vek21.penzgtu.ru

18+

ISSN 2221-951X

XXI век : ИТОГИ ПРОШЛОГО И ПРОБЛЕМЫ НАСТОЯЩЕГО *плюс*

2020

№ 1(49) Т. 9

технические науки

Основан в 2011 г.

18+

XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего *плюс*

Том 9
№ 1 (49)
2020

Журнал выходит
4 раза в год

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
Пащенко Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, профессор
Политаева Наталья Анатольевна, доктор технических наук, профессор
Чулков Валерий Александрович, доктор технических наук, доцент

Редакционная коллегия:
Акинин Николай Иванович, доктор технических наук, профессор
Андреев Юрий Александрович, доктор технических наук
Антипов Сергей Тихонович, доктор технических наук, профессор
Базарнова Юлия Генриховна, доктор технических наук, профессор
Богданов Андрей Владимирович, доктор технических наук, профессор
Бурахта Вера Алексеевна, доктор химических наук, профессор
Васенев Иван Иванович, доктор биологических наук, профессор
Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор
Голуб Ольга Валентиновна, доктор технических наук, профессор
Громов Юрий Юрьевич, доктор технических наук, профессор
Давыденко Наталия Ивановна, доктор технических наук, доцент
Дмитриев Михаил Сергеевич, доктор технических наук, доцент
Зинкин Сергей Александрович, доктор технических наук, доцент
Квятковская Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор
Косников Юрий Николаевич, доктор технических наук, профессор
Кручинина Наталия Евгеньевна, доктор технических наук, профессор
Мамедова Тарана Аслан кызы, доктор технических наук, профессор
Маскевич Сергей Александрович, доктор физико-математических наук, профессор
Махмудова Любовь Ширваниевна, доктор технических наук, профессор
Михеев Михаил Юрьевич, доктор технических наук, профессор
Первухина Елена Львовна, доктор технических наук, профессор
Петрова Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор
Прохоров Сергей Антонович, доктор технических наук, профессор
Рыбаков Анатолий Валерьевич, доктор технических наук, профессор
Стороженко Павел Аркадьевич, член-корреспондент Российской академии наук,
доктор химических наук, профессор
Таранцева Клара Рустемовна, доктор технических наук, профессор
Тихомирова Елена Ивановна, доктор биологических наук, профессор
Фатыхов Юрий Адгамович, доктор технических наук, профессор
Шалагин Сергей Викторович, доктор технических наук, доцент
Ципенко Антон Владимирович, доктор технических наук, доцент
Школьникова Марина Николаевна, доктор технических наук, доцент

Ответственный секретарь
Коростелева Анна Владимировна, кандидат технических наук

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

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

Компьютерная верстка:
В.В. Зупарова

Технический редактор:
В.В. Зупарова

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

Подписано в печать 25.03.2020.
Выход в свет 06.04.2020.
Формат 60X84 1/8
Печать ризография.
Усл. печ. л. 23,2.
Тираж 100 экз. Заказ № 178.

© ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет, 2020

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

СВЕДЕНИЯ О ЧЛЕНАХ РЕДКОЛЛЕГИИ

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

Заместители главного редактора:
Авроров Валерий Александрович, доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Пищевые производства»
(Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия)
Ефремова Сания Юнусовна, доктор биологических наук, профессор,
профессор кафедры «Биотехнология и техносферная безопасность»
(Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия)
Мотовилов Олег Константинович, доктор технических наук, доцент, руководитель
(Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, Россия)
Пащенко Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, профессор, ректор
(Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия)
Политаева Наталья Анатольевна, доктор технических наук, профессор,
профессор Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства
(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт- Петербург, Россия)
Чулков Валерий Александрович, доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Биомедицинская инженерия»
(Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия)

Редакционная коллегия:
Акинин Николай Иванович, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Техносферная безопасность»
(Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия)
Андреев Юрий Александрович, доктор технических наук,
профессор кафедры «Пожарная безопасность» *(Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия)*
Антипов Сергей Тихонович, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Машины и аппараты пищевых производств»
(Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж, Россия)
Базарнова Юлия Генриховна, доктор технических наук, профессор,
директор Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий
(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт- Петербург, Россия)
Богданов Андрей Владимирович, доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасность жизнедеятельности»
(Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск, Россия)
Бурахта Вера Алексеевна, доктор химических наук, профессор, проректор по научной работе
(Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, г.Уральск, Республика Казахстан)
Васенев Иван Иванович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экология»
(РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия)
Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Химическая технология и промышленная экология»
(Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия)
Голуб Ольга Валентиновна, доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры товароведения и экспертизы товаров
(Сибирский университет потребительской кооперации, г. Новосибирск, Россия)
Громов Юрий Юрьевич, доктор технических наук, профессор,
декан факультета «Информационные технологии»
(Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия)
Давыденко Наталия Ивановна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технология и организация общественного питания», начальник отдела подготовки научных кадров
(Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия)
Дмитриев Михаил Сергеевич, доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры автомобильного транспорта, информационных технологий и методики обучения техническим дисциплинам
(Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет)
Зинкин Сергей Александрович, доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Вычислительная техника»
(Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия)

Квятковская Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор,
директор института информационных технологий и коммуникаций
(Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия)
Косников Юрий Николаевич, доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Информационно-вычислительные системы»
(Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия)
Кручинина Наталия Евгеньевна, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Промышленная экология»
(Российский государственный химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия)
Мамедова Тарана Аслан кызы, доктор технических наук, профессор, заместитель директора
(Институт Нефтехимических процессов НАН Азербайджана, г. Баку, Азербайджан)
Маскевич Сергей Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, директор
(Международный государственный экологический институт им.А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета, г.Минск, Республика Беларусь)
Махмудова Любовь Ширваниевна, доктор технических наук, профессор, директор
(Институт нефти и газа, Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. 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, начальник лаборатории информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС
(Академия гражданской защиты МЧС России, г. Москва, Россия)
Стороженко Павел Аркадьевич, член-корреспондент Российской академии наук, доктор химических наук, профессор, генеральный директор ГНЦ РФ «Государственный ордена Трудового Красного Знамени НИИ химии и технологии элементоорганических соединений», профессор кафедры химии и технологии элементоорганических соединений
(Московский институт тонкой химической технологии имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия)
Таранцева Клара Рустемовна, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Биотехнология и техносферная безопасность»
(Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия)
Тихомирова Елена Ивановна, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экология»
(Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов, Россия)
Фатыхов Юрий Адгамович, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Пищевых и холодильных машин»
(Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия)
Шалагин Сергей Викторович, доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Компьютерные системы»
(Казанский Национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева, г. Казань, Россия)
Ципенко Антон Владимирович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Физика»
(Московский авиационный институт, г. Москва, Россия)
Школьникова Марина Николаевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры биотехнологии
(Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Бийск, Россия)

СОДЕРЖАНИЕ

Колонка редактора.....12

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ПРОФИЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ТЕМПОРАЛЬНЫХ ДАННЫХ
Синев Михаил Петрович, Пащенко Дмитрий Владимирович, Мартышкин Алексей Иванович, Трокоз Дмитрий Анатольевич, Перекусихина Альбина Николаевна.....14

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
Башвеев Юрий Александрович, Рябова Ксения Михайловна, Демушкин Михаил Олегович.....21

СТИЛИЗАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПЕРЕМЕННОЙ СИЛОЙ
Китов Виктор Владимирович.....26

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВВОДА-ВЫВОДА РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ
Мартышкин Алексей Иванович, Перекусихина Альбина Николаевна.....31

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СОЗДАНИЯ МОДЕЛЕЙ АНАЛИЗИРУЕМЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СТРУКТУР
Баранчиков Алексей Иванович, Нгуен Нгок Зыонг.....38

ЦИФРОВАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА УНИВЕРСИТЕТА: НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ, ОПЫТ, ПРОБЛЕМЫ И РИСКИ
Амбросенко Николай Дмитриевич.....43

МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ЛИЦА
Бершадская Елена Григорьевна, Маркин Евгений Игоревич, Мартышкин Алексей Иванович.....49

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К ЕЕ ОСНОВНЫМ КОМПОНЕНТАМ
Чихладзе Зураб Давидович, Поляков Андрей Александрович, Шевченко Роман Викторович.....54

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА В СФЕРЕ МАЛОГО АГРОБИЗНЕСА
Кудашева Мария Семеновна.....59

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУКИ ИЗ ВИНОГРАДНОЙ КОСТОЧКИ
Смольянова Аля Павловна, Волошина Марина Олеговна.....66

ВЛИЯНИЕ ТИПА ОБОРУДОВАНИЯ И РЕЖИМОВ ВЫПЕЧКИ НА КАЧЕСТВО ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ ПЕСОЧНОГО ТЕСТА
Пузанова Юлия Александровна, Давыденко Наталия Ивановна, Голуб Ольга Валентиновна.....70

ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ ТВОРОГА ОБЕЗЖИРЕННОГО ПРИ ОБОГАЩЕНИИ МУКОЙ ИЗ СЕМЯН ЛЬНА
Тимакова Роза Темерьяновна.....75

ОВСЯНЫЕ ОТРУБИ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИЩЕВОГО ИНГРЕДИЕНТА
Школьникова Марина Николаевна.....80

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НИЗКОКАЛЛОРИЙНОГО ИРИСА ПОВЫШЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ
Фролова Нина Анатольевна.....85

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕН В ВЫСОКОСКОРОСТНОМ РОТОРНОМ ДИСПЕРГАТОРЕ
Авроров Валерий Александрович, Мурашкина Оксана Александровна,
Сарафанкина Елена Александровна.....89

ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ХМЕЛЯ И ХМЕЛЕПРОДУКТОВ НА СЕНСОРНЫЙ ПРОФИЛЬ ГОТОВОГО ПИВА
Гернет Марина Васильевна, Грибкова Ирина Николаевна.....93

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ С ОТКРЫТОЙ КУХНЕЙ
Несмелова Светлана Владимировна, Смоленцева Алла Алексеевна.....100

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА CO_2-ЭКСТРАКТА БЕРЕЗОВОГО ГРИБА *INONOTUS OBLIGUUS* МЕТОДОМ ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ
Ли Наталья Гаврошевна, Каленик Татьяна Кузьминична, Моткина Елена Викторовна,
Моткина Мария Алексеевна.....105

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЙ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В СБРАЖИВАЕМОМ СУСЛЕ НА ОСНОВЕ ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ
Жилинская Надежда Тарасовна, Шитова Арина Сергеевна, Орымбетова Гулбаги Эмитовна,
Бакхыткуль Телхожаевна Абдижаппарова.....111

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ ДЕСЕРТНОГО СОУСА С ЗАДАННЫМИ КАЧЕСТВЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МЕТОДОМ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА
Аверьянова Елена Витальевна, Школьникова Марина Николаевна.....118

ЯГОДНОЕ СЫРЬЕ ПРИАМУРЬЯ КАК ИСТОЧНИК ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ ЦЕННЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ
Фролова Нина Анатольевна.....123

ПОЛУЧЕНИЕ БИОМАССЫ ДРОЖЖЕЙ ДЛЯ ПИВОВАРЕННЫХ ЗАВОДОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ
Дышекова Милана Мухамедовна, Гернет Марина Васильевна, Грибкова Ирина Николаевна,
Борисенко Ольга Алексеевна.....127

ОБ ОЦЕНКЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ УПОРНОГО ПОДШИПНИКА ШНЕКОВОГО ДВИЖИТЕЛЯ ПРЕСС-КОМПАКТОРА СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА
Авроров Валерий Александрович, Мурашкина Оксана Александровна,
Сарафанкина Елена Александровна, Блинохватова Юлия Владимировна.....131

ОПТИМИЗАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН В РЕЦЕПТУРЕ ХЛЕБОБУЛОЧНОГО ИЗДЕЛИЯ МЕТОДОМ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА
Садыгова Мадина Карипулловна, Кириллова Татьяна Валерьяновна, Каневская Ирина Юрьевна.....135

РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОЦЕССА ВЫПАРИВАНИЯ
Пчелинцева Ольга Николаевна, Бочкарева Зенфира Альбертовна.....141

БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ПЛОТИН ИЗ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ ДЕЙСТВИЯ ПОРАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ ПАВОДКА
Рыбаков Анатолий Валерьевич, Иванов Евгений Вячеславович, Сибгатулина Дина Шамилевна.....145

О ВЛИЯНИИ ОПТИМИЗАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ НА ОХРАНУ ТРУДА (НА ПРИМЕРЕ ЯКУТИИ)
Апросимова Екатерина Петровна, Андреев Николай Иннокентьевич 151

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА
Кудряшов Алексей Валерьевич, Нестеров Александр Сергеевич, Баранников Максим Юрьевич.....155

ПРОБЛЕМЫ ОСВЕЩЕННОСТИ ТЕРРИТОРИЙ ПОВЫШЕННОГО ТЕХНОГЕННОГО РИСКА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА
Манаева Алина Рамзилевна, Мартынова Дина Юрьевна.....161

СНИЖЕНИЕ РИСКОВ ТРАВМАТИЗМА В НОЧНУЮ СМЕНУ В ПУТЕВОМ КОМПЛЕКСЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ЗА СЧЕТ УЧЕТА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА
Степанов Андрей Николаевич, Нарусова Елена Юрьевна, Стручалин Владимир Гайозович, Королева Анна Михайловна.....165

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТЕПЛО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ
Андреев Андрей Викторович, Болтёнкова Елена Александровна, Доронин Александр Сергеевич.....169

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
Макаров Павел Вячеславович.....173

РАСЧЕТ ЛОКАЛЬНОГО ШУМОЗАЩИТНОГО ОГРАЖДЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ШУМА ОПЕРАТОРА МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО СТАНКА
Иванов Николай Игоревич, Шашурин Александр Евгеньевич, Гогуадзе Марат Григорьевич.....179

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ И НАДЕЖНОЙ РАБОТЫ ХРАНИЛИЩ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ
Васильева Елена Викторовна, Фёдоров Виктор Матвеевич, Яковенко Елена Александровна.....183

ТАКТИЧЕСКАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ В ПОДЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ
Романенко Александр Иванович, Макаренко Алексей Игоревич, Шагин Геннадий Владимирович, Бареева Румия Загимардановна, Тертычная Светлана Вячеславовна.....189

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА. ПРОБЛЕМА РЕАЛИЗАЦИИ И МЕТОДИКА ДЛЯ ЕЕ РЕШЕНИЯ
Субботина Надежда Андреевна.....193

СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВОГРУНТАХ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ
Журавлева Маргарита Анатольевна, Зубрев Николай Иванович, Ефремова Сания Юнусовна, Панфилова Марина Ивановна, Захарова Марина Викторовна.....200

МОТИВАЦИЯ БЕЗОПАСНОГО ПОВЕДЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА
Каверзнева Татьяна Тимофеевна, Румянцева Нина Вячеславовна, Леонова Наталья Алексеевна, Салкуцан Владимир Иванович, Скрипник Игорь Леонидович.....206

АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ
Тихомирова Елена Ивановна, Ефремова Сания Юнусовна,
Муравьева Алена Александровна, Шарков Тагир Адэльевич.....213

УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ СЛУЖБЫ ИСПОЛНЕНИЯ НАКАЗАНИЙ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВАГОНОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ОСУЖДЕННЫХ И ЛИЦ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД СТРАЖЕЙ
Сачкова Оксана Сергеевна, Трифонова Екатерина Александровна.....219

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ОТБОР НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННОСТИ ТРУДОВОГО ПРОЦЕССА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ
Богданов Андрей Владимирович, Губайдуллин Наиль Мирзаханович,
Михайлов Виктор Викторович, Михайлова Сабина Валерьевна.....225

CONTENT

Editor column.....12

INFORMATION SCIENCE, COMPUTING DEVICES AND CONTROLING

ALGORITHMIC APPROACH TO ANALYZING A USER'S PROFILE IN A SOCIAL NETWORK BASED ON MULTI-MODAL TEMPORAL DATA
Sinev Mihail Petrovich, Pashchenko Dmitry Vladimirovich, Martyshkin Alexey Ivanovich, Trokoz Dmitrii Anatolevich, Perekushikhina Albina Nikolaevna.....14

COMPARATIVE ANALYSIS OF INFORMATION RETRIEVAL SYSTEM DEVELOPMENT TOOLS OF EDUCATIONAL INSTITUTION
Bashveev Yuri Alexcandrovch, Ryabova Kseniya Mikhailovna, Demushkin Mikhail Olegovich.....21

IMAGE STYLIZATION WITH SPATIALLY VARYING STRENGTH
Kitov Victor Vladimirovich.....26

IMPLEMENTATION OF I / O FUNCTIONS OF A REAL-TIME RECONFIGURABLE COMPUTER SYSTEM
Martyshkin Alexey Ivanovich, Perekushikhina Albina Nikolaevna.....31

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CREATING MODELS OF ANALYZED INFORMATION STRUCTURES
Baranchikov Alexey Ivanovich, Nguen Ngoc Zuong.....38

DIGITAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF THE UNIVERSITY: DIRECTIONS OF DEVELOPMENT, EXPERIENCE, PROBLEMS AND RISKS
Ambrosenko Nickolai Dmitrievich.....43

METHODS FOR PERSONAL IMAGE IDENTIFICATION
Bershadskaya Elena Grigorevna, Markin Evgeniy Igorevich, Martyshkin Alexey Ivanovich.....49

DEFINING WAYS TO VISUALLY PRESENT INFORMATION THROUGH AN INTEGRATED APPROACH TO MEASURING THE EFFECTIVENESS OF THE MAIN VISUALIZATION COMPONENT
Zurab Davidovich Chikhladze, Polyakov Andrey Alexandrovich, Shevchenko Roman Viktorovich.....54

MULTI-CRITERIA MODEL FOR SELECTING AN INFORMATION RESOURCE IN THE FIELD OF SMALL AGRIBUSINESS
Kudasheva Mariya Semenovna.....59

FOOD TECHNOLOGY

THE FEASIBILITY OF PRODUCTION OF BAKERY PRODUCTS USING FLOUR FROM GRAPE SEEDS
Smolyanova Alya Pavlovna, Voloshina Marina Olegovna.....66

THE INFLUENCE OF THE TYPE OF EQUIPMENT AND BAKING MODES ON THE QUALITY OF SEMI-FINISHED FROM SHORTCRUST PASTRY
Puzanova Julia Alexandrovna, Davydenko Nataliia Ivanovna, Golub Olga Valentinovna.....70

FORMATION OF FUNCTIONAL VALUE OF FAT-FREE COTTAGE CHEESE WHEN ENRICHED WITH FLOUR FROM FLAX SEEDS
Timakova RozaTemer'janovna.....75

OAT BRAN AS A RAW MATERIAL FOR A FUNCTIONAL FOOD INGREDIENT
Shkolnikova Marina Nikolaevna.....80

DEVELOPMENT OF LOW-CALORIE IRIS TECHNOLOGY BIOLOGICAL VALUE
Frolova Nina Anatolievna.....85

POSSIBILITY OF PRODUCING FOAMS IN HIGH-SPEED ROTARY DISPERSER
Avrorov Valery Alecsandrovish, Murashkina Oxana Alecsandrovna,
Sarafankina Elena Alecsandrovna.....89

HOP AND HOP PRODUCTS COMPOUNDS INFLUENCE ON READY BEER SENSORIAL PROFILE
Marina Vasil'evna Gernet, Irina Nikolaevna Gribkova.....93

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF DESIGNING PUBLIC CATERING ESTABLISHMENTS WITH OPEN KITCHENS
Nesmelova Svetlana Vladimirovna, Smolentceva Alla Alekseevna.....100

THE STUDY OF THE COMPONENT COMPOSITION OF CO_2 EXTRACT OF *INONOTUS OBLIGUUS* BIRCH MUSHROOM BY CHROMATO-MASS SPECTROMETRY
Li Natalia Gavroshevna, Kalenik Tatiana Kuzminichna, Motkina Elena Viktorovna,
Motkina Maria Alekseevna.....105

STUDY OF ORGANOLEPTIC, PHYSICAL AND CHEMICAL CHANGE DYNAMICS IN FERMENTED MASH FROM FRUIT AND BERRY RAW MATERIALS
Zhilinskaya Nadezhda Tarasovna, Shitova Arina Sergeevna, Gulbagi Emitovna Orymbetova,
Bakhytkul Telkhozhaevna Abdizhapparova.....111

MODELING OF DESSERT SAUCE RECIPE WITH TASKED QUALITATIVE CHARACTERISTICS BY FACTOR ANALYSIS METHOD
Averyanova Elena Vitalyevna, Shkolnikova Marina Nikolaevna.....118

USE OF REGIONAL RAW MATERIALS OF THE FAR EAST REGION HOW TO USE PHYSIOLOGICALLY VALUABLE INGREDIENTS IN FUNCTIONAL FOODS
Frolova Nina Anatolievna.....123

YEAST BIOMASS PRODUCTION FOR SMALL POWER BREWERY
Dishekova Milana Mukhamedovna, Gernet Marina Vasil'evna, Gribkova Irina Nikolaevna,
Borisenko Olga Alekseevna.....127

ON THE ASSESSMENT OF THE DURABILITY OF THE THRUST BEARING OF THE PROPELLER SCREW PRESS COMPACTOR BEET PULP
Avrorov Valery Alexsandrovich, Murashkina Oxana Alexsandrovna, Sarafankina Elena Alexsandrovna,
Blinokhvatova Yulia Vladimirovna.....131

OPTIMIZATION OF THE CONTENT OF DIETARY FIBERS IN THE RECIPE OF A BAKERY PRODUCT USING THE REGRESSION ANALYSIS METHOD
Madina Sadygova, Tatyana Kirillova, Irina Kanevskaya.....135

DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF THE PARAMETRIC DIAGRAM OF THE EVAPORATION PROCESS
Pchelinceva Olga Nikolaevna, Bochkareva Zenfira Albertovna.....141

HUMAN ACTIVITY SAFERY

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE PROTECTION OF DAMS MADE OF GROUND MATERIALS FROM THE ACTION OF DAMAGING FLOOD FACTORS
Rybakov Anatolii Valerevich, Ivanov Evgenii Viacheslavovich, Sibgatulina Dina Shamil'evna.....145

ABOUT INFLUENCE OF OPTIMIZATION OF MONITORING PARAMETERS OF SAFETY ON LABOR PROTECTION (ON THE EXAMPLE OF YAKUTIA)
Ekaterina Petrovna Aprosimova, Nikolay Innokentyevich Andreev.....151

AUTOMATED WORKPLACE LIGHTING CONTROL SYSTEM
Kudryashov Aleksey Valerievich, Nesterov Alexander Sergeevich, Barannikov Maxim Yurevich 155

PROBLEMS OF LIGHTING OF THE TERRITORIES OF THE INCREASED TECHNOGENIC RISK IN THE CONDITIONS OF THE NORT
Manaeva Alina Ramzilevna, Martynova Dina Yurievna.....161

MITIGATING RISK OF INJURIES DURING THE NIGHT SHIFT IN THE RAILWAY TRACK COMPLEX WITH DUE ACCOUNT FOR THE HUMAN FACTOR
Andrei Nikolaevich Stepanov, Elena Yurievna Narusova, Vladimir Gaiozovich Struchalin, Anna Mikhailovna Koroleva.....165

INFORMATION SECURITY PROBLEMS IN HEAT-POWER BOILER PLANTS
Andreyev Andrey Viktorovich, Boltenkova Elena Aleksandrovna, Doronin Alexander Sergeevich.....169

RISK-BASED SAFETY MANAGEMENT IN A CONSTRUCTION COMPANY
Makarov Pavel Vyacheslavovich.....173

CALCULATION OF A LOCAL NOISE BARRIER TO REDUCE THE NOISE OF THE OPERATOR OF A METALWORKING MACHINE
Ivanov Nikolay Igorevich, Shashurin Alexander Evgenievich, Goguadze Marat Grigorievich.....179

ENSURING SAFE AND RELIABLE STORAGE OPERATION WASTE
Vasilyeva Elena Viktorovna, Viktor Fedorov, Yakovenko Elena Aleksandrovna.....183

TACTICAL VENTILATION IN UNDERGROUND TRANSPORT SYSTEMS
Romanenko Alexander Ivanovich, Makarenko Alexey Igorevich, Shagin Gennadiy Vladimirovich, Bareeva Rumiya Zagimardanovna, Tertychnaya Svetlana Vyacheslavovna.....189

RISK-BASED APPROACH TO THE OSH MANAGEMENT SYSTEM. PROBLEM OF IMPLEMENTATION AND METHODOLOGY FOR ITS SOLUTION
Subbotina Nadezhda Andreevna.....193

REDUCTION OF HEAVY METALS IN THE SOIL OF RAILWAY SANITARY PROTECTION ZONE
Zhuravleva Margarita Anatolievna, Zubrev Nikolay Ivanovich, Efremova Saniya Yunusovna, Panfilova Marina Ivanovna, Zakharova Marina Viktorovna.....200

SAFE BEHAVIOR MOTIVATION
Kaverzneva Tatyana Timofeevna, Rumyantseva Nina Vyacheslavovna, Leonova Natalia Alekseevna, Salkutsan Vladimir Ivanovich, Skrypnyk Igor Leonidovich.....206

ANALYSIS OF THE ACTION REGULATORY BASE IN THE REGION OF THE RECLAMATION OF THE LAND
Tikhomirova Elena Ivanovna, Efremova Saniya Yunusovna, Muravyeva Alena Aleksandrovna, Sharkov Tagir Adelevich.....213

IMPROVING THE WORKING CONDITIONS OF EMPLOYEES OF THE PENITENTIARY SERVICE BY IMPROVING WAGONS FOR THE TRANSPORTATION OF CONVICTS AND PERSONS IN CUSTODY
Sachkova Oksana Sergeevna, Trifonova Ekaterina Aleksandrovna.....219

PROFESSIONAL SELECTION BASED ON THE ASSESSMENT OF THE INTENSITY OF THE LABOR PROCESS IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX
Bogdanov Andrey Vladimirovich, Gubaidullin Nail Mirzahanovich,
Mikhailov Victor Victorovich, Mikhailova Sabina Valeryevna.....225

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ АНАЛИЗА РИСКА КАК НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Человечество постоянно на протяжении своего развития сталкивалось с проблемой обеспечения безопасности. На протяжении многих веков среда обитания человека медленно изменяла свой облик и, как следствие, мало менялись виды и уровни негативных воздействий. С XX века развитие техносферы ведет не только к повышению качества жизни, но и уровня опасности для жизнедеятельности человека. Антропогенные изменения окружающей среды приобрели такие размеры, что человек сам стал жертвой своей деятельности. Во многих регионах мира произошло глобальное загрязнение среды обитания и жизненно необходимых источников опасными и вредными для здоровья человека веществами. Негативные факторы снижают качество среды обитания и оказывают влияние на здоровье человека. В настоящее время возникла проблема экологической патологии, как следствия физических, химических и биологических факторов, большая часть из которых антропогенного происхождения.

Безопасность любой деятельности для каждого человека и окружающей его среды, а также для общества в целом, должна рассматриваться с учетом всех экономических, социальных и экологических последствий.

Производственные объекты являются одними из наиболее опасных техногенных источников воздействия на человека и окружающую среду. Это связано с систематическими выбросами в атмосферный воздух загрязняющих веществ и сбросами в водоемы и почву значительного количества отходов, в том числе токсичных.

В соответствии с действующим в России законодательством предприятия, нарушающие санитарные и экологические нормы, не имеют права на существование и должны быть реконструированы или закрыты, то есть все современные предприятия должны быть малоотходными или безотходными, что на практике реализуется не в полной мере. В ближайшие годы ожидается рост производства химических веществ и химических продуктов, что соответственно приведет к увеличению объемов образования отходов I-II классов опасности. По данным Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году», количество отходов II класса опасности составляет 0,22 млн.т (0,004% от общего объема образования отходов), I класса опасности — 0,02 млн.т (0,0003% от общего объема образования отходов).

Проблема утилизации отходов I-II классов опасности в настоящее время находится в сфере государственных интересов и становится особенно важной и приоритетной в реализации ряда проектов. В частности в рамках национального проекта «Экология» и федерального проекта «Инфраструктура для обращения с отходами I-II классов опасности» планируется реализовать инвестиционные проекты по созданию производственно-технических комплексов (ПТК) по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I-II классов опасности, на базе имущественных комплексов по уничтожению химического оружия, расположенных в Удмуртской Республике, Кировской, Курганской и Саратовской областях. И одной из центральных задач проекта, является обеспечение безопасности для человека и окружающей среды.

Обеспечение безопасности работы ПТК способствует в первую очередь надежность и эффективность технологий по переработке отходов I-II классов опасности, а также мониторинг окружающей среды, включающий адекватные и точные экспресс способы контроля и прогноза токсикологических характеристик применительно к человеку.

Выявление причинно-следственных связей между загрязнением окружающей среды токсичными химическими веществами и возможными изменениями состояния здоровья человека является одной из актуальных задач современной науки. В мировой практике в течение последних десятилетий для решения этой проблемы активно используется методология анализа риска, влияния загрязнения компонентов окружающей среды на здоровье населения. Методология анализа риска включает в себя три элемента: оценивание риска, управление риском и информирование о риске, которые взаимосвязаны между собой. Применительно к опасным техногенным объектам оценивание риска для здоровья – это процесс определения опасности возникновения неблагоприятных эффектов у человека, обусловленных воздействием токсичных химических веществ. Управление риском является логическим продолжением оценки риска, и представляет собой процесс принятия технических, политических, законодательных и

нормативных решений, направленных на ликвидацию или существенное уменьшение риска для здоровья населения. Третьим элементом методологии анализа риска является информирование о риске – процесс, заключающийся в информировании о риске всех заинтересованных лиц. Все три элемента анализа риска взаимосвязаны между собой и только их совокупность позволяет не только выявлять существующие проблемы, разрабатывать пути их решения, но и создавать условия для практической реализации этих решений. Это, в свою очередь, является необходимым условием для устойчивого развития человечества.

Тихомирова Е.И .

Тихомирова Елена Ивановна, *доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой «Экология» института урбанистики, архитектуры и строительства Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.*

В 1990 г. защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук. В 2005 г. – докторскую диссертацию по специальностям 03.00.16 – Экология и 03.00.07 – Микробиология. В 2008 г. присвоено ученое звание профессора по кафедре.

Тематиканаучныхисследований посвящена актуальным проблемам разработки научных основ обеспечения экологической и промышленной безопасности, совершенствованию технологий мониторинга и прогнозирования состояния антропогенно нарушенных территорий, предотвращения и ликвидации их загрязнений.

В составе делегации Российской Федерации приняла участие в международной конференции, посвященной социально значимым проектам для устойчивого развития человечества, на площадке ООН (Женева,2017 г.), представила проект по разработке станций локальной очистки воды питьевого назначения с инновационными экологически эффективными фильтрующими загрузками.

Является членом Общественного совета Госкорпорации «РосАтом» (с 2020 г.), экспертом по независимой оценке квалификаций Центра оценки квалификаций (ЦОК СПК ЖКХ) и проведению профессионального экзамена по наименованиям профессиональных квалификаций в соответствии с профессиональными стандартами в области обращения с отходами (с 2019 г.).

Автор более 450 научных работ, большинство из них в реферируемых отечественных и зарубежных журналах, 5 монографий, 1 учебник и 16 учебно-методических пособий. Соавтор 10 патентов РФ на изобретения и полезные модели, 4-х авторских свидетельств на разработки программ для ЭВМ. В рамках госзаданий Минобрнауки и Минпромторга, грантов ФЦП, РФФИ и РНФ, Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере в период с 2009 по 2019 годы под ее руководством выполнено 8 НИР и НИОКР фундаментального и прикладного направлений. Разработанные технологии отмечены дипломами Салонов изобретений, инноваций и инвестиций; Фестивалей науки, золотой и серебряной медалями на X Международном форуме «Крым Hi-tech» (Севастополь, 2014). Тихомирова Е.И. является членом 2-х докторских диссертационных советов. Под ее руководством подготовлено 25 кандидатов биологических наук, в том числе 15 – по специальности «экология», и 1 доктор биол. наук.

Неоднократно награждалась почетными грамотами Министерства природных ресурсов и экологии Саратовской области; имеет Почетную грамоту Министерства образования и науки РФ, Министерства здравоохранения Саратовской области. Она награждена золотыми медалями имени В.И. Вернадского и имени Н.И. Вавилова Российской академии естествознания; золотой медалью имени Л. Пастера, медалями имени Г.В. Лейбница и Александра Гумбольта за персональные заслуги в области естественных наук от Европейской академии естественных наук.

УДК 004.67

АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ПРОФИЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ТЕМПОРАЛЬНЫХ ДАННЫХ

© 2020

Синев Михаил Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Вычислительная техника»
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, Пенза, улица Красная, 40, e-mail: mix.sinev@gmail.com)
Пащенко Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, профессор, ректор
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, e-mail: dmitry.pashcenko@gmail.com)
Мартышкин Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, e-mail: alexey314@yandex.ru)
Трокоз Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, e-mail: dmitriy.trokoz@gmail.com)
Перекусихина Альбина Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Математика и математическое моделирование»
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
(440028, Россия, Пенза, ул. Германа Титова, д. 28)

Аннотация. Работа посвящена исследованию ряда вопросов в области анализа профилей пользователей социальных сетей. При помощи решения предварительной задачи по автоматическому определению семейного положения пользователя по имеющимся в открытом доступе мультимодальным данным из социальных сетей экспериментально были получены результаты, качественно превосходящие известные. Показана актуальность и целесообразность проведения дальнейшего исследования в этом направлении. В ходе проведенных работ собран мультимодальный темпоральный набор данных о нескольких тысячах пользователей. Произведено сравнение темпоральных и нетемпоральных моделей. Результаты сравнения алгоритмов показали, что мультимодальность и темпоральность данных улучшает полученные ранее результаты по автоматизированному предсказанию психотипа пользователя. Анализ результатов показал, что наиболее значимыми модальностями являются геолокация и текст. Анализ значимости признаков показал, что полученные результаты согласуются с описанием шкалы MBTI в опубликованных к настоящему времени источниках.

