием элементов статистической обработки и последующего анализа позволило доказать, что тот или иной работник имеет определенную (индивидуальную), в том числе и психологическую предрасположенность к ним.

Таким образом, одной из групп причин возникновения производственных травм являются психо-

логические, которые в свою очередь можно классифицировать на несколько типов [3-5]:

1. Нарушение мотивационной части действий характерно для работников, обладающих критическим отношением к действующим правилам и нормам безопасности, то есть обладающих повышенной предрасположенностью к риску.

2. Нарушение ориентировочной части действий персонала имеет место при незнании существующих норм и способов обеспечения безопасности, в том числе действующих правил и т.п.

3. Нарушение исполнительской части действий работником типично при несоответствии психофизических возможностей человека действующим подходам в области обеспечения безопасности.

Анализ последних исследований и публикаций. Профессиональная деятельность работника представляет собой довольно таки сложный процесс, подразумевающий переработку огромного количества информации получаемой из окружающего нас мира. Для успешной работы сотрудник задействовал психомоторную память, определенные действия выполняет автоматически, просто выводя их из поля сознания, то есть используется некая функция навыка.

Согласно, толкового словаря Ожегова [6], навык – это умение, выработанное упражнениями, привычкой.

В свою очередь, безопасная деятельность работника будет зависеть от успешного формирования профессионального навыка – рисунок 1.



Рисунок 1 – Принципиальная схема формирования профессионального навыка по обеспечению безопасного выполнения работ

Трудовой процесс предполагает многократное воздействие на исполнителя неких раздражителей (сходных процессов, однотипных операций и др.), что и формирует, в конечном счете, определенную реакцию или программу реагирования на них, то есть приспособляемость и адаптацию работника.

Известно, что обучение по вопросам охраны труда направлено на формирование, закрепление, развитие навыков и мотивацию безопасного поведения в производственной деятельности.

Обучение безопасности является циклическим (постоянным) процессом и происходит на всей протяженности трудовой деятельности персонала [7-9].

Для формирования устойчивого профессионального навыка по безопасному выполнению работ необходимо выполнение достаточного количества практических упражнений, что в первую очередь зависит от скорости формирования психологической системы действий. Количество этих упражнений будет зависеть от ряда факторов:

- действенной системы управления охраной труда, включая производственный контроль и аудиты безопасности;
- проактивного обучения персонала охране труда [10-11];
- наличия четкой и прозрачной системы мотивации работника на безаварийный труд;
- наличия системы обратной связи;
- регулярного улучшения и ужесточения показателей безопасности [12-15].

Для выполнения безаварийной профессиональной деятельности работником необходимо сохранение и поддержание полученных навыков безопасности, иными словами частое использование этого опыта и знаний минимизирует риск наступления неблагоприятных событий.

В РФ наиболее распространенными видами обучения по безопасности и охране труда являются следующие [16-19]:

- 1) подготовка работника по вопросам обеспечения и поддержания безопасных и безвредных условий труда, защите и предупреждению от существующих источников опасностей и риска;
- 2) формирование устойчивых навыков безопасного поведения работником;
- 3) использование приемов и практик безопасного выполнения работ и рабочих операций;
- 4) подготовка по практическим приемам оказания первой помощи пострадавшим на производстве;
- 5) умения руководствоваться безопасным выполнением работ;
- 6) использование передовых методов проведения эффективного инструктажа и обучения.

Первоочередным элементом превентивной защиты от производственных травм должно стать предупреждение забывания работником полученных знаний.

Целью настоящей работы является практическое изучение скорости забывания персоналом полученных знаний по действующим нормам и правилам охраны труда, а также разработка рекомендаций, направленных на предотвращение данного процесса.

Материалы и результаты исследований. Одной из причин невыполнения персоналом общих принципов безопасности является забывание полученных ранее знаний по безопасному труду.

Для выбора эффективных практик запоминания действующих правил охраны труда было выполнено практическое изучение скорости забывания полученных знаний [20]. Проверка остаточных знаний требований охраны труда у руководителей и специалистов проводилась в объеме содержания и уровня сложности соответствующих программ обучения по охране труда (в объеме профессиональных компетенций, необходимых для выполнения своих должностных и функциональных обязанностей), программы Б1-Б4 – согласно [18].

Проверка остаточных знаний требований охраны труда и практических навыков безопасной работы работников рабочих профессий и оказания первой помощи пострадавшим осуществлялась в объеме знаний и уровня сложности требований соответствующих правил и инструкций по охране труда после прохождения инструктажей, обучения безопасным методам и приемам выполнения работ и обучения оказания первой помощи пострадавшим, программы Б1-Б4 – согласно [18].

Проверка (контроль) остаточных знаний был осуществлен в виде компьютерного тестирования, для этого была отобрана характерная группа работников машиностроительных профессий (руководители, специалисты, работники рабочих профессий) в количестве 50 человек, исследование было выполнено в различных временных интервалах. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Проведенные исследования свидетельствуют о быстротечном забывании информации, то есть уже через один месяц работник может воспроизвести безошибочно не более 1/5 части полученных знаний по охране труда. С целью выполнения всех норм и требований охраны труда, а, следовательно, и предупреждения производственного травматизма необходимо повысить эффективность запоминания полученной информации учитывая психологические возможности памяти работника. Для этого был осуществлен анализ существующих рекомендаций основателя школы психологии памяти Германа Эббингауза [20-21] и предложено два решения: «двухдневная модель» – для краткосрочного запоминания и ограниченности времени на реализацию и «трехмесячная модель» – для запоминания информации на длительный срок. Графическая интерпретация моделей, направленных на максимально эффективное запоминание действующих норм и правил безопасности приведена на рисунке 2.

Таблица 1 – Изучения скорости забывания полученной информации по безопасным способам, методам и навыкам работы персонала машиностроительных специальностей

№ п/п	Профессия	Безошибочное повторение полученной информации через определенное время, экспозиция, часы, %				Усредненное значение по профессии, %
		1 ч	10 ч	144 ч	720 ч	
1	Слесарь-ремонтник	48	37	20	19	31,00
2	Токарь-расточник	50	38	19	18	31,25
3	Шлифовщик	48	36	20	18	30,50
4	Шлифовщик-универсал	51	40	21	20	33,00
5	Наладчик шлифовальных станков	57	39	22	20	34,50
6	Токарь-универсал	59	37	20	19	33,75
7	Фрезеровщик	66	36	20	18	35,00
8	Зуборезчик	58	38	19	18	33,25
9	Станочник-обработчик	48	39	18	18	30,75
10	Станочник (металлообработка)	50	36	21	19	31,50
11	Оператор-линий	51	34	20	20	31,25
12	Слесарь по контрольно измерительным приборам и автоматике	49	35	21	20	31,25
13	Наладчик автоматов и полуавтоматов	51	37	20	19	31,75
14	Наладчик станков автоматов	48	32	19	18	29,25
15	Оператор станков с ЧПУ	44	36	18	17	28,75
16	Наладчик станков с ЧПУ	41	35	21	19	29,00
17	Контроллер	55	38	22	20	33,75
18	Нормировщик	43	35	19	19	29,00
19	Мастер	41	37	20	19	29,25
20	Технолог	45	36	21	20	30,50
21	Специалист по САПР	52	40	22	20	28,50
22	Инженер-мехатроник	50	42	21	19	33,00
23	Инженер-конструктор	49	39	20	18	31,50
24	Инженер-технолог	54	45	23	20	35,50
25	Инженер АСУ ТП	57	47	22	21	36,75
26	Техник	50	43	24	20	34,25
27	Оператор станков с программным управлением	48	41	25	22	34,00
28	Слесарь инструментальщик	49	39	21	18	31,75
29	Инженер по контрольно измерительным приборам и автоматике	51	42	22	19	33,50
30	Инженер производственно-технического отдела	52	43	21	20	34,00
31	Электрогазосварщик	48	40	23	20	32,75
32	Инженер технологических машин и оборудования	53	42	22	19	34,00
33	Наладчик контрольно-измерительных приборов и автоматики	50	43	24	20	34,25
34	Метролог	55	45	22	19	35,25
35	Техник по композитным материалам	59	49	21	20	37,25
36	Техник по защите информации (машиностроение)	57	50	23	21	37,75
37	Токарь-револьверщик	50	46	21	20	34,25
38	Токарь-ремонтник	47	41	19	19	31,50
39	Слесарь механосборочных работ	51	42	18	17	32,00
40	Электромонтер по ремонту и обслуживанию оборудования	53	47	21	19	35,00
41	Специалист по технологии машиностроения	55	43	22	20	35,00
42	Специалист по качеству	58	49	23	20	37,50
43	Специалист по управлению инновациями в машиностроении	50	42	21	19	33,00
44	Инженер проектировщик технологических машин и комплексов	53	42	21	20	34,00
45	Инженер по машинам и технологии обработки материалов давлением	55	47	20	19	35,25
46	Инженер по оборудованию и технологии сварочного производства	51	43	19	18	32,75
47	Инженер по технологии высокоэффективных процессов обработки	52	47	21	20	35,00
48	Специалист по конструкторско-технологическому обеспечению машиностроительных производств	54	44	22	20	35,00
49	Специалист по материаловедению	51	43	20	19	33,25
50	Главный метролог	57	46	21	20	36,00
Усредненное значение по интервалам, %		51,48	40,86	20,52	18,88	32,93



Рисунок 2 – Модели для лучшего запоминания информации по безопасным способам и методам работы персонала

Выводы. Проведенное экспериментальное исследование изучения скорости забывания действующих норм и правил по безопасным условиям труда на примере работников машиностроительных специальностей выявило стремительное забывание полученной ранее информации, что может явиться причиной возникновения несчастных случаев.

Для предотвращения несчастных случаев, связанных с естественным процессом забывания, предложено активное использование психологических возможностей памяти работника, а именно моделей для наилучшего запоминания информации по безопасным способам и методам работы персонала.

Практическая реализация указанных моделей возможна при различных видах обучения: аудиторном (классическом), новационном – всевозможные компьютерные обучающие программы и комплексы, дистанционном и др.

Использование приведенных моделей практически неограниченно и должно стать действенным способом предупреждения несчастных случаев на производстве, сокращения малоэффективных затрат на обучения персонала и важным элементом построения системы управления охраной труда новой формации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Сайт Федеральной службы по труду и занятости РФ. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.rostrud.ru/>
2. Сайт Всемирной организации здравоохранения. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.who.int/ru>.
3. Донцов С.А. Повышение безопасности труда на основе совершенствования системы предупреждения вредностей и опасностей на железнодорожном транспорте. – М.: ООО «Горизонт», 2013. – 184 с.
4. Донцов С.А. Организация и проведение внутренних аудитов охраны труда на предприятиях машиностроения. Монография / С.А. Донцов, Г.К. Ивахнюк, А.А. Аганов, К.А. Суворов. Под ред. Ивахнюка Г.К. СПб: «Свое издательство», 2019 – 102 с.
5. Донцов С.А. Аудиты безопасности как инструмент снижения производственного травматизма на объектах железнодорожного транспорта / С.А. Донцов, Е.Ю. Нарусова // Наука и техника транспорта. 2012. №3. С. 95–101.
6. Толковый словарь Ожегова – [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://slovarozhegova.ru/>

7. Захаров П. Культура безопасности труда: Человеческий фактор в ракурсе международных практик / П. Захаров, С. Пересыпкин. – М.: Альпина бизнес, 2019 – 128 с.

8. Панкратова Г. Теория и практика безопасности на современном предприятии / Г. Панкратова М.: «Accent Graphics communications», 2015 – 80 с.

9. Большая российская энциклопедия. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://bigenc.ru/>

10. Roy M. Validation d'un outil d'autodiagnosticet d'un modèle de progression de la mesure en santé et en sécurité du travail / Roy, M., Cadieux, J., Fortier, L., Leclerc, L. // IRSST, Montréal. 2008. – С. 36–36.

11. Reiman T. Leading indicators of system safety – monitoring and driving the organizational safety potential / Reiman, T., Pietikäinen, E. // Safety Science. 2012. №50 (10). – С. 93–100.

12. ILO-OSH 2001. Руководство по системам управления охраной труда (МОТ - СУОТ). – Женева: Международное бюро труда, 2003. – 28 с.

13. Донцов С.А. Стратегия управления безопасностью труда и охраной здоровья персонала / С.А. Донцов, Л.Ф Дроздова, Г.К. Ивахнюк // Безопасность жизнедеятельности. – М.: «Новые технологии», 2019. – № 3. – С. 3–9.

14. Донцов С.А. Оценка и внедрение культуры безопасности нулевого травматизма на машиностроительных предприятиях / С.А. Донцов, Л.Ф Дроздова // Вестник РГУПС. 2019. – №1. – С.14–21.

15. Донцов С.А. Культура безопасности персонала как элемент совершенствования системы управления охраной труда // Проблемы безопасности российского общества, 2019. – №1. – С 12–20.

16. ГОСТ 12.0.004-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения (вместе с Программами обучения безопасности труда). Введен в действие приказом Росстандарта от 09.06.2016 №600-ст.

17. ГОСТ 12.0.230-2007 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Общие требования (с Изменением N 1).

18. ГОСТ 12.0.230.1-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Руководство по применению ГОСТ 12.0.230-2007.

19. Типовое положение о системе управления охраной труда. Утверждено приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 19 августа 2016 года N 438н.

20. Эббингауз Герман. Основы психологии. Пер. с 2-го нем. изд. Г.А. Котляра /под ред. проф. Серебрянникова. Т.1. – СПб: Тип. т-ва «Обществ. польза», 1911–1912.

21. Эббингауз Герман. Ассоциативная психология / Г. Эббингауз, А. Бэн. М.: АСТ-ЛТД, 1998 – 528 с.