Ключевые слова: темпоральный набор данных, социальная сеть, профиль пользователя, идентификация, анализ, фреймворк, метрика, точность, темпоральная модель, нетемпоральная модель.

ALGORITHMIC APPROACH TO ANALYZING A USER'S PROFILE IN A SOCIAL NETWORK BASED ON MULTI-MODAL TEMPORAL DATA

© 2020

Sinev Mihail Petrovich, candidate of technical Sciences, associate Professor of sub-department «Computer engineering»
Penza State University
(440026, Russia, Penza, Krasnaya Street, 40, e-mail: mix.sinev@gmail.com)
Pashchenko Dmitry Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, rector
Martyshkin Alexey Ivanovich, candidate of technical sciences, docent, associate Professor of sub-department «Computers and systems»
Trokoz Dmitrii Anatolevich, 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/1,e-mails dmitry.pashcenko@gmail.com; alexey314@yandex.ru; dmitriy.trokoz@gmail.com)
Perekushikhina Albina Nikolaevna, candidate of technical sciences, associate Professor of sub-department «Mathematics and Mathematical Modeling»
Penza State University of Architecture and Construction
(440028, Russia, Penza, German Titov Street, 28)

Abstract. The article is devoted to the study of a number of issues in the field of analysis of social network user profiles. By solving the preliminary task of automatically determining the marital status of a user based on publicly available multi-modal data from social networks, we experimentally obtained results that are qualitatively superior to

the known ones. The relevance and expediency of further research in this direction is shown. In the course of this work, a multi-modal temporal data set of several thousand users was collected. Temporal and non-temporal models are compared. The results of comparing the algorithms showed that the multimodality and temporality of the data improves the previously obtained results for automated prediction of the user's psychotype. Analysis of the results showed that the most significant modalities are geolocation and text. Analysis of the significance of the features showed that the results obtained are consistent with the description of the MBTI scale in the sources published to date.

Keywords: temporal data set, social network, user profile, identification, analysis, framework, metric, accuracy, temporal model, non-temporal model.

Введение. Профилирование пользователей играет немаловажную роль во многих сферах [1]. Одна из главных составляющих профилирования пользователя – психологическое профилирование, которое помогает определить ментальное и эмоциональное состояния человека. Располагая соответствующей информацией о человеке, можно делать выводы о причинах демонстрируемого им поведения [2], определять подходящие ему занятия, мотивировать людей на новые жизненные цели и поступки [3]. Знание о психологических чертах человека играет существенную роль в сфере электронной коммерции. К примеру, в работе [4] был предложен фреймворк для персонализированной рекомендации продуктов, основанной на выявлении предпочтений пользователей при анализе их социальных сетей. Другая группа исследователей [5, 6] указала на преимущества социальных сетей для автоматического психологического профилирования пользователей. Авторы работы [7] обнаружили, что традиционные методы онлайн-покупок работают недостаточно эффективно. В работе [8] было показано, что степень доверия пользователей к сервису электронной коммерции очень сильно зависит от их психотипа. Существует несколько шкал для определения психотипа, одобренных научным сообществом. Одна из наиболее популярных шкал называется MBTI [9].

Сегодня большинство людей активно применяют для общения всевозможные социальные сети. Большинство пользователей используют около трех социальных сетей ежедневно [10], поэтому использование мультимодальных данных из множества социальных сетей для автоматического психологического профилирования позволит повысить мощность предсказательной модели. Другой важный аспект данных из социальных сетей – их темпоральность, которая указывает на аспекты и паттерны пользовательского поведения. К примеру, исследователи [11] обнаружили, что семейное положение пользователя (одинок / не одинок, что сильно связано с его психологическим портретом) может быть с хорошей точностью предсказано из истории геолокационных отметок (отметка (check-in) в социальной сети Foursquare). Однако обработка темпоральных данных недостаточно освещена в научной литературе. Поскольку психологические черты личности не могут сильно изменяться с течением времени, имеет смысл использовать темпоральность данных для поиска шаблонов в поведении людей определенного психотипа.

Основной плюс данного исследования состоит в использовании мультимодальных темпоральных данных для автоматического профилирования пользователей. Предполагается, что правильное слияние этих данных поможет улучшить определение психологического типа пользователя по сравнению с использованием нетемпоральных одномодальных данных. В этом исследовании были выбраны популярные социальные сети Twitter, Instagram и Foursquare в качестве ресурсов для получения данных, т.к. они являются наиболее крупными интернет-сообществами на данный момент [12]. Twitter служит источником текстовых данных, Instagram – медиаданных, Foursquare – данных о перемещении пользователя. Сложность задачи предсказания психологического типа на основе мультимодальных темпоральных данных обусловлена следующими факторами: 1) идентификация всех аккаунтов пользователей. Сложно сопоставить все аккаунты одного пользователя в разных социальных сетях; 2) неполные данные. Большинство пользователей участвует в ограниченном числе социальных сетей и не всегда во всех трех, выбранных для данного исследования. Этот факт порождает проблему неполных данных [13]; 3) использование темпоральности данных. Создание моделей, в которых используются мультимодальные темпоральные данные, является относительно новой задачей, и в литературе существует лишь небольшое число работ, посвященных этой проблеме.

Целью настоящей работы является разработка алгоритма для психологического профилирования пользователей на основе мультимодальных данных из трех социальных сетей: Twitter, Instagram, Foursquare.

Обзор существующих подходов к профилированию пользователей. Многие исследовательские группы пытались решить задачу автоматического психологического профилирования пользователей [14, 15], исходя из предположения о связи психотипа пользователя с его поведением в социальных сетях. В работе [16] указано, что психотип является ключевым компонентом в человеческом поведении, взаимодействии и эмоциях. Еще одна группа исследователей [17] проанализировала сообщения 75-ти тысяч пользователей социальной сети Facebook и продемонстрировала корреляции между использованием определенных слов и психотипа. Однако все эти работы носят описательный характер и не затрагивают проблему автоматического психологического профилирования пользователей.

Тем не менее, проблема психологического профили-

рования с использованием одномодальных данных была исследована несколькими исследовательскими группами.

Например, результаты соревнования PAN'15 [5] демонстрируют, что психологическое и демографическое профилирования на основе текстовых данных являются релевантными комплексными задачами. В работе [18] проведен большой корреляционный анализ на 180-ти тысячах пользователей Facebook с использованием различных представлений данных, например,размера социального графа, числа загруженных фотографий, числа посещенных мероприятий. Получены достаточно высокие результаты по предсказанию экстраверсии пользователя. Позже был опубликован [6] мультиязыковой набор данных, состоящий из данных пользователей Twitter и их психотипов. Первые эксперименты на этом наборе данных показали, что такие MBTI категории, как «экстроверсия-интроверсия» и «размышляющий-чувствующий» могут быть успешно предсказаны по данным из Twitter, в то время как оставшиеся две категория предсказать более сложно. В работе [19] собраны воедино твиты, аватары, эмотиконы и паттерны ответов для предсказания психотипа по социальной сети Sina Weibo (китайский аналог Twitter). Вышеупомянутые работы внесли огромный вклад в область автоматического психологического профилирования, однако все они ограничены исполь-зованием одного ресурса данных, что выглядит неестественно в условиях современного мира.

В то же время некоторые научные работы посвящены проблеме профилирования пользователей с использованием мультимодальных данных. Работа [20] показывает использование данные из нескольких социальных сетей для предсказания демографических характеристик. В работе [11] продемонстрировано использование подобных данных для предсказания семейного положения. Работа [13] представляет фреймворк, который демонстрирует предсказание индекса массы тела на основе слияния данных активности пользователя в четырех социальных сетях. В работе [21] был предложен подход для интеграции информации из социальных сетей для предсказания карьерного пути. Несмотря на то, что все эти работы связаны с нашим исследованием и описывают исследования по применению мультимодальных данных в профилировании пользователей, ни одна из них не учитывает темпоральность данных.

Наконец, существуют работы, посвященные описанию использования темпоральных данных для профилирования пользователей. К примеру, в работе [22] описан подход, в котором с помощью рекуррентных нейронных сетей предсказывается психотип пользователя на основе символов, слов и уровня эмоциональности в пользовательских твитах. Работа [23] показывает возможность использования темпоральных данных для предсказания уровня эмоциональности. Все эти работы посвящены обработке темпоральных данных, однако ни одна из них не освещает проблему автоматического психологического профилирования с использованием мультимодальных темпоральных данных.

Метрика для качественной оценки предлагаемых моделей. Одной из наиболее часто используемых метрик для оценки классификатора является метрика *Accuracy.*

$$Accuracy = \frac{P}{N}, \tag{1}$$

где P – количество документов, по которым классификатор принял правильное решение, а N – размер обучающей выборки.

Однако *Accuracy* – не всегда наилучший выбор для задач классификации. Существует еще одна метрика – *F-score* (*F*-мера). В качестве производных для *F*-меры используются такие метрики, как точность (*presicion*) и полнота (*recall*). Точность системы в пределах класса – это доля документов, действительно принадлежащих данному классу относительно всех документов, которые система отнесла к этому классу. Полнота системы – это доля найденных классификатором документов, принадлежащих классу относительно всех документов этого класса в тестовой выборке.

Для каждого класса рассчитываются, сколько раз классификатор принял следующее решение:

TP – истинно-положительное решение;

TN – истинно-отрицательное решение;

FP – ложно-положительное решение;

FN – ложно-отрицательное решение.

Тогда точность и полнота определяются следующим образом

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}; \tag{2}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}. \tag{3}$$

Поэтому для оценки качества фреймворка была использована макро *F*-мера. Описание метрики приведено ниже. *F*-мера является гармоническим средним между точностью и полнотой. Она стремится к нулю, если точность или полнота стремится к нулю. *F*-мера рассчитывается по выражению

$$F = 2 \cdot \frac{Precision \cdot Recall}{Precision + Recall}. \tag{4}$$

Для текущей задачи применение метрики *F-score* не выглядит целесообразным, так как для применения этой метрики обязательно должен быть доминирующий класс. Однако метрика сама по себе выглядит более логичной, так как указывает не только на попадания классификатора, но и на истинные и ложные случаи.

Для таких случаев существует метрика macro *F-score.* Она представляет собой среднее по *F-score* для каждого класса, участвующего в задаче классификации. Таким образом, при использовании этой метрики не нужно выбирать лидирующий класс, а значит она хорошо подходит для оценки качества работы классификаторов в текущей задаче.

Работа с несбалансированными данными. На рисунке 1 показано распределение MBTI типов в данных.

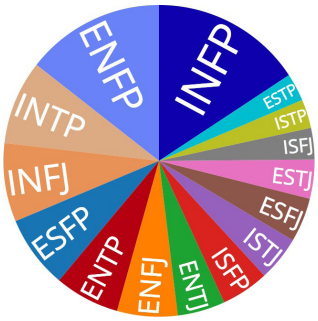


Рисунок 1 – Распределение MBTI типов в данных

Как видно из рисунка 1, полные *MBTI* типы, как и бинарные категории внутри них, не распределены равномерно. Существует несколько способов решения подобной проблемы, суть которых заключается в добавлении или удалении части данных таким образом, чтобы классы были хорошо сбалансированы. Для тренировки моделей был выбран метод овер-семплинга, который известен как *SMOTE*. Метод заключается в том, чтобы синтетически добавлять семплы класса меньшей размерности. Метод работает следующим образом.

1. Возьмем обучающие данные, в которых присутствует s сэмплов и f признаков. Для упрощения объяснения признаки являются непрерывными;
2. Возьмем один сэмпл данных из наименьшего класса и рассмотрим его k ближайших соседей. Для создания новой синтетической точки, возьмем вектор между одним из k ближайших соседей и текущей точкой;
3. Умножим вектор на случайное число x, которое находится между 0 и 1, и добавим эту точку к данным;
4. Повторять шаги до тех пор, пока количество данных в каждом классе не станет одинаковым.

Данный метод был применен только к тренировочной части данных для того, чтобы модели были натренированы на сбалансированном множестве.

Тренировка моделей. Для того, чтобы подготовить данные для использования их в нейронной сети, для каждого пользователя мы разделили его активность на k = 10 равных периода времени, каждый длиною либо в 142 дня, либо в 10 дней. Затем для каждого периода мы извлекли описанные выше признаки. Назовем окном m подряд идущих периодов времени. Для того чтобы лучше понять зависимости между различными временными промежутками и качеством предсказания психотипа, а также поведенческими паттернами пользователя, размер окна варьировался от 2 до 10. Для каждого размера окна, а также для каждой *MBTI* категории тренировалась отдельная модель. Стоит отметить, что для каждого размера окна количество тестовых и проверочных данных отличается и рассчитывается по выражению

$$S = k - m + 1, \quad (5)$$

где S – полное число периодов для набора данных, а m – установленный размер окна.

Процесс разделения данных и тренировки моделей приведен на рисунке 2. Из рисунка видно, что большая часть (80%) пользовательских активностей используется для тренировки, а остальные данные – для проверки результата.

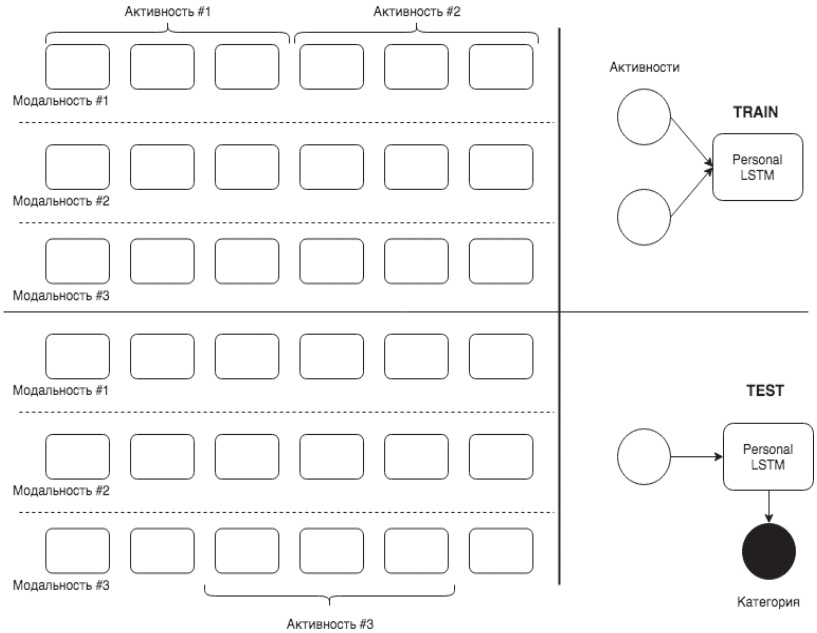


Рисунок 2 – Процесс тренировки и тестирования на примере данных с окном активности равным 3 для одного пользователя

Модели для нетемпоральных данных. В работе выбраны градиентный бустинг, логистическая регрессия и наивный байесовский классификатор как нетемпоральные модели для сравения с предлагаемым в работе методом. Эти модели показали высокое качество работы для задачи предсказания семейного положения [11]. Данная задача очень близка к задаче предсказания психотипа. Для использования этих

моделей были посчитаны признаки на промежутке всей активности пользователей. Ключевая идея заключается в том, чтобы сравнить модели с нетемпоральными данными с предложенным фреймворком для каждой *MBTI* категории.

Рассмотрим применение градиентного бустинга в задаче классификации. Пусть F – множество базовых классификаторов, а $lin(F)$ – множество всех линейных комбинаций из классификаторов F. На каждом шаге к текущему классификатору $F \in lin(F)$ прибавляется базовый классификатор так, чтобы значение $(F+\varepsilon \cdot f)$ умень-шилось на некоторое значение ε.

Говоря в терминах функционального пространства, для функции f подыскивается направление, в котором функция $(F+\varepsilon \cdot f)$ быстрее уменьшается. В качестве базового классификатора для градиентного бустинга в данной статье было взято дерево решений. Дерево принятия решений – модель, представляющая собой древовидную структуру листьев и веток. На ребрах (ветках) дерева решения записаны атрибуты, от которых зависит целевая функция, в «листьях» за писаны значения целевой функции, в остальных узлах – атрибуты, по которым различаются случаи. Чтобы классифицировать новый случай, надо спуститься по дереву до листа и выдать соответствующее значение. Цель состоит в том, чтобы создать модель, которая предсказывает значение целевой переменной на основе нескольких переменных на входе.

Логистическая регрессия (*Logistic regression*) – метод построения линейного классификатора, позволяющий оценивать апостериорные вероятности принадлежности объектов классам. Пусть задана обучающая выборка пар объект-ответ

$$X^m = \{(x_1, y_1), ..., (x_m, y_m)\} \quad (6)$$

В логистической регрессии строится линейный алгоритм классификации $a{:}X \longrightarrow Y$ вида

$$a(x, \omega) = \mathrm{sign}(\sum \omega_i f_i(x) - \omega_0) = \mathrm{sign}(< x, \omega >), \quad (7)$$

где ω_j – вес j-го признака, ω_0 – порог принятия решения, $\omega=(\omega_0, \omega_1, ..., \omega_n)$ – вектор весов, $<x,\omega>$ – скалярное произведение признаков описания объекта на вектор весов.

Задача обучения классификатора заключается в том, чтобы по имеющейся обучающей выборке правильно настроить вектор весов.

Наивный Байесс. Байесовский подход к классификации основан на теореме, утверждающей, что если плотности распределения каждого из классов известны, то искомый алгоритм можно выписать в явном аналитическом виде. Частный случай байесовского классификатора основан на предположении, что объекты обучающей выборки описываются n статистическими признаками

$$x \equiv (\xi_1, ..., \xi_n) \equiv (f_1(\xi_1), ..., f_n(\xi_n)). \quad (8)$$

Предположение о независимости означает, что функции правдоподобия классов представлены в виде

$$p_y(x) = p_{y_1}(\xi_1) \cdot ... \cdot p_{y_n}(\xi_n) \quad (9)$$

где p_{y_n} – плотность распределения значений j-го признака для класса y.

Оценка темпоральных и нетемпоральных моделей. Вначале нужно оценить качество предсказания набора моделей *Personal LSTM* для различных размеров окон активности. Размер окна m варьировался от 2 до 10, для каждого размера были построены отдельные модели для каждой из четырех категорий *MBTI*. Подход, в котором использовалось деление данных на 10 временных периодов, для всех случаев и всех категорий, показал результаты, близкие к случайному выбору (каждая категория могла быть выбрана с вероятностью 50%). Поэтому далее будет использоваться подход, в котором за единицу временной активности принимаются одни сутки.

Для каждой *MBTI* категории размер окна активности, при котором качество классификации показывает наилучшие результаты, оказались разным. Для категории «экстраверсия-интроверсия» наилучший размер окна $m = 3$. Данная категория демонстрирует, откуда человек берет ресурсы энергии и мотивацию. Сравнительно маленький размер окна, относительно максимального в данном исследовании может указывать на то, что источники энергетических ресурсов человека могут не зависеть от аспекта временных данных. В результате для этой метки более логично использовать короткие интервалы. Для категории «ощущения–интуиция» наилучший размер окна $m = 9$. Принимается, что данная категория тесно связана с моделью поведения на протяжении длительных периодов времени. Это согласуется с описанием категории в литературе [9]. Для категории «думающий-чувствующий» наилучший размер окна $m = 7$. Из вышеприведенного следует, что результаты предсказания данной категории могут быть объяснены анализом реакции пользователей на окружающие их жизненные события. Следовательно, использование более длинных интервалов повышает качество предсказаний за счет использования большего количества пользовательских реакций на жизненные события. Для категории «осуждение-восприятие», оптимальные размер окна составил $m = 5$. Результаты показывают, что временные данные помогают повысить качество результатов, предполагая, что временные данные могут идентифицировать более сложные поведенческие шаблоны, которые напрямую не связаны с пользовательским взаимодействием.

По результатам эксперимента, для каждой *MBTI* категории был выбран оптимальный размер окна и проведено сравнение темпоральных моделей с нетемпоральными, после чего лучшие из них для каждой категории были включены в финальную конфигурацию набора моделей *Personal LSTM*. Полученные результаты представлены в таблице 1, откуда видно, что для двух из четырех категорий лучшее качество предсказания показали нетемпоральные модели. Данные результаты согласуются с описанием *MBTI* категорий в существующих публикациях по этой теме. Категории, для которых качество классификации на нетемпоральных моделях лучше, чем на

темпоральных, описывают общее отношение человека к жизни. В то время как для категорий, где качество классификации на темпоральных моделях выше, описывают отношение и реакцию на различные жизненные ситуации [9].

Таблица 1 - Результаты темпоральных и нетемпоральных моделей, оцененные по макро F_1-мере

	Градиентный бустинг	Логистическая регрессия	Наивный байесс	*LSTM*
E/I	0,715	0,600	0,440	0,541
S/N	0,495	0,425	0,33	0,724
T/F	0,670	0,435	0,440	0,534
J/P	0,510	0,395	0,470	0,750

Для понимания вклада различных признаков в задачу психологического профилирования здесь целесообразно будет описать наиболее значимые признаки для каждой *MBTI* категории. Для этого был использован выбор признаков на основе метрики взаимной информации (*mutual information*) [24], который был применен перед тем, как передать данные в набор моделей *Personal LSTM*. Для категории «интроверсия-экстраверсия», важным признаком стало количество хэштегов в твитах. Этот признак характеризует сторону экстраверсии человека, так как большое количество хэштегов показывает, что человек хочет быть заметен публике. Для категории «ощущения интуиция» на первое место по важности вышли признаки группы *LIWC*, которые описывают эмоциональное состояние людей, а также их внимание к окружающему миру. Признаки для местоположения описывают места для повседневного посещения, что важно при анализе того, как и где люди воспринимают мир вокруг себя каждый день. Для категории «думающий-чувствующий», наиболее важными признаками стали количество орфографических ошибок и количество повторяющихся символов в словах. Данные признаки хорошо характеризуют эмоциональность и спонтанность пользователя. Для предсказания категории «думающий-осуждающий» на первое место по важности выходят признаки *LIWC* группы, а именно слова из групп, описывающих движение и привязанность. Они могут использоваться для реакции на ситуации, когда необходимо принимать решения, а значит хорошо подходят для данной *MBTI* категории. Признаки, отражающие активные временные интервалы в течение суток, являются наиболее ценными для прогнозирования категорий. В то же время, лингвистические признаки и признаки местоположения занимают второе и третье места по важности соответственно.

Заключение. В статье показаны результаты проведения практических экспериментов по решению задачи автоматического профилирования пользователей с использованием мультимодальных темпоральных данных из социальных сетей. В качестве нетемпоральных моделей были использованы базовые модели машинного обучения, такие как градиентный бустинг, логистическая регрессия и наивный байес. В качестве темпоральных моделей была выбрана нейронная сети *LSTM*. Для работы с темпоральными данными было выбрано два подхода – агрегирующий данные за периоды длиной 142 дня, и агрегирующий данные за один день. Второй подход показал наилучшие результаты. Для двух из четырех категорий темпоральные модели показали лучшее качество классификации, в то время как для остальных двух в финальную версию набора моделей *Personal LSTM* вошли нетемпоральные модели. Наиболее значимыми модальностями оказались геолокация и текстовые данные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Farseev A., Samborskii I., Chua T.-S. bBridge: A Big Data Platform for Social Multimedia Analytics // Proceedings of the 2016 ACM on Multimedia Conference. ACM. 2016. С. 759–761.
2. Pennebaker J. W., Mehl M. R., Niederhoffer K. G. Psychological aspects of natural language use: Our words, our selves // Annual review of psychology. 2003. Т. 54, № 1. С. 547–577.
3. Multiple social network learning and its application in volunteerism tendency prediction / X. Song [и др.] // Proceedings of the 38th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval. ACM. 2015. С. 213–222.
4. Buettner R. Predicting user behavior in electronic markets based on personality-mining in large online social networks // Electronic Markets. 2016. С. 1–19.
5. Overview of the 3rd Author Profiling Task at PAN 2015 / F. Rangel [и др.] // CLEF. 2015.
6. Verhoeven B., Daelemans W., Plank B. Twisty: a multilingual twitter stylometry corpus for gender and personality profiling // 10th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2016). 2016.
7. The interplay of online shopping motivations and experiential factors on personalized e-commerce: A complexity theory approach / I. O. Pappas [и др.] // Telematics and Informatics. 2017. Т. 34, № 5. С. 730–742.
8. Lumsden J., MacKay L. How does personality affect trust in B2C e- commerce? // Proceedings of the 8th international conference on Electronic commerce: The new e-commerce: innovations for conquering current barriers, obstacles and limitations to conducting successful business on the internet. ACM. 2006. С. 471–481.
9. Myers I. B., McCaulley M. H., Most R. Manual, a guide to the development and use of the Myers-Briggs type indicator. Consulting Psychologists Press, 1985.
10. Cross-social network collaborative recommendation / A. Farseev [и др.] // Proceedings of the ACM Web Science Conference. ACM. 2015. С. 38.
11. Towards user personality profiling from multiple social networks / K. Buraya [и др.] // Proceedings of the Thirty-First AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2017.
12. 360 user profiling: past, future, and applications / A. Farseev [и др.]// ACM SIGWEB Newsletter. 2016. Summer. С. 4.
13. Farseev A., Chua T. Tweetfit: Fusing multiple social media and sensor data for wellness profile learning // Proceedings of the Thirty-First AAAI Conference on Artificial Intelligence. AAAI. 2017.
14. Golbeck J., Robles C., Turner K. Predicting personality with social media // CHI'11 extended abstracts on human factors

in computing systems. ACM. 2011. С. 253–262.

15. Adali S., Golbeck J. Predicting personality with social behavior // Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM), 2012 IEEE/ACM International Conference on. IEEE. 2012. С. 302–309.

16. Youyou W., Kosinski M., Stillwell D. Computer-based personality judgments are more accurate than those made by humans // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2015. Т. 112, № 4. С. 1036–1040.

17. Personality, gender, and age in the language of social media: The open- vocabulary approach / H. A. Schwartz [и др.] // PloS one. 2013. Т. 8, № 9. e73791.

18. Kosinski M., Stillwell D., Graepel T. Private traits and attributes are predictable from digital records of human behavior // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2013. Т. 110, № 15. С. 5802–5805.

19. Beyond the Words: Predicting User Personality from Heterogeneous Information / H. Wei [и др.] // Proceedings of the Tenth ACM International Conference on Web Search and Data Mining. ACM. 2017. С. 305–314.

20. Harvesting multiple sources for user profile learning: a big data study / A. Farseev [и др.] // Proceedings of the 5th ACM on International Conference on Multimedia Retrieval. ACM. 2015. С. 235–242.

21. Fortune Teller: Predicting Your Career Path. / Y. Liu [и др.] // AAAI. 2016. С. 201–207.

22. Liu F., Perez J., Nowson S. A Language-independent and Compositional Model for Personality Trait Recognition from Short Texts // arXiv preprint arXiv: 1610.04345. 2016.

23. Huang M., Cao Y., Dong C. Modeling rich contexts for sentiment classification with lstm // arXiv preprint arXiv: 1605.01478. 2016.

24. Viola P., Wells W. M. Alignment by maximization of mutual information // Computer Vision, 1995. Proceedings. Fifth International Conference on. IEEE. 1995. С. 16–23.

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

Статья поступила в редакцию 02.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 004.021

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

© 2020

Башвеев Юрий Александрович, инженер-программист (1 категория)
АО НПП «Рубин»
(440015, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова, 2, e-mail: bashveev@gmail.com)
Рябова Ксения Михайловна, магистрант
Пензенский Государственный Технологический Университет
(440039, Россия, г.Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: riabova.ksenija@yandex.ru)
Демушкин Михаил Олегович, магистрант
Пензенский Государственный Технологический Университет
(440039, Россия, г.Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: demushkinmo@mail.ru)

Аннотация. В настоящее время разработчик не ограничен в выборе инструмента для создания будущего веб-приложения. На сегодняшний день рынок программных средств разработки информационно-поисковых систем достаточно обширен и разнообразен. В статье рассматривается сравнительный анализ методов разработки информационно-поисковой системы образовательного учреждения. Изучены следующие методы разработки веб-сайта: конструктор сайтов, CMS и веб-фреймворк. Актуальность исследования заключается в объективном выборе инструмента разработки информационно-поисковой системы для образовательных учреждений. Объектом исследования являются инструменты разработки информационно-поисковой системы образовательного учреждения. Предмет исследования – сравнительный анализ средств разработки информационно-поисковой системы. В процессе исследования были приведены основные методы разработки системы, а также составлена их характеристика. Проведен анализ каждого из рассматриваемых методов, а также выявлены достоинства и недостатки их использования. В результате исследования была дана оценка каждому из возможных методов решения проблемы. Результатом работы стала сравнительная таблица инструментов разработки веб-порталов. Полученные результаты могут применяться для рационального выбора инструмента разработки информационно-поисковой системы для образовательного учреждения. Также данное исследование можно использовать для разработки веб-сайтов с аналогичным функционалом.

Ключевые слова: фреймворк Django, CMS Wordpress, конструктор сайтов Wix, образовательное учреждение, веб-сайт, сравнительный анализ, модель, контроллер, представление, URL.

COMPARATIVE ANALYSIS OF INFORMATION RETRIEVAL SYSTEM DEVELOPMENT TOOLS OF EDUCATIONAL INSTITUTION

© 2020

Bashveev Yuri Alexcandrovch, software engineer (1 category)
AO NPP "Rubin"
(440015, Russia, Penza, Baidukova proezd, 2, e-mail: bashveev@gmail.com)
Ryabova Kseniya Mikhailovna, master student of the
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baidukova proezd / Gagarina str., 1A / 11, e-mail: riabova.ksenija@yandex.ru)
Demushkin Mikhail Olegovich, master student of the
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baidukova proezd / Gagarina str., 1A / 11, e-mail: demushkinmo@mail.ru)

Annotation. Currently, the developer is not limited in choosing a tool for creating a future web application. Today, the market for software development of information search systems is quite extensive and diverse. The article deals with a comparative analysis of methods for developing an educational institution's information search system. The following methods of website development were studied: site Builder, CMS, and web framework. The relevance of the research lies in the objective choice of an information search engine development tool for educational institutions. The object of the research is the tools for developing an information search system of an educational institution. The subject of the study is a comparative analysis of information search engine development tools. In the course of the study, the main methods of developing the system were given, as well as their characteristics were compiled. The analysis of each of the considered methods is carried out, as well as the advantages and disadvantages of their use are revealed. As a result of the study, each of the possible methods of solving the problem was evaluated. The result of this work is a comparative table of web portal development tools. The results obtained can be used for rational choice of an information search engine development tool for an educational institution. You can also use this research to develop websites with similar functionality.

Keywords: Django framework, Wordpress CMS, WiX website Builder, educational institution, website, comparative analysis, model, controller, view, URL.

Введение. В настоящее время, когда интернет технологии интенсивно развиваются, веб-сайты стали одним из самых доступных рычагов управления предприятием или бизнесом. Веб-сайты позволяют человеку получать всю интересующую информацию, обмениваться сообщениями и файлами, а также управлять бизнесом и продвигать свои идеи. Иногда возникает потребность в создании интернет-портала для коммерческих интересов или государственных учреждений. Соответственно возникает проблема в выборе инструмента разработки информационно-поисковой системы.

Для исследования различных инструментов создания информационно-поисковой системы было рассмотрено множество научных публикаций. Так, например, в работе Печерского С.В. «Особенности применения *CMS Wordpess* для сайта образовательной организации» описываются тонкости создания веб-сайта на базе *CMS Wordpress* [1]. Архитектура и основные возможности фреймворка *Django* на языке программирования *Python* были изучены в статье Рябовой К.М. «Фреймворк Django: архитектура и возможности [2] Работа Денегина В.В. «Этапы разработки веб-сайта кафедры» отражает основные итерации разработки веб-страницы для компонента образовательного учреждения [3]. Статья Матинян В.А. «Отличия *Joomla* от *Wordpress*» позволяет исследовать сравнительную характеристику двух методов разработки веб-проекта, основанного на *CMS* [4]. Данные работы в полной мере не позволяют оценить возможности каждого инструмента разработки веб-сайта для целей образовательного учреждения.

Таким образом, на основании уже имеющихся научных публикаций необходимо составить сравнительную характеристику всех возможных средств создания информационно-поисковой системы, покрывающих функциональные потребности образовательного учреждения. Так же необходимо определить наиболее удобный инструмент для дальнейшей разработки интернет-портала образовательного учреждения.

Цель исследования – исследовать существующие методы разработки информационно-поисковой системы для образовательного учреждения. Материалами для исследования могут послужить следующие методы разработки веб-сайтов: конструктор сайтов, *CMS* системы и веб-фреймворки.

В целом существует три способа создания веб-сайта: конструкторы веб-сайтов, *CMS* системы и разработка портала при помощи веб-фреймворка. Рассмотрим каждый из них более подробно.

В качестве примера конструктора веб-сайтов проанализируем популярный, на сегодняшний день, конструктор *Wix*. Согласно статье Ковалевой И.В. «Конструктор сайтов *Wix.com* – это популярная международная облачная платформа, для создания и развития интернет-проектов, которая позволяет конструировать сайты и их мобильные версии» [5]. С помощью конструкторов разработчик может выбрать тип будущего сайта (визитка, магазин и т. д.), готовый шаблон дизайна, цветовое оформление и модули, которые будут на нём отображаться. Разработчику не понадобится знание языков программирования для публикации различных страниц. Зачастую они предоставляют достаточно возможностей для создания сайтов, которые по качеству могут превзойти продукты небольших веб-студий, выполняющих заказы для малого и среднего бизнеса. Что касается удобства использования, то маленькие студии отказываются от конструкторов, поскольку они всегда требуют плату за внесение даже незначительных изменений ресурса. Используя конструктор, можно по желанию самостоятельно и оперативно вносить поправки. Конструктор содержит в себе огромную базу инструментов для создания сайтов любой сложности. Интерфейс приятный и доступный. Выделим основные достоинства системы:

1) свыше 1000 различных шаблонов для проработки дизайна будущего сайта;
2) любой разработчик имеет возможность спроектировать шаблон самостоятельно;
3) быстрый редактор сайта;
4) возможность использования мультимедийной платформы *Flash* совместно с *HTML* 5.0;
5) функция *Drag & Drop*;
6) гибкие настройки и функции;
7) оптимальная индексация сайтов поисковыми системами;
8) удобный и эргономичный русифицированный интерфейс;
9) существует возможность создания мобильной версии шаблона страниц для социальной сети *Facebook*;
10) наличие технической поддержки;
11) при покупке Премиум аккаунта есть возможность перенести сайт на свой хостинг.