Статья поступила в редакцию 24.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 614.844

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СВЕТОВЫХ ОПОВЕЩАТЕЛЕЙ
В УСЛОВИЯХ ЗАДЫМЛЕННОСТИ**

© 2019

Савошинский Олег Петрович, аспирант*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: ugb@spbstu.ru)***Прищенко Алина Владимировна**, магистрант*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: vladimir_prishchenko@mail.ru)***Козырев Артём Михайлович**, инженер*ООО «Холдинг Гефест»
(197342, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Сердобольская, 65А, e-mail: artemikoz1995@yandex.ru)***Васильев Михаил Александрович**, кандидат технических наук, доцент*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: mavas01@rambler.ru)***Зыбина Ольга Александровна**, доктор технических наук, доцент*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: zybina_oa@spbstu.ru)*

Аннотация. Системы оповещения, устанавливаемые в зданиях и сооружениях с массовым пребыванием людей, играют большую роль для спасения человеческих жизней при возникновении пожара. В настоящее время выпускается ряд систем оповещения и десятки различных вариантов световых и звуковых оповещателей. Однако до сих пор не исследована их реальная устойчивость к опасным факторам пожара, как это предусмотрено требованиями статей 51 и 84 Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». В связи с этим отсутствуют сравнительные исследования по оценке эффективности систем оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ), в частности, сравнительной оценке функционирования световых оповещателей (СО) в условиях низкой видимости, вызванной задымлением при пожаре. Это не позволяет осуществить оптимальный выбор СО на этапе проектирования систем противопожарной защиты. В статье приводятся результаты исследования фотометрических характеристик световых оповещателей при воздействии на них опасных факторов пожара, в частности дыма. Проведено исследование фотометрических характеристик в дыму различных конструктивных типов оповещателей на соответствие требованиям нормативной базы. Предложена методика по оценке эффективности функционирования световых оповещателей в условиях задымленности. Показано, что предлагаемая методика позволяет оценить эффективность световых оповещательных устройств, представленных на отечественном рынке.

Ключевые слова: обеспечение пожарной безопасности, пожар, световые оповещатели, пожарная безопасность, системы оповещения и управления эвакуацией, задымленность.

**ESTIMATION OF EFFICIENCY OF FUNCTIONING
OF LIGHT SIGNALS UNDER CONDITIONS OF LIGHTNESS**

© 2019

Savoshinsky Oleg Petrovich, post-graduate student*St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(195251, Russia, Saint-Petersburg, Polytechnic St., 29, e-mail: ugb@spbstu.ru)***Prishchenko Alina Vladimirovna**, master of 1 year of study*St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnic St., 29, e-mail: vladimir_prishchenko@mail.ru)***Kozyrev Artem Mikhailovich**, engineer*LLC Holding Hephaestus
(195251, Russia, Saint-Petersburg, Serdobolskaya St., 65A, e-mail: artemikoz1995@yandex.ru)***Vasilyev Mikhail Aleksandrovich**, candidate of technical Sciences, associate Professor*St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnic St., 29, e-mail: mavas01@rambler.ru)***Zybina Olga Alexandrovna**, doctor of technical Sciences, associate Professor*St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnic St., 29, e-mail: zybina_oa@spbstu.ru)*

Abstract. Warning systems installed in buildings and structures with a large stay of people play a big role in saving lives in the event of a fire. A number of warning systems and dozens of different versions of light and sound sirens are currently being produced. However, their real resistance to fire hazard factors has not yet been investigat-

ed, as provided for by the requirements of Articles 51 and 84 of Federal Law No. 123-FZ "Technical Regulations on Fire Safety Requirements". In this regard, there are no comparative studies to evaluate the effectiveness of warning and evacuation control systems (SOUE), in particular, a comparative assessment of the operation of light sirens (CO) in low visibility conditions caused by smoke in a fire. This does not allow the optimal selection of CO at the stage of designing fire protection systems. The article presents the results of a study of the photometric characteristics of light sirens when exposed to dangerous fire factors, in particular smoke. A study of the photometric characteristics in smoke of various design types of sirens for compliance with the requirements of the regulatory framework. A technique for assessing the effectiveness of the operation of light sirens in smoke conditions is proposed. It is shown that the proposed method allows us to evaluate the effectiveness of light warning devices presented on the domestic market.

Keywords: ensuring fire safety, fire, light annunciators, fire safety, warning systems and evacuation control, smoke.

Постановка проблемы в общем виде. Основной угрозой в современном мире остаются пожары. Более 3 млн. пожаров ежегодно возникает в мире. Количество погибших в них составляет в среднем 85 тысяч человек. По статистическим данным ВНИИПО ежегодно в Российской Федерации от пожаров гибнет около 13 тыс. человек [1]. Обеспечение пожарной безопасности является одной из важнейших задач общества и государства.

Важно отметить, что за последние годы увеличилось число возгораний в зданиях и сооружениях с массовым пребыванием людей. На таких объектах чаще всего возникают трудности с проведением эвакуационных мероприятий, в том числе, по причине неисправности или неэффективности СОУЭ [2].

Нормативными документами предусмотрено обязательное оснащение системами оповещения всех помещений с постоянным и временным пребыванием людей. В зависимости от назначения здания, возможно применение простых систем оповещения (1-2-го типов) и сложных (5-го типа) [2]. Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» предьявляет определенные требования к СОУЭ.

Согласно Статье 51, п.3 «...Системы противопожарной защиты должны обладать надежностью и устойчивостью к воздействию опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для достижения целей обеспечения пожарной безопасности...». В Статье 84, п.3 говорится о том, что «...пожарные оповещатели, устанавливаемые на объекте, должны обеспечивать однозначное информирование людей о пожаре в течение времени эвакуации...» [13]. Однако опыт оказывает, что зачастую применяются световые оповещатели, которые оказываются плохо различимы (воспринимаемы) людьми при высокой плотности дыма [3-4].

Данная работа является актуальной, так как в настоящее время на рынке представлены десятки различных вариантов световых оповещателей. Однако до сих пор не исследована их реальная «восприимчивость» в условиях задымленности. В связи с этим, была предложена методика инструментального контроля для оценки функционирования СО в условиях низкой видимости из-за дыма.

Под «восприимчивостью» мы понимаем характеристику световых оповещателей, которая складывается из различимости и читаемости. Различимость и читаемость зависят от оптической плотности дыма [5-8].

Сравнительная оценка данных показателей легла в основу методики проверки нормального функционирования световых оповещателей в условиях эвакуации во время пожара и, в свою очередь, стала **целью** настоящего исследования.

Материалы и результаты исследований. Для оценки влияния задымленности на световые оповещатели нами предложен метод, который заключается в сравнении свечения СО с объектом калибровочного свечения (ОКС), представленным на рисунке 1.

Данный объект был изготовлен нами для обеспечения неизменных параметров яркости и является эталоном при калибровке систем световых оповещателей перед испытаниями в условиях задымленности, поскольку показал неизменные параметры яркости и свечения для всех заданных методикой значений оптической плотности дыма.

Были проведены сравнительные испытания «восприимчивости» СО различных российских фирм, в результате которых были получены зависимости фотометрических показателей от оптической плотности дыма. Нами были исследованы оповещатели четырех распространенных видов известных отечественных производителей.

Образцы оповещателей, условно обозначенные нами как СО-1, СО-2, СО-3, СО-4 представлены на рисунке 2.

Испытания световых оповещателей проводили при нарастающей плотности дыма на испытательном стенде «Дымовая камера», в условиях приближенным к реальным [20].

Во время проведения эксперимента соблюдались определенные метеорологические условия: температура воздуха в помещении – 18...22 °С, влажность – 60...75%, скорость воздушного потока – 0,4 м/с. Каждый образец был помещен в дымовую камеру, над ним располагался ОКС. Для каждого опыта отводилось время в 630 секунд (10,5 минут), напряжение на измерителе оптической плотности дыма в начальный момент времени составляло 3,102 В [9-14].

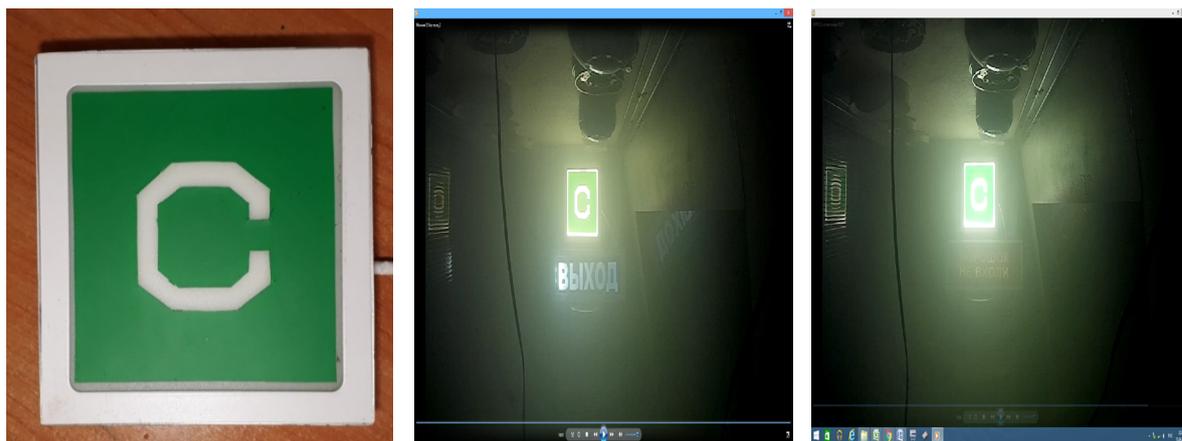


Рисунок 1 – Объект калибровочного свечения: а – общий вид; б – в условиях задымленности в сравнении с образцом СО-1, в – в условиях задымленности в сравнении с образцом СО-2



Рисунок 2 – Образцы испытуемых оповещателей: а – СО-1, б – СО-2, в – СО-3, г – СО-4



Рисунок 3 – Вид воспринимаемых образцов в условиях задымленности на 10-й минуте эксперимента: а – СО-3, б – СО-4

В процессе испытаний СО «Выход» (рисунок 2), помещали в дымовую камеру на расстоянии 1 метра от яркомера и люксметра марки «ТКА-ПКМ»(02). Приборы были направлены в центр светового оповещателя. Над табличкой СО размещали ОКС. Совместно с поджигом дымообразующего материала, осуществлялся запуск устройства перемешивания воздуха. При проведении испытаний, в соответ-

ствии с ГОСТ Р 53325-2012, в качестве дымообразующего материала применялся хлопчатобумажный фитиль. Фотометрические характеристики оповещателя фиксировались до запуска установки, а затем эти характеристики фиксировались с временным интервалом в 30 секунд. На протяжении всего времени испытаний снимали значения оптической плотности дыма с ИОПД (измеритель оптической

плотности дыма) и показания яркометра, для определения изменения фотометрических характеристик испытуемого образца по сравнению с ОКС [15-18]. Плотность дыма измерялась в дБ/м [3,11].

Так как ГОСТ Р 12.4.026-2015 устанавливает требования к освещенности световых оповещателей, которая должна быть в диапазоне от 1 до 500 лк, необходимо было произвести пересчет полученных значений яркости в освещенность [19].

В результате проведения серии экспериментов было установлено, что при увеличении плотности дыма во времени освещенность и яркость световых оповещателей ожидаемо снижаются для всех образцов, при зрительном восприятии образцы СО-1 и СО-2 стали мало различимыми (рисунок 1б,в), что недопустимо, тогда как образцы СО-3 и СО-4

остались в достаточной степени воспринимаемыми (рисунок 3). Графические результаты эксперимента представлены на рисунке 4, где показано, что в процессе испытаний для всех оповещателей наблюдается возрастание кривой освещенности, что говорит о снижении освещенности образцов и как следствие, ухудшении их различимости. При этом видно, что показатели тестового объекта (ОКС) существенно не изменялись. По совокупности данных образец СО-4 (рисунки 3б и 4г) показал себя наиболее различимым, так как в ходе опытов его четкость и освещенность практически не изменились и были близки к показателям ОКС. На наш взгляд, это связано с конструктивными особенностями оповещателя СО-4, у которого в отличие от других присутствует светодиодная подсветка по периметру табло.

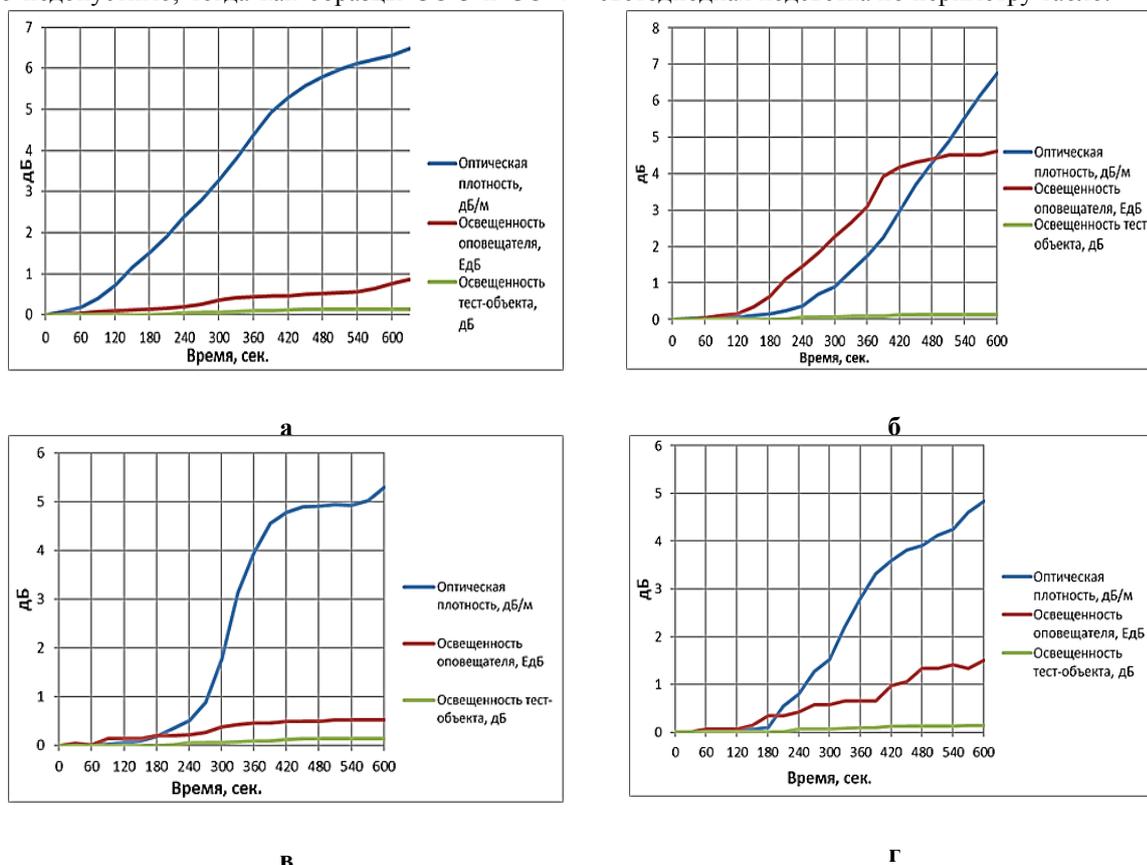


Рисунок 4 – Фотометрические показатели световых оповещателей в условиях задымленности при сравнении эталонным образцом: а – СО-1, б – СО-2, в – СО-3, г – СО-4

Выводы. Нами была проведена сравнительная оценка фотометрических характеристик СО, представленных на Российском рынке. Так как для проведения испытаний такого рода необходимо некое сравнение, то в данной работе был предложен тестовый объект калибровочного свечения. Данный объект был спроектирован в соответствии с государственным стандартом [20] и его характеристики, в том числе фотометрические, отвечают требованиям нормативных документов. В процессе эксперимента ОКС и СО совместно испытывались в дымовой установке, их фотометрические показатели фиксировались в одни и те же промежутки времени при

одинаковых значениях оптической плотности дыма. На выходе получилось, что ОКС сохранял равномерность своей освещенности и различимости, чего нельзя сказать о световых указательных табло. В результате проведенных испытаний установлено, что из представленных на отечественном рынке сертифицированных образцов СО не удовлетворяют требованиям нормативной документации образцы СО-1 и СО-2.