Рассмотрим недостатки:

1) бесплатная версия конструктора *Wix* ставит сайт на хостинг с адресов, в названии которых указан конструктор, это создает неудобство;
2) ограниченность дизайна и функционала шаблонами.

Таким образом, *Wix* содержит в себе огромный функционал, который предоставляет максимум возможностей для реализации сайта любого уровня сложности.

Создание сайтов при помощи систем управления содержимом – информационная система, обеспечивающая процессы создания, управления, изменения содержимого или контента веб-страниц. При использовании данного способа разработки от разработчика могут потребоваться минимальные знания *HTML* и *CSS*. Данные системы позволяют относительно быстро создать сайт, который будет выдерживать высокие нагрузки и обладать высоким функционалом и при этом позволит сэкономить много времени при разработке.

Имея в своем распоряжении хороший и популяр-

ный веб-ресурс, владелец сайта открывает для себя широчайшие перспективы и возможности. Созданный веб-сайт можно использовать для организации бизнеса в сети Интернет, продвижения товаров и услуг, ведения блога и многих других целей.

Еще не так давно создание сайта было сложнейшей задачей и требовало от разработчиков серьезных знаний языка программирования и разметки веб-страниц. Так же без навыков верстки и использования каскадных таблиц стилей нельзя было создать сайт, отвечающий современным требованиям.

В настоящее время многое изменилось. Теперь с помощью *CMS* можно быстро разрабатывать сайты высокого качества с возможностью его дальнейшего администрирования. Создать свой блог при помощи *CMS* сможет даже начинающий веб-мастер, так как использование системы управления контентом не требует знаний языков *html*, *css* и *php*. Большинство *CMS* имеет интуитивно понятное меню и панель администрирования, что позволяет управлять сайтом пользователю любого уровня. Поэтому начинающим разработчикам сайтов нужно обратить на системы управления содержимым особое внимание.

Установить *CMS*, для дальнейшего создания сайта очень просто. Необходимо выбрать хостинг с поддержкой требуемой *CMS*. Далее следует скачать дистрибутивы системы и, следуя инструкции по установке данной системы на хостинг, перенести все необходимые файлы на сервер хостинга. Если все шаги по установке были выполнены верно, то сайт начнет функционировать. Эта процедура занимает несколько минут. Установка некоторых систем занимает всего несколько минут, что существенно ускоряет процесс разработки сайтов.

Некоторые *CMS* распространяются в сети Интернет абсолютно бесплатно, например *Wordpress* 5.3. Данная *CMS* является свободным программным обеспечением, скачать можно с официального сайта.

В среде веб-разработчиков существует мнение, что возможность использования готовых шаблонов малоэффективно при разработке сайтов с высококачественным уникальным дизайном, что является, безусловно, существенным недостатком *CMS*. В тоже время стоит отметить, что почти всегда имеются очень широкие возможности редактирования существующих шаблонов. При этом для создания полноценных шаблонов дизайна достаточно знаний *html* и *css*.

Благодаря использованию *CMS* можно создавать полноценные, дизайнерские, эргономичные сайты и в дальнейшем легко администрировать ими. Возможность редактирования сайта уже непосредственно на сервере в сети Интернет облегчает процесс разработки сайта, что так же является существенным плюсом в пользу *CMS*.

Еще один возможный способ разработки веб-портала состоит в использовании фреймворка. Фреймворк – это специальная программная платформа, облегчающая разработку веб-приложений. Все фреймворки работают на основе паттерна *MVC*, позволяющего организовать код или компоненты. Один из таких фреймворков – *Django*. *Django* – это высокоуровневый python веб-фреймворк, который реализован на основе архитектуры *MVC*. *Django* предоставляет возможность оперативной разработки веб-приложений, позволяет разрабатывать динамические веб-сайты[21].

Отличительные особенности *Django*:

1) любой запрос, поддерживаемый *HTTP*-протоколом, обрабатывается программно и перенаправляется на запрашиваемый системой *url*;

2) контент и представления разделяются с помощью шаблонов;

3) реализовано абстрагирование от низкого уровня баз данных.

Django-приложение состоит из четырех основных компонентов: модель, контроллер, представление, *url*. Модель данных: данные являются сердцевиной любого современного веб-приложения. Модель – важнейшая часть приложения, которая постоянно обращается к данным при любом запросе контроллера. Объектно-ориентированный маппер (*ORM*) обеспечивает таким классам доступ непосредственно к базам данных. Использование *ORM* позволяет разработчикам отказаться от практики написания запросов к БД непосредственно на языке *SQL* [11]. Модель обеспечивает облегченный механизм доступа к слою данных, инкапсулирует бизнес-логику. Модель не зависит от конкретного приложения. Данными можно управлять даже из командной строки, не используя при этом веб-сервер. Представление (*view*) – это обычная функция, вызываемая в ответ на запрос какого-либо адреса (*url*) и возвращаемая контекст.

Шаблоны являются формой представления данных. Шаблоны имеют свой собственный простой метаязык и являются одним из основных средств вывода на экран. *URL*: это механизм внешнего доступа к представлениям (*view*). Встроенные в *url* регулярные выражения делают механизм достаточно гибким. При этом одно представление может быть сконфигурировано к нескольким *url*, предоставляя доступ различным приложениям. Созданные разработчиком *urls* не зависят от представления (*view*), являясь самостоятельным элементом разрабатываемой системы.

Разработчики для создания сайтов часто прибегают к использованию фреймворка *Django*, потому что веб-фреймворк использует язык программирования *Python* как основу. *Django* фреймворк использует концепцию *MVC (Model-View-Controller)*, что позволяет достичь высокой скорости написания кода и эффективности его работы [22].

Разделяя проект на 3 части, а именно описание базы данных, внешний вид и логику работы, *Django* фреймворк становится легким в понимании каждому разработчику, даже начинающему разработчику.

Django фреймворк является полностью объектно-ориентированным, поэтому работать с ним намного приятнее, чем с конструкторами сайтов. Можно

сделать вывод: фреймворк *Django* является востребованной и эргономичной платформой для создания веб-сайта. Фреймворк поддерживает масштабируемость проектов, что позволяет добиваться стабильной работы веб-приложений при самых высоких трафиках.

Таким образом, существует 3 способа разработки информационно-поисковой системы для образовательного учреждения: конструктор, система управления контентом и веб-фреймворк. Для более наглядного анализа представим все описанное выше в виде таблицы (табл. 1). Оценивать инструменты будем по следующим критериям: цена, потребность в знаниях языков программирования, сложность разработки, загрузка на хостинг, обслуживание.

Таблица 1 - Обзор функциональных возможностей программ-аналогов

Наименование параметра	Конструктор *Wix*	*CMS Wordpress*	Фреймворк *Django*
Стоимость	бесплатно	бесплатно	бесплатно
Знания языков программирования	не требуется	не требуется	*HTML*, *CSS*, *Python*
Сложность использования	прост в использовании, интуитивно понятный интерфейс	прост в использовании, интуитивно понятный интерфейс	необходимы специальные знания архитектуры *MVC*
Обслуживание	наличие технической поддержки, индексация в поисковиках	обслуживание сайта осуществляется программистом самостоятельно	обслуживание сайта осуществляется программистом самостоятельно
Загрузка на хост	загружается на хост достаточно легко, в адресе сайта название конструктора	важно найти хост, поддерживающий данную *CMS*	загрузить можно на любой хост с любым свободным доменным именем

Заключение. Для целей создание информационно-поисковой системы для образовательного учреждения подойдут 2 инструмента: *CMS Wordpress* или фреймворк *Django*. Конструктор *Wix* использовать не целесообразно, потому что выбор шаблонов и функционала ограничен. Для расширения возможностей *Wix* необходимо оплачивать Премиум аккаунт, что образовательное учреждение позволить себе не сможет. Наиболее бюджетный вариант это *CMS* или фреймворк, однако, здесь стоит руководствоваться знаниями в языках программирования. В целом *Wordpress* не требует глубоких познаний в программировании. Однако для расширения шаблонов дизайна или функционала разработчику стоит редактировать исходный код. Фреймворк *Django* не имеет никаких шаблонов и плагинов для разработки интернет-портала. При использовании фреймворка разработчику необходимо спроектировать логику работы и реализовать дизайн портала. Разработчик должен иметь знания в языке программирования *Python, HTML, CSS, JavaScript* и т.д. Таким образом, результатом исследования является сравнительная таблица методов разработки информационно-поисковой системы для образовательного учреждения.

Выбирая инструмент для разработки информационно-поисковой системы образовательного учреждения необходимо руководствоваться знаниями языков программирования и бюджетом разработки. Если знания языков программирования позволяют разработать сайт самостоятельно, стоит воспользоваться фреймворком. Фреймворк не ограничивает разработчика в функционале и дизайна, шаблоны и плагины разрабатываются самостоятельно конкретно под задачи. Когда знаний недостаточно, то можно прибегнуть к использованию *CMS*, наличие готовых шаблонов и плагинов не сделает разработку портала сложной, а результат превысит ожидания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Печерский С.В. Особенности применения CMS Wordpress для сайта образовательной организации//Современные информационные технологии.2019. № 29. – С. 96-98.
2. Рябова К.М. Фреймворк Django: архитектура и возможности//Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации сборник статей XIII Международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2018. – С. 118-120.
3. Денегин В.В. Этапы разработки веб-сайта кафедры//Студенческая наука для развития информационного общества Материалы II Всероссийской научно-технической конференции. 2015. – С. 11-12.
4. Матинян В.А. Отличия Joomla от Wordpress // Теория и практика современной науки. 2018. № 7 (37). –С. 91-92.
5. Ковалева И.В. Создание информационного сайта цифровых образовательных ресурсов с помощью конструктора сайтов Wix//Постулат. 2019. № 8. – С. 56.
6. Рябова К.М. Разработка веб-сайта с использованием фреймворка Django на языке Python// Инновационные научные исследования: теория, методология, практика: сборник статей XIII Международной научно - практической конференции. В 2 ч. Ч. 1. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2018. – С. 96 - 99.
7. Рябова К.М, Забродина О.С. Практическое применение фреймворка Bootstrap на примере веб-сайта образовательного учреждения //Приоритетные направления развития науки и образования: сборник статей II Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2018. – С. 61 -64.
8. Головатый А., Каплан-Мосс Дж.Django. Подробное руководство, 2-е издание. – Пер. с англ. – СПб.: Сим-

вол-Плюс, 2010. – 560 с.

9. Форсье Д. Django. Разработка веб-приложений на Python / пер. с англ. А. Киселёв. — СПб.: Символ-Плюс, 2009. — 456 с.

10. IBM [Электронный ресурс] – Статья с сайта IBM. – Режим доступа: https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/wa-bootstrap/ (Дата обращения 20.11.2019)

11. itProger [Электронный ресурс] – Статья с сайта itProger. – Режим доступа: https://itproger.com/course/django/7 (Дата обращения 20.11.2019)

12. MDN web docs [Электронный ресурс] – Ресурсы для разработчиков. – Режим доступа: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Learn/Server-side/Django (Дата обращения 20.11.2019)

13. TAGLINE [Электронный ресурс] – Рейтинг с сайта TAGLINE. – Режим доступа: https://tagline.ru (Дата обращения 20.11.2019)

14. Web-creator [Электронный ресурс] – Статья с сайта Web-creator. – Режим доступа: https://web-creator.ru/articles/django (Дата обращения 20.11.2019)

15. Руководство Django Girls [Электронный ресурс] – Руководство по работе с Django. – Режим доступа: https://tutorial.djangogirls.org/ru/ (Дата обращения 20.11.2019)

16. Сообщество программистов [Электронный ресурс] – Статья с Python Сообщество программистов. – Режим доступа: https://python-scripts.com/django-obzor/ (Дата обращения 20.11.2019)

17. Djangobook [Электронный ресурс] – Статья с Djangobook. – Режим доступа: https://djbook.ru/examples/55/ (Дата обращения 20.11.2019)

18. Djangobook [Электронный ресурс] – Статья с Djangobook. – Режим доступа: https://djbook.ru/examples/74/ (Дата обращения 20.11.2019)

19. Djangobook [Электронный ресурс] – Статья с Djangobook. – Режим доступа: https://djbook.ru/examples/18/ (Дата обращения 20.11.2019)

20. Djangobook [Электронный ресурс] – Статья с Djangobook. – Режим доступа: https://djbook.ru/examples/9/ (Дата обращения 20.11.2019)

21. Habrahabr [Электронный ресурс] – Статья с сайта Habrahabr. – Режим доступа: https://habrahabr.ru/post/181772/ (Дата обращения 20.11.2019)

22. Habrahabr [Электронный ресурс] – Статья с сайта Habrahabr. – Режим доступа: https://habrahabr.ru/post/75131/ (Дата обращения 20.11.2019)

Статья поступила в редакцию 28.01.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 528.854

СТИЛИЗАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПЕРЕМЕННОЙ СИЛОЙ

© 2020

Китов Виктор Владимирович, доцент
Российский экономический университет им.Г.В.Плеханова
(117997, Россия, Москва, улица Стремянный пер., 36, e-mail: v.v.kitov@yandex.ru)

Аннотация. Актуальностью исследования определяется тем, что стилизация изображений – активно развивающаяся область обработки изображений, в которой необходимо одно изображение отобразить в заданном стиле, например, семейную фотографию в стиле работы известного художника. Целью исследования является выявление возможности распознавания образов с точки зрения приложения на основе применения методов искусственного интеллекта. В работе в основном использовался метол математического моделирования и статистического распространения. С помощью глубинных нейронных сетей удалось во многом автоматизировать эту задачу, однако стандартные подходы накладывают стиль равномерно по всему изображению, вызывая искажения во всех его участках. Эта особенность является неприемлемой в случае, когда необходимо сохранить некоторые важные фрагменты исходного изображения — например, человеческие лица, чтобы сохранить их узнаваемость. В статье предлагается модификация стандартного метода стилизации, позволяющего контролировать силу передачи стиля на разных участках, стилизуя меньше центральные объекты и больше – фоновые объекты изображения. Преимущество подхода иллюстрируется на характерных примерах. Выводами исследования является положение о том, что распознавание образа или изображения на основе воздействия материального составляющего может быть основано на положении воздействия образного распознавания на основании искусственного интеллекта.

Ключевые слова: обработка изображений, перенос стиля, нейросети, глубинное обучение.

IMAGE STYLIZATION WITH SPATIALLY VARYING STRENGTH

© 2020

Kitov Victor Vladimirovich, associate professor
Plekhanov Russian University of Economics
(117997, Russia, Moscow, street Stremyanny lane, 36, e-mail: v.v.kitov@yandex.ru)

Abstract. The relevance of the study is determined by the fact that image stylization is an actively developing area of image processing, in which one image must be displayed in a given style, for example, a family photo in the style of a famous artist. The aim of the study is to identify the possibility of pattern recognition from the point of view of the application based on the application of artificial intelligence methods. The paper mainly used the method of mathematical modeling and statistical propagation. With the help of deep neural networks it was possible to automate this task in many ways, but standard approaches impose the style evenly throughout the image, causing distortions in all its parts. This feature is unacceptable in the case where it is necessary to preserve some important fragments of the original image — for example, human faces, in order to preserve their recognition. The article proposes a modification of the standard method of stylization, which allows to control the power of style transmission in different areas, stylizing less Central objects and more background objects of the image. The advantage of the approach is illustrated by characteristic examples. The conclusions of the study are the position that the recognition of the image or image based on the impact of the material component can be based on the position of the impact of image recognition based on artificial intelligence.

Keywords: image processing, style transfer, neural networks, deep learning.

Введение. Задача стилизации изображений состоит в том, чтобы некоторое изображение (с нужным содержимым, контентом) отобразить в требуемом стиле. Например, это может быть стилизация рекламной фотографии в стиле картины художника-авангардиста, чтобы повысить её узнаваемость и запоминаемость. Данная задача может применяться в рекламе, дизайне, наложении специальных эффектов в фильмах, видео-играх и в средствах дополненной реальности. Также она может применяться в социальных сетях для более полного выражения эмоций участников. Существуют сервисы, позволяющие производить стилизацию, такие как *Prisma* [1], *Artisto* [2] и *Ostargram* [3].

Цель исследования. Более ранние работы [4, с. 254; 5, с. 397; 6, с. 470] применяли стилизацию, в основном, под конкретный стиль, используя специальные вручную подобранные преобразования исходного изображения. В работе Гатиса и др. [7] предложен метод, позволяющий осуществлять преобразование в произвольном стиле, задаваемом отдельным изображением, используя глубокую свёрточную нейросеть *VGG* [8], обученной на выборке *ImageNet* [9]. Особенностью указанного метода является равномерное наложение стиля по всему изображению. Поскольку стилизация связана с изменением формы и цвета, это приводит к тому, что фрагменты изображения, содержащие существенные детали (например, лица людей, текст рекламного объявления, логотип компании), искажаются, что приводит к неудовлетворительному качеству результата. В рамках стандартного метода этого можно из-

бежать, уменьшая силу стилизации до тех пор, пока существенные элементы изображения не станут узнаваемыми. Однако для сохранения тонких деталей может потребоваться уменьшить силу стилизации почти до нуля, что сделает эффект стилизации едва различимым.

Более поздние методы стилизации [10, с. 4; 11, с. 700], а также их улучшения [12; 13], использовали отдельную свёрточную сеть, преобразовывающую изображение с контентом, в стилизацию. Хотя эти методы осуществляют стилизацию значительно быстрее, они привязаны к конкретному стилю, изменение которого требует переобучения всей модели. Для того, чтобы расширить применимость этих методов к разным стилям, было предложено варьировать среднее и дисперсию промежуточных представлений контента, чтобы они соответствовали среднему и дисперсии промежу-точных представлений стиля [14, с. 1503; 15, с. 387; 16; 17]. Это повышает широту применения методов, но поскольку стилизация осуществляется только перемасштабированием первого и второго моментов, из-за меньшей гибкости по качеству они все равно проигрывают стандартному методу.

Генеративно-состязательные сети [18] также могут применяться к стилизации изображений, например в [19; 20]. Но для обучения таких моделей необходимо много разнообразных картин со стилем, в то время как в стандартном подходе достаточно только одной.

Материалы и результаты исследования. В работе предлагается использовать модификацию стандартного алгоритма стилизации, позволяющую одновременно передать стиль с нужной силой и сохранить существенные для восприятия детали изображения. Для этого пользователю предлагается задать карту важности, представляющей собой непрерывную маску, совпадающую по размерности с исходным изображением, каждый пиксель которой обозначает значимость соответствующего участка изображения [23]. Предложенный алгоритм производит стилизацию с пространственно переменной силой: существенные для восприятия участки стилизуются меньше, а несущественные – больше [22]. Это позволяет одновременно и выразительно передать требуемый стиль, и сохранить значимые детали изображения.

Схожий подход применялся в работе [21] для совмещения нескольких стилей на изображении. Там использовались дискретные маски, что вело к чёткой границе между стилями. Для плавной границы предлагалось использовать дополнительную маску, выделяющую окрестность границы, на которую накладывался промежуточный стиль.

В данной работе предлагается использовать подход не для совмещения разных стилей, а для контроля над силой применения одного выбранного стиля. Чёткость границ стилизации предлагается решать за счёт использования непрерывных плавно меняющихся масок.

Работа состоит из следующих разделов. Во втором разделе описывается стандартный подход стилизации изображений из [7]. В третьем разделе описывается модификация предложенного подхода. В четвёртом разделе на практических примерах стилизации демонстрируются возможности предложенного подхода и его преимущество по сравнению со стандартным методом. Пятый раздел содержит заключительные замечания.

Стандартный подход стилизации изображений. Пусть x_c – изображение контента, которое требуется преобразовать, x_s – изображение стиля, а y – результат наложения стиля из x_s на x_c. Обозначим $F^l(x)$ – промежуточное представление изображения x на слое l некоторой сверточной нейросети, обученной производить классификацию изображений. Номер l индексирует слои, отвечающие за операции свёртки, пулинга или применения нелинейности до применения полносвязных слоёв. $F^l(x_c)$ и $F^l(y)$ будут вещественные тензоры размера $C_l \times H_l \times W_l$ (C_l-число каналов,H_l - высота, W_l - ширина) а $F^l(x_s)$ - тензор размера $C_l \times H_l' \times W_l'$, с тем же числом каналов C_l. Для тензора A определим оператор A_2^2 как сумму квадратов всех элементов. В стандартном подходе стилизации предлагается вычислять семантическую близость по содержимому на слое l, используя функцию потерь контента:

$$L_c^l(y, x_c) = \frac{1}{H_l W_l C_l} F^l(y) - F^l(x_c)_2^2$$

а схожесть по стилю на слое, используя функцию потерь стиля:

$$L_s^l(y, x_s) = \frac{1}{(C_l)^2} G^l(y) - G^l(x_s)_2^2 = \frac{1}{(C_l)^2} \sum_{i=1}^{C_l} \sum_{j=1}^{C_l} \left(G_{ij}^l(y) - G_{ij}^l(x_s)\right)^2,$$

где $G^l(x)$ обозначает так называемую матрицу Грамма размера $C_l \times C_l$, состоящую из попарных нецентрированных ковариаций между каналами:

Итоговые потери контента вычисляются на определённом промежуточном слое l_c:

$$G_{ij}^l(x) = \frac{1}{H_l W_l} \sum_{u=1}^{H_l} \sum_{v=1}^{W_l} F_{iuv}^l(x) F_{juv}^l(x).$$

а итоговые потери стиля вычисляются по совокупности $\{l_{i1}, l_{i2}, \ldots l_{ik}\}$ более ранних и более поздних слоёв нейросети:

$$L_c(y, x_c) = L_c^{l_c}(y, x_c)$$

с некоторыми коэффициентами $w_1, w_2, \ldots w_k$.

$$L_s(y, x_s) = \sum_{k=1}^{K} w_k L_s^{i_k}(y, x_s)$$

Для нахождения стилизации изображения x_c под стиль x_s достаточно решить задачу оптимизации:
где β - неотрицательный вещественный параметр, отвечающий за силу стилизации.

$$\hat{y} = \operatorname{argmin}_y \left\{ L_c^{l_c}(y, x_c) + \beta \sum_{k=1}^{k} w_k L_s^{i_k}(y, x_s) \right\},$$

Предложенный подход стилизации с переменной силой. Для контроля силы стилизации в каждой точке пространства предлагается использовать карту важности сохранения контента I, задающую значи-

мостьмость сохранения контента в каждой точке модифицируемого изображения x_c. Карта силы наложения стиля S предлагается пересчитывать по формуле:

$$S = \frac{1}{2} + \gamma\left(\frac{1}{2} - \frac{I}{\max\limits_{i,j} I_{ij}}\right),$$

где $\gamma \in [0,1]$ – параметр, определяющий степень учёта карты. По S вычисляются её отмасштабированные версии m^l, соответствующие пространственным размерам слоёв $l=i_1,i_2,...i_k$, на которых вычисляются потери стиля. Сами потери стиля на слое предлагается считать по модифицированной формуле:

$$L_s^l\left(y,x_s\right) = \frac{1}{\left(C_l\right)^2}\sum_{i=1}^{C_l}\sum_{j=1}^{C_l}\left(\tilde{G}_{ij}^l\left(y,m^l\right) - \tilde{G}_{ij}^l\left(x_s,m^l\right)\right)^2,$$

где матрицы Грамма вычисляются как взвешенные нецентрированные ковариации:

$$\tilde{G}_{ij}^l\left(x,m^l\right) = \frac{1}{M_l}\sum_{u=1}^{H_l}\sum_{v=1}^{W_l} m_{uv}^l F_{iuv}^l\left(x\right)F_{juv}^l\left(x\right), \qquad M_l = \sum_{u=1}^{H_l}\sum_{v=1}^{W_l} m_{uv}^l$$

Похожий подход был предложен [21]. Отличие состоит в том, что там использовались не исходные маски m^l, а их квадраты, что менее интерпретируемо. Также в [21] маски были дискретными и использовались для решения другой задачи - наложения разных стилей на одно изображение. В этой работе предлагается применять один стиль, маски брать непрерывными и использовать их для контроля силы стилизации в пространстве.

Эксперименты. Рассмотрим изображения контента и стиля на рисунке 1а и 1б. Применение стандартного подхода даёт результат, представленный на рисунке 1в. Применение карт важности позволяет применять стилизацию с разной силой в пространстве, создавая интересные визуальные эффекты – см. карту признаков и результат стилизации на рисунках 2а и 2б соответственно. Но более типичное применение предложенного подхода заключается в сохранении значимых участков стилизуемого изображения.

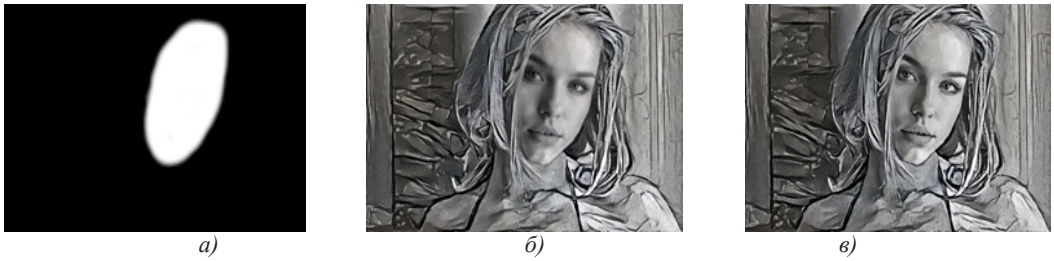
а) *б)* *в)*

Рисунок 1
а -Контент, б - Стиль, в - Результат стилизации

а) *б)*

Рисунок 2
а - Карта важности, б - Результат стилизации

Например, после применения стандартной стилизации (рис.1в) у девушки на лице появились артефакты – резкие линии на лбу и подбородке. Для их устранения применим стилизацию с картой значимости, рассмотренной на рисунке 3а и силой учёта маски γ=1. Результат представлен на рисунке 3б. Видно, что благодаря использованию карты важности фотографические черты лица сохранились полностью. Однако это контрастирует с художественным стилем других участков изображения. Чтобы уменьшить контраст, применим ту же самую карту важности, но уменьшим коэффициент учёта маски до γ=0.3. Полученный результат (рис.3в) выглядит более однородно, поскольку лицо также подвергается стилизации, но не настолько, чтобы нарушить его характерные черты.



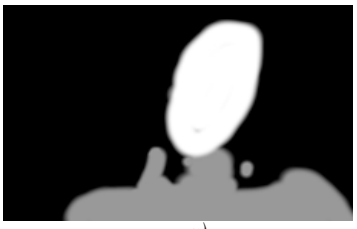
а) *б)* *в)*

Рисунок 3
а -Карта важности, б - Результат с γ=1, в - Результат с γ=0.3

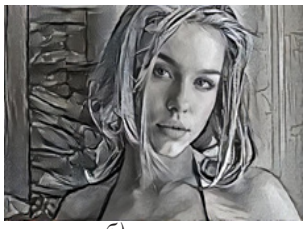
Стилизация на рисунке 3б также неидеальна, поскольку существенно различается стилизация лица и остальных участков тела. Чтобы их устранить, можно воспользоваться картой значимости, представленной на рисунке 4а, выделяющей не только лицо, но и тело. Поскольку тело – менее значимая часть изображения, чем лицо, значение карты на нём ниже, но оно все равно стилизуется слабее, чем фон. Результат представлен на рисунке 4б.

Рассмотрим другое изображение с контентом и стилем, представленными на рисунке 5а и рисунке 5б. Результат стилизации стандартным алгоритмом показан на рисунке 5в.

В результате стилизации лицо женщины изменилось до неузнаваемости. Чтобы сохранить черты лица, применим карту важности, представленную на рисунке 6а. Результат показан на рисунке 6б – лицо сохранило свои черты, но остальная часть тела за счёт стилизации всё ещё сливается с фоном. Чтобы выделить на изображении женщину целиком, можно применить карту значимости с рисунке 7а, где лицо выделено сильнее, а одежда, как менее значимый атрибут — слабее. Результат представлен на рисунке 7б. За счёт меньшей стилизации женщины, она сохраняет чёткость и акцент внимания зрителя при просмотре изображения.



а)



б)

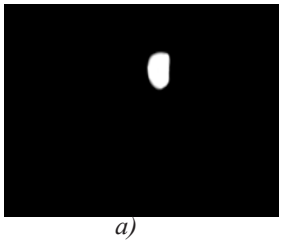
Рисунок 4
а - Карта важности, б - Результат стилизации

а)

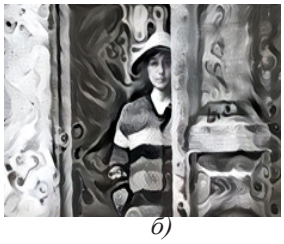
б)

в)

Рисунок 5
а -Контент, б - Стиль, в - Результат стилизации



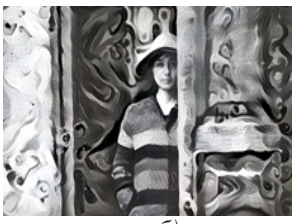
а)



б)

Рисунок 6
а - Карта важности, б - Результат стилизации

а)



б)

Рисунок 7
а - Карта важности, б - Результат стилизации

Представленные примеры иллюстрируют возможность контроля над сохранением отдельных особо важных деталей на изображении при его стилизации. Также указанная методика позволяет управлять чёткостью фрагментов изображения, выделяя передний план и акцентируя на нем внимание зрителя. Предложенная функциональность имеет важное практическое значение в задачах электронной живописи, дизайне и рекламе.

Выводы. В работе предложено использование расширенного алгоритма переноса стиля для новой задачи контроля силы стилизации на различных участках изображения. Это стало возможным за счёт использования непрерывной маски, строящейся по карте важности пикселей изображения. Рассмотрены формулы пересчёта масок по карте важности, а также ряд характерных примеров, иллюстрирующих возможность сохранять значимые детали при

стилизации, выделять передний план, акцентирующий на себе внимание зрителя, что важно в практических применениях генерации изображений, например, в задачах дизайна и рекламы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Сервис Prisma. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Prisma (дата обращения: 07.04.2019).
2. Сервис Artisto. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Artisto (дата обращения: 07.04.2019).
3. Сервис Ostagramm. URL: https://www.ostagram.me (дата обращения: 07.04.2019).
4. Gooch, B., Gooch, A. Non-photorealistic rendering. Нью-Йорк: AK Peters/CRC Press; 2001: 254 с.
5. Rosin, P., Collomosse, J. Image and video-based artistic stylisation. Лондон: Springer Science & Business Media; 2012. Т. 42: 397 с.
6. Strothotte, T., Schlechtweg, S. Non-photorealistic computer graphics: modeling, rendering, and animation. Сан-Франциско:Morgan Kaufmann; 2002: 470 с.
7. Gatys, L.A., Ecker, A.S., Bethge, M. Image style transfer using convolutional neural networks // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2016. с. 2414–2423.
8. Simonyan K., Zisserman A. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition //arXiv preprint arXiv:1409.1556. – 2014.
9. Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L.J., Li, K., Fei-Fei, L. ImageNet: A Large-Scale Hierarchical Image Database. // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2009, с. 248-255.
10. Ulyanov, D., Lebedev, V., Vedaldi, A., & Lempitsky, V. Texture Networks: Feed-forward Synthesis of Textures and Stylized Images //ICML. – 2016. – Т. 1. – №. 2. – С. 4.
11. Johnson J., Alahi A., Fei-Fei L. Perceptual losses for real-time style transfer and super-resolution //European conference on computer vision. – Springer, Cham, 2016. – С. 694-711.
12. Ulyanov D., Vedaldi A., Lempitsky V. Instance normalization: The missing ingredient for fast stylization // arXiv preprint arXiv:1607.08022. – 2016.
13. Ulyanov D., Vedaldi A., Lempitsky V. Improved texture networks: Maximizing quality and diversity in feed-forward stylization and texture synthesis //Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2017. – С. 6924-6932.
14. Huang X., Belongie S. Arbitrary style transfer in real-time with adaptive instance normalization //Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision. – 2017. – С. 1501-1510.
15. Li Y., Fang C., Yang J., Wang Z., Lu X., Yang M. Universal style transfer via feature transforms //Advances in neural information processing systems. – 2017. – С. 386-396.
16. Dumoulin V., Shlens J., Kudlur M. A learned representation for artistic style //Proc. of ICLR. – 2017. – Т. 2.
17. Ghiasi G., Lee H., Kudlur M., Dumoulin V., Shlens J. Exploring the structure of a real-time, arbitrary neural artistic stylization network //arXiv preprint arXiv:1705.06830. – 2017.
18. Goodfellow I. et al. Generative adversarial nets //Advances in neural information processing systems. – 2014. – С. 2672-2680.
19. Zhu J. Y., Park T., Isola P., Efros A. Unpaired image-to-image translation using cycle-consistent adversarial networks //Proceedings of the IEEE international conference on computer vision. – 2017. – С. 2223-2232.
20. Cao K., Liao J., Yuan L. CariGANs: unpaired photo-to-caricature translation //arXiv preprint arXiv:1811.00222. – 2018.
21. Gatys, L.A., Ecker, A.S., Bethge, M., Hertzmann, A., Shechtman, E. Controlling perceptual factors in neural style transfer // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2017. с. 3985–3993.
22. Босенко Т.М. Моделирование неравновесных процессов теплопроводности при тепловых воздействиях на поверхность многослойных материалов // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. 2018. № 4 (25). С. 104-109.
23. Dianov D.V., Suglobov A.E., Kuznetsova E.I., Rusavskaya A.V., Minakov A.V. Statistical toolkit for assessing the financial security of regions // International Journal of Engineering and Technology(UAE). 2018. Т. 7. № 3.15. С. 230-232.

Статья поступила в редакцию 21.01.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 004.272.43

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВВОДА-ВЫВОДА РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

© 2020

Мартышкин Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, e-mail: alexey314@yandex.ru)
Перекусихина Альбина Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Математика и математическое моделирование»
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
(440028, Россия, Пенза, ул. Германа Титова, д. 28)

Аннотация. Предлагаемая статья посвящена исследованию систем ввода-вывода с их последующей реализацией в вычислительных системах на базе ПЛИС типа *FPGA*, относящихся к классу скоростных реконфигурируемых вычислительных систем (РВС). Объектом исследования является подсистема ввода-вывода вычислительной платформы (РВС) *NITTA*. Предмет исследования настоящей статьи – собственно, подход в проектировании встраиваемых вычислительных систем на основе РВС реального времени с применением высокоуровневого синтеза *HLS*. Рассмотрены вопросы проектирования специализированных высокопроизводительных вычислителей, а именно, подходы их проектирования. Кроме того, рассмотрены вопросы применения протоколов *SPI* и *I2C* для исследования механизмов ввода-вывода РВС реального времени. Научная новизна работы заключается в методике проектирования, предложенных средствах и методах функциональной верификации. Полученные результаты позволяют протестировать функционал разрабатываемой системы с меньшими издержками при разработке. Платформа *NITTA* применяется для ускорения выполнения вычислительных задач, где основной целью является быстрое получение результатов решения задачи. Полученные в данном исследовании результаты могут быть применены в системах с недетерминированной окружающей средой, для взаимодействия с объектами управления.

Ключевые слова: реконфигурируемая вычислительная система, высокопроизводительные вычисления, ПЛИС, распараллеливание, ускорение вычислительного процесса, система реального времени, испытательный стенд.

IMPLEMENTATION OF I / O FUNCTIONS OF A REAL-TIME RECONFIGURABLE COMPUTER SYSTEM

© 2020

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)
Perekushikhina Albina Nikolaevna, candidate of technical sciences, associate Professor of sub-department «Mathematics and Mathematical Modeling»
Penza State University of Architecture and Construction
(440028, Russia, Penza, German Titov Street, 28)

Abstract. The proposed article is devoted to the study of input-output systems with their subsequent implementation in computer systems based on FPGA-type PLDs that belong to the class of high-speed reconfigurable computer systems (RCS). The object of the study is the I / o subsystem of the NITTA computing platform (RCS). The subject of this article is actually an approach to designing embedded computing systems based on real-time RCS using high-level HLS synthesis. The issues of designing specialized high-performance computers, namely, their design approaches, are considered. In addition, the issues of using the SPI and I2C protocols to study the real-time I / o mechanisms of RCS are considered. The scientific novelty of the work lies in the design methodology, the proposed tools and methods of functional verification. The results obtained allow us to test the functionality of the developed system with lower development costs. The NITTA platform is used to speed up the execution of computational tasks, where the main goal is to quickly obtain the results of solving the problem. The results obtained in this study can be applied in systems with a non-deterministic environment, for interaction with control objects.

Keywords: reconfigurable computing system, high-performance computing, FPGA, parallelization, acceleration of the computing process, real-time system, test bench

Введение. Сегодня наблюдается рост потребности во встраиваемых вычислительных системах (ВВС), удовлетворяющих требованиям работы в режиме реального времени. Это ставит перед разработчиками задачи по совершенствованию методов и подходов к проектированию ВВС [1]. Основное вычислительное

устройство в системе – процессор общего назначения позволяет решать большую часть типовых вычислительных задач, однако он не всегда эффективен в реализации прикладных алгоритмов с требуемой производительностью. Поэтому для решения подобных прикладных задач часто применяют программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) типа *FPGA (Field-Programmable Gate Array)* с применением реконфигурируемых вычислительных систем и платформ (РВС) [2], а также системы на кристалле (СнК).

Целью работы является разработка подсистемы ввода-вывода для РВС реального времени *NITTA*. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи: 1) исследование направлений применение РВС *NITTA* и определение критериев выбора интерфейсов передачи данных; 2) разработка вычислительных блоков на основе последовательных выбранных интерфейсов. Объектом исследования является подсистема ввода-вывода РВС *NITTA*, а предметом – методика проектирования ВВС на основе РВС реального времени с применением высокоуровневого синтеза *HLS*.

Обзор литературы. Конфигурирование ПЛИС с использованием инструментальных средств и их применение представляют собой отдельный этап в проектировании РВС [3], подразумевающий заданную реализацию прикладного алгоритма под задачу с определенными требованиями к системе. В отличие от традиционной методики проектирования данный подход дает возможность реализации архитектуры вычислительной платформы с учетом технических требований к платформе, диктуемых конкретной задачей. Средства разработки специализированных вычислителей представляют собой как универсальные программные продукты, представленные на рынке, так и прикладные программы, ориентированные на проектирование РВС. Система автоматизированного проектирования (САПР) осуществляет все этапы разработки вычислительной платформы на базе ПЛИС, включая процесс синтеза, имплементации, моделирования и генерации прошивочного файла. Одной из таких систем является САПР *Quartus*, которая поддерживает два направления разработки РВС:

1) описание организации вычислительного процесса, которое включает генерацию потока конфигурации, в соответствии с алгоритмом описанным на языке высокого уровня и заданной микроархитектуры вычислительной платформы в эквивалентные модули на языке описания аппаратуры *(RTL, Register-Transfer Level)* [4].

2) описание анализа и синтеза сгенерированной микроархитектуры вычислителя и генерация потока конфигурации для ПЛИС. Ядром вычислительной платформы может служить ПЛИС фирмы *Altera* семейства *Cyclone IV*, а самой платформой – плата *De-Nano* и отладочная плата с *PCI Express.*

В настоящее время для решения специализированных задач применяются вычислительные системы на основе процессора общего назначения. Подобные системы имеют ограниченные возможности при решении узконаправленных задач из-за последовательного выполнения операций и наличия ограниченного набора команд (архитектуры *ARM, MIPS, RISC-V*). Это накладывает ограничения на межпроцессорное взаимодействие и скорость обмена данными между потоками и процессами.

Основная причина низкой скорости выполнения алгоритма – несоответствие архитектуры вычислительного устройства информационной структуре решаемых задач. Применение РВС позволяет оперативно перестраивать архитектуру процессора под решаемую задачу [5,6]. *PIL* тестирование подразумевает замену объекта управления в системе РВС [7]. Взаимодействие с объектом управления происходит с использованием портов ввода-вывода. *HIL* тестирование подразумевает замену системы управления реконфигурируемой вычислительной платформой. Реализация прикладного алгоритма управления на реконфигурируемой платформе реального времени позволяет подключиться к существующему объекту управления через интерфейсы передачи данных *SPI* и *I2C*. После анализа результатов прототипирования выполняется верификация работы алгоритма на реальном оборудовании, и уточняются требования к целевой платформе для его реализации.

В качестве примера рассмотрим систему автоматического регулирования температуры чашки с помощью пропорционально-интегрально-дифференцирующего (ПИД) регулятора, представленную на рисунке 1. ПИД-регулятор определяет рассогласование между заданным значением температуры и реальной температурой и по полученной разности выполняет одно из двух действий: если разность имеет отрицательное значение, то нагревательный элемент выключается, при положительном значении – включается нагревательный элемент.

При *HIL* тестировании на реконфигурируемой вычислительной платформе реализуется алгоритм работы объекта управления. На подсистемы ввода–вывода заводятся входы и выходы реализуемой схемы. В рамках текущей задачи, за ввод вывод отвечают интерфейс *SPI* или *I2C*, выполняющие роль входа и снимающий показания с датчика температуры, а выходом служит ШИМ сигнал. Поскольку модель работает в режиме жесткого реального времени, все её входы и выходы работают адекватно входам и выходам реального объекта. Это позволяет обеспечить взаимодействие вычислительной платформы с объектом управления и выполнить верификацию работы в условиях среды, максимально близких к рабочим.

PIL тестирование (рис. 2) позволяет реализовать алгоритм управления на реконфигурируемой вычислительной платформе реального времени для подключения к тестируемому объекту управления. Управление объектом при этом идёт через те же интерфейсы, что будут использоваться при подключении рабочей системы.

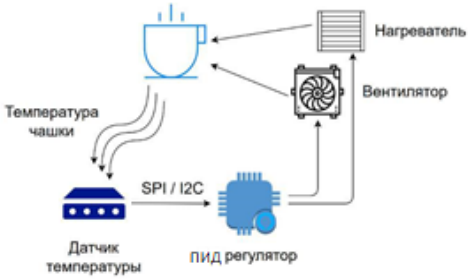


Рисунок 1 – Стабилизация температуры чашки ПИД регулятором

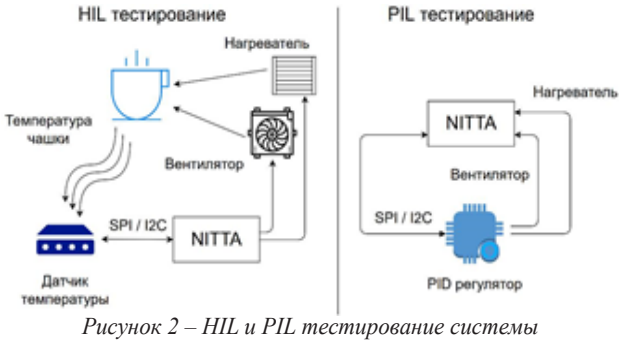


Рисунок 2 – HIL и PIL тестирование системы термостабилизации чашки

PIL тестирование применимо тогда, когда объект управления доступен для экспериментов, и при этом алгоритмы управления требуют тонкой настройки. Моделирование динамических процессов требуют затрат по времени исполнения и энергопотреблении. Использования реконфигурируемой вычислительной платформы позволяет ускорить процесс системно-динамического моделирования за счёт использования специализированных вычислителей, что в свою очередь накладывает ограничения на пропускную способность интерфейсов передачи данных *SPI* и *I2C*, ограничивающие целостность передачи данных от вычислителя к управляющему устройству. Реализуется поддержка *PCI Express*, обеспечивающая требуемую пропускную способность для моделирования. *HIL* тестирование на реконфигурируемой вычислительной платформе позволяет избежать экспериментов на реальном оборудовании.

На практике используются четыре подхода к проектированию специализированных вычислителей [8, 9]:

1) промышленные *HDL* дизайны;
2) расширенные *HDL* дизайны;
3) языки высокого уровня;
4) проблемно-ориентированные языки.

В контексте РВС *NITTA* используется методика проектировании расширенного *HDL* дизайна, которая позволяет абстрагироваться от описания аппаратуры на уровне регистровых передач, позволяет внедрять пользовательский функционал, реализовывать специализированную модель вычислений. По сравнению с другими подходами к проектированию, данный подход не накладывает ограничений на использование и применение пользовательских моделей исполнения. Основой вычислительного процесса *NITTA* является обмен данными между вычислительными блоками под управление микрокоманд.

Применение ПЛИС позволяет в короткие сроки реализовать сложные вычислительные процессы за счет изменения конфигурации прикладного алгоритма [10-13]. РВС используются для решения задач компьютерного зрения, цифровой обработки сигналов, коммуникации с другими устройствами и верификации. Структурно ПЛИС обладает двумя важными достоинствами: возможностями параллельного выполнения операций и оперативной реконфигурируемости. Это вкупе с увеличением тактовой частоты позволяет повысить производительность выполнения прикладного алгоритма [14, 15].

В основе РВС *NITTA* лежит принцип модельно-ориентированной инженерии. Один из центральных вычислительных блоков выполняет управление всем вычислительным процессом. Он представляет собой блок содержащий указатель на команду и буфер с микрокомандами. Особенности РВС *NIITA* состоят в простой и понятной модели вычислений, взаимодействии вычислительных блоков по общей шине, изменяющемся под действием микрокоманд от управляющего блока. РВС *NITTA* использует трансляцию модулей программы, написанных на языке высокого уровня *Lua*, в уровень регистровых передач через свой компилятор, написанный на функциональном языке программирования *Haskell*.

Материалы, методы и ход исследования. SPI является стандартом, обеспечивающим коммуникацию между двумя и более устройствами. Вычислительный блок *SPI* обеспечивает взаимодействие РВС *NITTA* с недетерминированным рабочим окружением [5]. Был реализован конечный автомат, принимающий 3 активных состояния: состояние инициализации и старта приема-передачи данных; состояние, обеспечивающее передачу бита данных на линию *MISO*; состояние приема данных с линии *MOSI*. Ведомый драйвер *SPI* содержит счетчик переданных битов байтного слова данных. Драйвер представляет собой параметризированный модуль, поддерживающий задание разрядности машинного слова и приема-передачи любого количества машинных слов. Ведущий драйвер *SPI* содержит экземпляр модуля ведомого драйвера *SPI*, управляемого дополнительным конечным автоматом. Конечный автомат ведущего драйвера может находиться в 4 основных состояниях, реализующих передачу данных в режиме *CPOL* = 0 и *CPHA* = 1 и представленных на рисунке 3. Это:

1. состояние инициализации и старта приема-передачи данных;
2. состояние формирования переднего фронта *SCLK*;
3. состояние формирования спадающего фронта *SCLK*;
4. состояние завершения приема-передачи данных.

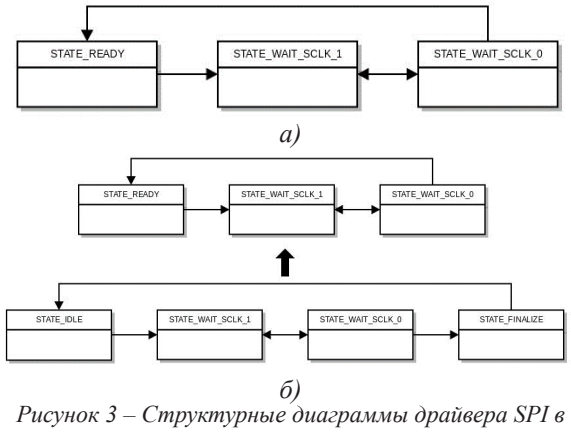


Рисунок 3 – Структурные диаграммы драйвера SPI в режиме ведомого (а) и в режиме ведущего (б)

Внутренняя обработка полученных данных по интерфейсу *SPI* осуществляется РВС *NITTA*, которая имеет интерфейс для получения данных заданной разрядности машинного слова и выгрузки результата обратно в подсистему ввода-вывода. Для этого необходимо учесть следующие требования к подсистеме ввода-вывода *SPI* со стороны РВС *NITTA*: выгрузка результатов по управляющему сигналу *signal_wr*; получение данных от системы ввода-вывода в соответствии с работой прикладного алгоритма по сигналу *signal_oe*. РВС *NITTA* работает в режиме реального времени, выполнение прикладного алгоритма осуществляется циклически. Одна итерация выполнения прикладного алгоритма считается одним вычислительным циклом, и, как следствие, обмен данными с подсистемой ввода-вывода осуществляется циклически [16, 17].

Разработка испытательного стенда для *SPI*. Одним из этапов разработки подсистемы ввода-вывода для РВС *NITTA* является создание испытательного стенда для его отладки и тестирования. Полученные на стенде результаты сравниваются с эталонными значениями для данного прикладного алгоритма, реализованного на РВС *NITTA*. На основе сравнения делается заключение о корректности выполнения тестируемого прикладного алгоритма.

Испытательный стенд состоит из трех блоков:

1) отладочная плата *Raspberry Pi 3*. Имеет несколько режимов работы в зависимости от РВС NITTA. В режиме ведущего устройства передает данные для РВС NITTA, в режиме ведомого получает данные в соответствии с прикладным алгоритмом;

2) отладочная плата на базе *FPGA Altera Cyclone DE0-Nano.* Реализует прикладной алгоритм на базе РВС *NITTA*;

3) логический анализатор *CY7C68013A*-56. Обеспечивает получение временных диаграмм сигналов передачи данных по интерфейсу *SPI*. Общий вид испытательного стенда представлен на рисунке 4.

Верификация и тестирование вычислительного блока *SPI*. Верификация разработанных цифровых блоков заключается в исполнении тестов функциональной симуляции с параллельным исполнением на физическом стенде и последующем анализе результатов [18, 19]. Для верификации необходимо определиться с ожидаемым поведением реализованного цифрового блока *SPI*, взаимодействием вычислительного цикла *NITTA* и внешнего управляющего контроллера. Далее требуется создать тестовое окружение для верификации вычислительного блока *SPI*.

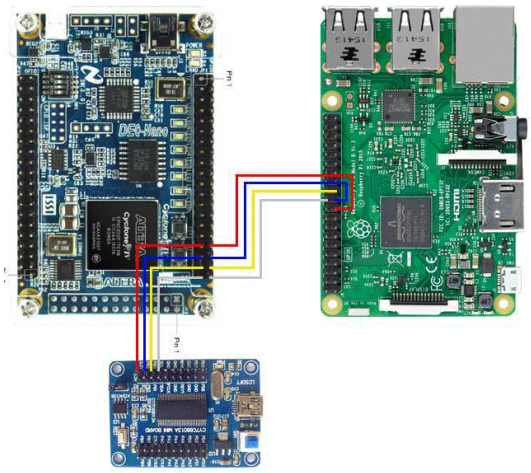


Рисунок 4 – Испытательный стенд для тестирования SPI

Первоначальная верификация заключается в создании функциональной модели для проверки функционирования на этапе проектирования цифрового блока *SPI*. Функциональная модель образуется путем создания модуля на языке *Verilog* – тестируемого модуля, содержащего экземпляр модуля вычислительного блока *SPI*. Тестируемый модуль содержит ряд несинтезируемых инструкций *Verilog*, игнорируемых компилятором, которые позволяют выводить отладочную информацию о текущем состоянии системы и определять временные вехи тестируемой системы, в которых полученное значение сравнивается эталонным для верификации промежуточных состояний системы. Функциональная модель имеет свои преимущества и недостатки, из-за отличия правил компиляции проектируемых схем результаты функционального и физического моделирования не всегда совпадают. Функциональное моделирование позволяет верифицировать логику работы проектируемой схемы, но не позволяет определить задержки распространения электрических сигналов по межсоединениям ПЛИС, что необходимо для обеспечения требуемых характеристик работы устройства.

Для верификации РВС *NITTA* в режиме реального времени, использовалась информация о сгенерированной прошивке для ПЛИС средствами *Quartus* и проводилось тестирование на испытательном стенде. В качестве тестового прикладного алгоритма использовалась программа генерирования числовой последовательности Фибоначчи и суммирования входных данных.

Тестовая система состоит из управляющего контроллера *Raspberry Pi 3 DE0-Nano*, алгоритм работы которого представляет собой реализацию на *ROS* с

использованием языка высокого уровня *Python*, обеспечивающего чтение и запись машинного слова, устанавливаемого РВС *NITTA*. Действия контроллера *Raspberry Pi 3* зависят от режима работы *SPI РВС NITTA.*

Разработка встраиваемых систем предполагает выявление общих структурных решений на основе однокристального вычислительного устройства, например, микроконтроллера (МК) или ПЛИС, и построение внешней периферии для обработки данных и их хранения. Любая встраиваемая система содержит специфичные узлы, необходимые только в данной системе. Ввиду уникальности таких узлов на ранних стадиях развития компьютерных систем не всегда удавалось обеспечить взаимодействие устройств между собой, что потребовало создания и внедрения отдельных стандартов передачи данных между устройствами. Одним из таких интерфейсов стал *Inter-Integrated Circuit (I2C)*, разработанный компанией *Philips* в 80-х годах прошлого столетия.

По сравнению с интерфейсом *SPI, I2C* имеет только две линии передачи данных независимо от количества подключаемых к шине устройств, но это также влечет за собой ошибки и проблемы в работе устройств. Это происходит по двум причинам. Во-первых, для передачи данных по шине *I2C* требуются «подтягивающие» к шине питания резисторы, которые должны подключаться только у одного устройства, если же при подключении к шине нескольких устройств таких параллельно соединенных резисторов окажется множество, то окажется превышенной нагрузочная способность передатчиков, и передача данных по шине будет невозможной. Вторая причина связана с ограничением емкости нагрузки на шине, каждое устройство добавляет свою емкость, и если суммарная емкость превысит установленное значение, то передача данных по шине также нарушится.

Вычислительный блок *I2C* применяется для *HIL* и *PIL* тестирования, для этого требуется обеспечить взаимодействие РВС *NITTA* с внешними датчиками, такими как *BMP280*. Перед разработкой стоит определиться с требованиями, предъявляемыми к интерфейсу *I2C*. Проектируемый вычислительный блок входит в состав РВС NITTA и недетерминированной окружающей среды, когда внешние подключаемые по *I2C* устройства в соответствии со своей спецификацией требуют своих алгоритма работы и последовательности действий для получения данных с внешнего устройства. Для этого требуется реализовать два отдельных модуля для ведущего и ведомого устройства *I2C* с возможность чтения и записи произвольного числа байтов в машинном слове. Это требование связано тем, что ряд устройств требуют предварительной инициализации и настройки для корректной работы, а длина машинного слова не превышает двух байтов, в то время как данные передаются размером в 4 байта. Последним требованием является внедрение и поддержание модели *I2C* в САПР *Quartus*, где требуемый размер передаваемых данных будет регламентироваться прикладным алгоритмом.

Для получения данных из внутренней логики ПЛИС драйвером формируется *i2c_write* для передачи данных от ПЛИС к ведущему устройству, данные, полученные от ведущего устройства, формируют сигнал *i2c_read* для передачи данных во внутреннюю логику ПЛИС. Внутренняя обработка осу-ществляется РВС *NITTA* в порядке выполнения реа-лизованного прикладного алгоритма. Обработка и взаимодействие вычислительной платформы *NITTA* осуществляется аналогично подсистеме *SPI*. Это позволило унифицировать процесс взаимодействия разработанных подсистем ввода-вывода с РВС *NITTA*, не усложняя и не внося уникальных для данных подсистемы ввода-вывода механизмов обработки данных.

Разработка испытательного стенда для *I2C*. Для тестирования и верификации *HIL* и *PIL* требуется создать тестовое окружение, включающее все необходимые модули для создания испытательного стенда. Испытательный стенд состоит из следующих блоков (рис. 5):

1) отладочная плата *Raspberry Pi 3*;
2) отладочная плата на базе F*PGA Altera Cyclone DE0-Nano*;
3) логический анализатор *CY7C68013A-56*;
4) датчик температуры *BMP280*;
5) нагревательный элемент;
6) модуль реле.
7) источник питания на 12В и 220В.

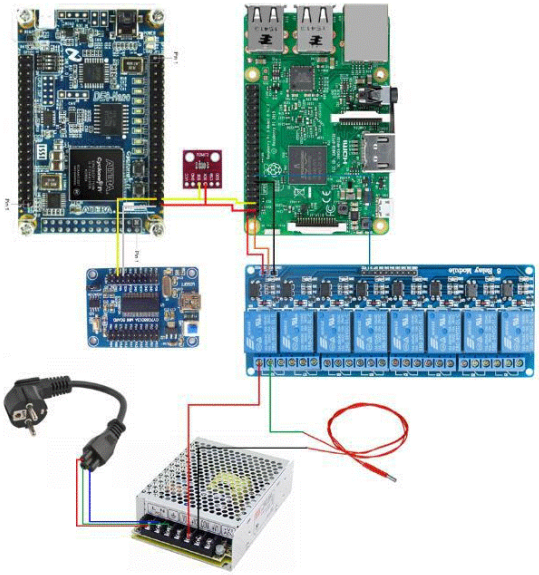


Рисунок 5 – Испытательный стенд для тестирования I2C

Для упрощения тестирования в качестве управляющего контроллера выбрана отладочная плата *Raspberry Pi 3*, подключаемая к датчику температуры *BMP280* по интерфейсу *I2C*. Это сделано для того, чтобы основной прикладной алгоритм, выполняемый на РВС *NITTA*, реализовывал исключительно функцио-

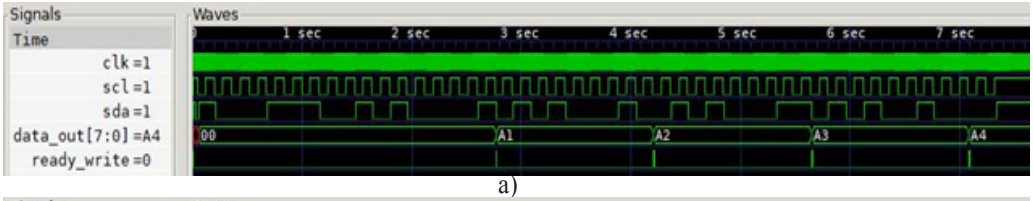
нал ПИД регулятора, и не выполнял функции настройки датчика *BPM280*. *Raspberry Pi* получает от датчика *BMP280* информацию о текущей температуре чашки, с которой датчик соединен. Полученные данные передаются РВС *NITTA*, управляющей реле, к которому подключен нагреватель. Задача прикладного алгоритма ПИД регулятора состоит в стабилизации температуры на заданном значении. Из-за флуктуаций параметров окружающей среды, тепловых транспортных задержек при медленном остывании объекта регулирования, процесс стабилизации температуры имеет выраженный колебательный характер и занимает продолжительное время.

Верификация и тестирование вычислительно блока *I2C*. Верификация вычислительного блока *I2C* состоит их 3-х этапов. Первый этап заключается в соблюдении требований на разработку вычислительного блока и проведении функционального моделирования в среде. На втором этапе проводится верификация работы вычислительного блока в составе РВС *NITTA* в ведомом и ведущем режимах и проведении функционального моделирования в среде *GTKWave*. Третий этап состоит в верификации работы вычислительного блока в составе прикладного алгоритма для задачи *HIL* и *PIL* тестирования с натурным тестированием. Первые два этапа включают создание тестового окружения с использованием функциональной модели для верификации и валидации поведенческой модели вычислительного блока *I2C*. Для этого на языке *Verilog* разработаны тестовые модули, включающие проверку работы вычислительного блока *I2C* в двух режимах работы – ведущем и ведомом.

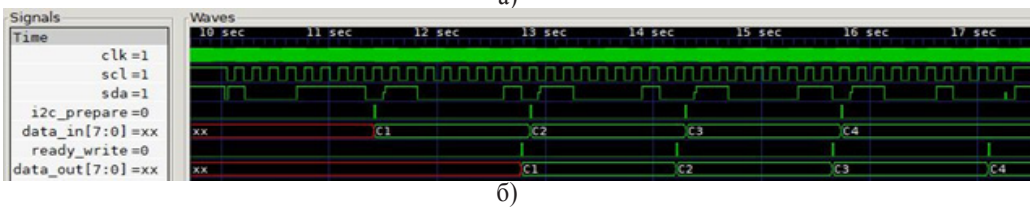
На рисунке 6 показаны временные диаграммы сигналов вычислительного блока *I2C* в режиме ведомого устройства, в котором осуществляется запись и чтение машинного слова длиной в 8 байт.

Для верификации интерфейсного блока *I2C* в составе прикладного алгоритма *HIL* и *PIL* тестирования, тестовое окружение содержало модуль вычислительного блока *I2C* в режиме ведомого с интеграцией РВС реального времени *NITTA*, реализующего прикладной алгоритм ПИД регулятора [20]. На этапе верификации двух этапов использовались функциональное моделирование, что позволяло получить и проанализировать временные диаграммы работы. По результатам функционального тестирования была выявлена корректность передаваемых данных и успешное выполнение операций, результаты тестирования сравнивались с эталонными значениями. После функционального моделирования проводилось натурное тестирование на испытательном стенде, суть которого заключается в стабилизации температуры на уровне 22°С, для этих целей использовался датчик *BMP280* и нагревательный элемент мощностью 40Вт. Управляющий контроллер *Raspberry* выполнял инициализацию датчика температуры, управление внешним оборудованием, передачу данных о температуре от датчика РВС *NITTA* по интерфейсу *I2C*.

В ходе каждой итерации на РВС *NITTA* по интерфейсу *I2C* осуществлялась двукратная запись значения температуры и один раз – ее чтение. Пример одной итерации представлен на рисунке 7.



а)



б)

Рисунок 6 – Прием (а) и передача (б) машинного слова длиной в 8 байт через I2C в режиме ведомого

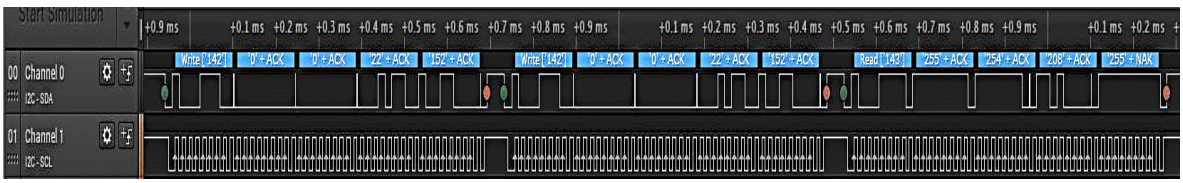


Рисунок 7 – Прием-передача по I2C между Raspberri и NITTA

Рисунок 7 иллюстрирует механизмы ввода-вывода *NITTA* – на первом этапе осуществляется передача данных, на втором этапе ПИД регулятором выполняются вычисления, которые занимают порядка 50 тактов, третий этап – выгрузка результатов из РВС *NITTA*. За счет прямого контакта нагревательного элемента и датчика удалось стабилизировать температуру с наименьшими транспортными задержками между средами, что позволило верифицировать и протестировать прикладной алгоритм ПИД регулятора,

получающего и передающего данные по *I2C* с наименьшими временными затратами.

Заключение. Настоящая статья посвящена исследованию и разработке механизмов ввода-вывода для РВС реального времени *NITTA*, обеспечивающего взаимодействие прикладного алгоритма с недетерминированной операционной средой. В ходе проведенного исследования решены следующие задачи:

1) исследованы существующие интерфейсы передачи данных и определены критерии выбора интерфейса для реализации взаимодействия РВС *NITTA* с внешними устройствами.

2) с целью практического подтверждения эффективности применения вычислительной платформы *NITTA* для *HIL* и *PIL* тестирования на основе выбранных критериев реализованы драйверы интерфейсов передачи данных *SPI* и *I2C*.

3) реализованы механизмы ввода–вывода, обеспечивающие корректную интеграцию разработанных драйверов с РВС *NITTA*.

4) исследованы возможности применения разработанных вычислительных блоков в части *HIL* и *PIL* тестирования, рассмотрены их ограничения. В частности, предложенное решение требует изменения прикладного алгоритма, выполняемого на *NITTA*, для обеспечения передачи данных машинными словами различной размерности в зависимости от типа и назначения передаваемых и принимаемых данных. преодолению ограничений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мартышкин А.И., Мартенс-Атюшев Д.С. Обзор современных отечественных реконфигурируемых вычислительных систем // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: Сборник статей XV Всероссийской научно-технической конференции. – 2017. – С. 65-69.

2. Hartenstein R. SE Curricula are Unqualified to Cope with the Data Avalanche. [Электронный ресурс]. 2017. 23 p. Режим доступа: hartenstein.de/publications/CS.pdf свободный. Яз. англ. (дата обращения: 30.01.2020)

3. Коновальчик А. Применение специализированных вычислителей на основе ПЛИС для решения задач информационной безопасности / А. Коновальчик, К. Яковлев // Современные технологии автоматизации. – 2013. – № 4. – С. 76-79.

4. Мартышкин А.И. Натурный эксперимент по исследованию образца реконфигурируемой вычислительной системы для цифровой обработки сигнала на базе ПЛИС // Современные технологии в науке и образовании - СТНО-2018: Сборник трудов международного научно-технического форума: в 11 томах. Под общ. ред. О.В. Миловзорова. – 2018. – С. 36-39.

5. Левин И.И., Дордопуло А.И., Доронченко Ю.И., Раскладкин М.К. Реконфигурируемая вычислительная система на основе ПЛИС Virtex UltraScale с жидкостным охлаждением // Параллельные вычислительные технологии (ПАВТ'2016): Сборник трудов Международной научной конференции, 2016. – С. 221-230.

6. Н. Дмитренко, И.А. Каляев, И.И. Левин, Е.А. Семерников, Реконфигурируемые вычислительные системы для решения вычислительно трудоемких задач // Научный сервис в сети Интернет: решение больших задач: Сборник статей X Всероссийской суперкомпьютерной конференции. – 2008. – С. 265-270.

7. Мартышкин А.И., Мартенс-Атюшев Д.С. Исследование узлов реконфигурируемой вычислительной системы аппаратными средствами // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: Сборник статей XVI Всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией И.И. Сальникова. – 2018. – С. 91-95.

8. Антонов, А. А. Проектирование микроархитектуры вычислителей на базе проблемно-ориентированных языков // Известия вузов. Приборостроение. – 2017. – Т. 60. – № 10. – С. 980-985

9. Cyclone FPGA Family Data Sheet [Электронный ресурс]. 2003. 97 p. Режим доступа: https://www.intel.com/content/dam/www/programmable/us/en/pdfs/literature/ds/ds_cyc.pdf свободный. Яз. англ. (дата обращения: 30.01.2020)

10. Харрис Д.М., Харрис С.Л. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера. Издательство Morgan Kaufman, 2018 – 792 с.

11. Woods R., McAllister J., Lightbody G., Yi Y. FPGA-based Implementation of Signal Processing Systems. John Wiley, 2008. — 388 p.