Показано, что разработанный метод оценки фотометрических показателей в сравнении с образцом калибровочного свечения может быть использован в качестве метода инструментального контроля со-

стояния эксплуатируемых СОУЭ, а также может быть применен для сертификации световых оповещателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ФГБУ ВНИИПО МЧС России: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.vniipo.ru> (дата обращения 15.11.2019).
2. Свод правил СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» – введен 01.05.2009. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 11 с.
3. Kozyrev A. Development of techniques for instrumental monitoring of reporting lines and control devices for paga / A.M. Kozyrev, O.P. Savoshinsky, I.A Babikov, A.V. Andreev // Журнал: «IOP CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE» (ИЗДАТЕЛЬСТВО IOP PUBLISHING LTD.)
4. Копытин П.А., Проблемы обеспечения визуального оповещения о пожаре и эвакуации людей. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. 2018.
5. Агеев С.В., Носов М.В. Методические основы требований к системам оповещения о чрезвычайных ситуациях. ВНИИ ГОЧС МЧС России, Академия гражданской защиты МЧС России. Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». – Введ.08.2012. М.: Интернет-журнал, 2012. – 2 с.
6. Бабуров В.П. и др. Производственная и пожарная автоматика. Часть 2. Автоматические установки пожаротушения. Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. – 304с.
7. Баралейчук В. Г., Мешалкин Е. А., Шарاپов С. А. Анализ нормативных документов в области обеспечения пожарной безопасности. Практическое пособие под общей редакцией Кузнецова С. В. и Додонова А.Е. – М. 2011.
8. Васильев М.А. «Разработка методов функционального контроля аппаратуры пожарной сигнализации и их техническая реализация» Диссертационная работа на соискание ученой степени к.т.н. СПбВПИТШ, 1999 г. 244 с.
9. ГОСТ Р 53325-2012 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний. – введен 01.01.2014. – М.: «Стандартинформ», 2014. – 270 с.
10. ГОСТ Р 54101-2010 «Средства автоматизации и системы управления. Средства и системы обеспечения безопасности. Техническое обслуживание и текущий ремонт». – М.: «Стандартинформ», 2011. – 41с.
11. ГОСТ Р 55842-2013 (ИСО 30061:2007) «Оповещение аварийное. Классификация и нормы» – введен 01.01.2015. – М.: «Стандартинформ», 2014. – 12 с.
12. Люксметр + Яркометр «ТКА-ПКМ»(02) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tkaspb.ru/main/index.php?productID=23> (дата обращения 12.03.2019).
13. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности № 123-ФЗ.: федер. закон: [принят Гос. Думой 4 июля 2008 г. : одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г.]. М.: ФГУ ВНИИПО, 2008. – 157 с.
14. Лепешкин, О. М. Комплексные средства безопасности и технические средства охранно-пожарной сигнализации / О.М. Лепешкин, В.В. Копытов, А.П. Жук. – М.: «Гелиос АРВ», 2009. – 288 с.
15. Молчанов В.П. «Пожарная автоматика – надежное средство защиты от пожаров», каталог «Пожарная автоматика», 2001–2002.
16. Оповещение и информирование в системе мер гражданской обороны, защиты от чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности. – М.: Институт риска и безопасности, 2008. – 320 с.
17. Самошин Д. А. Методологические основы нормирования безопасной эвакуации людей из зданий при пожаре: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.26.03 / Самошин Дмитрий Александрович; [Место защиты: Акад. гос. противопожарной службы МЧС России]. – Москва, 2017. – 48 с.
18. Свод правил СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» – введен 01.05.2009. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 11 с.
19. Айзенберг Ю.Б. Справочная книга по светотехнике: 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак, 2006. – 972 с.
20. ГОСТ Р 12.4.026-2015 «ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний». – введен 01.03.2017. – М.: «Стандартинформ», 2017. – 75 с.

Статья поступила в редакцию 27.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 631

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ОБОСОБЛЕННОГО УЧАСТКА МАССОВОЙ ВЫДАЧИ ГОРЮЧЕГО В НАЛИВНОЙ ТРАНСПОРТ

© 2019

Чернов Антон Леонидович, адъюнкт очной (штатной) адъюнктуры

*Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева
(199034, Россия, г. Санкт-Петербург, Наб. Макарова, 8, e-mail: chal1981@yandex.ru)*

Мокроусов Алексей Сергеевич, кандидат технических наук,

доцент, докторант очной (штатной) докторантуры

*Вольский военный институт материального обеспечения
(412921, Россия, Саратовская область, г. Вольск, ул. Максима Горького, 3,
e-mail: mokrousov85@rambler.ru)*

Квашнин Борис Сергеевич, доктор технических наук,

профессор, старший научный сотрудник научно-исследовательского института

*Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева
(199034, Россия, г. Санкт-Петербург, Наб. Макарова, 8)*

Аннотация. В данной статье рассмотрены модель оптимизации и структура методики обоснования технического оснащения обособленного участка массовой выдачи горючего (ОУМВГ) в наливной автомобильный транспорт из объектов нефтепродуктообеспечения в виде комбинатов ФАГР, товарных парков НПЗ и нефтяных терминалов. Актуальность данной методики заключается в том, что в настоящее время большинство указанных объектов системы нефтепродуктообеспечения обладают функциональной возможностью выдачи горючего в железнодорожный транспорт, хотя, учитывая различные масштабы потребителей, в том числе и вооруженные силы страны, часто возникает необходимость выдачи горючего в автомобильные цистерны различной вместимости верхним или нижним наливом. Предложенная методика позволяет, применительно к условиям выдачи горючего на объекте нефтепродуктообеспечения, обосновывать техническое оснащение ОУМВГ в виде подъемных площадок обслуживания цистерн, лифтового устройства, элементов системы верхнего и нижнего налива, трубопроводов и технических средств перекачки и очистки горючего. Указанные технические решения позволяют на ОУМВГ обеспечить высокий технический уровень, автономность и безопасность налива за счет упрощения конструкции, а также существенного уменьшения времени подготовки к наливу цистерны за счет синхронизации подъема на заданную высоту площадки обслуживания цистерн и наливного патрубка. Данное устройство имеет двойное назначение и позволяет осуществлять часть технологических операций в процессе обеспечения войск горючим.

Ключевые слова: обособленный участок массовой выдачи горючего, стационарный магистральный нефтепродуктопровод, подъемная площадка обслуживания цистерн, наливной автомобильный транспорт, технические средства перекачки и очистки горючего.

METHODS AND MEANS OF MASS DISTRIBUTION OF FUEL IN BULK TRANSPORT IN THE CONDITIONS OF REGROUPING OF TROOPS

© 2019

Chernov Anton Leonidovich, associate full-time (full-time) the course

Military Academy of logistics they. army General A.V. Khrulev.

(199034, Russia, St. Petersburg, Nab. Makarova, 8)

Mokrousov Alexey Sergeevich, candidate of technical Sciences,

associate Professor, full-time (full-time) doctoral student

Volsky military Institute of material support

(412921, Russia, Saratov region, Volsk, Maksim Gorkiy St., 58, e-mail: mokrousov85@rambler.ru)

Kvashnin Boris Sergeevich, doctor of technical Sciences, Professor,

senior researcher of the research Institute

Military Academy of logistics. General of the army

(199034, Russia, St. Petersburg, Nab. Makarova, 8)

Abstract. This article examines the optimization model and the structure of the methodology for justifying the technical equipment of the separate mass fuel issuance site (UMVH) in bulk road transport at the oil products facilities in the form of FAGR plants, refinery amusement parks and oil terminals. The relevance of this technique lies in the fact that at present most of these oil products facilities have a functional possibility of issuing fuel to rail transport, although, given the different scale consumers often need to issue fuel to car tanks of various capacity and upper or lower pouring. The proposed method allows, in relation to the conditions for the issuance of fuel at the oil supply facility, to justify the technical equipment of umvh in the form of lifting areas of the tank maintenance,

elevator device, elements of the upper and lower pouring, pipelines and fuel pumping and cleaning equipment. These technical solutions allow the UMW to provide a high technical level, autonomy and safety of pouring by simplifying the design, as well as significantly reducing the time of preparation for the tank's pouring by synchronizing the lift to a given height of the tank and pouring pipe.

Keywords: a separate section of mass fuel issuance, a stationary main oil pipeline, a lifting platform for tank maintenance, bulk road transport, technical means of pumping and cleaning fuel.

Введение. Выдача горючего из комбинатов Федерального агентства по государственным резервам (ФАГР), а также товарных парков НПЗ и нефтяных терминалов осуществляется, в основном, в железнодорожный наливной транспорт. В последнее время все чаще возникают проблемные ситуации, когда горючее небольшими партиями необходимо выдавать в наливной автомобильный транспорт, поскольку основные запасы горючего содержатся на комбинатах ФАГР, товарных парках НПЗ и нефтяных терминалах, а их необходимо постоянно выдавать и освежать, иногда в небольших объемах. Также в планах освежения необходимо учитывать тот факт, что железнодорожный транспорт в первую очередь осуществляет транспортирование горючего в значительных объемах и на большие расстояния. С другой стороны, выполнение перевозок горючего небольшими объемами и на незначительные расстояния экономически целесообразно осуществлять автомобильным транспортом, что позволяет организовать данные мероприятия в довольно сжатые сроки, важные при обеспечении войск горючим [1-4]. Но, для выполнения данных мероприятий необходимо соответствующее технологическое оборудование, позволяющее проводить выдачу горючего в наливной автомобильный транспорт, оснащенный цистернами различной вместимости, устройствами приема горючего верхним или нижним наливом, а также открытым или закрытым способом, соблюдая при этом все требования промышленной безопасности [5,6].

Для выполнения этих требований необходимо обустройство соответствующих ОУМВГ в регионах страны на отдельных участках местности в заданных районах, прилегающих к вышеуказанным объектам. Кроме этого, необходим научно-методический аппарат, позволяющий обосновывать технические параметры этих ОУМВГ, и их техническое оснащение в виде подъемных площадок обслуживания цистерн, лифтового устройства, элементов системы верхнего и нижнего налива, трубопроводов и технических средств перекачки и очистки горючего [7-9].

Цель исследования. Представить модель оптимизации и структуру методики обоснования технического оснащения ОУМВГ в наливной автомобильный транспорт на объектах нефтепродуктообеспечения, позволяющие выбрать рациональный вариант оснащения ОУМВГ техническими средствами, обеспечивающими заданные параметры выдачи горючего в наливной автомобильный транспорт и определяющими

минимальные стоимостные затраты на все этапы проектирования, строительства, оснащения и эксплуатации.

Материалы и результаты исследования. В настоящее время во всех регионах страны планомерно создается трубопроводно-складская система (ТСС), обеспечивающая хранение, транспортирование и выдачу необходимого количества горючего в заданных районах и установленные сроки, а также осуществление маневра ресурсами горючего на различных направлениях и рассредоточение запасов горючего [10]. При этом выдвигается ряд требований, основными из которых можно назвать:

- способность отдельных элементов ТСС работать автономно при оптимальных уровнях ресурсной и энергетической независимости;
- обеспечение достаточного и необходимого уровня надежности всех элементов ТСС;
- техническая и технологическая готовность и способность элементов ТСС к взаимодействию с железнодорожным, автомобильным и другими видами транспорта, а также всеми объектами производственно-энергетического комплекса страны [11-14].

Необходимо учитывать, что трубопроводно-складская система может и должна функционировать также и в интересах войск в особый период, когда система обеспечения войск горючим еще должным образом не сформирована, отдельные ее полевые элементы, оснащенные участками массовой выдачи горючего в наливной автомобильный транспорт, еще не развернуты.

Следовательно, и в интересах обеспечения войск горючим необходимо заблаговременно обустроить участки массовой выдачи горючего в наливной автомобильный транспорт, который, в свою очередь, осуществит подвоз горючего до районов массовой заправки горючим ВВТ. Вариант схемы подвоза горючего с помощью ОУМВГ до районов заправки горючим ВВТ вблизи маршрутов движения войск представлен на рисунке 1.

Принципиально ОУМВГ представляют собой группу подъемных площадок обслуживания цистерн, обустроенных в конкретном месте и соединенные трубопроводными коммуникациями стационарного типа с источниками нефтепродуктов, в первую очередь, с комбинатами ФАГР, пунктами выдачи горючего из СМНПП, а также товарными парками НПЗ и нефтяными терминалами. Кроме площадок обслуживания цистерн ОУМВГ имеют в своем составе технические средства перекачки (СП) и очистки горючего, технологиче-

ские трубопроводные коммуникации при выдаче горючего в наливной транспорт. При этом, ОУМВГ могут не являться составной частью какого-либо объекта системы нефтепродуктообеспечения, а представлять собой самостоятельный элемент данной системы. В настоящее время для выдачи горючего в наливной транспорт предусмотрены комплекты массовой выдачи горючего КМВ-6, которые предназначены для организации налива горючего в наливной автомобильный транспорт,

но, данный технический комплект не обладает достаточной производительностью, устарел и требует замены на более совершенное техническое решение. Учитывая опыт применения в свое время обособленных отделов горючего, можно сформировать описание функционирования ОУМВГ в составе ТСС и принцип их размещения, которые представлены в таблице 1 по соответствующим уровням.

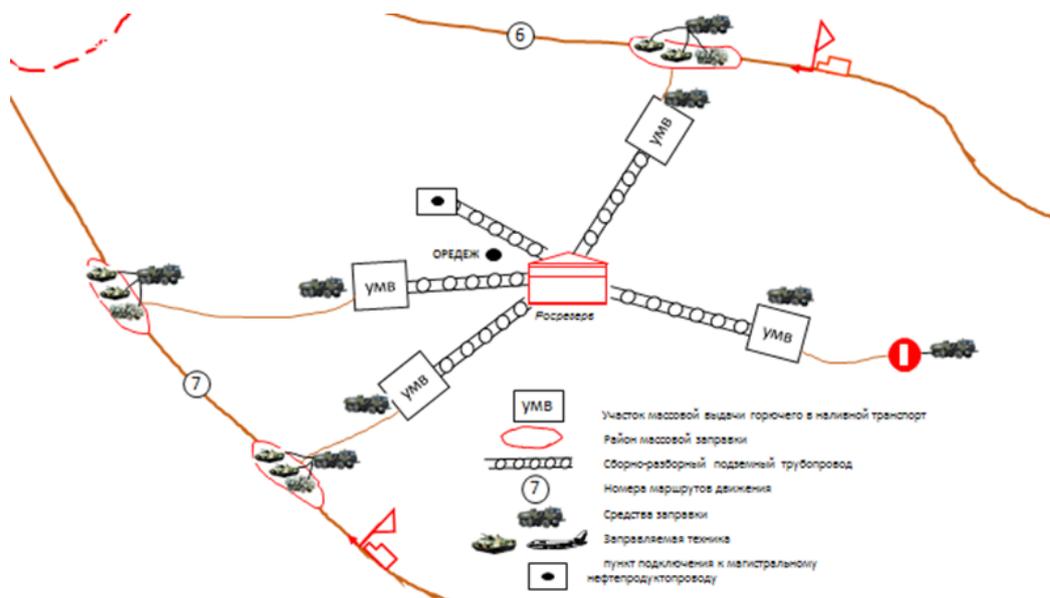


Рисунок 1 – Схема подачи горючего от объектов нефтепродуктообеспечения через ОУМВГ до районов заправки горючим ВВГ вблизи маршрутов движения войск

Таблица 1 – Структурно-функциональное описание размещения ОУМВГ на направлениях движения

Уровни	Функциональные составляющие комплексной оценки обоснования размещения ОУМВГ на направлениях движения	Показатели комплексной оценки
1	Военно-оперативная оценка готовности ОУМВГ к выдаче в установленных местах, согласно задачам войск (сил)	Место выдачи необходимой i -ой марки нефтепродукта в требуемом количестве $L_i V_i$
2	Уровень технической готовности выдачи горючего в автотранспорте на ОУМВГ	Общее время T доставки i -ой марки нефтепродукта от объекта нефтепродуктообеспечения до ОУМВГ, подготовки и непосредственной выдачи горючего в автотранспорт
3	Оценка устойчивости выдачи нефтепродукта на ОУМВГ в условиях воздействия внешних факторов и возможных технических отказов элементов	Вероятность сохранения ОУМВГ и вероятность безотказной работы его элементов с учетом вышестоящих требований $Q_{жив}(t)$
4	Вероятность безотказной работы устройства налива нефтепродуктов в цистерну автотранспортного средства	Вероятность безотказной работы элементов УМВ с учетом вышестоящих требований $P_{над}(T)$

Техническое оснащение ОУМВГ является многоэтапной задачей, началом которой принято считать оценку готовности участка к выдаче в установленных местах, согласно задачам выдачи необходимой i -ой марки нефтепродукта в требуемом количестве. Учитывая сложность условий, в которых ОУМВГ функционируют и многообразие факторов, требуется системный анализ, вероятностные модели, а также информационный поток в виде оперативно-тыловых требований к процессу обеспечения горючим и технико-экономические

возможности производственно-экономического комплекса страны.

При обосновании технологических параметров ОУМВГ необходимо учитывать основное и резервное количество СП, уровень надежности технологического оборудования, который обеспечивает их безотказное функционирование в течение требуемого времени, а также стоимостные показатели перечисленных технических средств и элементов технологического оборудования ОУМВГ [15].

Проведенный обзор и анализ подобных уст-

ройств показывает, что многие технические решения могут быть синтезированы в устройстве налива цистерны автналивного средства под названием шарнирный пантограф, отличие которого будет заключаться в том, что он будет использоваться для закрытого верхнего налива цистерн, при этом будет иметь вращающуюся головку, позволяющую менять радиус и направление в зависимости от расположения наливной горловины цистерны. Обоснование требований к пантографу должно учесть тактико-технические требования к устройству, функциональное предназначение устройства и его место в технологическом оборудовании ОУМВГ.

Одной из важных задач обоснования требований является определение исходных данных, связанное со статистикой и определением уровня надежности, границ его изменения на основе прогнозной оценки вероятностной прочности деталей сборочных единиц технологического оборудования, изменяющейся с течением времени [8,9]. Таким образом, необходимо рассмотреть тактико-технические требования к шарнирному пантографу с учетом стоимостных затрат в виде целевой функции, ограничений военно-технического, военно-экономического и технологического характера [16-21].

Включение устройства в схему технологического оборудования ОУМВГ, потребует выделения для него соответствующих площадей размещения, а также ограничение по площади площадки, что связано с общими требованиями к ОУМВГ.

Для построения модели оптимальные значения ТТХ в виде пропускной способности шарнирного пантографа и надежности.

Примем, что n подъемных площадок обслуживания цистерн, входящих в состав технологического оборудования ОУМВГ, должны обеспечить налив горючего в автомобильные цистерны в объеме $n \times V_{опер}$ с вероятностью, не менее $P_{зад}$. При этом, необходимо соблюдение требования о том, что суммарная производительность устройств не может быть меньше заданной производительности ОУМВГ $Q_{зад}$.

В качестве критерия оптимизации основных тактико-технических характеристик, а именно пропускной способности самого шарнирного пантографа, уровня надежности, а также количества устройств, примем суммарные затраты. При этом получим целевую функцию отыскания минимальных затрат, представляющую собой сумму частных стоимостных функций f_1, f_2, f_3 от пропускной способности устройств налива и интенсивности отказов устройства налива [16, 18,19].

$$Z = n \times f_1(Q_{ВН}) + n \times f_2(Q_{НН}) + f_3(\lambda_0) \longrightarrow \min \quad (1)$$

Ограничения представлены в следующем виде:

$$1) \quad P_{г} = F_3 * P_{\sigma} \geq P_{зад}; \quad (2)$$

где

$$F_3 = \frac{1}{2} \left[1 + \Phi \left(\frac{T_{зан} - \left(\frac{V_{опер}}{Q_{вр}} + t_{всп} \right)}{\sigma} \right) \right]; \quad (3)$$

$$P_{\sigma} = \exp \left[- \left(\lambda_3 + K_{\lambda} I_r \Delta t \right) * t \right] \quad (4)$$

$$2) \quad n \times Q_{ВН} + n \times Q_{НН} \geq Q_{зад}, \quad (5)$$

где

$Q_{зад}$ – заданная производительность выдачи горючего ОУМВГ, м³/ч;

$Q_{ВН}$ – пропускная способность пантографа, м³/ч;

$Q_{НН}$ – пропускная способность нижнего патрубка, м³/ч;

$T_{зан}$ – установленное время по заполнению цистерны, ч;

$V_{опер}$ – объем цистерны, м³;

$Q_{вр}$ – производительность налива цистерны в данный момент времени, м³/ч;

$t_{всп}$ – вспомогательное время на подъезд, развертывание приемных устройств, подъем площадки, присоединение пантографа к горловине цистерны, ч;

n – количество устройств налива на ОУМВГ, шт;

λ_0 – интенсивность отказов устройства налива, 1/ч;

K_{λ} – коэффициент динамики интенсивности отказов, 1/ч²;

$I_r, \Delta t$ – количество циклов функционирования ОУМВГ и усредненное время одного цикла налива, ч;

t – наиболее длительное время одного цикла, ч;

σ – среднее квадратичное отклонение расчетного времени налива цистерны через устройство налива.

В ограничениях учтены следующие величины:

- вероятность (F_3) налива заданного объема горючего за установленный период в подразделение при условии безотказной работы всего комплекта устройств ОУМВГ [8,9];

- вероятность (P_{σ}) безотказной работы устройства налива в цистерну в заданном объеме и в установленные сроки при условии отсутствия отказов устройства.

Структура методики обоснования требований к ТТХ устройств ОУМВГ состоит из следующих этапов:

1. Установить на основе статистических данных по отказам перечень сборочных единиц и деталей, определяющих надежность элементов конструкции устройства. Принять на основе конструкторских разработок и существующих образцов устройства базовую производительность раздаточной системы, а также количество устройств.

2. Провести параметрический анализ деталей установленного перечня и определить на основе прогнозной модели вероятность их безотказной работы с последующим определением их интенсивности отказов при условии их однократного применения.

3. Определить частные зависимости базовых стоимостных коэффициентов для оптимизируемых ТТХ и на их основе отыскать решение системы уравнений частных производных, приведенное с помощью алгебраических преобразований к вычислительной процедуре.

4. Сформировать блок исходной информации в виде заданной вероятности выполнения налива горючего в установленные сроки на ОУМВГ.

5. Отыскать численными методами с помощью ЭВМ, используя модель оптимизации, оптимальные требования к пропускной способности устройства и его интенсивности отказов.

6. Сбалансировать полученные оптимальные значения ТТХ и весь спектр требований оперативно-тылового и технологического характера для получения рационального варианта оснащения ОУМВГ техническими средствами, обеспечивающими заданные параметры выдачи горючего в наливной автомобильный транспорт и определяющими минимальные стоимостные затраты на все этапы проектирования, строительства, оснащения и эксплуатации [8,12,21].

Чтобы реализовать модель оптимизации, необходима модель надежности, позволяющая на основе серийных элементов или перспективных конструктивных разработок прогнозировать вероятность их безотказной работы в условиях предстоящей эксплуатации образца.

Для определения частных стоимостных функций оптимизируемых показателей качества необходима статистика стоимостных данных следующих узлов и агрегатов технологического оборудования:

- а) стоимость шарнирного пантографа;
- б) стоимость площадки подъема устройства налива без пантографа;
- г) стоимость автоматизированного управления площадкой подъема.

В настоящее время известен ряд устройств налива светлых нефтепродуктов в автомобильные цистерны, обеспечивающие подвоз горючего для военной техники, которые состоят из подъемника и синхронизированного с ним по подъему механизма налива нефтепродуктов. Но, возникла необходимость улучшения эксплуатационных качеств за счет уменьшения габарита в сложном состоянии для укладывания в колодец, обеспечение синхронизированного подъема оператора на площадке обслуживания цистерн и наливного патрубка в ручном исполнении, при соблюдении требований промышленной безопасности технологического процесса налива в цистерну.

Для решения этой задачи было разработано техническое устройство налива нефтепродуктов в цистерну, в которое входят: площадка обслуживания цистерн, механизм подъема, которой представлен рычагами типа «нюрнбергские ножницы», и трособлочная система, которая снабжена катками на концах поперечин, способных перемещаться по направляющим основания.

На рисунке 2 представлена схема устройства в развернутом положении в готовности производить налив горючего в автоцистерну, а на рисунке 3 устройство в сложенном состоянии в колодце [22].

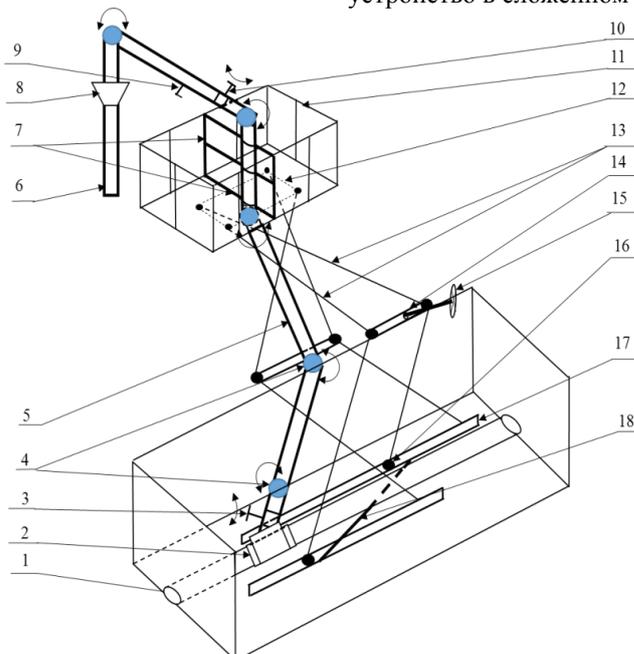


Рисунок 2 – Устройство налива нефтепродуктов в цистерны автоталивных устройств:

- 1 – трубопровод; 2 – тройник; 3 – задвижка; 4 – шарнирные соединения; 5 – труба; 6 – гибкий рукав;
- 7 – ребро жесткости; 8 – крышка; 9 – рукоятка; 10 – задвижка; 11 – площадка; 12 – крепление рычага подъема;
- 13 – рычаг подъема; 14 – опорная балка; 15 – устройство подъема; 16 – каток;
- 17 – основание; 18 – стопор

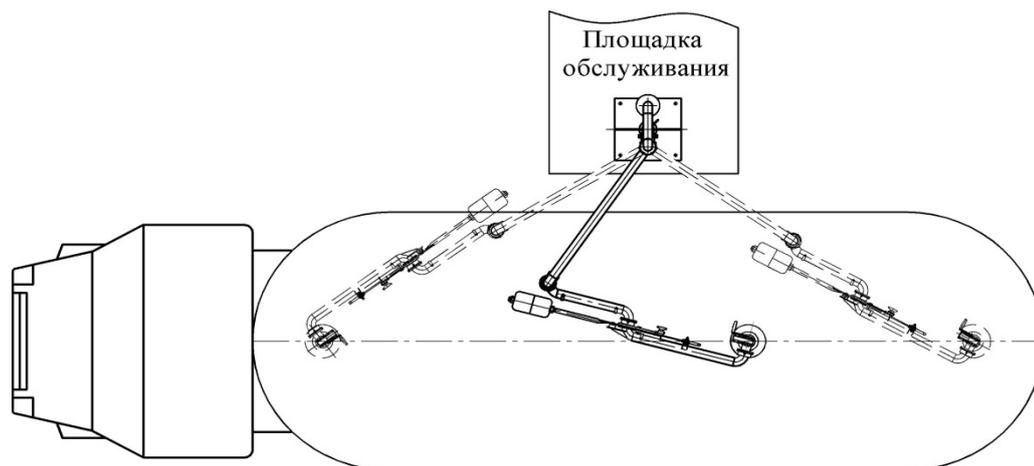


Рисунок 3 – Сектор перемещения наливного патрубка при наливе цистерны способом верхнего налива

Устройство, состоящее из подъемника и синхронизированного с ним по подъему механизма налива нефтепродуктов, обеспечивает синхронизацию подъема на требуемую высоту площадки обслуживания цистерн и наливного патрубка механизма налива нефтепродуктов; процесс подъема проходит в ручном режиме с помощью трособлочной системы, что обеспечивает достаточный уровень надежности и автономности устройства; габариты устройства налива в сложенном состоянии обеспечивают его укладку в заглубленный колодец.