12. Ha S. Decidable dataflow models for signal processing: Synchronous dataflow and its extensions / S. Ha, H. Oh // Handbook of Signal Processing Systems. — Springer, 2013. – P. 1083–1109.

13. Нестеренко Н.В., Ересько В.В., Яковлев Ю.С. Применение ПЛИС для построения вычислительных систем и их компонентов // Математические машины и системы. – 2016. – №1. – С. 3-15.

14. ПЛИС-платформа в критических приложениях: гарантоспособные масштабируемые решения для информационных и управляющих систем АЭС / Е.С.Бахмач, А.А.Сиора, В.В.Скляр[и др.]//Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2008. – №6. – С.12–19.

15. Лапшин М.В., Русаков Р.Р., Выбор оптимальной платформы для реализации спецвы-числителя // Вопросы радиоэлектроники. – 2013. – Т.4. – №2. –С.85-92.

16. Петров, Е.Ю. Специализированные процессоры потоковой обработки / Е.Ю. Петров, А.С. Андреев // Вопросы радиоэлектроники, серия ЭВТ – 2015. – вып. 2. – С. 87 – 95.

17. Каляев А.В., Левин И.И. Модульно-наращиваемые многопроцессорные системы со структурно-процедурной организацией вычислений. – М.: Янус-К, 2003. – 380 с.

18. Коновальчик А. Высокопроизводительные вычислительные системы с реконфигурируемой архитектурой, построенной на ПЛИС // Современные технологии автоматизации. – 2013. – № 3. – С. 70-72.

19. Hamzah R. A., Ibrahim H. Literature Survey on Stereo Vision Disparity Map Algorithms. Penang – Melaka: Hindawi Publishing, 2015. Volume 2016. Article ID 8742920, 23 pageshttp://dx.doi.org/10.1155/2016/8742920

20. Мартенс-Атюшев Д.С., Мартышкин А.И. Реконфигурируемый вычислительный кластер для цифровой обработки сигнала // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: Сборник статей XIII Всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией И.И. Сальникова. – 2015. – С. 112-117.

Статья публикуется при поддержке стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам на 2018-2020 гг. (СП-68.2018.5).

Статья поступила в редакцию 02.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 681.3.06

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СОЗДАНИЯ МОДЕЛЕЙ АНАЛИЗИРУЕМЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СТРУКТУР

©2020

Баранчиков Алексей Иванович, доктор технических наук,
профессор кафедры «Электронные вычислительные машины»
Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина
(390005, Россия, Рязань, улица Гагарина, 59/1, e-mail: alexib@inbox.ru)
Нгуен Нгок Зыонг, аспирант кафедры «Электронные вычислительные машины»
Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина
(390005, Россия, Рязань, улица Гагарина, 59/1, e-mail: nguyenngocduong1991@gmail.com)

Аннотация. При проектировании схем новых реляционных баз данных, основанных на уже существовавших на момент исследования баз данных, необходимо провести анализ их схем и информации. С помощью этого анализа можно получить все семантические зависимости и дополнительные ограничения на предметную область в виде ранжируемости атрибутов схемы базы данных. Требуется создать модель анализируемой информационной структуры для отображения семантики предметной области, которая позволит решить важнейшие задачи − ускорение этапа анализ предметной области и верификацию результатов проектирования схем баз данных. Это обусловливает необходимость проектирования тестовых баз данных. Тестовые базы данных создаются с помощью классического алгоритма синтеза с учетом ряда специально выявленных критериев, которые определяют класс предметной области, зависящий от сложности семантической организации предметной области, количества присущих ей атрибутов, учитывающих распределенность данных и их уровень. В этой статье предложен алгоритм для создания тестовой базы данных, позволяющий моделировать базы данных, на которых могут проверяться алгоритмы исследования структур баз данных.

Ключевые слова: алгоритм, разработка, проектирование, информационная структура, база данных, предметная область, функциональная зависимость, составная функциональная зависимость, атрибут, тестовая база данных, минимизация, редуцирование, множество, проверка.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CREATING MODELS OF ANALYZED INFORMATION STRUCTURES

©2020

Baranchikov Alexey Ivanovich, doctor of technical sciences,
professor of the Department “Electronic computers”
Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin
(390005, Russia, Ryazan, street Gagarina, 59/1, e-mail: alexib@inbox.ru)
Nguen Ngoc Zuong, post-graduate student of the Department “Electronic computers”
Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin
(390005, Russia, Ryazan, street Gagarina, 59/1, e-mail: nguyenngocduong1991@gmail.com)

Abstract. When designing new relational databases schemes based on existing databases, it is necessary to analyze all their schemes and data. This allows you to obtain all the semantic dependencies of the data and additional restrictions on the subject area in the form of ranking attributes of database schema. It is required to create a model of the analyzed information structures to display the semantics of the subject area, which will solve the most important tasks: speeding up the analysis of the subject area and verifying the results of database schema design. All this has led to the need to design test databases. This test databases are created using the classical synthesis algorithm with a series of specially identified criteria that determine the class of the subject area, depending on the complexity of the semantic organization of the subject area, the number of attributes inherent in it, taking into account the distribution of data and their level. This article proposes an algorithm for creating a test database that allows you to model databases that can be used to test algorithms for investigating database structures.

Keywords: algorithm, development, design, information structure, database, subject area, functional dependency, composite functional dependency, attribute, test database, minimization, reduction, set, verification.

Введение. При проведении экспериментального исследования алгоритма анализа информационных инфраструктур требуется инструментарий, который позволит получить все семантические зависимости данных и дополнительные ограничения на предметную область в виде ранжирования атрибутов схемы базы данных (БД). Особенно это характерно для исследования алгоритмов, целью которых является проверка корректности проектирования схем реляционных баз данных (РБД) [1, 2].

Целью данной работы является разработка алгоритма для создания тестовой БД, которая по заданным параметрам должен формировать пары заполненных данными баз данных, которые должны обладать следующими свойствами.

1. Они должны относиться к одной предметной

области (ПО) и соответственно обладать одним общим множеством атрибутов $\boldsymbol{U}$, которое будет служить для формирования схем баз данных.

2. Базы данных должны иметь схемы отношений R и S, которые находятся в третьей нормальной форме (3НФ) и имеют все ограничения ПО, не связанные с целостностью данных, причем $R_i = \{X_1, X_2, \ldots, X_p\}$, $R_j = \{X_1, X_2, \ldots, X_q\}$.

3. Должно соблюдаться условие $\boldsymbol{U} = R_i \cup R_j = X_1 \cup X_2 \cup \ldots \cup X_p \cup X_1 \cup X_2 \cup \ldots \cup X_q$. Данное условие говорит о том, что эти схемы баз данных должны включать те и только те атрибуты, которые изначально присутствуют в множестве атрибутов $\boldsymbol{U}$.

4. Множество функциональной зависимости (ФЗ) F над $\boldsymbol{U}$ должно быть минимальным и редуцированным.

5. Должно задаваться неизбыточное множество ФЗ F, представленных в виде кольцевого множества составных функциональных зависимостей (СФЗ) вида $(X_1, X_2, \ldots X_k) \rightarrow Y$, где каждая СФЗ представляет отдельный класс эквивалентности $E_F(X)$, а множество СФЗ - множество классов эквивалентности $\bar{E}_F$, а количество классов эквивалентности $|\bar{E}_F|$ соответствует количеству схем $|\boldsymbol{R}|$ корректно спроектированной схемы базы данных [3].

Теоретическая часть. Как известно, проектирование схем РБД по классическому методу основано на следующих этапах:

− анализ особенностей ПО для определения связи между данными и семантических зависимостей;

− создание модели ПО;

− синтез схем РБД с определением типов данных для каждого атрибута;

− нормализация полученных отношений.

Правильно построенная база данных всегда адекватно отображает предметную область, которая позволяет выявить объекты ПО и атрибуты сущностей. Таким образом, разработчики могут установить ограничения целостности, связи между объектами ПО и семантические зависимости [3, 4].

Пусть задана схема РБД $V = \{V_1, V_2, \ldots, V_k\}$ где k – число отношений в схеме $\boldsymbol{V}$; и множество ФЗ F. Для создания тестовой БД, содержащей пары заполненных данными баз данных, необходимо реализовать следующие шаги:

Шаг 1. Определить ПО и анализировать ее для создания модели предметной области.

Шаг 2. Определить общее множество атрибутов: $U = V_1 \cup V_2 \cup \ldots \cup V_k$.

Шаг 3. Нахождение неизбыточного и редуцированного покрытия для заданного множества ФЗ F.

Шаг 4. Нахождение классов эквивалентности $\bar{E}_F$ для множества F.

Шаг 5. Нахождение минимального множества ФЗ F.

Шаг 6. Создание кольцевого покрытия в виде множества СФЗ на основе найденного множества классов эквивалентности $\bar{E}_F$.

Шаг 7. Нахождение минимального редуцированного кольцевого покрытия в виде множества СФЗ.

Шаг 8. Построение схемы РБД $R = \{R_1, R_2, \ldots, R_n\}$ на основе минимального редуцированного множества СФЗ.

Шаг 9. Обработка полученной схемы РБД для удовлетворения 3НФ.

Данный алгоритм приведен ниже, он разработан на основе классического алгоритма синтеза схем РБД и заключается в нахождении неизбыточного и редуцированного покрытия для заданного множества ФЗ F и последующем создании минимального редуцированного кольцевого покрытия в виде СФЗ с помощью классов эквивалентности $\bar{E}_F$. В конце происходит синтез схем РБД $R = \{R_1, R_2, \ldots, R_n\}$ на основе множества СФЗ. Разработанный алгоритм завершается после обработки полученных схем баз данных для удовлетворения 3НФ. Полученная в результате схема баз данных $R = \{R_1, R_2, \ldots, R_n\}$ является тестовой БД.

<u>На первом шаге</u> определяется и анализируется ПО для создания модели предметной области. Предметная область – это часть реального мира, представленная совокупностью реальных и абстрактных объектов, которые характеризуется свойствами. Для создания РБД нужно сначала выполнить анализ ПО и создать ее модель. Основой для анализа предметной области служат документы, отражающие ПО, и информация, которую можно получить от экспертов этой предметной области. Анализ ПО в базах данных позволяет выявить объекты и атрибуты сущностей, определить начальные требования для функциональности и границы проекта. С помощью модели ПО можно установить в БД семантические зависимости и связи между объектами предметной области [5].

<u>На втором шаге</u> из заданной схемы реляционной базы данных $V = \{V_1, V_2, \ldots, V_k\}$ определим общее множество атрибутов: $U = V_1 \cup V_2 \cup \ldots \cup V_k$;

<u>На третьем шаге</u> выполняется поиск неизбыточного покрытия для заданного множества F, затем происходит этап редуцирования полученного покрытия. В системах баз данных ФЗ способствует обеспечению согласованности и целостности БД. Меньшее количество ФЗ означает меньший объем используемой памяти и меньшее количество проверок при верификации БД. Выполнение данного шага целесообразно при высокой избыточности входных данных, так как от их размерности зависит время поиска классов эквивалентности входного множества ФЗ F. Пусть F и G – два множества ФЗ, множество G является покрытием для множества F, если $G \equiv F$. Множество G называется неизбыточным, если у него нет такого собственного подмножества G', которое удовлетворяет условию $G' \equiv G$. То есть в G не существует ФЗ $X \rightarrow У$, такой, что $F - \{X \rightarrow У\} \models X \rightarrow У$.

Для того, чтобы найти неизбыточное покрытие G для множества ФЗ F, необходимо найти множество G, такое, что $G \equiv F$ и G неизбыточно.

Множество ФЗ F называется редуцированным, если каждая ФЗ из F редуцирована, то есть, в каждой ФЗ не содержатся посторонние атрибуты, как в

левой части, так и в правой части. Следует отметить, для нахождения редуцированного покрытия нужно вначале удалить все посторонние атрибуты из левой части ФЗ, а затем из правой.

На четвертом шаге выполняется поиск классов эквивалентности. Пусть X – множество атрибутов, X ⊆ R. Класс эквивалентности $E_F(X)$ называется множеством ФЗ из F с левой частью, эквивалентной X. Обозначим $\bar{E}_F$ множество: $\{E_F(X) | X \subseteq R$ и $E_F(X) \neq \emptyset\}$, а $|\bar{E}_F|$– количество классов эквивалентности в R. Если в F не существует ФЗ с левой частью, эквивалентной X, то $E_F(X)$ пусто. Для двух заданных эквивалентных неизбыточных множеств F и G множество $E_F(X)$ не пусто, если $E_G(X)$ тоже не пусто. Таким образом, $\bar{E}_F$ содержит такое же число множеств, что и $\bar{E}_G$. Пусть $F= \{A\to BC, B\to A, AD\to E\}$. Тогда $\bar{E}_F$ имеет вид: $E_F(A)= \{A\to BC, B\to A\}$, $E_F(AD)= \{AD\to E\}$.

На пятом шаге выполняется минимизация множества ФЗ F. Множество ФЗ F является минимальным множеством, если F не содержит избыточных ФЗ, то есть оно содержит не больше ФЗ, чем любое его эквивалентное множество ФЗ.

Пусть G – неизбыточное неминимальное множество ФЗ. Для вычисления минимальных покрытий для G нужно найти все пары ФЗ $X\to Z$, $Y\to Q$, для которых $X\leftrightarrow Y$ и $X \dot{-}\!\!\to Y$. Если такие зависимости найдены в G, то их необходимо заменить одной ФЗ $Y\to ZQ$,

где:

X, Y, Z, Q – подмножества входного множества атрибутов;

$X\leftrightarrow Y$–два множества атрибутов X и Y эквивалентны относительно множества F, если $F\models X\to Y$ и $F\models Y\to X$;

$X\dot{-}\!\!\to Y$ – прямая определяемость (X прямо определяет Y), это означает, что можно найти неизбыточное покрытие G для множества F, причем в G содержит ФЗ $X\to Y$, которая выводит только из множества ФЗ, принадлежащих $F–E_F(X)$. То есть $(F–E_F(X)) \models X\to Y$.

Например, пусть $F =\{A\to CD, AB\to E, B\to I, DI\to J, J\to AB\}$. Имеем пары ФЗ $AB\to E$, $J\to AB$, для которых $AB\leftrightarrow J$ и $AB\dot{-}\!\!\to J$ относительно F. Можно заменить $AB\to E$, $J\to AB$ на одной ФЗ $J\to ABE$. Тогда получаем эквивалентное минимальное множество $F'=\{A\to CD, B\to I, DI\to J, J\to ABE\}$.

На шестом шаге строится кольцевое покрытие в виде множества СФЗ для F. СФЗ имеет вид: $(X_1, X_2, \ldots X_k) \to Y$, где $X_1, X_2, \ldots X_k, Y$ – различные подмножества атрибутов. Отношение $r(R)$ удовлетворяет СФЗ $(X_1, X_2, \ldots X_k) \to Y$, если оно удовлетворяет набору ФЗ: $X_i \to X_j$, $X_i \to Y$, $1\leq i, j \leq k$. Полученное множество СФЗ можно учитывать, как множество характеристических уравнений для всех СФЗ из этого множества.

Множество $(X_1, X_2, \ldots X_k)$ называется левой частью, Y – правой частью. Для заданного множества F–зависимостей G можно найти кольцевое покрытие с не более чем $|\bar{E}_F|$ СФЗ, где F– неизбыточное покрытие множества G. Все F – зависимости из одного $EF(X)$ можно объединить в одну СФЗ. Каждая левая часть из $e_F(X)$ есть левое множество СФЗ, а правая является объединением всех правых частей ФЗ из $E_F(X)$ [3].

Например, пусть $F=\{A\to BC, B\to AD, AE\to I, BE\to IJ\}$. Тогда кольцевым покрытием множества F служит $G= \{(A, B) \to ABCD, (AE, BE) \to IJ\}$.

С помощью множества СФЗ процесс синтеза схем РБД может ускорить с точки зрения временных затрат. Преимущество использования множества СФЗ состоит в том, что при поиске замыкания для заданного множества ФЗ вместо нескольких шагов добавления неключевых атрибутов зависимостей из одного класса эквивалентности к результирующему замыканию, требуется только добавлять неключевые атрибуты из СФЗ построенной на основе множества класса эквивалентности.

На седьмом шаге выполняется минимизация и редукция полученных СФЗ для входного множества ФЗ F. Поскольку минимальность СФЗ выполняется за счет минимизации самого множества F, выполненного на пятом шаге, то на данном этапе полученные СФЗ необходимо лишь редуцировать. Редуцирование СФЗ отличается от редуцирования множества ФЗ. Для множества ФЗ редуцирование справа выполняется после редуцирования слева, а для СФЗ необходимо выполнять следующие этапы:

– удалить все перемещаемые атрибуты в левой части СФЗ. Под *перемещаемыми* атрибутами понимаются атрибуты, принадлежащие левым множествам СФЗ, при перемещении которых в правое множество той же СФЗ не нарушается эквивалентность;

– удалить все посторонние атрибуты в правой части СФЗ. Под *посторонними* атрибутами понимаются атрибуты принадлежащие множеству ФЗ или СФЗ, при удалении которых не изменяется замыкание данного множества зависимостей [3, 7].

На восьмом шаге строится схема баз данных $R = \{R_1, R_2, \ldots, R_n\}$ на основе минимального редуцированного множества СФЗ. Каждая СФЗ вида $(A_1, A_2, \ldots , A_m) \to B$ строится схема отношений $R_i= A_1 A_2 \ldots A_m B$ с выделенным ключом $K_i=A_1 A_2 \ldots A_m$.

На последнем шаге для удовлетворения 3НФ необходима дополнительная обработка полученного набора отношений.

В целом алгоритм ***SynthesizeTestDb***, приведен ниже, позволит определить неизбыточное кольцевое множество СФЗ вида $(X_1, X_2, \ldots X_k) \to Y$, полученное из множества ФЗ F; затем создать тестовую базу данных, которая относится к одной предметной области и имеет схемы отношений $R_i = \{X_1, X_2, \ldots, X_p\}$ и $R_j = \{X_1, X_2, \ldots, X_q\}$, синтезированные на основе минимального редуцированного множества СФЗ, причем общее множество атрибутов $\boldsymbol{U} = R_i \cup R_j =X_1 \cup X_2 \cup \ldots \cup X_p \cup X_1 \cup X_2 \cup \ldots\cup X_q$.

Алгоритм ***SynthesizeTestDb***

Вход:

– схема реляционной базы данных $\boldsymbol{V} =\{V_1, V_2,\ldots, V_k\}$ где V_i – имя отношений, принадлежащих схемам V.

$Vi=\{A_{i1}, A_{i2}, \ldots, A_{in}\}$, где A_{ij} – имя атрибута.

k– количество отношений, принадлежащих базе

данных ***V***.

n – количество атрибутов в схеме отношения V_i.

– множество функциональной зависимости $F=\{X_1 \to Y_1, X_2 \to Y_2 \ldots X_n \to Y_n\}$

Выход: тестовая база данных

```
SynthesizeTestDb(V, F)
Begin
Определить предметную область и анализировать ее для создания модели БД;
Определить общее множество атрибутов:
U=V1 ∪ V2 ∪ ... ∪ Vk;
Поиск неизбыточного покрытия для множества F:
G:=F;
for каждая ФЗ X→Y из G do
    if (F-{X→Y}⊨ X→Y) then
    F:= F-{X→Y}
Редуцирование слева полученного неизбыточного покрытия для F:
G=F;
for каждая ФЗ X→Y из G do
    for каждый атрибут A из X do
        if (F ⊨ (X-A)→Y) then
        удалить A из X в X→Y из F.
Редуцирование справа для полученного множества F:
G=F;
for каждая ФЗ X→Y из G do
    for каждый атрибут A из Y do
    if (F-{X→Y}∪{X→(Y-A)} ⊨ X→A then
    удалить A из Y в X→Y из F.
Поиск классов эквивалентности Ef для F:
Ē_F=∅;
for каждая ФЗ X→Y из F do
Left_part= Left_part + X;
    for каждое множество X_i ∈ Left_part do
    begin
for каждая ФЗ U→V из F do
    if U ↔ X_i then E_F(X_i)= E_F(X_i)+ U→V;
    end;
Ē_F=Ē_F + E_F(X_i);
Минимизация множества ФЗ F:
for каждая E_F(X)из Ē_F do
    for каждая Y → U из Ē_F do
    for каждая Z → V ≠ Y → U из Ē_F do
if F ⊨ Y→Z then
Заменить Y → U и Z → V на Z → UV в F;
Построение кольцевого покрытия в виде множества СФЗ:
for каждый E_F(X)из Ē_F do
    for каждая ФЗ U_i → V_i (1≤i≤m) из E_F(X) do
    CF_j= (U_1,U_2,...,U_m)→ V, где V=V_1 ∪ V_2…∪ V_m и 1≤j≤n;
Редуцирование полученного множества СФЗ:
for каждая СФЗ CF_j (1≤j≤n) вида (U_1,U_2,...,U_m)→ V do
    for каждый атрибут A из U_i,1≤i≤m do
    if A — перемещаемый атрибут then
begin
U_i = U_i - A;
V = V ∪ A;
end;
if B — посторонний атрибут из V then V = V - B;
Построение схемы баз данных R = {R_1, R_2, …, R_n}:
for каждая СФЗ CF_j (1≤j≤n)вида (U_1,U_2, ...,U_m) → V do
R_j = U_1U_2...U_FV;
R = R ∪ R_j;
Обработка полученной схемы базы данных R = {R_1, R_2, …, R_n};
end.
```

Практическая часть. Пусть дана база данных $V=\{V_1, V_2, V_3\}$;

где $V_1=A\,B_1\,B_2\,C_2\,D$; $V_2=B_2\,C_1\,D\,E\,I_1\,I_2$; $V_3=A\,I_1\,I_2\,I_3$; и множество ФЗ $F=\{$

$A \to B_1\,B_2\,I_1\,I_2\,I_3$;

$B_1\,B_2\,C_1 \to A\,C_2\,D\,E\,I_1\,I_2\,I_3$;

$B_1\,B_2\,C_2 \to A\,C_1\,D\,E\,I_1\,I_2\,I_3$;

$A \to C_1\,C_2\,D\,E$;

$E \to I_1\,I_2\,I_3$;

$I_1\,I_2 \to I_3$; $I_2\,I_3 \to I_1$; $I_1\,I_3 \to I_2$

$\}$

По алгоритму ***SynthesizeTestDb***:

Определить общее множество атрибутов:

$U= V_1 \cup V_2 \cup \ldots \cup V_k= A\,B_1\,B_2\,C_2\,D \cup B_2\,C_1\,D\,E\,I_1\,I_2 \cup A\,I_1\,I_2\,I_3=A\,B_1\,B_2\,C_1\,C_2\,D\,E\,I_1\,I_2\,I_3$

Поиск неизбыточного редуцированного покрытия G для F:

$G=\{$

$A \to B_1\,B_2\,C_1\,C_2\,D\,E$;

$B_1\,B_2\,C_1 \to A$;

$B_1\,B_2\,C_2 \to A$;

$D \to B_1\,B_2\,E$;

$E \to I_1\,I_2\,I_3$;

$I_1\,I_2 \to I_3$; $I_2\,I_3 \to I_1$; $I_1\,I_3 \to I_2$

$\}$

Преобразуя к кольцевому покрытию в виде множества СФЗ, затем редуцируя, имеем:

$G=\{$

$(A, B_1\,B_2\,C_1, B_1\,B_2\,C_2) \to D\,E$

$(B_1\,B_2, D) \to E$;

$(E) \to I_1\,I_2\,I_3$;

$(I_1\,I_2, I_2\,I_3, I_1\,I_3)$

$\}$

Преобразуя каждую СФЗ в схеме отношения с

выделенными ключами, получаем $\boldsymbol{R}=\{R_1, R_2, R_3, R_4\}$.

$R_1= A\ B_1\ B_2\ C_1\ B_1\ B_2\ C_2\ D\ E$ с множеством ключа $K_1=\{A, B_1\ B_2\ C_1, B_1\ B_2\ C_2\}$;

$R_2= B_1\ B_2\ D\ E$ с множеством ключа $K_2=(B_1\ B_2, D)$

$R_3= E\ I_1\ I_2\ I_3$ с множеством ключа $K_3=\{E\}$;

$R_4= I_1 I_2 I_3$ с множеством ключа $K_4=\{I_1 I_2, I_2 I_3, I_1 I_3\}$;

$R_1 \cup R_3= A\ B_1\ B_2\ C_1\ B_1\ B_2\ C_2\ D\ E \cup E\ I_1\ I_2\ I_3=\boldsymbol{U}$.

Вывод. Разработан алгоритм для создания тестовой БД, позволяющий моделировать базы данных, на которых могут проверяться алгоритмы исследования структур баз данных. Тестовая база данных создается с учетом ряда специфических критериев, которые определяют класс предметной области, зависящий от сложности ее семантической организации и количества присущих ей атрибутов. Все схемы отношений тестовой БД находятся в 3НФ с минимальными и редуцированными множествами ФЗ и СФЗ. Данный алгоритм предназначен для проверки корректности алгоритмов проектирования схем РБД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кузнецов С.Д. Основы баз данных. − М.: Бином. − 2017. – 488 с.
2. Баранчиков А.И. Синтез информационных структур хранения данных на основе анализа предметных областей. − Рязань: ГУП РО Рязанская областная типография. − 2014. − 231 с.
3. Мейер Д. Теория реляционных баз данных. Пер. с англ. − М.: Мир. − 1987. − 608с.
4. Малыхина М.П. Базы данных. Основы, проектирование, использование. − СПб.: БХВ-Петербург. − 2004. − 512 с.
5. Крёнке Д. Теория и практика построения баз данных. − СПб.: Питер. − 2003. − 800 с.
6. Малыхина М.П. Базы данных. Основы, проектирование, использование. − СПб.: БХВ-Петербург. − 2004. − 512 с.
7. Ахо Альфред В., Хопкрофт Джон Э., Ульман Джеффри Д. Структуры данных и алгоритмы. Пер. с англ. − М.: Вильямс. − 2000. − 384 с.
8. Хомоненко А. Базы данных. − М.: Бином-Пресс. − 2007. − 736 с.
9. Баранчиков, А.И. Реинжиниринг ключей в отношениях реляционных баз данных/ А.И. Баранчиков, А.В. Алпатова // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. − 2008. − №26. − С. 58 − 62.
10. Баранчиков А.И., Нгуен Н.З. Снижение избыточности данных в реляционных базах данных за счет проверки ее структуры методом табло // Современные технологии в науке и образовании. Международной научно-технический форум СТНО. − Рязань: РГРТУ. − 2018. − Т. 4. − С. 128−132.
11. Нгуен Н.З., Баранчиков А.И. Реинжиниринг существующих баз данных информационных систем // Методы и средства обработки и хранения информации. Межвузовский сборник научных трудов. − Рязань: РГРТУ. − 2017. − С. 62−64.
12. Баранчиков А.И., Нгуен Н.З. Алгоритм сравнения схем реляционных баз данных на основе анализа семантики предметной области // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. − 2019. − № 67. − С. 45−49.
13. Баранчиков А.И., Кухарев С.Э. Алгоритмы реинжиниринга атрибутов конфиденциальности в реляционных базах данных // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. − 2011. − № 35. − С. 72−75.
14. Баранчиков А.И., Костров Б.В. Теория и методы исследования моделей и алгоритмов представления данных для предметных областей с ранжируемыми атрибутами // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2013. № 4 (46), часть 2. С. 59−64.
15. Баранчиков А.И., Громов А.Ю. Алгоритм генерации формализованной модели предметной области // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. − Рязань. − 2010. − № 33. − С. 45−49.
16. Преснякова Г.В. Проектирование интегрированных реляционных баз данных. − М.: КДУ; СПб: Полиграф. − 2007. − 224 с.
17. Jean-Luc Hainaut. Introduction to Database Design. − LIBD Publish. − 2002. − 330 p.
18. Hainaut J.L., Roland D., Hick J.M., Henrard J., Englebert V. Database design recovery// in Proc. of CAISE'96. – Springer Verlag. − 1996. –P. 272−300.
19. Date C.J., McGovern D.A New Database Design Principle // Relational Database Writings 1991−1994. − Mass.: Addison-Wesley. − 1995. – P. 213−222.
20. Date C.J., Darwen Hugh. Databases, Types, and the Relational Model. The Third Manifesto. –Addison Wesley. 3th edition. − 2007. – 556 p.
21. Heru Agus Santoso, Su-Cheng Haw, Ziyad Abdul-Mehdi. Ontology extraction from relational database: Concept hierarchy as background knowledge. Knowledge-Based Systems.– April 2011. – No. 24. − P. 457−464.

Статья поступила в редакцию 31.01.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 004.75

ЦИФРОВАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА УНИВЕРСИТЕТА: НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ, ОПЫТ, ПРОБЛЕМЫ И РИСКИ

©2020

Амбросенко Николай Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и математическое обеспечение информационных систем»
Красноярский государственный аграрный университет
(660049, Россия, г. Красноярск, проспект Мира, 90, e-mail: info@kgau.ru)

Аннотация. В настоящее время в стране происходят значительные трансформации в сфере образования. Среди них – стремительно развивающиеся дистанционные образовательные технологии, электронное обучение. Массовые открытые онлайн курсы все чаще встраиваются в образовательный процесс. Происходит формирование единой образовательной среды. Все это приводит к обострению конкурентной борьбы между вузами на рынке образовательных услуг – вопросы качества образовательного контента выходят на первый план. Важную роль при подготовке специалистов играет способ доставки образовательного контента обучаемым, и здесь трудно переоценить возможности современных цифровых инструментов образовательной среды. В данной статье рассматривается модель комплексного использования цифровых инструментов для создания учебного видео, цифровых учебно-методических комплексов, применение существующих мобильных приложений. Анализируются возможности использования видеоресурсов, мобильных приложений и устройств в учебном процессе, выявлены проблемы и риски, связанные с комплексным использованием цифровых инструментов. Приводится методика оценки и анализ возникновения рисков, а также предлагаются мероприятия по снижению вероятности нежелательного исхода применения цифровых инструментов образовательной среды.

Ключевые слова: цифровая образовательная среда, цифровое обучение, цифровые инструменты, видеоресурс, скринкаст, мобильные устройства, массовые открытые онлайн-курсы, риск.

DIGITAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF THE UNIVERSITY: DIRECTIONS OF DEVELOPMENT, EXPERIENCE, PROBLEMS AND RISKS

©2020

Ambrosenko Nickolai Dmitrievich, candidate of technical sciences, docent of the department “Information technology and mathematical support of information systems”
Krasnoyarsk State Agrarian University
(660049, Russia, Krasnoyarsk, pr. Mira 90, e-mail: info@kgau.ru)

Abstract. The country is currently undergoing a significant transformation in the field of education. Among them – rapidly developing distance education technologies, e-learning. Mass open online courses are increasingly integrated into the educational process. A single educational environment is emerging. All this leads to increased competition among higher education institutions in the market of educational services, questions of the quality of educational content come to the fore. The way in which educational content is delivered to learners plays an important role in the training of professionals, and here it is difficult to overestimate the possibilities of modern digital tools of the educational environment. This article discusses the model of integrated use of digital tools for creation of educational video, digital educational-methodological complexes, application of existing mobile applications. Possibilities of using video resources, mobile applications and devices in training are analysed, challenges and risks in the integrated use of digital tools have been identified. A methodology for assessing and analyzing the occurrence of risks is given, and also propose measures to reduce the likelihood of an undesirable outcome of application of digital tools in the educational environment.

Keywords: digital educational environment, digital learning, digital tools, video resources, screencast, mobile devices, mass open online courses, risk.

Введение. За последние годы в сфере образования произошли значительные изменения, вызванные с одной стороны, наличием процесса формирования единого образовательного пространства, а с другой стороны, обострившейся конкуренцией между вузами на рынке образовательных услуг – в связи с этим на первый план выходят вопросы качества высшего образования. В стране реализуются ряд национальных и федеральных проектов, которые задали вектор дальнейшего развития российского образования в направлении создания современной и безопасной цифровой образовательной среды РФ [1. 2].

Обязательным требованием ФГОС ВО 3+ является наличие и функционирование в образовательном учреждении электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС), обеспечивающей неограниченный доступ всех участников образовательного процесса к ресурсам сети Интернет, электронным библиотечным системам и электронным образовательным ресурсам. ЭИОС представляет собой комплексную интегрированную многоцелевую систему, объединяющую в себе образовательные и учебные ресурсы, программные продукты для создания обучающего контента, информационные и

телекоммуникационные технологии, статистическую информацию.

Практически все вузы страны сформировали классический набор информационного, программного, аппаратного, технического, учебно-методического обеспечения необходимого для функционирования ЭИОС. В настоящее время идет процесс создания новых и внедрение готовых информационных сервисов (комплекс услуг и программного обеспечения), обеспечивающих автоматизацию процессов обучения и предоставление участникам образовательного процесса дополнительных возможностей использования новых форм, методов и технологий обучения. Использование в образовательном процессе видеоматериалов позволяет существенно повысить качество обучения, а значит, и сделать вуз более конкурентоспособным, улучшить его позицию в российских и международных рейтингах.

Проблема перехода на дистанционное обучение и рассмотрение возможностей использования онлайн-курсов освещена в работах ученых с точки зрения выбора системы электронного обучения с использованием массовых открытых онлайн курсов (Астахова Т.А., Карачарова Т.А., Красовская, А.В.) [3-6], с точки зрения выбора оптимальной схемы (Махиева М.Э., Андреев А.А., Авдонина Д.С., Воронин В.Е.) [7-10]. Изучение опыта применения платформы LMS Moodle в образовательной среде университета с целью формирования компетенций обучающихся (Титовская Н.В., Титовский С.Н. Брагина З.В., Крылова Н.Г., Тимонин А.Ю.) [11, 12]. Нормативно-правовое обеспечение, регламентирующее возможности использования электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации основных образовательных программ определено Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации №273» [13] и другими нормативными актами. Целевые показатели реализации приоритетного проекта «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации» приведены в паспорте проекта [2]. Функционирование в образовательном учреждении современной электронной информационно-образовательной среды [6, 8, 14], соответствующей требованиям ФГОС ВО 3+, является обязательным условием реализации ЭО и ДОТ. В работе (Тебекин А.В.) [15] выявлены перспективы и риски цифровизации дополнительного профессионального образования, предложена методика оценки рисков. Однако, комплексного рассмотрения процесса использования цифровых инструментов образовательной среды университета, проблем и возможных рисков не предпринималось.