Устройство налива горючего в автоцистерны, расположенное в углубленном колодце, за счет вращения ручного привода лебедки с помощью трособлочной системы подъемника поднимает площадку обслуживания в вертикальное положение из сложенного состояния. Вместе с площадкой обслуживания синхронно поднимается прикрепленный к верхней секции наливной патрубок на требуемую высоту. Оператор с площадки обслуживания цистерн, перемещая систему трубопроводов в горизонтальной плоскости, подводит наливной патрубок к горловине и устанавливает его в горловине цистерны (рисунок 3).

Выводы. Таким образом, модель оптимизации ТТХ устройства налива и методика обоснования технического оснащения ОУМВГ в наливной автомобильный транспорт из объектов нефтепродуктообеспечения позволяет определять их оптимальные значения, обеспечивающие минимальные стоимостные затраты с учетом условий функционирования и возможностей производственно-экономического комплекса страны.

Предложенное техническое решение позволяет содержать наливное устройство в заглубленном колодце, а по прибытии под налив автоцистерн оперативно поднять площадку обслуживания цистерн в вертикальное положение и провести налив цистерны, что позволяет обеспечить минимальную площадь размещения устройства на местности, а также существенно уменьшить время подготовки

к наливу цистерны за счет синхронизации подъема на заданную высоту площадки обслуживания и наливного патрубка.

Использование ОУМВГ позволит обеспечить требуемое время налива автомобильных цистерн и безопасность процесса налива горючего с площадки обслуживания цистерн и не противоречит военно-технической политике государства [1,3,4,5,7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Стратегия национальной безопасности РФ – Указ Президента РФ от 31.12.15 г. № 683.
2. Указ Президента Российской Федерации № 603 от 7 мая 2012 года «О реализации планов (программ) строительства и развития Вооруженных Сил Российской Федерации, других войск, воинских формирований и органов модернизации оборонно-промышленного комплекса».
3. Военная доктрина Российской Федерации (утв. Президентом РФ 25.12.2014 N Пр-2976).
4. Проблемы технического оснащения Тыла ВС РФ в современных условиях и пути их решения. Информационный сборник Тыла Вооруженных Сил Российской Федерации №124. – М.: МО РФ, 2001.
5. Коновалов В.Б. Методологическое обеспечение повышения эффективности системы материально-технического обеспечения в среднесрочной перспективе. Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации: сборник научных трудов. – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та. 2016. – 416 с.
6. Квашнин Б.С., Махутов Н.А. и др. Комплексная методика обоснования стоимостных параметров организационно-технических мероприятий, обеспечивающих промышленную безопасность предприятия. Сборник методических документов, применяемых при анализе и оценке техногенных рисков / под общей редакцией член-корреспондента РАН Махутова Н.А. – М.: РАН, 2011. – 416 с. «Типография Полимаг», Рубрики: Аварии и борьба с ними.
7. Каламаскин А.В., Коропов П.Н. Методиче-

ский подход к анализу ожидаемого облика системы материально-технического обеспечения ВС РФ. Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации: сборник научных трудов. – СПб.: Изд-во Политехн. У-та. 2016 – 416с.

8. ГОСТ РВ 15.201-203 Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Тактико-техническое (техническое) задание на выполнение опытно-конструкторских работ. Госстандарт России, Москва, 2003.

9. Бобриков А.А. Методология выработки оперативно-тактических требований к ракетному и артиллерийскому вооружению ракетных войск и артиллерии Сухопутных войск. – М.: Воениздат, 1990. 240 с.

10. Принципы формирования трубопроводно-складской системы обеспечения горючим Вооруженных Сил России. НТС «Вопросы совершенствования технических средств службы горючего». – М.: Воениздат, 1996.

11. Техничко-экономическая оптимизация системы стационарных объектов хранения горючего в интересах ВС РФ. Мокроусов А.С., Чернов А.Л. Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения: военно-научный журнал. 2017. № 3 (43). С. 73–83.

12. Система общих технических требований к видам вооружения и военной техники. Технические средства службы горючего. Общие технические требования. ОТТ 8.1.1.1-2018.

13. Брезгин В.С., Буравлёв А.И., Буренок В.М. Методология программно-целевого планирования развития системы вооружения на современном этапе. Монография. – М.: Издательская группа «Граница», 2013. – 520 с.

14. Паутов В.И. Система обеспечения горючим Вооружённых Сил. Проблемы и пути их решения. // Труды 25 ГосНИИ МО РФ. Вып.52. – М.: ООО «Русло», 2002. С.454–465.

15. Пирогов Ю.Н. Математическое моделирование процессов функционирования объектов и технических средств обеспечения горючим. – М., «Неография», 2006. – 228 с.

16. Мокроусов А.С., Квашнин Б.С. Нормативно-методическое обеспечение ценообразования на продукцию военного назначения. Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. – М.: НТЦ «Информтехника». – СПб.: Любавич. 2019. Вып. 3–4 (129–130). С.3–8.

17. Квашнин Б.С., Давыдов В.В. Учебное пособие. «Военно-специальная экономика службы горючего». – СПб, из-во ВАТТ, 2004, 136 с.

18. Викулов С.Ф., Подольский А.Г., Косенко А.А. Методический подход к оценке контрактных цен на образцы вооружения и военной техники // Вооружение. Политика. Конверсия. – 2008. – № 3 (81).

19. Лавринов Г.А., Подольский А.Г., Баханович Д.Н. Направления совершенствования системы ценообразования на продукцию военного назначения // Вооружение и экономика. – 2010. – № 1 (9).

22. Пат. 188033 Российская Федерация, В67D7/04. Устройство для налива нефтепродуктов в цистерну автотранспортных средств / А.Л. Чернов, Б.С. Квашнин [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГКВБОУ ВО «ВА МТО имени генерала армии А.В. Хрулева» МО РФ. – (RU) № 2018147738; заявл. 29.12.2018; опубл. 28.03.2019, Бюл. № 10. – 3 с.

Статья поступила в редакцию 16.09.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 677: 628.517.2

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКИ
ПРИ РАЗМЕЩЕНИИ И ХРАНЕНИИ ЯДЕРНЫХ ОТХОДОВ**

© 2019

Гурковская Елена Александровна, доктор технических наук, профессор кафедры
«Холодильные технологии и техносферная безопасность»*Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского
(Первый казачий университет)**(115419, Россия, г.Москва, ул.Шаболовка, 14, e-mail: s704@mail.ru)***Тараканова Валентина Викторовна**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры
«Холодильные технологии и техносферная безопасность»*Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского
(Первый казачий университет)**(115419, Россия, г.Москва, ул.Шаболовка, 14, e-mail: s704@mail.ru),***Бузетти Константин Дантевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Холодильные технологии и техносферная безопасность»*Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского
(Первый казачий университет)**(115419, Россия, г.Москва, ул.Шаболовка, 14, e-mail: s704@mail.ru),***Иванов Михаил Владимирович**, старший преподаватель кафедры
«Холодильные технологии и техносферная безопасность»*Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского
(Первый казачий университет)**(115419, Россия, г.Москва, ул.Шаболовка, 14, e-mail: s704@mail.ru)***Халусьяк Анна Игорьевна**, магистрант ПКИТ (ф)*Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского
(Первый казачий университет)**(440026, Россия, г.Пенза, улица Володарского, 6, e-mail: woinova53@mail.ru)*

Аннотация. В статье рассматривается обращение с радиоактивными отходами (РАО), которые являются одной из наиболее сложных технико-экономических и социально-экологических проблем, представляющих серьезную угрозу негативного воздействия на экосистему страны. Особую проблему обращения с радиоактивными отходами представляет утилизация радионуклидов, широко используемых в различных отраслях народного хозяйства, медицине и научных учреждениях. Удельная активность отходов невелика, но «мелкие потребители» многочисленны, причем локализируются они на территории крупных городов и промышленных зон, что увеличивает риск негативного воздействия на окружающую среду. Для максимального контроля воздействия радиоактивных отходов на экосистему, необходимо правильное определение границ санитарно-защитных зон (СЗЗ) при эксплуатации и наблюдении радиационных объектов. При создании расчетной модели промплощадки необходимо разработать концептуальную модель миграции радионуклидов в зависимости от влияния ведущих гидрометеорологических факторов. Пункты хранения радиоактивных отходов должны отвечать требованиям безопасности, поэтому при выборе промплощадки необходимо проведение мониторинга и систематизации данных о состоянии природных недр: учет инженерно-геологических условий, состав и свойства подземных вод, их взаимодействие с высокоактивными отходами и отработанным ядерным топливом, направление и скорость водного потока для контроля утечек радиоактивных отходов из планируемого хранилища. В случае аварии, в зависимости от геологических условий, возможно распространение радионуклидов подземными или наземными водами, поэтому необходимо предусмотреть мероприятия по защите персонала объекта, населения и окружающей среды.

Ключевые слова: промышленная площадка, радиоактивные отходы, пункт хранения, санитарно-защитная зона, инженерно-геологические условия, радиоактивные объекты, экологическая безопасность окружающей среды.

**ENVIRONMENTAL CONTROL OF THE CALCULATION MODEL OF THE INDUSTRIAL
SITE IN THE PLACEMENT AND STORAGE OF NUCLEAR WASTE**

© 2019

Gurkovskaya Elena Aleksandrovna, doctor of technical Sciences, Professor
of the Department of Refrigeration Technologies and Technosphere Safety*Moscow State University of Technology and Management named after VG Razumovsky
(the First Cossack University)**(115419, Russia, Moscow, Shabolovka St., 14, e-mail: s704@mail.ru)***Tarakanova Valentina Viktorovna**, candidate of pedagogical Sciences, associate Professor of the Department

of Refrigeration Technologies and Technosphere Safety
Moscow State University of Technology and Management named after VG Razumovsky
(the First Cossack University)

(115419, Russia, Moscow, Shabolovka street, 14, e-mail: s704@mail.ru)

Busetti Konstantin Dantevich, candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department
of Refrigeration Technologies and Technosphere Safety

Moscow State University of Technology and Management named after VG Razumovsky
(the First Cossack University)

(115419, Russia, Moscow, Shabolovka St., 14, e-mail: s704@mail.ru)

Ivanov Mikhail Vladimirovich, senior lecturer of the Department
of Refrigeration Technologies and Technosphere Safety

Moscow State University of Technology and Management named after VG Razumovsky
(the First Cossack University)

(115419, Russia, Moscow, Shabolovka St., 14, e-mail: s704@mail.ru)

Halusyak Anna Igorevna, undergraduate

Moscow State University of Technology and Management named after VG Razumovsky PKU (branch)

(440026, Russia, Penza, Volodarskogo St., 6, e-mail: woinova53@mail.ru)

Abstract. The article deals with the management of radioactive waste (RW), which is one of the most complex technical, economic and socio-environmental problems that pose a serious threat to the negative impact on the country's ecosystem. A special problem of radioactive waste management is the disposal of radionuclides, which are widely used in various sectors of the national economy, medicine and scientific institutions. The specific activity of the waste is small, but the "small consumers" are numerous, and they are localized in large cities and industrial zones, which increases the risk of negative impact on the environment. For maximum control of the impact of radioactive waste on the ecosystem, it is necessary to correctly determine the boundaries of sanitary protection zones (SPZ) during the operation and monitoring of radiation facilities. When creating a calculation model of the industrial site, it is necessary to develop a conceptual model of radionuclide migration depending on the influence of leading hydrometeorological factors. Radioactive waste storage facilities must meet safety requirements, therefore, when choosing an industrial site, it is necessary to monitor and systematize data on the state of natural resources: taking into account geotechnical conditions, composition and properties of groundwater, their interaction with highly active waste and spent nuclear fuel, direction and speed of water flow to control the leakage of radioactive waste from the planned storage. In the event of an accident, depending on the geological conditions, the spread of radionuclides by ground or ground waters is possible, therefore, measures must be taken to protect the facility's personnel, the public and the environment.

Keywords: industrial site, radioactive waste, storage facility, sanitary protection zone, engineering and geological conditions, radioactive facilities, environmental safety.

Введение. В настоящее время, как в Российской Федерации, так и в других странах, возникла реальная угроза человечеству, обусловленная разрушительным техногенным воздействием на экосистемы. Одной из существенных проблем обеспечения экологической безопасности окружающей среды является проблема радиационной безопасности. Ее важнейшим элементом является обращение с радиоактивными отходами (РАО). В эксплуатирующихся организациях были накоплены большие объемы жидких и твердых РАО, размещенных в пунктах хранения радиоактивных отходов (ПХРАО), но существующие пункты захоронения не были обеспечены нормативными положениями по конечным стадиям жизненного цикла, так как отсутствовала единая система обращения с РАО, направленная на их захоронение.

В рамках динамично развивающейся нормативно - правовой системы в России и перехода к международно-принятой практике захоронения не только вновь образующихся, но и накопленных РАО, требовалась разработка положений и методик, позволяющих принять решение об оптимально без-

опасном способе окончательной изоляции отходов в отношении каждого существующего объекта.

В связи с этим, необходимо решать вопрос строительства новых современных объектов для безопасного размещения и длительного хранения радиоактивных отходов. При проектировании и строительстве объектов хранения радиоактивных отходов, необходимо определять территорию безопасного места захоронения, рассчитывать его структуру с санитарно-защитной зоной таким образом, чтобы исключить возможность попадания радиоактивных веществ в окружающую среду, из-за огромной экологической угрозы.

Цель работы. Определение границ санитарно-защитной зоны пунктов размещения и длительного хранения радиоактивных отходов с целью обеспечения экологической безопасности окружающей среды.

Вопрос определения санитарно-защитной зоны (СЗЗ) пункта хранения радиоактивных отходов (ПХРАО) с точки зрения степени его опасности является актуальной проблемой, так как невозможно применять единообразный подход для таких пред-

приятый как: добыча урана и его переработка; обогащение урана; обращение отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО). Все эти предприятия являются объектами использования атомной энергии (ОИАЭ) и имеют различную степень радиационной опасности.

Проблемные вопросы определения границ СЗЗ освещались многими авторами [1,2]. Как правило, они применяли сравнение определения СЗЗ в разных нормативно-правовых документах, делая вывод об отсутствии требований проведения расчета и обоснования границ СЗЗ радиационного объекта в основных положениях. В 2016 году были впервые введены Методические указания МУ 2.6.5.010-2016 «Обоснование границ и условия эксплуатации санитарно-защитных зон и зон наблюдения радиационных объектов» [3].