Материалы исследования. Цифровая образовательная среда университета (ЦОС) — это управляемая и динамично развивающаяся система эффективного и комфортного предоставления информационных и коммуникационных услуг, цифровых инструментов участникам образовательного процесса. На рисунке 1 приведены основные составляющие технологии цифрового обучения.

Рисунок 1 - Основные составляющие технологии цифрового обучения

Формирование ЦОС в каждом ВУЗе – процесс уникальный и должен учитывать массу факторов. Одним из основных направлений перехода к цифровому обучению является создание учебного контента – цифровых учебно-методических курсов, Массовых открытых онлайн курсов (МООК), мобильных сервисов на основе комплексного использования цифровых инструментов:

- графических редакторов;
- видеоредакторов;
- мобильных приложений и сервисов.

Целью исследования является предложенная автором модель комплексного подхода анализа процесса создания и доставки образовательного контента, использования существующих цифровых инструментов образовательной среды, выявление проблем, оценка и анализ возможного возникновения рисков, разработка мероприятий по снижению вероятности нежелательного исхода.

Говоря об учебном видео, необходимо рассматривать ряд технологических моментов – выбор программного обеспечения и адаптация ко всем сущест-

вующим в университете операционным системам. Популярный способ решения проблемы создания учебного видео – это запись скринвидео, скринкаста или обучающего видео с экрана монитора. Выбор программного обеспечения для захвата видео с экранов достаточно разнообразен. Основное различие между программами в том, что одни предоставляют возможность редактирования отснятого видео, другие – нет. В настоящее время в университете используются два программных продукта:

- *FsCapture* – для быстрой записи видео, без последующего редактирования. Подходит для записи коротких (2–3 минуты) видеоресурсов, которые при необходимости не составит большого труда перезаписать. Видео сохраняется в формате *wmv* (*windows media video*), сразу после записи.
- *Camtasia Studio* – для более точной, взвешенной и профессиональной работы. Имеется возможность вырезать сцены, сделать переходы, писать по частям, раздельно редактировать аудио и видео и т.д. Времени затрачивается больше, но и видеоресурс можно сделать более качественным с точки зрения технологии подачи материала.

Для использования видеоматериалов в учебном процессе необходимо наличие мультимедийных аудиторий, оснащенных необходимым оборудованием, специально оборудованные кабинеты для проведения вебинаров и видеоконференций, соответствующее программное обеспечение. Это требует значительных финансовых затрат со стороны образовательного учреждения, что не всегда возможно в условиях ограниченного финансирования. Данная проблема является общей для большинства университетов. Частично это можно решить с помощью грантов, спонсорства, вовлечение в учебный процесс мобильных устройств студентов.

Использование сервисов мобильного обучения позволяет вовлечь мобильные устройства студентов в проведение практических занятий, это «оживляет» аудиторию, большинство студентов с интересом воспринимают использование мобильных приложений. Использование в учебной практике мобильных сер-висов на постоянной основе для аудиторных занятий сталкивается с проблемой так называемого «цифрового неравенства» – некоторые студенты не имеют мобильных устройств с соответствующими техническими характеристиками, другие не умеют использовать предлагаемые сервисы обучения. Существует значительное количество разнообразных, бесплатных мобильных приложений для смартфонов и планшетов. На рисунке 2 показан внешний вид интерфейса удобного сервиса для создания тестов и опросов *Socrative*, для создания викторин служит приложение *Quizizz*.

Платформа *LMS Moodle* имеет мобильную версию, при использовании элемента «Форум» имеется встроенная возможность записи аудио-видеосообщения.

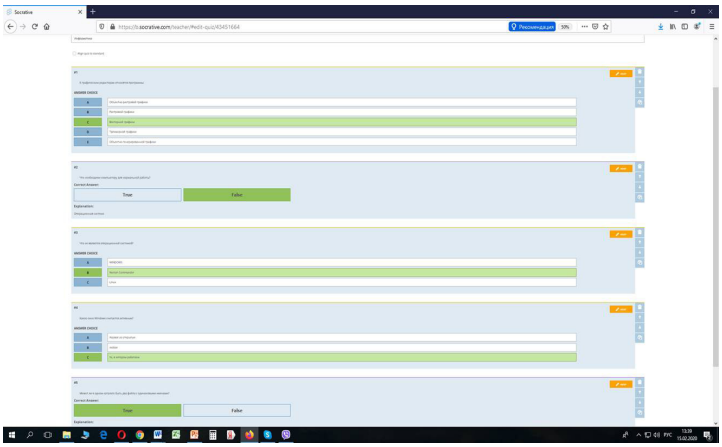


Рисунок 2 - Мобильный сервис Socrative для создания тестов и опросов

Частично проблема использования мобильных приложений решается в комбинированном варианте – мобильное устройство или компьютер при проведении занятий в компьютерном классе, или при организации самостоятельной работы обучающихся используются домашние компьютеры.

Обучение студентов первого курса всех направлений подготовки по использованию мобильных приложений проходит в рамках факультативного учебного курса по дисциплине «Пользователи электронно-информационной образовательной среды». Задачами курса также является ознакомить студентов с основными компонентами ЭИОС, используя многообразие форм, методов и средств обучения, дать практические навыки работы с электронной почтой, сайтом университета, электронной научной библиотекой университета, ЭБС сторонних организаций, системой «Электронного университета» на базе LMS Moodle, работой корпоративной компьютерной сети. На рисунке 3 проведена структура курса.

Каждая тема включает в себя минимальное количество текста и скринкасты – цифровые видеозаписи о настройке элементов и ресурсов электрон-ной информационно-образовательной среды университета, выводимые на экран компьютера. Все скринкасты сопровождаются голосовыми комментариями и подробными разъяснениями. На рисунке 4 приведена экранная форма скринкаста.

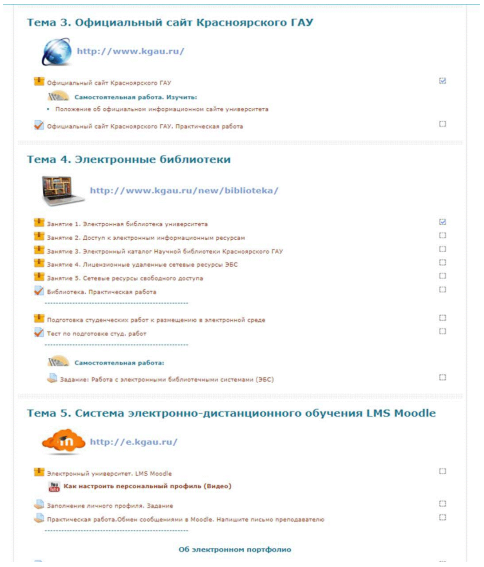


Рисунок 3 - Структура курса «Пользователи ЭИОС»

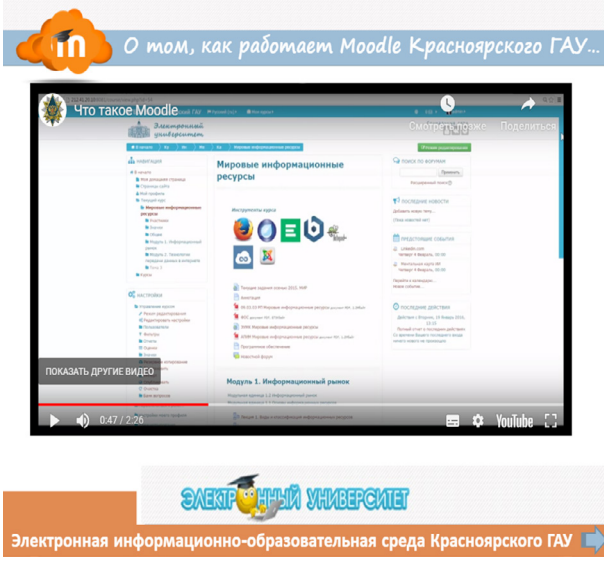


Рисунок 4 - Экранная форма скринкаста

Всем обучающимся обеспечен постоянный круглосуточный доступ к курсу, независимо от места нахождения: в компьютерных классах университета (включая региональные центры ДОТ), домашних компьютеров, мобильных устройств студентов. Использованы различные технологии обучения: традиционные технологии очного обучения, смешанное обучение, с применением дистанционных образовательных технологий, онлайн-технологий [16].

Использование студентами своих мобильных устройств выявило проблему несовместимости версии операционной системы *Android* с актуальной в настоящее время версией *LMS Moodle*. Версии *iOS Android* ниже пятой не могут открыть сайт. Проблема решается заменой сотового телефона или сменой «прошивки» старого, но не каждый владелец может это сделать самостоятельно. В данном случае возникает риск невыполнения обязательных требований ФГОС ВО 3+ к функционированию ЭИОС образовательного учреждения. Такой риск минимален и не зависит от университета, но преподаватели, использующие в процессе проведение занятий доступ к *LMS Moodle* с мобильных устройств, должны знать проблему и как ее решить.

В университете имеется опыт использования МООК в качестве дополнительного обучающего контента для студентов, успешно освоивших материал основного электронного учебного курса (ЭУК) на платформе *LMS Moodle* [17]. Такое сочетание МООК и традиционных форм обучения на сегодня является оптимальным, с точки зрения возможных рисков:

- риска, связанного с встраиванием МООК в рабочие программы дисциплин учебного плана;
- риск невыполнения обязательных требований образовательных стандартов к функционированию ЭИОС образовательного учреждения в случае недостаточно квалифицированного технического персонала;
- риск, связанный с высокими требованиями к надежности функционирования ЭИОС университета.

Развитие ЦОС вуза требует от преподавателей владения соответствующими компетенциями для эффективного использования цифровых образовательных ресурсов, навыков работы с компьютером, смартфоном, выходящих за привычные рамки работы с офисными приложениями. Создание МООК требует от преподавателя творческого подхода к изложению материала курса, оформлению, к формам и способам его подачи [18-20].

На базе регионального центра компетенций онлайн-обучения в Красноярске, созданного в рамках реализации мероприятия «Создание системы повышения квалификации преподавателей и специалистов в области онлайн-обучения», приоритетного проекта «Современная цифровая образовательная среда в РФ», преподаватели университета прошли повышение квалификации по курсам: «Облачные технологии», «Использование МООК в учебном процессе», «Мобильное обучение», «Цифровые технологии в корпоративном обучении» и ряд других курсов.

Для определения рисков, обусловленных комплексным использованием цифровых инструментов цифровой образовательной среды, в данном исследовании была использована модель суммарных рисков вида [16]:

$$[L\sum=(L_{пп}+L_{нв})\rightarrow min] \quad (1)$$

Где:

$[L\sum]$ – суммарные риски; $[L_{пп}]$ – риски прямых потерь; $[L_{нв}]$ – риски недополученной выгоды, обусловленные пренебрежением возможностями комплексного использования цифровых инструментов ЦОС.

Таким образом, риски комплексного использования цифровых инструментов ЦОС определяются функцией минимума суммарных потерь (1), включающей риски прямых потерь и рисками недополученной выгоды.

Риски прямых потерь $(L_{пп})$, применительно к

процессам комплексного использования цифровых инструментов ЦОС, обусловлены их неэффективной реализацией. Подобная неэффективная реализация связана с:

a) неправильной (некорректной, конфликтной) постановкой целей и задач функционирования ЦОС;

b) некачественным исполнением задач функционирования ЦОС.

В качестве основных рисков, обусловленных неправильной постановкой целей и задач, выделяют:

1. Риски, связанные с недофинансированием мероприятий по совершенствованию материально-технической базы цифровой образовательной среды.

2. Риск невыполнения обязательных требований образовательных стандартов к функционированию ЭИОС образовательного учреждения в случае недостаточно квалифицированного технического персонала.

3. Риски, связанные с высокими требованиями к надежности функционирования ЦОС университета.

4. Риски использования недостаточно изученных цифровых технологий, когда привнесение для обучаемых одних возможностей вытесняет другие более ценные возможности обучения.

5. Риски развития у обучающихся «экранной зависимости», неспособность закончить начатую фразу, будучи оторванными от экранов мобильных устройств.

Существуют и другие риски прямых потерь, но именно перечисленные риски, являются основными с точки зрения опасностей функционирования ЦОС, вероятной частоты их возникновения. Эти риски относятся к допустимым и управляемым рискам.

Оценим риски недополученной выгоды от реализации направлений развития ЦОС, используя эмпирическую шкалу вероятностей риска метода контент-анализа. Вероятность нежелательного исхода находится в диапазоне от 0,1 до 0,3 и характеристика такого риска - малый.

Суммарный риск, обусловленный комплексным использованием цифровых инструментов ЦОС, в основном будет определяться величиной рисков прямых потерь.

Результаты исследования. Модель комплексного подхода к процессу создания и доставки образовательного контента цифровых учебно-методических курсов, массовых открытых онлайн курсов, мобильных сервисов на основе комплексного использования цифровых инструментов: графических редакторов; видеоредакторов; мобильных приложений и сервисов позволила:

1. Выполнить анализ функционирования цифровой образовательной среды, как динамично развивающейся системы эффективного и комфортного предоставления информационных и коммуникационных услуг, цифровых инструментов участникам образовательного процесса.

2. Систематизировать риски, возникающие при использовании цифровых инструментов ЦОС.

3. Выполнить оценку и анализ воздействия рисков на цифровую образовательную среду университета.

4. Обобщить накопленный опыт функционирования ЭИОС университета и предложить мероприятия по снижению вероятности нежелательного исхода воздействия рисков:

- Создание видеоресурсов, цифровых учебно-методических курсов, встраивание Массовых открытых онлайн курсов и мобильных сервисов в существующую систему обучения с целью повышения качества образования.
- Вовлечение в учебный процесс мобильных устройств обучающихся.
- Обучение студентов работе с основными компонентами цифровой образовательной среды, через многообразие форм, методов и средств обучения, приобретение практических навыков работы с цифровыми инструментами ЦОС университета.
- Организация непрерывной системы повышения квалификации профессорско-преподавательского состава, формирование соответствующих компетенций для эффективного использования на занятиях цифровых технологий создания и доставки учебного контента.

Заключение. Предложенная в статье модель комплексного подхода к процессу создания и доставки образовательного контента обучаемым на основе использования цифровых инструментов образовательной среды позволяет в дальнейшем учесть массу уникальных факторов, влияющих на надежность функционирования цифровой образовательной среды университета при изменении или добавлении информационных сервисов отдельных компонентов и системы в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Паспорт приоритетного проекта "Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации" [Электронный ресурс] // URL: http://static.government.ru/media/files/8SiLmMBgjAN89vZbUUtmuF5lZYfTvOAG.pdf (дата обращения 20.01.2020).

2. Паспорт национального проекта «Образование» [Электронный ресурс] //. URL http://static.government.ru/media/files/UuG1ErcOWtjfOFCsqdLsLxC8oPFDkmBB.pdf (дата обращения 20.01.2020).

3. Астахова Т.А. Возможности и проблематика дистанционных форм обучения, выбор системы дистанционного обучения // Управление человеческим потенциалом. М.: 2012. №1. С. 56-63.

4. Карачарова Т.А. Модель разноуровневой системы управления дистанционным обучением в вузе // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Сер.: Образование. Педагогические науки. 2017. Т. 9, № 4. С. 68-75.

5. Красовская А.В. Концептуальное проектирование системы управления обучением в массовом открытом онлайн-курсе по программированию // SCIENCE, TECHNOLOGY AND LIFE – 2014 Proceedings of the international scientific conference. 2015. С. 180-188.

6. Информационно-образовательная среда технического вуза [Электронный ресурс] // URL:http://www.cnews.ru/reviews/free/edu/it_russia/ institute.html. (дата обращения

20.01.2020).

7. Махиева М.Э. Массовые онлайн-курсы как один из инновационных подходов к обучению в современной системе высшего образования // Новая наука: история становления, современное состояние, перспективы развития. Сб. ст. междунар. науч.-практ. конференции. ¬ Уфа: 2017. Издательство: «Омега Сайнс». С. 184-186.

8. Андреев А.А. Современные информационно-образовательные среды // URL:http://www.p-plib.ru/pedagogika/andreev/andreev9.html. (дата обращения 20.01.2020).

9. Авдонина Д.С., Бочкарева, Ю.В., Голубева, О.В. Отношение общества к онлайн-обучению. Интеграция информационных технологий в систему профессионального и дополнительного образования // Сборник статей по материалам региональной научно-практической конференции. Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина. 2016. С. 147-150.

10. Воронин В.Е., Редько Н.И. О замене традиционных вузов онлайн-обучением. Современное образование: плюсы, минусы и перспективы // Материалы V международной научно-практической конференции. 2015. С. 22-25.

11. Титовская Н.В., Титовский С.Н. Использование LMS Moodle в Красноярском ГАУ // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития. Материалы международной научно-практической конференции. Красноярск: 2018. С. 268-271.

12. Брагина З.В., Крылова Н.Г., Тимонин А.Ю. Онлайн обучение: от психометрического анализа к формированию профессиональных компетенций // Аллея Науки. Изд-во: ИП Шелистов Д.А. 2017. Т. 1, № 11. С. 327-335.

13. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации №273». [Электронный ресурс]. URL: https://dokumenty24.ru/zakony-rf/zakon-ob-obrazovanii-v-rf.html (дата обращения 20.01.2020).

14. .Кречетников К.Г. Креативная образовательная среда на основе информационных и телекоммуникационных технологий как фактор саморазвития личности // URL:http://www.eidos.ru/journal/2004/0622-10.htm (дата обращения 28.01.2020).

15. Тебекин А.В. Перспективы и риски цифровизации дополнительного профессионального образования. Профессиональное образование в современном мире. 2019;9(1):2558-2566. https://doi.org/10.15372/PEMW20190119.

16. Ломаско П.С., Симонова А.Л. U-learning - повсеместное электронное обучение в XXI веке: на пути к коннективизму и смарт-образованию // Информатизация образования и методика электронного обучения: материалы I Международной научной конференции в рамках IV Международного научно-образовательного форума "Человек, семья и общество: история и перспективы развития", 27-30 сентября 2016 г., Красноярск: Сиб. федер. ун-т, Ин-т космич. и информ. технологий; отв. ред. М. В. Носков. – Красноярск:2016. СФУ. С 293-297.

17. Ambrosenko N.D., Skuratova O.N., Shmeleva Zh.N../ Preliminary results of the university participation in the project “Modern digital educational environment” // Азимут научных исследований: ПЕДАГОГИКА И ПСИХОЛОГИЯ. ¬ Тольятти: 2019. Том 8, № 1(26). С. 16-19.

18. Амбросенко Н.Д., Потапова С.О., Скуратова О.Н. Цели создания и результаты практического использования в учебном процессе онлайн-курса по работе студентов в электронной информационно-образовательной среде университета // Международная научно-практическая конференция «Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития». – Красноярск: 2019. С. 326-330.

19. Голицына И.Н., Половникова Н. Л. Мобильное обучение как новая технология в образовании // Образовательные технологии и общество. 2011. – Т. 14. №. 1. – Режим доступа: http://cyberleninka.ru/article/n/mobilnoe-obuchenie-kak-novaya-tehnologiya-v-obrazovanii.

20. Мобильное обучение. Отчет NMC Horizon: высшее образование. 2017. – Режим доступа: https://www.nmc.org/publication/nmc-horizon-report-2017-higher-education-edition-russian/.

Статья поступила в редакцию 03.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 004.93'1

МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ЛИЦА

© 2020

Бершадская Елена Григорьевна, кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры «Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, e-mail: bereg.50@mail.ru)
Маркин Евгений Игоревич, аспирант кафедры «Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, e-mail: evgeniymarkin1@gmai.com)
Мартышкин Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, e-mail: alexey314@yandex.ru)

Аннотация. В настоящее время начинают активно использоваться различные системы биометрической идентификации, одним из самых распространенных методов является распознавание по лицу. Данный метод стал популярным за счёт простоты применения пользователем. Хотя уже существует множество методов для распознавания и идентификации человеческих лиц, они далеки от идеала, каждый метод имеет свои недостатки, проявляющиеся в виде высокой погрешности распознавания, риска фальсификации данных или недостаточного быстродействия. В данной статье рассмотрены такие методы идентификации человека по лицу, как метод главных компонент, метод анализа геометрических характеристик вида лица, метод сравнения шаблонов, многослойные нейронные сети и сверточные нейронные сети. Делается вывод о перспективности исследований в области сверточных нейронных сетей на основе модели CNN.

Ключевые слова: идентификации по лицу, метод сравнения шаблонов, метод главных компонент, метод анализа геометрических характеристик вида лица, многослойные нейронные сети, сверточные нейронные сети.

METHODS FOR PERSONAL IMAGE IDENTIFICATION

© 2020

Bershadskaya Elena Grigorevna, candidate of technical sciences, professor, professor of sub-department «Computers and systems»
Penza state technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin Street, 1a/11, e-mail: bereg.50@mail.ru)
Markin Evgeniy Igorevich, postgraduate of sub-department «Computers and systems»
Penza state technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin Street, 1a/11, e-mail: evgeniymarkin1@gmai.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)

Abstract. Currently, various systems of biometric identification are being actively used, one of the most common methods is face recognition. This method has become popular due to the ease of use by the user. Although there are already many methods for recognizing and identifying human faces, they are far from ideal, each method has its drawbacks, manifested in the form of a high recognition error, the risk of falsification of data, or insufficient performance. This article discusses such methods for identifying a person by face, such as the principal component method, the method of analyzing the geometric characteristics of the face, the template comparison method, multilayer neural networks and convolutional neural networks. It is concluded that research in the field of convolutional neural networks based on the CNN model is promising.

Keywords: facial identification, template comparison method, principal component method, method for analyzing the geometric characteristics of a face, multilayer neural networks, convolutional neural networks.

Введение. В компьютерных системах сейчас активно развивается такое направление как распознавание лиц, оно занимается исследованием применения различных методов обработки изображений и поиска на нем необходимых объектов по заранее заданным признакам.

При разработке систем распознавания лиц встает вопрос о выборе оптимального алгоритма для заданных условий применения системы. Так, например, если стоит задача внедрения системы распознавания лиц в ограниченном круге изображений, то лучше всего может подойти многослойная нейронная сеть

благодаря её эффективности и точности, но в тоже время для работы в местах массового скопления людей данный метод будет требовать большое количество вычислительных ресурсов. Поэтому используются более сложные многоуровневые системы, которые могут включать в себя различные анализаторы, работающие при разных пространственных признаках, с принятием решения методом голосования.

Материалы и результаты исследования. Уже существует множество различных алгоритмов и методов распознавания лиц, в основе которых лежат следующие шаги:

1. Преобразование исходного изображения в необходимое представление;
2. выделение ключевых характеристик;
3. классификация изображения.

Основным и наиболее сложным шагом работы системы распознавания лиц является классификация изображения. Работа данного этапа сводится к поиску ключевых признаков на изображении и поиску схожих признаков в базе данных и дальнейшее принятия решения о присвоении того или иного класса изображению.

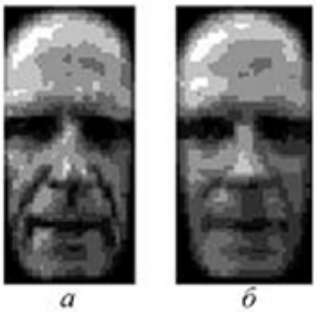
Одним из распространенных методов распознавания лиц является метод главных компонент. Основной идеей данного метода является преобразование входного вектора размера N в вектор размера $M,N>M$. В итоге получается, что выходной вектор будет некоррелированным и общая дисперсия не изменится [1].

Для получения матрицы собственных векторов Φ решим следующее уравнение $\Lambda=\Phi^T \sum\Phi$, где: Λ - матрица собственных чисел, Σ - ковариационная матрица. Если взять соответствующую M наибольшим значением собственных чисел подматрицы Φ_M, то получится преобразование $y=\psi_M^T\tilde{x}$, где $\tilde{x}=x-\bar{x}$ - нормализованный вектор с нулевым математическим ожиданием. Данный вектор характеризует наибольшую часть общей дисперсии и показывает наиболее существенные изменения x. Разбивка векторного пространства происходит путем выбора первых M главных компонент, в ходе разбиения получаются главное (собственное) пространство $F=\{\Phi_i\}_{i=1}^{M}$, которое содержит главные компоненты и его ортогональное дополнение $F=\{\Phi_i\}_{i=M+1}^{N}$ [2].

Для применения данного метода в задачи идентификации лица необходимо представить входные векторы в качестве отцентрированных и отмасштабированных изображений лиц (рис. 1).

Рисунок 1 – Пример изображений выровненных изображений лиц

Из изображений выделяются главные компоненты. Если суммировать N первых главных компонент и умножить их на собственные векторы получится аппроксимация изображения порядка N (рис. 2).



а *б*

Рисунок 2 – Нормализованное изображение (а); реконструкция по 85 главным компонентам (б)

Обычно распознавание происходит благодаря расчету Евклидова расстояния между ключевыми компонентами искомого изображения с базой данных. Для каждого отдельного изображения расчет производят для 5-200 главных компонент.

Вычисления собственных векторов является весьма трудоемкой задачей, и одним из способов ускорить данный процесс является свёртывание изображения т.е. уменьшение размера изображения без потери ключевой информации. В такой форме изображение будет иметь намного меньше размер и расчёты будут происходить быстрее, но высокая вероятность потери деталей исходного изображения.

В основе метода линейного дискриминантного анализа лежит увеличение межклассового и уменьшения внутриклассового расстояния в пространст-ве признаков путём использования проекции пространства изображений на пространство признаков [3].

Чтобы спроецировать пространство изображения на пространство признаков применяется следующее условие

$$W_{opt}=\arg max\frac{W^T S_B W}{W^T S_W W}, \quad (1)$$

где S_B – матрица межклассовой дисперсии, S_W – матрица внутриклассовой дисперсии.

Как правило, существует до *c-1* векторов, которые составляют базис пространства признаков, где *c* – общее число классов. Данные векторы позволяют перевести пространство изображений в пространство признаков.

Поскольку размерность матрицы $S_w \in R^{n*n}$ является чрезмерно большой для работы с ней, то применяется метод главных компонент, после чего вычисления производятся в матрице меньшей размерности

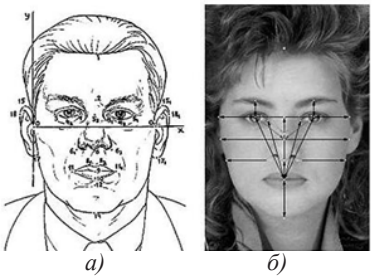
$$W_{fld} = \arg max \frac{W^T W_{pca}^T S_B W_{pca} W}{W^T W_{pca}^T S_w W_{pca} W}, \quad (2)$$

где W_{pca} – матрица для проецирования в пространство главных компонент [4].

В тренировочный набор изображений входят виды лиц под разным освещением. Совместно с линейной комбинацией получаются иные, наиболее сложные параметры освещения. Подобный принцип позволяет получить высокую точность распознавания (около 96%успешных распознаваний) в разных условиях освещения, при разных выражения лица и при наличии элементов, которые скрывают часть лица (маска, очки, головной убор). Однако в работе с большими базами данных метод сложно назвать эффективным, так как в тренировочной базе у конкретного лица имеется только одно изображение при одном освещении.

Метод, в основу которого положен анализ геометрических характеристик вида лица, является одним из ранних методов идентификации лиц. Его основной идеей является получение набора самых главных точек лица, и на их основе выделение набора индивидуальных параметров. Такими параметрами можно назвать расстояние между контрольными точками, а также отношение между данными интервалами. Подобные параметры определяют экспериментально [5,6,7].

Ключевыми точками, как правило, называют основные точки черт лица: кончик носа, уголки глаз, положение зрачка от центра глаза, крайние точки скул, надбровных дуг, уголки губ и др. (рис. 3). За контрольную область принимается прямоугольное пространство, включающее в себя основные черты лица.



а) б)

Рисунок 3 – Контрольные точки идентификации и расстояния: а – в криминалистике; б – в автоматизированных системах идентификации

Параметры распознаваемого искомого лица сравниваются с базой параметров остальных лиц, так происходят процесс идентификации. Если контрольные точки лица найдены корректно, это считается успешным распознаванием. Для этого изображение лица человека должно быть максимально четким и без предметов, скрывающих ключевые точки. В качестве помех могут выступать маски, бороды, украшения, очки и т. п. [8]. Помимо этого, данный метод является очень требовательным к ракурсу лица, идентифицируемое изображение должно быть тем же что и остальные в базе. Данный метод ставит множество строгих ограничений к условиям получения изображения, что является практически не достижимым в реальных условиях использования [9, 10].

В методе сравнения шаблонов, который также является одним из первых методов, выделяются области исследуемого лица на искомом изображении, далее эти области сравниваются с областями из базы. Процент совпадения зависит от количества совпадающих областей. В качестве сравнения чаще всего используется простой алгоритм попиксельного сравнения [11,12] (рис. 4).

К недостаткам данного метода можно отнести высокие требования к ресурсам для хранения участков изображений и из-за использования простого алгоритма сравнения, изображения должны быть получены в одинаковых условиях (с одинаковым ракурсом и эмоциями).

Рисунок 4 – Области, входящие в шаблон лица

Одним из часто используемых методов идентификации лиц является многослойная нейронная сеть, она представляет собой связанные между собой слои нейронов, каждый нейрон связан со всеми нейронами предыдущего слоя своим входом, а выходами - с нейронами следующего слоя. Один слой данной нейронной сети позволяет сформировать линейные разделяющие поверхности, два слоя уже позволяют аппроксимировать различные многомерные функции с высокой точностью [13,14,15]. Комбинирование нескольких слоев данной нейронной сети с нелинейной функцией активации могут позволить формировать области различной сложности, в том числе выпуклые и невыпуклые. Для обучения нейронной сети используется метод градиентного спуска в пространстве весов, он позволяет минимизировать ошибки в нейронной сети (рис. 5) [16,17].

Класс нейрона определяется его максимальной активностью. В ходе обучения устанавливается связь между входными изображениями с определенными классами, данный вид обучения называется "обучением с учителем". Данный метод хорошо применим в задаче идентификации в небольшой группе лиц т.к. увеличение количества классов может привести к экспоненциальному увеличению времени обучения и работы системы, из-за чего подобные системы с поиском человека в больших багах могут потребовать более компактного набора ключевых характеристик [18].

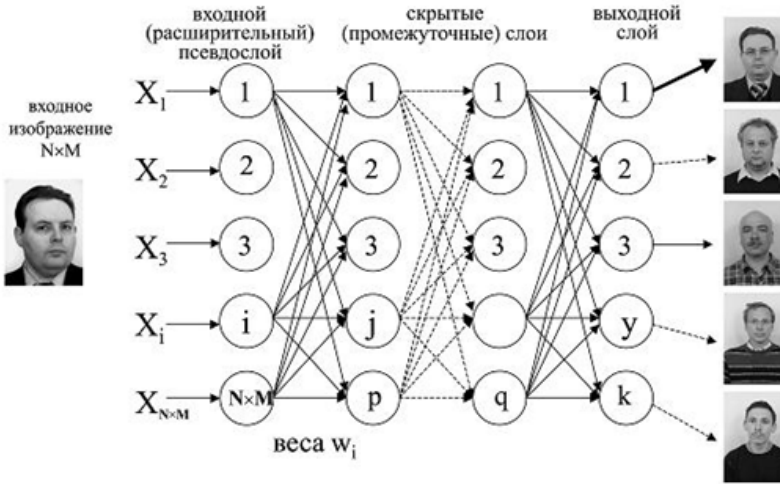


Рисунок 5 – Многослойная нейронная сеть для классификации изображений

Сверточные нейронные сети являются более усовершенствованной версией многослойных нейронных сетей, они используют двумерную нейронную связь, общие веса и иерархическую организацию с пространственными под выборками. Если происходит изменение масштаба, смещение, искажение или поворот сверточные нейронные сети будут более устойчивы.

Сверточные нейронные сети состоят из нескольких слоев, в которых нейроны связаны только с некоторыми нейронами следующего слоя. После сверточного слоя следует слой, уменьшающий размер изображения путем его усреднения, далее еще один сверточный слой и т.д. Обучение такой нейронной сети происходит путем обратного распространения ошибки. Сверточные нейронные сети обладают большой скоростью обучаемости и работы. Тестирование на базе *ORL* показывает точность распознавания лиц приблизительно 98%.

Заключение. Несмотря на многолетние исследования идентификации человека по лицу и разработку подобных систем, вопрос получения наиболее результативного метода идентификации человека по его лицу остается открытым.

Главной задачей большинства современных систем автоматической идентификации человека по лицу является сравнение вида определенного выбранного лица с базой изображений остальных лиц. Сравнительными характеристиками подобных систем являются вероятность ошибочного распознавания и вероятность ошибочного отказа в распознавании. Дополнительно к данным характеристикам, чтобы оценить систему автоматической идентификации лица, используют оценку устойчивости к возмущению изображений. Она определяется следующими факторами: сложный фон, изменение освещения, вариантов прически и др.

Таким образом, чтобы выбрать алгоритм или набор алгоритмов распознавания лиц для автоматизированной системы идентификации по лицу необходимо учитывать систему оценок рабочих характеристик определенной системы, которая определяется на этапе проектирования и соответствует ограничениям в эксплуатации этой выбранной системы.