Примеры отнесения радиоактивных отходов к удаляемым и не удаляемым, в рамках первичной регистрации накопленных отходов определяются в ходе реализации Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2025 года». В настоящее время разработан метод расчета нанесенного вреда окружающей среде в случае хранения РАО длительное время. Результаты оценки вреда от гипотетической гибели биоты, в местах влияния объектов в основном, оказались либо равными нулю, либо настолько малыми, что не повлияли на выбор способа захоронения. Разработанный метод лег в основу действующих рекомендаций Росгидромета для оценки радиационного воздействия на биоту [4]. Спорный момент в установлении СЗЗ заключается в том, что при созданных условиях,

способствующих безопасному функционированию, объект хранения РАО является радиационным и потенциально опасным. К потенциально опасным объектам можно отнести пункты хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, хранилища радиоактивных отходов, не относящиеся к ядерным установкам, и предназначенные для хранения. Хранение и захоронение радиоактивных отходов относятся к объектам использования атомной энергии в соответствии со ст.3 Федерального закона от 21.11.1995 N 170-ФЗ (ред. от 27.12.2018) «Об использовании атомной энергии» [5].

Вопросы обеспечения экологической безопасности, в частности, требования к определению границ СЗЗ радиационных объектов регулируются рядом нормативных документов [3,6-10]. Для расчета границ СЗЗ радиационного объекта необходимо определить его категорию. Категорию радиационных объектов необходимо устанавливать в период их проектирования. В соответствии с п. 3.1.6 ОСПОРБ-99/2010 [10] «Установление категории радиационного объекта» базируется на оценке последствий аварий, возникновение которых не связано с транспортированием источников излучения за пределы территории объекта и гипотетическим внешним воздействием (например, взрыв, попадание ракеты, падение самолета или террористический акт).

Для определения категории ПХРАО выявляется его потенциальная опасность, которая зависит от возможного радиационного воздействия на население и персонал объекта при радиационной аварии. По потенциальной радиационной аварии устанавливается четыре категории объекта (рисунок 1).



Рисунок 1 – Категории радиоактивных объектов

Классификация категорий по степени опасности: к I категории относятся радиационные объекты, при аварии на которых могут потребоваться меры по защите населения и окружающей среды. II-я категория объектов ограничивает радиационное воздействие при аварии территориями СЗЗ. К III категории относятся объекты, радиационное воздействие которых при аварии ограничивается только территориями объекта. К IV категории относятся объекты, радиационное воздействие от которых при

аварии ограничивается помещениями с источниками излучения.

Вокруг радиационных объектов I - III категорий устанавливается СЗЗ, при этом радиационные объекты I категории имеют зону наблюдения, а для объектов III категории СЗЗ ограничивается территорией объекта, для радиационных объектов IV категории установление СЗЗ не предусмотрено.

Для ряда объектов важно формирование обоснования отнесения РАО к особым объектам, для вы-

полнения работ по их консервации. Особенно критично задача стоит перед объектами, работа по консервации которых включена в мероприятия ФЦП ЯРБ-2 в период 2016 – 2030 гг.

Таким образом, потенциальная опасность радиоактивных объектов определяется возможностью радиационного воздействия на персонал и население при аварии, а не в условиях нормальной эксплуатации объекта, как это сформулировано в нормативных документах. Отсюда вытекает противоречие с определением СЗЗ радиационного объекта в регламентирующих документах, поскольку в них СЗЗ рассматривается как защитный барьер в условиях нормальной эксплуатации объекта.

Для рассматриваемого объекта ПХРАО, перед выбором участка для проектирования, проводятся исследования, обусловленные необходимостью прогнозирования возможного выхода радионуклидов за пределы СЗЗ, вследствие существующих инженерно-геологических условий, которые могут проявлять свои опасные свойства после строительства хранилища под действием природно-техногенных причин, к которым можно отнести следующие: горные породы с течением времени меняют теплофизические свойства вследствие ряда воздействий, среда захоронения может быть сильно обводненной, подземные воды могут проявлять агрессивные свойства по отношению к отвержденным радиоактивным отходам и хорошо растворять радионуклиды, поток подземных вод может направляться в сторону выноса к поверхности земли и пр.

Для предотвращения развития негативных сценариев при функционировании хранилища для РАО, геологическая среда должна соответствовать достаточно жестким требованиям. Исходя из этого, необходимо правильно определять границы СЗЗ при эксплуатации радиационных объектов.

Для соблюдения требований безопасности ПХРО, необходимо проводить мониторинг и систематизацию данных о состоянии недр. Основной целью системного анализа недр является оценка состояния геологической среды промплощадки, определение основных закономерностей и источников возможных негативных воздействий. Одновременно с этим, необходимо проводить сбор информации о геолого-тектонических, геоморфологических, гидрогеологических, инженерно-геологических, геохимических, геофизических особенностях территории, ландшафтно-климатических и техногенных факторах, их влиянии на геологическую среду для разработки рекомендаций по их предотвращению [11].

На этапе детальной геологической характеристики промплощадки осуществляется проведение комплекса геолого-геофизических и петрографо-минералого-геохимических исследований, основная цель которых изучение состава вмещающих пород, их трещиноватости, связанной как с генезисом породы, так и тектоническими условия-

ми петрофизических и сорбционных свойств. При этом изучается состав и свойства подземных вод, их взаимодействие с высокоактивными отходами и отработанным ядерным топливом, направление и скорость водного потока и многих других параметров, необходимых для контроля утечек РАО из планируемого хранилища. Характеристика места требует детального картирования как поверхности, так и проведения глубокого бурения для определения структурно-тектонических особенностей массива в целом. Определение границ радиоактивного загрязнения водоносных горизонтов должно проводиться для каждого изотопа, мигрирующего в составе комплексного загрязнения. До проведения наблюдений и экспериментов за возможными миграциями радиоактивных веществ необходимо изучение гидродинамического режима водоносного горизонта и возможного источника его техногенного нарушения с обязательным определением скорости и направления фильтрационного потока [12-15].

При создании расчетной модели промплощадки необходима разработка концептуальной модели миграции. В ней определяются механизмы и условия миграции радионуклидов в зависимости от влияния ведущих гидрометеорологических факторов, факторов геологической и микробиологической сред.

Изменение климатических условий региона считается постоянно действующим фактором, который способен инициировать различные процессы в геологической среде и тем самым привести к смене базового сценария. Например, изменение параметров влажности региона может вызвать изменение уровня подземных вод и повлиять на эволюцию полей фильтрации подземных вод, а изменение температурных режимов может вызвать образование или оттаивание вечной мерзлоты и активизировать многочисленные сопутствующие процессы (псевдо-карст, прорывы на поверхность газосодержащих линз и ряда других факторов) [16-19]. Моделирование процессов в техносфере-сложнейшая математическая задача по решению многофакторных уравнений, поэтому в таких случаях, желательно использовать программные средства [20]. При создании расчетной модели следует учитывать: прогноз вертикальных движений района хранилища, влияющего на изменение региональной гидродинамики и уровня подземных вод на участке; эрозию поверхности, которая теоретически, способна уничтожить или опасно уменьшить толщину пород, изолирующих хранилище от биосферы; изменение (выветривание) пород может оказать влияние на фильтрационные свойства водопроницающей трещинной сети; внедрение соленых (пресных) подземных вод может изменить течение процессов конвективного переноса и химического взаимодействия (задача заключается в том, чтобы выяснить, есть ли предпосылки к резкому или постепенному изменению солености подземных вод в будущем и оценить необходимость включения этого фактора как основы

одного из вариантов базового сценария); влияние микробиологических популяций, которые являются обычным компонентом геологической среды и поэтому рассматриваются в качестве постоянного фактора, влияющего на течение процессов химического взаимодействия в системе изоляции.

При этом, для моделирования важен не только существующий уровень активности микроорганизмов, но и возможное изменение их активности при возрастании температур в результате тепловыделения хранящихся отходов; растворение и осаждение минералов в трещинах, которое может последовать за обводнением пород ближнего поля и восстановлением природного равновесия после вывода хранилища из эксплуатации. Соответствующие изменения в процессах переноса и осаждения радионуклидов обычно включают в базовый сценарий в качестве краткосрочных событий, но для их достоверного моделирования требуются специальные исследования: тектоническая активизация разломов, сейсмическая активность и подвижки блоков пород, связанные с изменением напряженно-деформированного состояния массива, горные удары и другие изменения; проходка глубоких водозаборных скважин на площадке и вблизи ее, в результате чего пересекаются загрязненные подземные воды, что относится к факторам техногенеза и может являться возможной причиной аварийной утечки радионуклидов. Для обоснования включения или исключения данного фактора из дальнейшего рассмотрения, в числе причин аварийных сценариев следует рассмотреть предпосылки добычи подземных вод с учетом их питьевых свойств и запасов.

Расчетная модель должна включать следующие процессы: переноса, преобразования фазового состояния соединений радионуклидов, замедления движения радионуклидов относительно водного потока, радиоактивного распада. Одновременно необходимо проводить экспериментальные исследования для получения данных о растворимости радионуклидов, формах их нахождения в подземных водах и ряда других параметров, необходимых для имитации оценки возможных масштабов утечки радионуклидов из хранилища и негативных последствий для окружающей среды и населения.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, в заключение можно сказать, что для определения границ санитарно-защитной зоны пункта хранения радиоактивных отходов необходимо проводить детальное исследование выбранного участка, в соответствии с нормативно-техническими документами, исходя из категории опасности объекта. Но, не смотря на обоснованность возможного безопасного захоронения РАО, с учетом прогнозируемой эволюции объекта, он потенциально является экологически опасным и должен быть классифицирован в соответствии с классом опасности по одной из категорий в соответствии с ОСПОРБ 99/2010.

В случае аварии, потенциальная угроза заклю-

чается в распространении радионуклидов подземными или наземными водами, поэтому, исходя из установленной категории опасности радиоактивного объекта, необходимо предусмотреть мероприятия по защите персонала объекта, населения и окружающей среды.

Заключение. По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что если пункт хранения радиоактивных отходов располагается как самостоятельный объект или в системе производства, то необходимо оценивать возможные последствия при хранении РАО в зависимости от расположения ближайших населенных пунктов.

Установлено, что от периода хранения РАО зависит их дальнейшее изъятие и перемещение, а РАО разных классов опасности могут быть размещены на территории хранилища общей площади и схемы размещения.

Форма и размер СЗЗ будет зависеть от направления движения подземных вод и других геологических условий. При создании расчетной модели СЗЗ следует учитывать: прогноз вертикальных движений района хранилища, эрозию поверхности, изменение (выветривание) пород, внедрение соленых (пресных) подземных вод, влияние микробиологических популяций, растворение и осаждение минералов в трещинах, тектоническую активизацию разломов, проходку глубоких водозаборных скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Иванов Е.А., Кочетков О.А., Поцяпун Н.П. Проблемные вопросы установления санитарно-защитных зон радиационных объектов // АНРИ. № 4 2015, С. 2–8.
2. Виноградов О.С., Виноградова Н.А., Безбородова О.Е., Шерстнев В.В. Система сбора экологической информации о состоянии территориальной техносферы // Наука Красноярья. 2018. Т. 7. № 4. С. 7–26.
3. МУ 2.6.5.010-2016 Обоснование границ и условия эксплуатации санитарно-защитных зон и зон наблюдения радиационных объектов.
4. Рекомендации Р52.18.820-2015. Оценка радиационно-экологического воздействия на объекты природной среды по данным мониторинга радиационной обстановки. С Утверждены Росгидрометом Минприроды России 17.04.2015. – 64 с.
5. Федеральный закон от 21.11.1995 № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии».
6. СП 2.6.1.2216-07. 2.6.1. «Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения радиационных объектов. Условия эксплуатации и обоснование границ». СП СЗЗ И ЗН-07 СП 2.6.1.2216-07. Санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения радиационных объектов. Условия эксплуатации и обоснования (СП СЗЗ и ЗН-07).
7. Новые требования ФМБА России (от 16.09.2013, исх. №322024/549 и от 05.02.2015 №

322024/69): учет в едином проекте СЗЗ всех факторов.

8. Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения».

9. СП 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009.

10. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010.

11. Лукьянова Ю.Н. Расчет санитарно-защитной зоны пункта хранения радиоактивных отходов с точки зрения его потенциальной опасности. // Потаповские чтения, 2019 г. Сб. материалов ежегодной Всероссийской научн.-практической конф. памяти д.т.н., проф. А.Д.Потапова. Изд. Национального исследовательского Московского государственного строительного ун-та, М. 2019, С.104–108.

12. Корчагин Ю.П. Снижение поступления радиоактивных отходов на АЭС и современные технологии их переработки // Обращение с радиоактивными отходами. М.: ЭНИЦ ВНИИ АЭС, 2002. С. 69.

13. Оценка возможности очистки концентратов ФЭИ / Е.В. Захарова, Н.И. Родыгина и др. // Обращение с радиоактивными отходами. М.: ЭНИЦ ВНИИ АЭС, 2002. С. 187

14. Армишева Г.Т., Вайсман Я.И., Коротаев В.Н. Рециркуляция полигонов ТБО: Докл. [Годичная сессия Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, Москва, 24-25 марта 2003 г.] // Сергеевские чтения. – 2003. – № 5. – С.210–213.

15. Башаркевич И.Л., Ефимова Р.И. Влияние городских свалок на загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами // Экол. геохим. анал. техноген. загрязнения / РАН. Ин-т минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов. – М., 1992. – С.137–145.

16. Чумаков А.Н., Дегтярев В.В., Миньков А.В. Урбанизация и экобезопасность. Региональные проблемы обращения с отходами // Изв. Акад. пром. экол. – 2003. – № 3. – С.98–100.

17. Баранова Ю.Г. Стратегия минимизации отходов в Российской Федерации: перспективные решения в области управления и технической политики // 15 Менделеевский съезд по общ. и прикл. химии, Минск, 24-29 мая, 1993. Т.1. – Минск, 1993. – С.74–75.

18. Алборов И.Д., Степанова С.В. Исследование биохимических процессов, происходящих на полигонах твердых бытовых отходов // Вестн. МАНЭБ. – 2002. – Т.7, № 9 (57). – С.32-34. – Библиогр.: 9 назв.

19. Алборов И.Д., Степанова С.В. Моделирование биохимических процессов, происходящих на полигонах твердых бытовых отходов // Вестн. МАНЭБ. – 2002. – Т.7, N 9 (57). – С.35–38.

20. Виноградов О.С., Виноградова Н.А., Гуляева Э.Ю., Полудняков А.И. Программное обеспечение

по расчету уровня загрязнения при техногенных авариях // Сурский вестник. 2019. №2 (6). С. 31–33.

Статья поступила в редакцию 23.10.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019

УДК 614.841.1

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПРИ ЧИСЛЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ТУШЕНИЯ
ПОЖАРА ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРА МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ВОДОЙ**

© 2019

Ципенко Антон Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры 801 «Физика»*Московский авиационный институт**(125993, Россия, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, e-mail: tsipenko_av@mail.ru)***Ларина Елена Владимировна**, кандидат физико-математических наук, инженер НИЦ НТ*Московский авиационный институт**(125993, Россия, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, e-mail: larinaelenav@gmail.com)*

Аннотация. В данной работе предлагается методика численного эксперимента по моделированию локализации и тушения пожара потоками мелкодисперсной воды, основанная на использовании программного комплекса FlowVision. Основные элементы предлагаемой методики численного эксперимента по моделированию локализации и тушения пожара потоками мелкодисперсной воды: процесс горения моделируется вдуванием горячего газа; параметры виртуальной форсунки, используемой при численном моделировании тушения пожара, соответствуют реальной форсунке; критерий тушения возгорания - снижение температуры у поверхности горения до температуры воспламенения горючего вещества. На примере численного моделирования тушения экспериментального очага пожара с трансформаторным маслом и вертикальным стальным листом показано, что предлагаемые технологические приемы верно описывают физические процессы пожара и тушения. Результаты численных экспериментов позволяют определить необходимую интенсивность подачи огнетушащего вещества (в нашем случае воды или воды с добавлением пенообразователя), т.е. необходимый расход на единицу площади, и время подачи для надежного тушения и охлаждения нагретых во время пожара элементов защищаемого объекта. Таким образом, предлагаемая технология может использоваться при проектировании систем пожаротушения электротрансформаторов мелкодисперсной водой.

Ключевые слова: численный эксперимент, тушение пожара, ПО FlowVision, мелкодисперсная вода, моделирование очага пожара

**TECHNOLOGICAL METHODS FOR NUMERICAL SIMULATION OF FIRE SUPPRESSION
OF THE ELECTRIC TRANSFORMER WITH FINE WATER**

© 2019

Tsipenko Anton Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor of Department 801 "Physics"*Moscow Aviation Institute**(125993, Russia, Moscow, A-80, GSP-3, 125993, Volokolamskoe shosse, e-mail: tsipenko_av@mail.ru)***Larina Elena Vladimirovna**, Ph.D. in Physics and Mathematics,

engineer of the Scientific and Research Center of New Tehnology

*Moscow Aviation Institute**(125993, Russia, Moscow, A-80, GSP-3, Volokolamskoe shosse, 4, e-mail: tsipenko_av@mail.ru)*

Abstract. The numerical simulation methodology of the localization and extinguishing of a fire by fine water flow is offered in this paper. This methodology based on the FlowVision software. The main parts of the methodology for a numerical simulation of the localization and extinguishing of a fire by fine water flow: the fire is simulated by blowing hot gas; the virtual sprinkler parameters correspond to a real sprinkler; the fire extinguishing criterion is a decrease of the fire surface temperature to the ignition temperature of the combustible substance. The numerical simulation of extinguishing an transformer oil fire with and a vertical steel sheet is considered. It is shown that this methodology correctly describe the physical processes of fire and extinguishing. The results of numerical experiments allow us to determine the necessary flowrate of extinguishing agent (in our case, water or water with the foaming agent), i.e. the required flow rate per unit area, and the supply time for reliable extinguishing and cooling of elements of the protected object. Thus, this methodology can be used in the design of fire extinguishing systems of electric transformers.

Keywords: numerical simulation, fire extinguishing, FlowVision software, fine water, modeling of the fire

Введение. При создании противопожарных систем определяющим параметром является необходимая или минимально возможная интенсивность подачи огнетушащего вещества (в нашем случае воды или воды с добавлением пенообразователя), т.е. необходимый расход на единицу площади, и время подачи для надежности тушения и охлаждения

нагретых во время пожара элементов защищаемого объекта. Эти два параметра определяют потребное количество воды, которое необходимо запасти и подать на защищаемый объект.

Существующие в настоящее время системы пожаротушения трансформаторов, использующие стандартные дренчерные распылители, недоста-

точно эффективны. Об этом свидетельствует повышенный расход воды, энергоемкость которого превышает тепловыделение очага пожара на порядок. Применение высокоскоростных потоков мелкодисперсной воды коренным образом меняет ситуацию.

Эффективное тушение пожара мелкодисперсной водой определяется совокупным воздействием следующих механизмов тушения:

- высокой скоростью испарения, при этом из очага пожара отводится большой тепловой поток;
- вытеснение образуемым паром воздуха из зоны горения;
- экранированием теплового излучения очага пожара;
- частицы дымовых газов связываются с туманом, в результате чего падает концентрация токсичных веществ в воздухе.

Работы ВНИИПО МВД РФ (например, [1, 2]) и НИЦ НТ МАИ [3] показали на практике эффективность мелкодисперсной воды при тушении пожаров класса А (твердых горючих материалов) и ряда пожаров класса В (горение жидких веществ). Для проектирования систем пожаротушения на мелкодисперсной воде необходимо иметь достоверное описание взаимодействия потока мелкодисперсных капель с нагретыми воздухом и элементами конструкции трансформатора. Надо уметь получать оптимальные параметры потока воды (размер и скорость капель, плотность орошения поверхности). Важную роль играет расположение распылителей относительно очага пожара.

Необходимо моделировать следующие объекты и явления:

- очаг пожара;
- движущийся газ в окрестности пожара, включая конвективную колонку (область восходящего потока);
- поток капель от системы пожаротушения с учетом их испарения.

Широкими возможностями для моделирования подобного набора явлений обладает Fire Dynamics Simulator (FDS) [4]. Математические модели, заложенные в этом комплексе [5], известны и используются многими научными коллективами. Первоначальная ориентация на различные горючие материалы, способы тушения и численные методы, новые данные о пожарах и, наконец, географические отличия обусловили появление целого ряда подобных программных комплексов (например, [6]). При моделировании конкретных ситуаций для обоснования получаемых результатов требуется проводить сравнение с достоверными данными (см., например, [7]), в качестве которых могут выступать верифицированные результаты численных экспериментов, обобщения множества экспериментальных данных (см., например, [8]), данные конкретного эксперимента.

Спецификой упомянутых программных ком-

плексов является моделирование горения типичных горючих материалов и моделирование процесса тушения. Остальные модели полностью соответствуют моделям, используемым в вычислительной газовой динамике (CFD) (см., например, [9,10]). Опыт работы авторов этой статьи [11,12] показал, что при разработке систем пожаротушения можно использовать упрощенные модели горения и тушения. Аналогичный путь выбирают и другие инженерные группы (см., например, [13]).

Цель работы. Показать возможности предлагаемой методики численного эксперимента по моделированию локализации и тушения пожара потоками мелкодисперсной воды, основанная на использовании программного комплекса FlowVision.

Материалы и результаты исследования. Предлагаемые технологические приемы должны качественно верно описывать физические процессы пожара и тушения, легко настраиваться на исследуемый объект для сокращения числа натуральных экспериментов.

Физическая и математическая модели потоков газа и капель. Включение в математическую модель физико-химических зависимостей затруднено тем, что энергия активации и коэффициент Аррениуса известны только для ограниченного круга веществ. По этой причине в создаваемой методике процесс горения моделируется вдуванием горячего газа. Иными словами, пренебрегаем детальным описанием химических реакций. При этом сохраняются определяющие расход тушащей жидкости и параметры восходящего потока (конвективной колонки) температура пламени, интенсивность тепло- и газовыделения от очага пожара.

Для численного моделирования применены математические модели, включенные в пакет программного комплекса CFD FlowVision. Используются нестационарные уравнения Навье-Стокса, энергии и уравнение конвективно-диффузионного переноса концентрации примеси. К уравнениям газодинамики добавлены уравнения, описывающие состояние частиц в поле течения газа [9,14]. Плотность, теплопроводность и коэффициент диффузии линейно зависят от температуры и концентрации. Стенка является гидравлически гладкой.

При моделировании излучения предполагается, что поле излучения изотропно. Предполагается, что среда поглощает и излучает электромагнитные волны инфракрасного, светового, и ультрафиолетового диапазонов. Всегда предполагается локальное термодинамическое равновесие (ЛТР) в среде. Описание диффузионной модели и определение ЛТР подробно описано в работе [15].

При впрыске жидкости через распылители основная задача – расчет траекторий капель с целью получить их распределение в зоне горения. Так как

объемная доля капель на основном участке траектории (за исключением малой области вблизи форсунки) не превышает 10^{-3} (безразмерная величина), то можно рассчитывать движение каждой капли отдельно, не учитывая их влияние друг на друга. Так как размеры вихрей определяются размерами очага пожара, то ясно, что размеры частиц много меньше характерных масштабов турбулентных пульсаций, поэтому движение частиц можно рассматривать без учета силы турбофореза. В нашем случае можно предположить, что основные силы, действующие на частицу – это силы аэродинамического сопротивления, тяжести, Сэфмена (вызывается неравномерностью скорости воздуха) и Магнуса (вызывается вращением частицы) [16-18].

Оценка величины этих сил, проведенная для средних параметров потока показала, что наибольшую роль играют силы аэродинамического сопротивления и тяжести. В расчетах учитываются только эти силы.

Способ моделирования источника капель (форсунки). На основании проведенных натуральных экспериментов по определению дисперсного состава, скорости капель и характеристик орошения были подобраны параметры виртуальной форсунки, используемой при численном моделировании тушения пожара, соответствующей реальной.

Плотность орошения виртуальной форсунки (таблица 1) за интервал времени 0.002 с приведена на рисунке 1. На этом рисунке распылитель располагается сверху. Плоскость распыла форсунки расположена параллельно поверхности земли. Цветовой заливкой показано количество выпавших на землю капель воды (так называемое «мгновенное» распределение воды в $л/(м^2 \cdot с)$ за один временной шаг расчета, равный 0.002 с). Представленное распределение воды изменяется во времени, но соответствует экспериментальной карте плотности орошения (среднее экспериментальное значение интенсивности орошения составляет $0.042 л/(м^2 \cdot с)$). Итоговая карта плотности орошения получается суммированием по времени. Синие точки и штрихи визуализируют тестовые капли. На рисунке 2 показаны расположение форсунки относительно земной поверхности и тестовые капли (вид сбоку).

Способ моделирования очага пожара и

тушения. Численный эксперимент по тушению поддона с трансформаторным маслом выполнен в области размерами $19.3 \times 18 \times 6$ м, как показано на рисунке 2. В качестве критерия тушения возгорания выбрано условие снижения температуры у поверхности горения до температуры воспламенения горючего вещества (в рассматриваемых примерах это $135^\circ C$, соответствующих трансформаторному маслу). По скорости снижения температуры можно судить об эффективности тушения.

Очаг пожара представляет квадратный в плане поддон габаритами $605 \times 605 \times 150$ мм. К поддону примыкает вертикально установленный стальной лист размерами $878 \times 450 \times 16$ мм (в натурном эксперименте толщина листа 2.2 мм). Время от начала горения масла до начала тушения 180 с. Пламя и расположение форсунки приведены на рисунке 2. Плоскость распыла форсунки расположена параллельно поверхности земли. Относительная интенсивность источника радиационного излучения (области горячего газа) полагалась 0.3, степень черноты стенки трансформатора 0.8.

Проведена серия численных экспериментов по моделированию тушения поддона и охлаждения стального листа.

На рисунках 3, 4 приведено изменение карт орошения до и после начала тушения при наличии очага пожара (горящего поддона с маслом). Видно, что расход тушащей жидкости, попадающей на поверхность горящего масла, уменьшился на 40% по сравнению с картой орошения в отсутствие очага пожара. Это объясняется интенсивным испарением мелкодисперсных капель и наличием восходящего потока воздуха. Плотность орошения вокруг очага пожара увеличивается по мере уменьшения интенсивности очага пожара. Такие результаты сложно получить в натурном эксперименте, но необходимо учитывать при анализе работы системы пожаротушения.

На рисунках 5, 6 приведено сравнение температуры стального листа в численном и натурном экспериментах. Видно хорошее совпадение температурных диапазонов в расчете и показаниях тепловизора, качественное совпадение распределения поля температуры по стальному листу.

Таблица 1 – Параметры форсунки при проведении численных экспериментов по определению оптимального размера капель. Давление в экспериментальном распылителе 10 бар

№	форсунка (расход, л/с)	Номер фракции	Среднеобъемный размер капель, мкм	Диаметр капель, мкм	Расход, л/с	Скорость капель на выходе из распылителя, м/с	Угол распыла, град
1	Экспериментальная (145)	1	255	0 – 150	0.2	41	45
		2		150 – 370	0.8		
		3		370 - 1000	0.45		
2	Виртуальная (145)	1	250	100	0.2	35	40
		2		220	0.8	38	30
		3		500	0.45	40	25

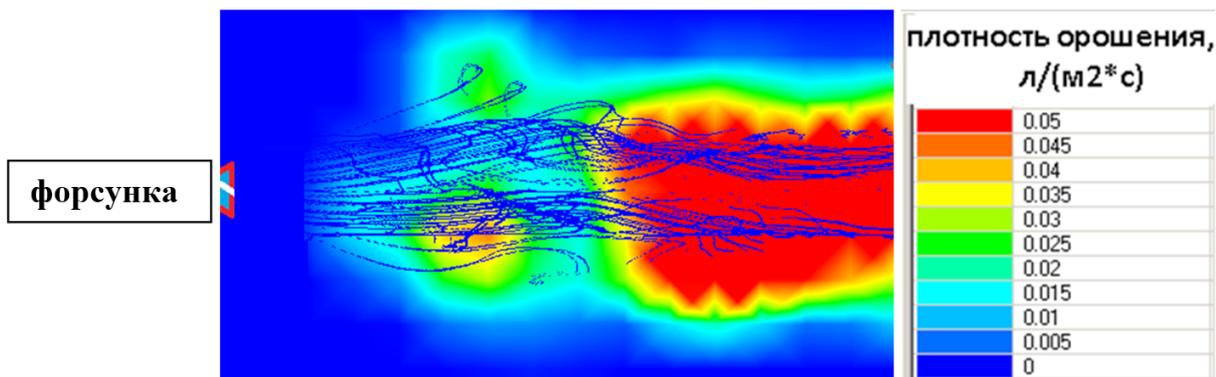


Рисунок 1 – Расчетная карта орошения форсунки (полидисперсный поток, соответствует строке 2 табл. 1) при отсутствии пламени. «Мгновенное» распределение плотности орошения в л/(м²·с) за один временной шаг расчета 0.002 с (вид сверху)