В настоящее время системы распознавания лиц на основе *CNN* являются стандартом, за счёт повышенной точности по сравнению с другими методами. Кроме этого, подобные системы весьма просты в масштабировании и позволяют увеличивать точность за счёт увеличения обучающих наборов и/или пропускной способности сети. Тем не менее сбор большого количества, заранее отсортированных человеком, данных является весьма финансово- и трудозатратной задачей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1) А.А. Россиев, Итерационное моделирование неполных данных с помощью многообразий малой размерности. — М.: РАН, 2005.

2) Ф.Р. Гантмахер, Теория матриц. – М.: Наука, 1966. – 576 с.

3) Fisher, R.A. The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems // Annals of Eugenics. — 1936 Т. 7. — С. 179-188.

4) R.O. Duda, P.E. Hart, D.H. Stork Pattern Classification (2nd ed.) // Wiley Interscience. – 2000.

5) Vetter T. and Poggio T. Linear Object Classes and Image Synthesis From a Single Example Image. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 1997, Vol. 19, pp. 733-742

6) Lanitis A., Taylor C. J. and Cootes T. F. Automatic Interpretation and Coding of Face Images Using Flexible Models. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 1997, Vol. 19, pp. 743-756.

7) Самаль Д.И., Старовойтов В.В. – Подходы и методы распознавания людей по фотопортретам. - Минск, ИТК НАНБ, 1998. – 54с.

8) Самаль Д.И., Старовойтов В.В. Методика автоматизированного распознавания людей по фотопортретам // Цифровая обработка изображений. - Минск:ИТК, 1999.-С.81-85.

9) Самаль Д.И. Построение систем идентификации личности на основе антропометрических точек лица // Цифровая обработка изображений. - Минск:ИТК, 1998.-С.72-79.

10) Старовойтов В.В. Локальные геометрические методы цифровой обработки и анализа изображений. Мн:, 1997. – 284 с.

11) Brunelli R., Poggio T. Face recognition: features versus

templates // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1993. - Vol. 15. - No 10. - P. 235-241.

12) Rabiner L. R. A tutorial on Hidden Markov Models and selected applications in speech recognition // Proceedings of the IEEE, 1989. - Vol. 77(2). - P. 257-285.

13) К. Роберт, Основные концепции нейронных сетей, Москва: Издательский дом Вильямс, 2003.

14) Т. Хоп, Learning TensorFlow: A Guide to Building Deep Learning Systems, 2017.

15) Визильтер Ю.В., Морзеев Ю.В., Каратеев С.Л., Бекетова И.В. Методы биометрической идентификации человека по изображениям его лица.

16) J. J. Hopfield Neural with graded response have collective computational properties like those of two-state neurons. — 1984.

17) Уоссермен, Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика = Neural Computing. Theory and Practice. — М.: Мир, 1992. — 240 с.

18) Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей. Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильяме», 2001. - 284 с.

Статья поступила в редакцию 02.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 519. 816

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К ЕЕ ОСНОВНЫМ КОМПОНЕНТАМ

© 2020

Чихладзе Зураб Давидович, аспирант
Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования «Научно – образовательный центр ВКО «Алмаз – Антей»
(121471, г. Москва, ул. Верейская д.41, строение 2, email: onizurka@gmail.com)
Поляков Андрей Александрович, аспирант
Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования «Научно – образовательный центр ВКО «Алмаз – Антей»
(121471, г. Москва, ул. Верейская д.41, строение 2, email: polyakovaa1589@gmail.com)
Шевченко Роман Викторович, кандидат технических наук, заместитель главного инженера
АО «РПТП «Гранит»
(390039, г. Рязань, ул. Интернациональная, д.1Г)

Аннотация. В статье обосновывается целесообразность разработки новых способов графического представления информации посредством комплексного подхода к измерению эффективности основных компонентов визуализации статистической информации в рамках работ предприятий оборонно-промышленного комплекса. Существующие методы мониторинга производственных процессов, применяемые на большинстве промышленных предприятий не в полной мере, отвечают современным требованиям к ритму управления, они требуют модернизации с учетом накопленного опыта. Целью работы является повышение эффективности оперативного восприятия производственной информации и оптимизация использования трудовых и финансовых ресурсов производства путем совершенствования методов мониторинга и анализа производственных процессов руководством и непосредственными исполнителями работ на основе перехода к более эффективным методам представления информации. С этой целью анализируются методы восприятия, графического представления данных и предлагаются критерии оценки эффективности визуализации процессов. Результатом работы является обоснование способа визуального представления данных, в том числе с использованием трёхмерного интерфейса технологии дополненной реальности.

Ключевые слова: визуализация, восприятие, графическая информация, когнитивность, озарение, эффективность восприятия, теоретическая оценка эффективности восприятия.

DEFINING WAYS TO VISUALLY PRESENT INFORMATION THROUGH AN INTEGRATED APPROACH TO MEASURING THE EFFECTIVENESS OF THE MAIN VISUALIZATION COMPONENTS

© 2020

Zurab Davidovich Chikhladze, post-graduate
"scientific and educational center of VKO" Almaz-Antey»
(121471,Moscow, Vereyskaya str., 41, building 2, email: onizurka@gmail.com)
Polyakov Andrey Alexandrovich, post-graduate
Autonomous non-profit organization of additional professional education education "scientific and educational center of VKO" Almaz-Antey»
(121471,Moscow, Vereyskaya str., 41, building 2, email: polyakovaa1589@gmail.com)
Shevchenko Roman Viktorovich, candidate of technical Sciences, Deputy chief engineer of JSC «RPTP «Granit»
(390039, Ryazan, ul. International, 1G)

Annotation. The article substantiates the expediency of developing new ways of graphical representation of information through an integrated approach to measuring the effectiveness of the main components of statistical information visualization in the framework of the work of enterprises of the military-industrial complex. The existing methods of monitoring production processes, which are used in most industrial enterprises, do not fully meet modern requirements for the rhythm of management, they require modernization taking into account the accumulated experience. The aim of this work is to increase the effectiveness of the operational perception of production information, and optimize use of human and financial resources, through improved monitoring and analysis of production processes management and direct executors of works based on the transition to more efficient methods of presenting information. For this purpose, methods of perception and graphical representation of data are analyzed and criteria for evaluating the effectiveness of process visualization are proposed. The result of the work is the justification of the method of visual representation of data, including using a three-dimensional interface of augmented reality technology.

Keywords: visualization, perception, graphic information, cognition, insight, perception efficiency, theoretical assessment of perception efficiency.

Введение. С каждым годом на разных уровнях функционирования предприятия происходит увеличение объемов собранных статистических данных, сроков обработки на каждом этапе, что ведет к росту человеческих и материальных затрат, к рискам человеческой ошибки, а также усложняет процесс общего восприятия информации. Помимо прочего, большие объемы данных становятся сложными для эффективного восприятия текущего состояния протекающих производственных процессов и их причинно-следственных связей. Одним из наиболее практичных способов решения данной проблемы является преобразование вербальной информации в графические образы, более наглядные с точки зрения восприятия [1].

Визуализация. Визуализация является мощным инструментом обнаружения и правильной интерпретации информации, позволяющим графически отобразить ее. Визуализация преследует две цели: коммуникация и выявление смысла (результат анализа информации). Схема процесса визуализации представлена на рисунке 1 [2].

Рисунок 1 - Схема процесса визуализации

Преобразование информации в визуальный формат сопряжено с проблемой формы отображения. Перевод абстрактного содержания информации в видимые физические атрибуты (размер, цвет, положение и форма) может быть реализован, если присутствует понимание основных принципов проектирования, вытекающих из особенностей человеческого восприятия [3].

Восприятие. Эффективность визуализации оценивается мерой упрощения восприятия информации, достигаемого данным способом, в результате выбора одного из возможных вариантов смещения баланса между аналитическим и визуальным восприятием. В процессе аналитического восприятия вербальной информации, функция познания осуществляется об--ластью коры головного мозга, расположенной в лобной части, процесс восприятия ввиду физиологических механизмов происходит медленно, и, следовательно, неэффективно. Визуальное восприятие графической информации обрабатывается зрительной областью коры, которая располагается в задней части мозга, и происходит быстрее и продуктивнее. Традиционные методы представления и осмысления информации требуют значительных затрат ресурсов мозга на осмысление информации (рис. 2.а). Визуализация информации смещает баланс в область более эффективного восприятия (рис. 2.б).

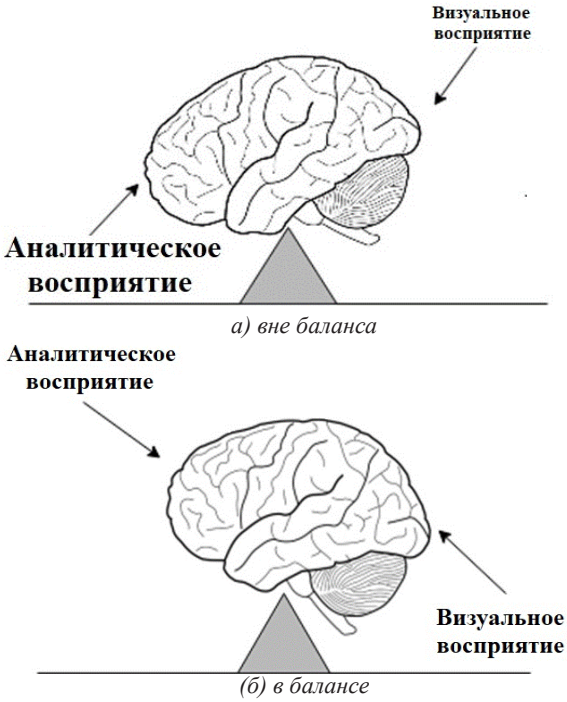


Рисунок 2 - Баланс восприятия информации в зависимости способа представления

Сильной стороной визуализации информации является способность человека обрабатывать визуальную информацию быстрее, чем вербальную. Надлежащие использование множества методов визуализации информации позволяет облегчить анализ информации и осуществлять его более оперативно и наглядно.

Эффективность визуализации основывается на качестве анализа и восприятия оперативной информации, к показателям эффективности можно отнести:

– наглядность (степень определяющая перегруженность или достаточность визуального представления информации);

– скорость искажений (скорость распознания информации как отдельных элементов, так и визуального представления в целом);

– время отклика (время необходимое человеку для принятия решения, на основе осмысленной информации).

Визуализация наиболее продуктивна в случае сокращения когнитивной нагрузки за счет смещения нагрузки на память. Дальнейшее определение качества восприятия и оценки визуальных представлений требует сбора эмпирического материала, а сами под-

ходы к оценке эффективности [4-8] современными методиками используют такие показатели как наглядность, производительность, степень качества отображения, оценка восприятия и др.

Графическая визуализация. Способы отображения информации напрямую зависят от ее объёма. Для определения наиболее подходящих способов отображения рассмотрим в качестве примера платформу *E3*, разработанную Апперли Д. М. и Леунгом К. Я. [9].

Элементы платформы *E3*, такие как выразительность, эффективность и результативность, дают возможность точно выстроить по порядку представления и задачи восприятия. Схема платформы *E3* представлена на рисунке 3.

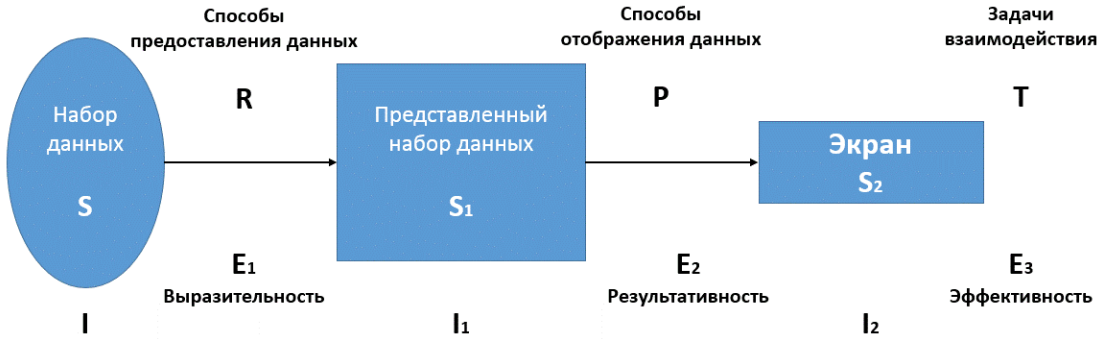


Рисунок 3 - Платформа E3

Работы в области методов оценки умственных усилий и производительности [6] позволяют осуществлять общую оценку когнитивной нагрузки.

В разрабатываемых технологических решениях в качестве самой высокой меры оценки эффективности восприятия возможно использование понятие озарения, что отмечено в исследованиях [8], [10], [11]. Озарение [8] представляет собой глубокое и точное понимания информации, и его можно рассматривать как единицу измерения открытия. В свою очередь в озарении наиболее важную роль играет процесс осмысления [12].

Если рассматривать опыт работ в данной предметной области, можно сделать вывод, что использование эффективных методов визуализации – вопрос отчасти этический, так как он затрагивает не только сами технологии, но и тех, кто пользуется данными технологиями в конечном итоге. Не стоит забывать, что ответственность в выборе действительно эффективных методов при интеграции в рабочую среду может оказаться как полезным инструментом, так и дополнительной нагрузкой. В связи с этим, необходимо учитывать данный фактор при разработке и внедрении технологий и методов визуализации [13].

Методы оценки и расчет эффективности восприятия. Рассмотрим на основе модели *SvEm* [14] методику оценки эффективности восприятия участниками эксперимента (далее – пользователями) разрабатываемого метода визуализации информации. Модель методики оценки эффективности восприятия базируется на применении комплексного подхода к измерению эффективности для следующих компонентов модели восприятия:

– пользователь;
– визуализация;
– когнитивное восприятие пользователь.

Данная модель учитывает накопленный пользователем опыт визуализации инцидентов. Графическое представление модели приведено на рисунке 4, где присутствуют вышеназванные компоненты [15]. В центре модели расположена область, где восприятие возникает как результат объединения когнитивного восприятия, пользователя и визуализации.

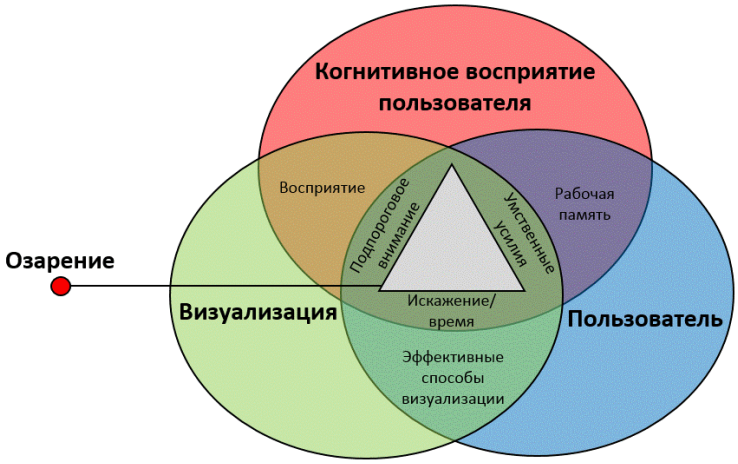


Рисунок 4 - Иллюстрация взаимосвязи компонентов «Пользователь», «Визуализация» и «Когнитивное восприятие пользователя»

Для оценки и определения наиболее эффективных способов разрабатываемой системы визуализации, необходимо произвести расчет. Используем в этих целях формулы алгоритма *SvEm*, [14] основанный на следующих показателях:

- теоретической оценке искажения (*dsvem*);
- теоретической оценке времени (*tsvem*).

Теоретические оценки искажения и времени рассчитываются по формулам:

$$d_{svem} = \frac{\frac{w*h}{Sv_f} * d_n}{Cl * t_{me} * n_{clicks}} > 50\%$$

$$t_{svem} = \frac{(Cl * t_{me})}{n_{clicks} * Sv_f / d_n} \leq 0,25 \text{ сек.}$$

где $w*h$ – размеры рабочей поверхности устройства визуального отображения информации, S_{vf} – количество визуальных элементов, d_n – n-размерная область визуализации событий, Cl – когнитивная нагрузка (количество идентифицируемых признаков во время первичного ознакомления), t_{me} – нагрузка на рабочую память (усилие, основанное на временных оценках рабочей памяти), n_{clicks} – количество взаимодействий с визуализацией.

Теоретическая оценка основана на искажении и времени. В свою очередь, на скорость искажения влияют:

– размеры устройства отображения графической информации;

– знания пользователя;

– количество кликов (количество переходов).

Время – это относительно постоянная, известная в психологии как минимальное время для понимания информации [16] в процессе восприятия, и составляет около 0,25 сек.

Нагрузка на память (t_{me}) и когнитивная нагрузка (Cl) рассчитываются на основании результатов теоретических исследований.

Визуализация посредством технологии дополненной реальности, сильные и слабые стороны. Технология дополненной реальности – технология, позволяющая интегрировать информацию с объектами реального мира в форме текста, компьютерной графики, аудио и иных представлений в режиме реального времени. Технологии виртуальной и дополненной реальности представляют собой сложные технологические разработки, позволяющие расширить пользовательское взаимодействие с окружающей средой. Это взаимодействие достигается с помощью 3D–очков или шлемов дополненной реальности, или же иной формы проецирования графики для человека.

Одной из самых сильных сторон визуализации в технологии дополненной реальности является погружение в интерактивное и совместное многопользовательское визуальное пространство исследования данных. Технология стремительно улучшается, в том числе благодаря развитию индустрии развлечений. Отображение данных в трех измерениях может ускорить восприятие информации по сравнению двумерным представлением. К недостаткам визуализации в технологии дополненной реальности можно отнести неудобное представление текстовой информации, такой как уравнения, формулы или определения. Проблема усугубляется тем, что пользователи могут выбрать любую точку обзора, которую они , что может привети к нарушениям работы вестибулярного аппарата и усталости нервной системы, симптомы которой включают тошноту, рвоту, напряжение глаз, дезориентацию, атаксию и головокружение. Основываясь на вышесказанном, можно сделать вывод о том, что технологии дополненной реальности рационально использовать для визуальных представлений в части многомерных сложных наборов данных аналитики.

Заключение. Множество возникающих перед руководством предприятия вопросов в выявлении узких мест, анализе, планировании и гибком управлении ресурсами в условиях сжатых сроков, а также ввиду перенасыщения вербальной информацией создает эффект перегруженности, что и решает вопрос визуального представления [17], [18].

Использование эффективных визуальных представлений повышает оперативность восприятия информации, общей - для высшего руководства и частной - для непосредственных исполнителей работ информации, что позволяет наиболее продуктивно выполнять поставленные задачи. Определение способов визуального представления информации, посредством комплексного подхода к измерению эффективности основных компонентов визуализации, позволит подобрать наиболее рациональные методы визуальных представлений информации, что в свою очередь должно привести к увеличению производительности и более рациональному использованию трудовых и финансовых ресурсов производства. Одним из наиболее перспективных в настоящее время инструментов визуальных предс-тавлений многомерных сложных наборов данных аналитики [19], [20], является трёхмерный интерфейс технологии дополненной реальности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Пилюгин В.В. Компьютерная геометрия и визуализация. М. : МИФИ, 2005. 120 с.
2. Касьянов В., Касьянова Е. Визуализация информации на основе графовых моделей. Научная визуализация. 2014. Том 6. Выпуск. 1. С. 21-40
3. Rikke Friis Dam Mads Soegaard. The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed., chapter 35. Data Visualization for Human Perception by Stephen Few. The Interaction Design Foundation, 2013.
4. J. Garae and R. K. L. Ko. Visualization and Data Provenance Trends in Decision Support for Cybersecurity, pages 243–270. Springer International Publishing, Cham, 2017.
5. L. Harrison, F. Yang, S. Franconeri, and R. Chang. Ranking visualizations of correlation using weber's law. IEEE transactions on visualization and computer graphics, 20(12):1943–1952, 2014.
6. W. Huang, P. Eades, and S.-H. Hong. Measuring ef-

fectiveness of graph visualizations: A cognitive load perspective. Information Visualization, 8(3):139–152, 2009.

7. T.Okoshi,J.Ramos,H.Nozaki,J.Nakazawa, A.K.Dey,and H.Tokuda. Attelia: Reducing user's cognitive load due to interruptive notifications on smart phones. In Pervasive Computing and Communications (PerCom), 2015 IEEE International Conference on, pages 96–104. IEEE, 2015.

8. J. S. Yi, Y.-a. Kang, J. T. Stasko, and J. A. Jacko. Understanding and characterizing insights: how do people gain insights using information visualization? In Proceedings of the 2008 Workshop on BEyond time and errors: novel evaLuation methods for Information Visualization, page 4. ACM, 2008.

9. Y. K. Leung and M. D. Apperley. E3: Towards the metrication of graphical presentation techniques for large data sets. In International Conference on Human-Computer Interaction, pages 125–140. Springer, 1993.

10. P. Saraiya, C. North, and K. Duca. An insight-based methodology for evaluating bioinformatics visualizations. IEEE transactions on visualization and computer graphics, 11(4):443–456, 2005.

11. P. Saraiya, C. North, V. Lam, and K. A. Duca. An insight-based longitudinal study of visual analytics. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 12(6):1511–1522, 2006.

12. P. Pirolli and S. Card. The sensemaking process and leverage points for analyst technology as identified through cognitive task analysis. In Proceedings of international conference on intelligence analysis, volume 5, pages 2–4, 2005.

13. Колычев В.Д. Планирование и анализ инновационных проектов с использованием сетевых моделей с альтернативной структурой. Естественные и технические науки. Т. 1, 2012. С. 278-284

14. Jeffery Garae ; Ryan K. L. Ko ; Mark Apperley. A Full-Scale Security Visualization Effectiveness Measurement and Presentation Approach. IEEE International Conference On Trust, Security And Privacy In Computing And Communications. 12th IEEE International Conference On Big Data Science And Engineering (TrustCom/BigDataSE), 2018.

15. Математические основы управления проектами: Учебн. пособие / С.А. Баркалов, В.И. Воропаев, Г.И. Секлетова [и др.]. Под. ред. В.Н. Буркова. М. : Высшая школа, 2005. 423 с.

16. T.Okoshi,J.Ramos,H.Nozaki,J.Nakazawa,A.K.Dey,andH.Tokuda. Attelia: Reducing user's cognitive load due to interruptive notifications on smart phones. In Pervasive Computing and Communications (PerCom), 2015 IEEE International Conference on, pages 96–104. IEEE, 2015.

17. Румянцев В.П., Низаметдинов Ш.У. Проектирование сетевых моделей планирования и управления. М. : МИФИ, 1987. 137 с.

18. Румянцев В.П., Низаметдинов Ш.У. Автоматизация календарного планирования комплексов работ. М. : МИФИ, 1989. 125 с.

19. S. Hahn T Proffen J Daniel M Matheson M. Drouhard, C. A. Steed. Immersive visualization for materials science data analysis using the oculus rift. 2015 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), 2015.

20. S. Asada R. Burkhard B. Klein S. Mueller Arisona S. Schubiger J. Perhac, W. Zeng. Urban fusion: Visualizing urban data fused with social feeds via a game engine. Information Visualisation (IV). 2017 21st International Conference, 2017.

Статья поступила в редакцию 04.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 004.6

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА В СФЕРЕ МАЛОГО АГРОБИЗНЕСА

© 2020

Кудашева Мария Семеновна, кандидат экономических наук,
доцент кафедры «Автоматизация и управление»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: msi1958.20@mail.ru)

Аннотация. В рамках цифровизации экономики важным вопросом является использование информации как ресурса конкурентоспособности участника бизнес-процессов. Предметная область исследования – сельское хозяйство. Целью исследования является создание многокритериальной математической модели выбора информационного ресурса для удовлетворения информационной потребности пользователя в сфере агробизнеса. Объект исследования – малые формы хозяйствования. Предмет исследования – информационные потребности данного вида пользователей информации. Основной методологической базой является теория информации, теория множеств, теория вероятности и формула «5W + 1H». В статье рассмотрены процесс удовлетворения информационных потребностей, понятие информационного запроса и субъективности его сущности. В качестве исходных характеристик информационной потребности заданы релевантность, полнота, актуальность, доступность, достоверность. Для каждой из характеристик предложены частные критериальные функции. Оценка параметров и расчет частных критериальных функций проводится на основе экспертной оценки. Построена целевая функция модели и продемонстрировано ее применение на частном случае информационной потребности фермера в рамках процесса финансового обеспечения его деятельности. Область применения описанной модели распространяется на весь набор возможных для моделирования информационных потребностей коллективных пользователей в сфере малого агробизнеса.

Ключевые слова: сельское хозяйство, малые формы хозяйствования, информационная потребность, информационный запрос, математическая модель выбора, критерий, целевая функция.

MULTI-CRITERIA MODEL FOR INFORMATION RESOURCE SELECTING IN THE SMALL AGRIBUSINESS FIELD

© 2020

Kudasheva Mariya Semenovna, candidate of Economic Sciences,
associate Professor of sub-departmen “Automation and control”
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: msi1958.20@mail.ru)

Abstract. As part of the digitalization of the economy, an important issue is the use of information as a resource for the competitiveness of a participant in business processes. The subject area of the study is agriculture. The purpose of the study is to create a multi-criteria mathematical model for selecting an information resource to meet the user's information needs in the field of agribusiness. The object of research is small forms of management. The subject of the study is the information needs of this type of information users. The main methodological basis is information theory, set theory, probability theory, and the "5W + 1H" formula. The article deals with the process of meeting information needs, the concept of an information request and the subjectivity of its essence. Relevance, completeness, relevance, availability, and reliability are set as the initial characteristics of the information need. Special criteria functions are proposed for each of the characteristics. Estimation of parameters and calculation of individual criterion functions are carried out on the basis of expert evaluation. The objective function of the model is constructed and its application is demonstrated in the special case of the information needs of the farmer in the process of financial support of his activities. The scope of the described model extends to the entire set of possible information needs for modeling collective users in the field of small agribusiness.

Keywords: agriculture, small business forms, information need, information request, mathematical model of choice, criterion, target function.

Введение. Современный период функционирования бизнеса характеризуется турбулентностью экономики, диссонансом мировых финансовых, информационных и товарных потоков, нестабильностью политической ситуации и перенасыщением мирового рынка товарами народного потребления [1]. В таких условиях функционирование малого бизнеса становится с одной стороны залогом выживаемости экономических сообществ, а с другой – крайне трудным мероприятием [2].

Особого внимания заслуживает малый бизнес в сфере сельского хозяйства обеспечивающего, с одной стороны, продовольственную безопасность страны, а с другой – развитие ее территорий. В России по состоянию на 01.01.2019 25% населения страны проживает в сельской местности, 13% земель относятся к сельскохозяйственным угодьям, в структуре ВВП сельское хозяйство занимает более

3% [3]. Продукция сельского хозяйства в 2018 году составила 5119,8 млрд. рублей, из которых 45% произведено в хозяйствах населения и крестьянских (фермерских) хозяйствах [4]. Таким образом, роль малого агробизнеса в сельскохозяйственном производстве значительна, что и объясняет его выбор как объекта настоящего исследования. С позиций цифровизации экономики малый агробизнес можно рассматривать как форму организации коллективных пользователей информации. Предмет исследования – информационные потребности данной группы пользователей информации [5]. Круг информационных потребностей представителей малого агробизнеса можно описать по основным видам их деятельности: снабжение, сбыт, производство, бухгалтерский учет и юридические вопросы, кадровый потенциал, государственная и финансовая поддержка [6].

В своей деятельности малый агробизнес вынужден преодолевать большое число барьеров (рис. 1), что подтверждается известными результатами анализа статистических и эмпирических данных в этой области [7].

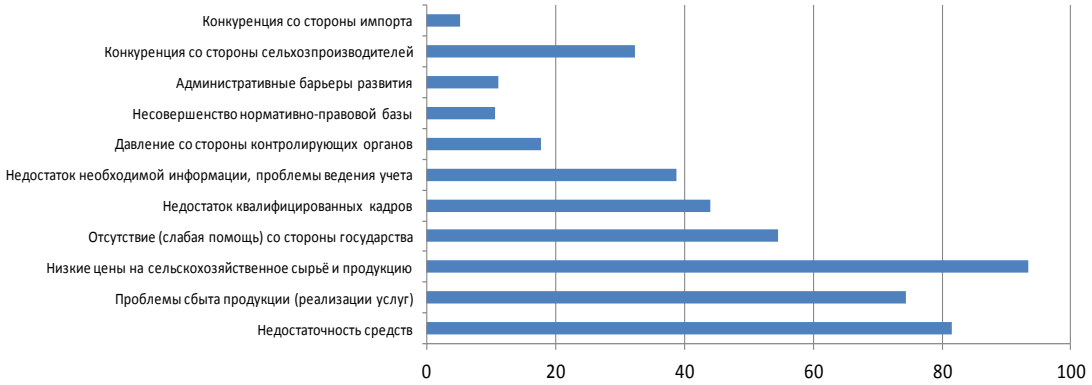


Рисунок 1 – Барьеры в функционировании малого агробизнеса

В представленных условиях важным вопросом становится управление информационными потоками как залог повышения устойчивости и конкурентоспособности малых форм хозяйствования. Усилия ученых в этих условиях направлены на развитие технических систем информационно-консультационных служб – систем сбора информации, мониторинга производственного процесса, автоматизированной навигации [8, 9, 10]. Отдельно стоит выделить как новые направления в информационной логистике агробизнеса темы интернета вещей [11, 12] и сельскохозяйственного мобильного консалтинга [13, 14], в которых вопросы потребности в информации непосредственно малого агробизнеса рассматриваются поверхностно.

В целом процесс удовлетворения информационных потребностей делится на несколько этапов [15]:

1. *Возникновение мотива.* Субъект начинает испытывать дискомфорт от рассогласования между имеющимися и нужными знаниями.

2. *Осознание потребности.* Субъект формулирует вопрос, на который будет искать ответ.

3. *Программа поиска.* Субъект вырабатывает стратегию «добывания» необходимого знания, определяет источники информации.

4. *Поисковое поведение.* Субъект обращается к избранному источнику информации, при необходимости – к нескольким, пока не снимет свое состояние когнитивного дефицита.

В настоящей работе рассматриваются пути повышения эффективности программы поиска в части выбора источника информации, а целью ставится создание многокритериальной математической модели выбора информационного ресурса. В качестве методологической базы применим инструментарий теории множеств, теории информации, методы теории вероятности и математической статистики. Для оценки параметров и расчета частных критериальных функций предлагается использовать экспертную оценку представителей малых форм хозяйствования.

Материалы и результаты исследований. Выбор информационного ресурса для удовлетворения информационной потребности определяется по изначально сформированному информационному запросу.

Информационный запрос представляет собой выражение информационной потребностей субъекта в активной форме [16]. Субъектом является пользователь информации, а именно представитель малого агробизнеса (председатель или член кооператива, собственник или сотрудник крестьянского (фермерского) хозяйства, индивидуальный предприниматель), а также владельцы личных подворных хозяйств.

Информационный запрос отражает знание пользователя о необходимом наборе данных, требуемых ему в конкретном наборе условий для решения поставленной задачи. Выбор набора данных сни-жает степень неопределенности пользователя в рамках информационной потребности [17]. При формировании запроса субъект отражает суть потребности, описывает образ информации в соответствии со своими представлениями и информационными возможностями. Так как эти категории носят субъективный характер, то и информационный запрос по сути своей субъективен.

Решающим условием эффективного удовлетворения информационной потребности является яс-

ное осознание и четкое выражение того, в каких сведениях нуждается потребитель для решения поставленной задачи. Учитывая субъективный характер информационного запроса и разный уровень информационных возможностей пользователей информации, необходимо предложить универсальный механизм для описания информационного запроса. Для моделирования процесса выбора информационного ресурса, оптимально соответствующего информационной потребности, предлагается формулировать информационный запрос в расширенном понимании по методу Киплинга (формула «5W + 1H») [18]. Для описания многокритериальной модели выбора информационного ресурса применим метод объективного выбора с использованием последовательных потоков данных [19]. Формирование модели выбора информационного ресурса и описание информационных потребностей по методу Киплинга рассмотрено ранее в статье «Информационные потребности малого агробизнеса» (XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Пенза: Пензенский государственный технологический университет. 2019. № 1 (45). С. 48-52).

При использовании модели многокритериального выбора информационного ресурса для удовлетворения информационной потребности представителей малого агробизнеса в качестве исходных характеристик информационной потребности предлагается использовать следующие свойства информации:

- релевантность R – способность информации соответствовать информационному запросу;
- полнота P – свойство информации исчерпывающе характеризовать ответ на информационный запрос;
- актуальность A — это способность информации сохранять свою полезность (ценность) для удовлетворения во времени;
- доступность Ds – свойство информации, характеризующее возможность ее получения субъектом информационной потребности;
- достоверность Dt – свойство информации не иметь скрытых ошибок.

Так как максимальное значение каждой характеристики равно единице, то этап нормирования характеристик пропускаем и получаем множество коэффициентов информационной потребности:

$$K_i = \left\{ K_R, K_P, K_A, K_{Ds}, K_{Dt} \right\}$$

В качестве существенных параметров выбраны коэффициенты K_R, K_P, K_{Dt} как наиболее влиятельные в плане удовлетворения информационной потребности. Для выбранных параметров предложено использовать следующие частные критериальные функции.

1. Релевантность

$$f^{(M)}(K_R^S) = \frac{N_p}{N_0},$$

где N_p – объем релевантной информации;

N_0 – общий объем анализируемой информации. При анализе будем понимать под N_0 общее количество просмотренных источников, выданных на запрос, а под N_p – количество релевантных среди общего объема [20].