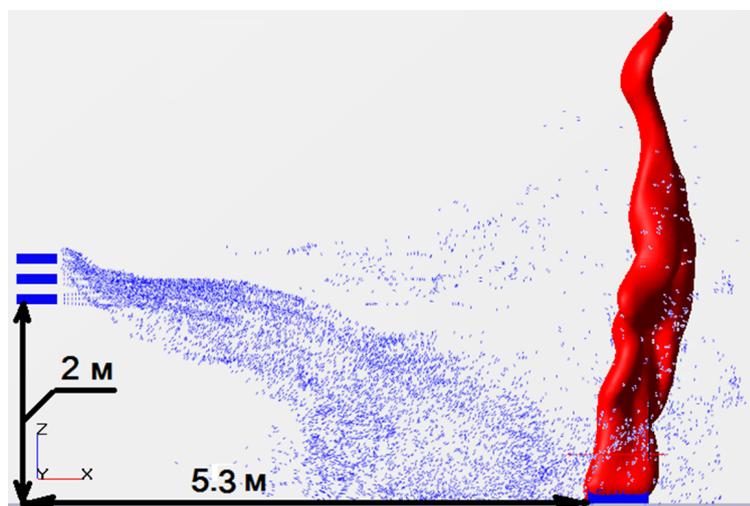


Рисунок 2 – Начало тушения поддона (5 с тушения), расположение форсунки относительно очага возгорания, вид сбоку. Показаны изоповерхность температуры 135°C (красный цвет), моделирующая факел пламени, поток капель. Физическое время 185 с от начала возгорания

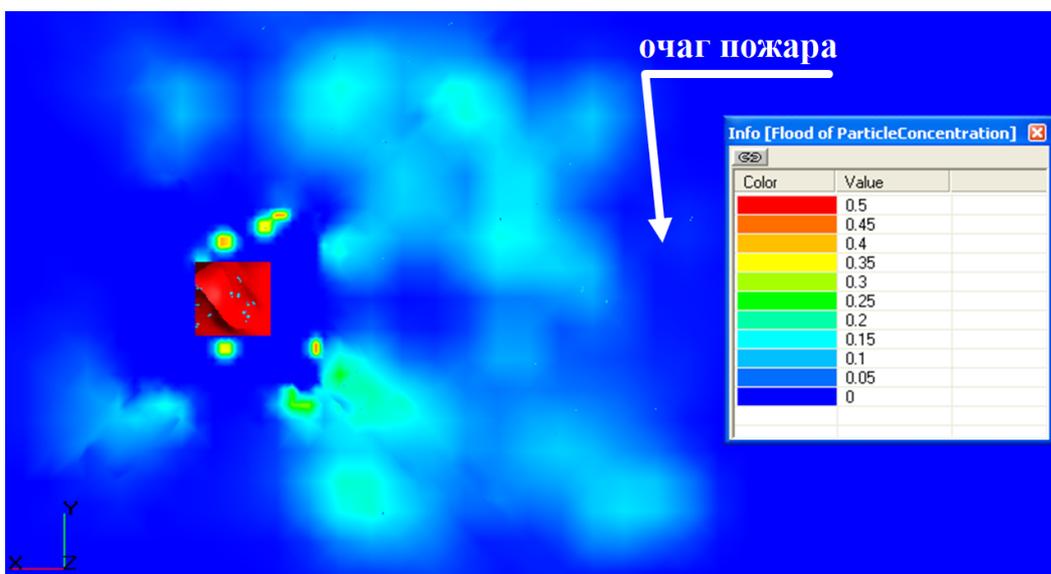


Рисунок 3 – Расчетная карта орошения. «Мгновенное» распределение плотности орошения в л/(м²·с) за один временной шаг расчета (0.002 с) на виде сверху в начале тушения (физическое время 185 с). Форсунка расположена слева (красный квадрат)

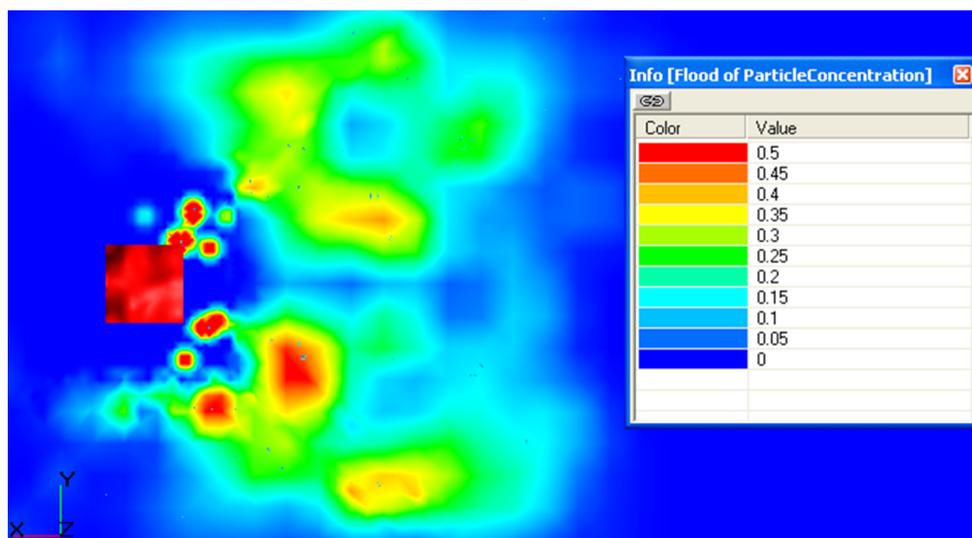


Рисунок 4 – Расчетная карта орошения. «Мгновенное» распределение плотности орошения в л/(м²·с) за один временной шаг расчета (0.002 с) на виде сверху на завершающей стадии тушения (время тушения 50 с). Форсунка расположена слева

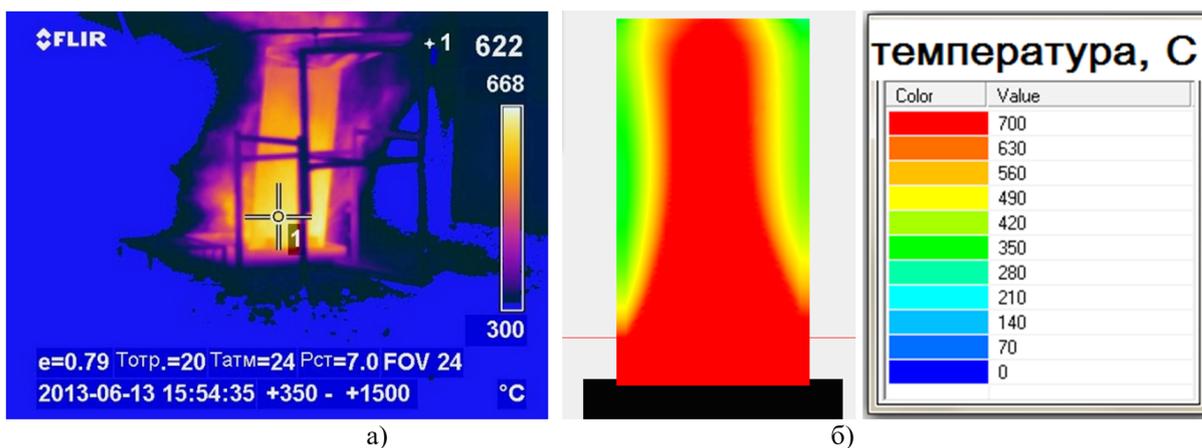


Рисунок 5 – Сравнение натурального и численного экспериментов. Температурное поле пластины перед началом тушения: а) эксперимент (изображение на экране тепловизора); б) результаты расчета (180 с от начала возгорания, пластина нагрелась до той же температуры, что и в эксперименте)

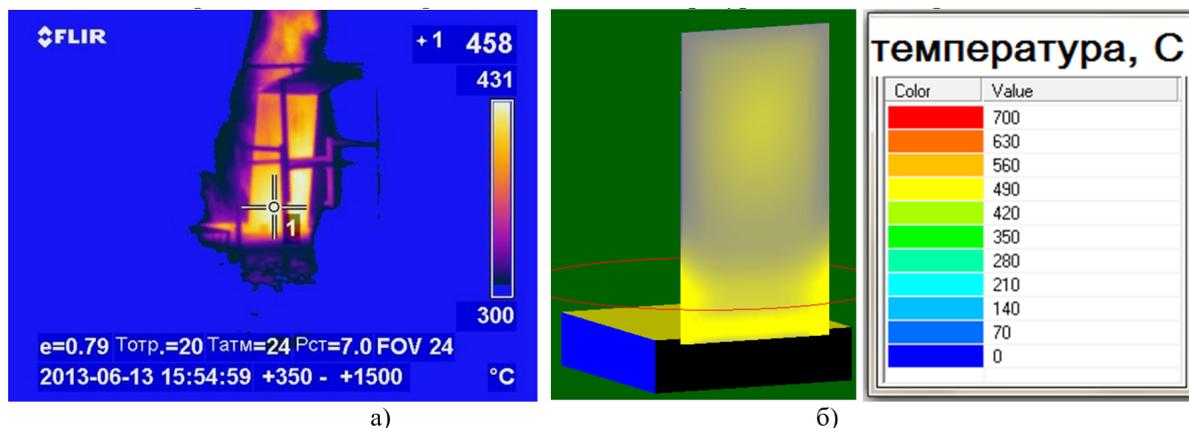


Рисунок 6 – Сравнение натурального и численного экспериментов. Температурное поле (показано цветом) пластины через 24 сек. после начала тушения: а) эксперимент (изображение на экране тепловизора); б) результаты расчета (цветовая шкала заливки соответствует шкале тепловизора)

Заключение. Основные элементы предлагаемой методики численного эксперимента по моделированию локализации и тушения пожара потоками мелкодисперсной воды:

- процесс горения моделируется вдуванием горячего газа;
- параметры виртуальной форсунки, используемой при численном моделировании тушения пожара, соответствуют реальной форсунке;
- критерий тушения возгорания – снижение температуры у поверхности горения до температуры воспламенения горючего вещества.

На примере численного моделирования тушения экспериментального очага пожара показано, что предлагаемые технологические приемы верно описывают физические процессы пожара и тушения.

Результаты численных экспериментов позволяют определить необходимую интенсивность подачи огнетушащего вещества (в нашем случае воды или воды с добавлением пенообразователя), т.е. необходимый расход на единицу площади, и время подачи для надежного тушения и охлаждения нагретых во время пожара элементов защищаемого объекта. Таким образом, предлагаемая технология может использоваться при проектировании систем пожаротушения электротрансформаторов мелкодисперсной водой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Цариченко С.Г. Состояние вопроса использования тонкораспыленной воды при тушении пожаров // Алгоритм безопасности. 2003. № 2. С. 14–16.
2. Исследования процесса пожаротушения с использованием тонкораспыленной воды: Материалы XVIII научно-практической конференции ФГУ ВНИИПО МЧС России / С.Г. Цариченко, В.А. Былинкин, Л.И. Белоусов, Д.В. Поляков, А.Е. Гусев. М.: 2003. С.3–6.
3. A.S.Chirko, A.V.Karpyshev, M.D.Segal. Use of Advanced Fire Fighting Technologies of Finely Atomized Water for Fire Protection of Metro Objects and Tunnels. (Proc. Of the 31-th World Tunnel Congress, 7-12 May, v.2, pp.1035–1039).
4. K. McGrattan, S. Hostikka, R. McDermott, J. Floyd, C. Weinschenk, and K. Overholt. Fire Dynamics Simulator, User's Guide. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, USA, and VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland, sixth edition, September 2013.
5. K. McGrattan, S. Hostikka, R. McDermott, J. Floyd, C. Weinschenk, and K. Overholt. Fire Dynamics Simulator, Technical Reference Guide, Volume 1: Mathematical Model. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, USA, and VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland, sixth edition, September 2013.
6. Eurocode 2004. Actions on structures Part 1-2: General actions-Actions on structures exposed to fire-Section 4.
7. M.Lombardi, G.Rossi, N.Sciarretta and N.Oranges. Fire Design: Direct Comparison Between Fire Curves. The Case Study of A Nursery. American Journal of Engineering and Applied Sciences 6 (3): 297-308, 2013, ISSN: 1941-7020, doi:10.3844/ajeas-sp.2013.297.308 Published Online 6 (3) 2013 (<http://www.thescipub.com/ajeas.toc>).
8. Overholt K.J. and Ezekoye, O.A., Characterizing Heat Release Rates Using an Inverse Fire Modeling Technique, Fire Technology 48 (4), pp. 893-909, 2012. Received Harry C. Bigglestone Award for Excellence in Communication of Fire Protection Concepts, 2013. doi: 10.1007/s10694-011-0250-9 (http://www.koverholt.com/pubs/2012_Overholt_inverse_modeling.pdf).
9. Система моделирования движения жидкости и газа FlowVision. <http://www.thesis.com.ru/software/flowvision>.
10. ANSYS FLUENT Theory Guide Release 14.0 ANSYS, Inc. November 2011 Southpointe 275 Technology Drive Canonsburg, PA 15317 ANSYS, Inc. is certified to ISO 9001:2008. ansysinfo@ansys.com <http://www.ansys.com> (T) 724-746-3304 (F) 724-514-9494.
11. Борисов И.В., Ципенко А.В. Моделирование работы вертолета Ка-32 с водосливным устройством при тушении пожара // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2012. № 177. С. 59–64.
12. Борисов И.В., Ципенко А.В. Вычислительный эксперимент для анализа работы вертолета с водосливным устройством // Труды МАИ. 2012. № 53. С. 6.
13. Mohammad Shakir Nasif, Mohamed Fekry and Firas B. Ismail. CFD Investigation On The Effect Of Varying Fire Sprinkler Orientation On Sprinkler Activation Time. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 11, No. 22, November, 2016, ISSN 1819-6608.
14. Abramzon B., Sirignano V.A. Droplet vaporization model for spray combustion calculations. // Int.J. of Heat and Mass Transfer, 32(9), 1989, pp.1605–1618.
15. Четверушкин Б.Н. Математическое моделирование задач динамики излучающего газа. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985.
16. Стасенко А.Л. Модели динамики и тепло-массообмена шаровых частиц в газодисперсных и парокпельных потоках // Труды ЦАГИ, вып. 2220, 1984, С. 24–46.
17. Стернин Л.Е. Основы газодинамики двухфазных течений в соплах. – М.: Машиностроение, 1974.
18. Фукс Н.А. Механика аэрозолей. – М.: Изд-во АН СССР, 1955.

Статья поступила в редакцию 01.11.2019

Статья принята к публикации 29.11.2019