2. Полнота. Для построения частной критериальной функции параметра K_P необходимо экспертным путем заполнить объектно-характеристическую таблицу каждого источника удовлетворения информационной потребности. Объектно-характеристическая таблица представляет собой двумерную матрицу D, по столбцам которой размещен перечень наименований объектов, процессов или явлений, которые входят в круг информационной потребности субъекта, а по строкам – наименования их характеристик (параметров), значения которых необходимы для удовлетворения информационной потребности. Набор объектно-характеристических таблиц по определенной модели информационной потребности, описанной в соответствии с формулой «*5W+1H*» является информационным кадастром потребности. Далее обозначим через $d_{\mu\nu}$ элемент, находящийся в μ-ой строке и ν-ом столбце матрицы D рассматриваемого компонента соответствующего информационного кадастра, причем:

$$d_{\mu\nu} = \begin{cases} 1, \text{ если по данному элементу информация имеется;} \\ 0, \text{ в противном случае.} \end{cases}$$

Тогда в качестве частной критериальной функции для оценки полноты информации примем следующую формулу:

$$f^{(M)}(K_P^S) = \frac{\sum_{\forall\mu}\sum_{\forall\nu} d_{\mu\nu}}{mn},$$

где m – число строк, n – число столбцов в рассматриваемой объектно-характеристической таблице [20].

3. Достоверность:

$$f^{(M)}(K_{Dt}^S) = 1 - \frac{d}{Q},$$

где d – число искажений; Q – объем информации.

Частные критериальные функции параметров, не вошедших в группу существенных, имеют следующий вид:

1) актуальность:

$$f^{(M)}(K_A) = \frac{Z_t}{Z_{to}},$$

где Z_t – полезность информации в момент времени ее использования, Z_{t0} – полезность информации в момент времени ее получения.

2) доступность:

$$f^{(M)}(K_{Ds}) = \frac{1}{2E}\sum_{e=1}^{D}(M_e)$$

где E – возможное количество объектов доступа к информации для удовлетворения информационной потребности; M_e – объект доступа к информации для удовлетворения информационной потребности; e – номер источника доступа к информации.

Для оценки параметров и расчета частных критериальных функций предлагается использовать экспертную оценку. В качестве экспертов могут выступать представители малого агробизнеса.

Целевую функцию модели опишем выражением:

$$J^{(\mathrm{M})}(x) = f^{(\mathrm{M})}(\mathrm{K}_R^S) + f^{(\mathrm{M})}(\mathrm{K}_P^S) + f^{(\mathrm{M})}(\mathrm{K}_{Dt}^S) + 0.5 * f^{(\mathrm{M})}(\mathrm{K}_A) + 0.5 f^{(\mathrm{M})}(\mathrm{K}_{Ds})$$

Весовые коэффициенты перед частными критериальными функциями параметров K_A и K_{Ds} учитывают их относительную значимость при выборе информационного ресурса для удовлетворения информационного запроса в рамках информационной потребности представителя малого агробизнеса.

Так как диапазон частных критериальных функций варьируется от 0 до 1, значение целевой функции попадает в диапазон 0…4. Интервал значений целевой функции разделим на три зоны:

1) зона низкой информативности (0 … 1,5);
2) зона средней информативности (1,5 … 3);
3) зона высокой информативности (3 … 4).

Информационные ресурсы, попадающие в зону низкой информативности, будут считаться неудовлетворительными в отношении информационной потребности представителя малого агробизнеса. Информационные ресурсы, значение функции для которых относится к зоне высокой информативности, считаются приоритетными для удовлетворения информационного запроса в рамках информационной потребности представителей малого агробизнеса. Информационные ресурсы, которые можно отнести к зоне средней информативности, можно считать допустимыми для удовлетворения информационной потребности.

Продемонстрируем применение предложенной многокритериальной модели выбора информационного ресурса на частном случае информационной потребности представителя малого агробизнеса. На первом этапе опишем информационную потребность с использованием формулы «*5W+1H*»:

"Где?" – животноводство;

"Кто?" – фермер;

"Зачем?" – для привлечения финансовых ресурсов;

"Какая?" – об источниках финансирования деятельности малого агробизнеса (привлечение кредита). Тип информации – в исходном виде, текущая;

"Когда?" – немедленно;

"Как?" – в текстовой или табличной форме, в электронном виде, в исходном виде.

Уточним множество альтернативных вариантов реализации модели выбора в зависимости от характеристик формулы «*5W+1H*»:

*X*1 – сайт банка;

X2 – сайт гарантийного фонда;

X3 – сайт со сравнительной информацией по кредитам;

X4 – консультация с представителем районного агентства по развитию предпринимательства.

Была произведена оценка параметров модели с привлечением в качестве экспертов собственников крестьянских (фермерских) хозяйств, находящихся на территории Пензенской области (Российская Федерация). Результат оценки:

1. *Релевантность:* при оценке релевантности будем исходить из предположения, что общий объем информации, с которым познакомится пользователь, и определение ее релевантной части будет осуществляться экспертным путем в количестве источников. Экспертная оценка позволила определить следующие данные: для *X1* – *No*=10, *Np*=2; для *X2* – *No*=3, *Np*=1; для *X3* – *No*=8, *Np*=4; для *X4* – *No*=1, *Np*=1.

2. *Полнота:* для оценки данного параметра составим объектно-характеристические таблицы для каждого информационного источника. В качестве объектов, процессов или явлений, которые входят в круг информационной потребности субъекта, укажем данные о кредите. К его характеристикам отнесем (1) сумма, (2) срок, (3) ставка, (4) наличие обеспечения, (5) дополнительные расходы (страховка), (6) требования к заемщику, (7) расчет ежемесячного платежа. Соответственно получены матрицы по каждому из источников *X*.

3. *Достоверность:* при оценке достоверности будем исходить из предположения, что определение объема информации и числа искажений будет осуществляться в знаках экспертным путем. Экпертная оценка позволила определить следующие данные: для *X1* – *Q*=2000, *d*=10; для *X2* – *Q*=1000, *d*=10; для *X3* – *Q*=3 000, *d*=500; для *X4* – *Q*=3000, *d*=500.

4. *Актуальность:* при оценке актуальности будем исходить из предположения, что определение полезности информации в момент времени ее использования и в момент времени ее получения будет осуществляться в процентах экспертным путем от 0 до 100 баллов. Экспертная оценка позволила определить следующие данные: для *X1* – Z_{to}=100, Z_t=95; для *X2* – Z_{to}=100, Z_t=95; для *X3* – Z_{to}=80, Z_t=70; для *X4* – Z_{to}=95, Z_t=80.

5. *Доступность:* проанализировав описание модели выбора в зависимости от характеристик формулы «*5W+1H*» мы пришли к выводу, что возможно пять объектов доступа к информации (*E*=5): компьютер, телефон (смартфон), планшет, личный контакт и буклет. Если представить последовательность объектов как вектор, состоящий из: 1 – если доступ к информации через объект возможен и 0 – если не возможен. По получим следующие данные: для *X1* – M_1=[1,1,1,0,1], для *X2* – M_2=[1,1,1,0,1], для *X3* – M_3=[1,1,1,0,0]; для *X4* – M_4=[0,1,0,1,1].

Алгоритм расчета многокритериально модели для каждого информационного ресурса можно представить в виде схемы (рис. 2).

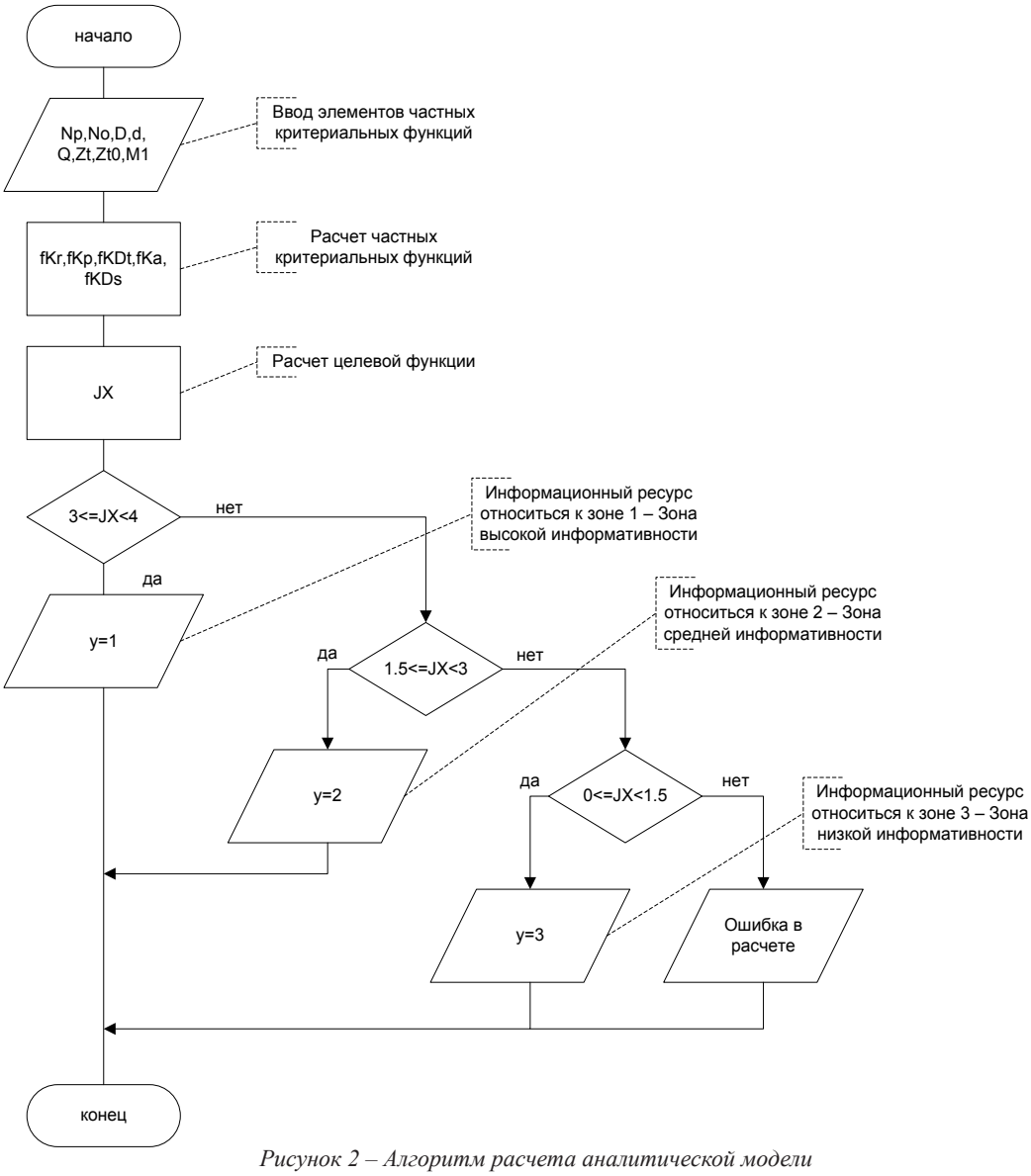


Рисунок 2 – Алгоритм расчета аналитической модели

Реализация модели многокритериального выбора информационного ресурса осуществлена с помощью математического редактора MathCAD. Пример расчетов для информационного ресурса «*X1* – сайт банка» представлен на рисунке 3.

В результате анализа определено, что в первую очередь стоит выбрать в качестве информационного ресурса для удовлетворения информационной потребности предложенной для моделирования источник *X4* – консультация с представителем районного агентства по развитию предпринимательства. По итогам моделирования можно составить следующий рейтинг информационных ресурсов:

X4 – консультация с представителем районного агентства по развитию предпринимательства ($J^{(M)}(X_4)$=3,119);

X1 – сайт банка ($J^{(M)}(X_1)$=2,87);

X2 – сайт гарантийного фонда ($J^{(M)}(X_2)$=2,855);

X3 – сайт со сравнительной информацией по кредитам ($J^{(M)}(X_3)$=2,635).

Выводы. В работе рассмотрена многокритериальная модель выбора информационного ресурса для удовлетворения информационной потребности пользователя в сфере агробизнеса.

Область применения данной модели распространяется на весь набор возможных для моделирования информационных потребностей коллективных пользователей в сфере малого агробизнеса.

Пользователями модели могут быть исследователи и научные сотрудники, представители организаций обеспечивающей инфраструктуры агробизнеса, органы власти и местного самоуправления, а также иные лица, заинтересованные в вопросе информационно-консультационного обслуживания агробизнеса.

Возможна адаптация модели для более широкой области исследования информационных потребностей коллективных пользователей в различных сферах деятельности за счет описания информационной потребности с применением формулы «*5W+1H*» и подбора соответствующих характеристик информационной потребности.

Множество аньтернативных вариантов реализации модели выбора

X1 - сайт банка

1. Релевантность

$Np1 := 2$ Объем релевантной информации (число источников)

$No1 := 10$ Общий объем информации (число источников)

$fKr1 := \frac{Np1}{No1}$ Частная критериальная функция оценки реливантности

$fKr1 = 0.2$

2. Полнота

$$D1 := \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Объектно-характеристическая таблица источника

$m1 := rows(D1) = 7$ Число строк матрицы D1

$n1 := cols(D1) = 1$ Число столбцов матрицы D1

$$fKp1 := \frac{\sum D1^{\langle 0 \rangle}}{m1 \cdot n1}$$

Частная критериальная функция оценки полноты

$fKp1 = 1$

3. Достоверность

$d1 := 10$ Число искажений (знаков)

$Q1 := 2000$ Объем информации (знаков)

$fKDt1 := 1 - \frac{d1}{Q1}$ Частная критериальная функция оценки достоверности

$fKDt1 = 0.995$

4. Актуальность

$Zt1 := 95$ Полезность информации в момент времени ее использования (баллы)

$Zt01 := 100$ Полезность информации в момент времени ее получения (баллы)

$fKa1 := \frac{Zt1}{Zt01}$ Частная критериальная функция оценки актуальности

$fKa1 = 0.95$

5. Доступность

$M1 := (1 \;\; 1 \;\; 1 \;\; 0 \;\; 1)$ Вектор последовательности объектов

$E1 := cols(M1) = 5$ Возможное количесво объектов доступа

$fKDs1 := \frac{1}{2 \cdot E1} \cdot \sum M1$ Частная критериальная функция оценки доступности

$fKDs1 = 0.4$

Аналитическая модель целевой функции выбора информационного ресурса для X1

$JX1 := fKr1 + fKp1 + fKDt1 + 0.5 \cdot fKa1 + 0.5 \cdot fKDs1 = 2.87$

$$y1 := \begin{cases} 1 & \text{if } (3 \le JX1 < 4) \\ 2 & \text{if } (1.5 \le JX1 < 3) \\ 3 & \text{if } (0 \le JX1 < 1.5) \end{cases}$$

1 - Зона высокой информативности
2 - Зона средней информативности
3 - Зона низкой информативности

$y1 = 2$ Вывод: Ресурс X1 относится к зоне "2 - Зона средней информативности"

Рисунок 3 – Аналитическая модель многокритериального выбора для информационного ресурса X1

Подход к рассмотрению информационного обслуживания агробизнеса через подбор ресурсов с высокой информативностью в рамках информационного запроса может использоваться при разработке информационных ресурсов организациями рынка информационно-коммуникационных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Msoffe, G.E.P. Agricultural information dissemination in rural areas of developing countries: A proposed model for Tanzania / G.E.P. Msoffe, P. Ngulube // African Journal of Library Archives and Information Science. – 2016. – №26 (2). – P. 169-187.

2. Лямин, Б.М. О роли малых форм хозяйствования в повышении устойчивости сельских территорий/ Б.М. Лямин // Российский электронный научный журнал. – 2016. – № 3 (21). – С. 65-78.

3. Россия в цифрах - 2019 г. – Текст : электронный // Федеральная служба государственной статистики : [сайт]. – 2020. – URL: https://gks.ru/bgd/regl/b19_11/Main.htm (дата обращения 20.02.2020).

4. Intensification is the basis of Russian rural economy development / V.V. Sidorenko, A.I. Trubilin, A.B. Melnikov, et al. // International agricultural journal. – 2018. – Vol. 61. No. 1 (361). – P. 14-19.

5. Загидуллина, М.В. Теоретическая модель информационных потребностей/ М.В. Загидуллина // Челябинский гуманитарий. – 2011. – № 4 (17). – С. 35-37.

6. Лопатина, С.А. Выявление информационных потребностей сельскохозяйственных товаропроизводителей / С.А. Лопатина, С.И. Бекмансурова // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 2 (39). – С. 35-37.

7. Афанасьева, М.С. Исследование жизненного цикла некоммерческих сельскохозяйственных организаций / М.С. Афанасьева, Ю.В. Кармышова // Успехи современной науки и образования. – 2016. – №11. Том 3. – С. 85-90.

8. Data-centric UML profile for wireless sensors: Application to smart farming / J.E. Plazas, S. Bimonte, G. De Sousa, et al. // International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems. – 2019. – №10 (2). – P. 21-48.

9. GeoFarmer: A monitoring and feedback system for agricultural development projects / A. Eitzinger, J. Cock, K. Atzmanstorfer, et al. //Computers and Electronics in Agriculture. – 2019. – №158. – P. 109-121.

10. Development of a following agricultural machinery automatic navigation system / S. Li, H. Xu, Y. Ji, et al. // Computers and Electronics in Agriculture. – 2019. – №158. – P. 335-344.

11. Popli, S. A survey on energy efficient narrowband internet of things (NBIoT): Architecture, application and challenges / S. Popli, R. K. Jha, S. Jain // IEEE Access. – 2019. – №7. – P.16739-16776.

12. Khanna, A. Evolution of internet of things (IoT) and its significant impact in the field of precision agriculture / A. Khanna, S. Kaur // Computers and Electronics in Agriculture. – 2019. – №157. – P.218-231.

13. Upgrading Development and Application of Agricultural Information Service System Based onWeChat Public Platform - - A Case of WeChat Public Platform of 12396 Beijing new rural sci-techservice hotline./ W. Yu, Q. Guo, C. Luo, et al. // MATEC Web of Conferences. – 2018. – № 176. – P. 5-10.

14. Zhimei, L. Research on the development and preliminary application of 12396 new rural sci-tech service hotline wechat public platform. / L. Zhimei, L. Changshou, Z. Junfeng // Open Automation and Control Systems Journal. – 2014. – №6 (1). – P. 839-843.

15. Скворцова, Н.А. Информатизация общества как глобальный экономический процесс / Н.А. Скворцова // Научные Записки ОрелГИЭТ. – 2018. – № 3 (27). – С. 33-38.

16. Барахнин, В.Б.. Исследование информационных потребностей научного сообщества для построения информационной модели описания его деятельности/ В.Б. Барахнин, А.М. Федотов // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – 2008. – Т. 6. – № 3. – С. 48-59.

17. Юшко, О.Е. Информационные потребности малого и среднего бизнеса/ О.Е. Юшко, Е.А. Петрова // Веснік БДУ. Серыя 3, Гісторыя. Філасофія. Псіхалогія. Паліталогія. Сацыялогія. Эканоміка. Права. – 2007. – № 3. – С. 76–79.

18. 5W+1H pattern: a perspective of systematic mapping studies and a case study on cloud software testing / C. Jia, Y. Cai, Y. T. Yu, et al. // Journal of Systems and Software. – 2016. – №116. – P.206-219.

19. Сальников, И.И. Методы многокритериального выбора средств реализации проектируемой информационно-технической системы при разнородных условиях: монография / И.И. Сальников. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2016. – 184 с.

20. Чипига, А. Ф. Основы информационной безопасности: учебное пособие / А.Ф. Чипига. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2014. – 198 с.

Статья поступила в редакцию 20.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 641.13

ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУКИ ИЗ ВИНОГРАДНОЙ КОСТОЧКИ

© 2020

Смольянова Аля Павловна, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, e-mail: Alyasmol@mail.ru)
Волошина Марина Олеговна, ассистент кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: e-mail: mari6ka_o_g@list.ru)

Аннотация. Глобализация ассортимента хлебобулочных изделий на российском рынке требует повышения качества и пищевой ценности изделий хлебопекарной промышленности. Вектор инновационного развития ориентирован на изучение новых видов сырья. В этом аспекте определенный интерес представляет вторичный сырьевой ресурс растительного происхождения – мука из виноградной косточки. В статье рассмотрена возможность и целесообразность применения муки из виноградной косточки при производстве сдобных хлебобулочных изделий, проведен анализ органолептических показателей изделий, изготовленных с заменой части пшеничной муки высшего сорта на муку из виноградной косточки, сравнение с показателями изделий, изготовленных по традиционной рецептуре. Определены оптимальные дозировки растительных ингредиентов при создании новых рецептур хлебобулочных изделий. Предлагаемые хлебобулочные изделия обладают высокими показателями качества, отличными вкусовыми достоинствами.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, мука из виноградной косточки, органолептические показа-тели, пищевая и биологическая ценность.

THE FEASIBILITY OF PRODUCTION OF BAKERY PRODUCTS USING FLOUR FROM GRAPE SEEDS

© 2020

Smolyanova Alya Pavlovna, candidate of agricultural Sciences, associate Professor
«Food production»
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, travel Baydukova/Gagarin Street, 1A/11, e-mail: Alyasmol@mail.ru)
Voloshina Marina Olegovna, assistant the department «Food Production»
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, travel Baydukov/Gagarin Street, 1A/11, e-mail: e-mail: mari6ka_o_g@list.ru)

Annotation. Globalization of the range of bakery products on the Russian market requires an increase in the quality and nutritional value of bakery products. The vector of innovative development is focused on the study of new types of raw materials. In this aspect, a certain interest is the secondary raw material resource of plant origin – flour from grape seed. The article considers the possibility and expediency of the use of grape seed flour in the production of bakery products, the analysis of organoleptic characteristics of products made with the replacement of part of wheat flour on grape seed flour, comparison with the performance of products made according to the traditional recipe. The optimal dosage of plant ingredients in the creation of new formulations of bakery products. The offered bakery products have high quality indicators, excellent taste advantages.

Key words: bakery products, grape seed flour, organoleptic indicators, food and biological value.

Введение. Хлеб и хлебобулочные изделия занимают особую нишу в питании населения России, т.к. ежедневно входят в рацион человека. Хлеб и хлебобулочные изделия присутствуют в рационе людей примерно 10000 лет. На протяжении тысяч лет изменились люди, их знания, навыки и образ повседневной жизни. Неизбежно поменялись методики выращивания зерновых, наличие сортов зерновых и других культур и их питательная ценность. Методы приготовления, подготовка теста, дрожжи и разрыхлители, различные добавки в течение долгого времени изменялись и обогащались.

В настоящее время ассортимент хлебобулочных изделий увеличивается, благодаря применению наиболее дешевого и доступного сырья для среднестатистического покупателя. Одним из путей решения проблемы создания пищевых продуктов заданного химического состава, является использование нетрадиционного сырья растительного происхождения [1,2,3,4,5,6].

Обогащенные хлебобулочные изделия становятся все более востребованной группой пищевых продуктов в рационе современного человека. Это связано, в первую очередь, с необходимостью дополнения к рациону питания человека жизненно важных нутриентов и минеральных компонентов пищи. Разнообразие ассортимента происходит за счет внесения в рецептуру дополнительного сырья или замены части,

одним из вариантов является мука из виноградных косточек [7,8,9,10].

Мука из виноградной косточки изготавливается из жмыха, который остается после получения мас-ла. Даже в остаточном сырье содержится много витаминов группы В, а также А, С, Е. Результаты исследований отечественных и зарубежных ученых свидетельствуют, что мука из виноградной косточки улучшает физико-химические показатели хлебобулочных изделий и тем самым увеличивает содержание необходимых веществ таких как: ненасыщенные жирные кислоты, витамины, биологически активных веществ, дубильных веществ, каротиноидов, фосфолипидов, антиоксидантов, стеролов, минеральных веществ [10,11,12,13,14,15,16,17].

Одним из источников природных антиоксидантов являются косточки винограда которые содержат в себе целебные свойства [18,19]. Отметим лишь основные: защищают от биологического повреждения, вызванного избытком свободных радикалов, активизируют восстановительные функции организма, приостанавливают процесс старения, нейтрализуют враждебное влияние внешней среды, укрепляют и восстанавливают эластичность стенок сосудов, понижают опасность появления тромбов, улучшают зрение, стимулируют мужскую половую функцию и снижают риск возникновения рака простаты, поддерживают в тонусе женскую репродуктивную систему, повышают концент-рацию внимания за счет стимулирования передачи нервных импульсов, устраняют признаки длительной усталости, депрессии и стресса, избавляют от раздражительности и повышают работоспособность, уничтожают паразитов, обладают антигистаминным свойствами [20,21].

Целью настоящих исследований явилась разработка технологии сдобных хлебобулочных изделий, с обоснованием возможности и целесообразности использования муки из виноградной косточки в изделиях для повышения качества и расширения ассортимента.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: изучить влияние разных дозировок муки из виноградной косточки на качество готовых хлебобулочных изделий; определить физико-химические показатели; провести расчет пищевой и энергетической ценности хлебобулочных изделий.

Материалы и методы исследования. В исследованиях использовали традиционное для сдобных хлебобулочных изделий сырье: муку пшеничную высшего сорта - ГОСТ Р 52189-2003; сахар-песок ГОСТ 21-94; маргарин – ГОСТ 32188-2013; меланж яичный - ГОСТ Р 56382 - 2015; соль поваренную пищевую – ГОСТ Р – 58008-2017; дрожжи прессованные – ГОСТ Р – 54731-2011; воду питьевую – Сан ПиН 2.1.4.1074-2001. В качестве сырья, традиционно не применяемого при производстве хлебобулочных изделий, использовали: муку продовольственную из виноградных косточек (семечек) - ТУ 9146-472-37676459-2016.

В исследованиях применялись стандартные общепринятые методы, позволяющие определить пищевую ценность и органолептические показатели исследуемых объектов.

Результаты и их обсуждение. Контрольным образцом хлебобулочного изделия послужила рецептура № 168 «Булочка Домашняя» [22].

В эксперименте исследовались образцы с частичной заменой пшеничной муки высшего сорта на муку из виноградной косточки. Были приготовлены следующие образцы:

Образец 1 – контроль (без муки из виноградной косточки);

Образец 2 – вариант с заменой 1,5 % пшеничной муки на виноградную;

Образец 3 – вариант с заменой 3 % пшеничной муки на виноградную;

Образец 4 – вариант с заменой 6 % пшеничной муки на виноградную.

Добавку вносили в нативном виде в смеси с пшеничной мукой. После выпечки полуфабрикатов была проведена органолептическая оценка в соответствии с ГОСТ 5667-65. В таблице 1 приведены данные по влиянию добавки на показатели качества готовых хлебобулочных изделий.

По результатам органолептического анализа испытуемых образцов, форма изделий сохраняется во всех вариантах опыта. Замена части пшеничной муки на муку из виноградной косточки в количестве 1,5; 3; 6% способствовала изменению цвета мякиша от кремового до коричневого, а также корка становилась темнее. Наблюдалось появление приятного запаха и вкуса винограда в опытных образцах.

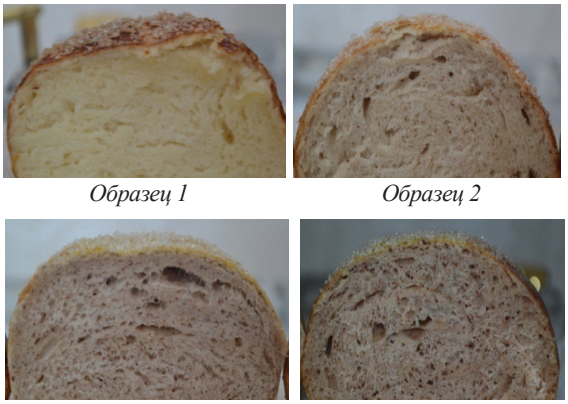


Рисунок 1 - Вид на разрезе хлебобулочных изделий

Выявлено, что замена части пшеничной муки на муку из виноградной косточки благоприятно повлияла на пористость булочки «Домашней» (рис. 1, 2). Внесение 1,5 % муки из виноградной косточки позволило повысить пористость на 4% в сравнении с контрольным образцом. Пористость образца с внесением 3% добавки растительного происхождения было выше контрольного образа на 6 %. Опытный образец булочных изделий с внесением 6% муки из виноградной косточки характеризовался пористостью 73 %, что на 3 % выше уровня контрольного образца.

Для более полной характеристики качества хлебобулочных изделий определяли формоустойчивость,

показатели которой видны на диаграмме (рис. 3). Замена части пшеничной муки на муку из виноградной косточки способствовала увеличению формоустойчивости изделий в сравнении с контрольным образцом. При этом наибольшей формоустойчивостью характеризовались изделия, приготовленные с добавлением 3% муки из виноградной косточки.

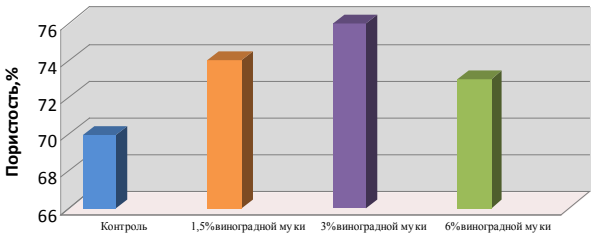


Рисунок 2 - Определение пористости хлебобулочных изделий

Добавление в рецептуру хлебобулочных изделий муки из виноградной косточки, незначительно улучшает их химический состав и оказывает влияние на энергетическую ценность. Расчетным методом было установлено, что повысилось содержание белков на 1,4-2,9 %, жиров на 0,8-3,1 %, а содержание усвояемых углеводов снижается на 1,2-4,8 % в сравнении с контролем и при этом энергетическая ценность снизилась на 0,5-1,9%.

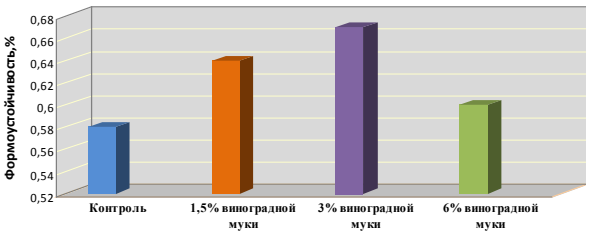


Рисунок 3 - Определение формоустойчивости хлебобулочных изделий (H/D)

Таблица 1 – Органолептические показатели хлебобулочных изделий

Показатели	Образец 1 (контроль)	Образец 2 (1,5 % муки виноградной косточки)	Образец 3 (3 % муки вино-градной косточки)	Образец 4 (6 % муки вино-градной косточки)
Поверхность	глянцевая, сверху посыпана сахаром, без морщин, с едва заметными трещинами, без разрывов	глянцевая, сверху посыпана сахаром, без трещин и разрывов с вкраплениями небольшого количества измельченной виноградной косточки	глянцевая, сверху посыпана сахаром, без трещин и разрывов с вкраплениями небольшого количества измельченной виноградной косточки	глянцевая, сверху посыпана сахаром, без трещин и разрывов с вкраплениями измельченной виноградной косточки
Форма	круглая			
Цвет корки	золотисто-коричневый, равномерный	светло-коричневый, равномерный	коричневый, равномерный	коричневый, равномерный
Пористость	мелкая, тонкостенная, равномерная	средняя, тонкостенная, равномерная	средняя, тонкостенная, равномерная	средняя, тонкостенная, равномерная
Состояние мякиша	пропеченный, невлажный на ощупь. Эластичный. После легкого надавливания пальцами мякиш принимает быстро первоначальную форму	пропеченный, невлажный на ощупь. Эластичный. После легкого надавливания пальцами мякиш принимает быстро первоначальную форму	пропеченный, невлажный на ощупь. Эластичный. После легкого надавливания пальцами мякиш принимает первоначальную форму	пропеченный, невлажный на ощупь. Эластичный. После легкого надавливания пальцами мякиш принимает первоначальную форму, но менее быстро
Цвет мякиша	светло-желтый	кремовый	светло-коричневый	коричневый
Вкус и запах	сладковатый, без постороннего запаха, свойственен свежевыпеченному изделию из дрожжевого теста	приятный, сладковатый, с легким запахом и ароматом винограда	приятный, сладковатый, с выраженным запахом и ароматом винограда	приятный, сладковатый, с выраженным запахом и ароматом винограда
Наличие посторонних включений и хруста	-	-	-	незначительный хруст виноградной косточки

Таблица 2 – Пищевая и энергетическая ценность хлебобулочных изделий

Образцы	Содержание компонента в 100 г полуфабриката, г			
	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
контроль	6,9	12,8	60	368
1,5% муки из виноградной косточки	6,9	12,9	59,3	366
3% муки из виноградной косточки	7	13	58,6	365
6% муки из виноградной косточки	7,1	13,2	57,1	361

Выводы. На основании проведенных экспериментальных исследований обоснована возможность и целесообразность применения муки из виноградных косточек в технологии производства хлебобулочных изделий. Установлена оптимальная дозировка муки из виноградной косточки взамен пшеничной муки в количестве 3%. Выпеченные изделия приобретают приятный вкус и аромат винограда, цвет мякиша становится более насыщенным. Показатели пористости и формоустойчивости превышают контрольный образ на 6 и 15% соответственно.

Применение добавки растительного происхождения (мука из виноградной косточки) позволяет получить хлебобулочное изделие с высокими потребитель-

скими характеристиками и физико-химическими показателями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Деревенко В.В., Сдоренко А.В. Безотходная технология переработки винограда. В книге: Пищевые технологии и биотехнологии. Тезисы докладов X Международной конференции молодых ученых. 2009. С. 43-44.

2. Исригова Т.А., Мусаева Н.М., Салманов М.М. Химический состав и пищевая ценность добавок из семян, кожицы и гребней винограда. Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 4. С. 24-28.

3. Исригова Т.А., Мусаева Н.М., Салманов М.М. Пищевая ценность натуральных добавок из винограда. В сборнике: Современные проблемы, перспективы и инновационные тенденции развития аграрной науки международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию со дня рождения члена-корреспондента РАСХН профессора М.М. Джамбулатова. 2010. С. 509-514.

4. Лукин А.А., Зинин А.В., Мигуля И.Ю. Перспективы применения муки из виноградной косточки в технологии производства продуктов питания. Вестник современных исследований. 2017. № 10-1 (13). С. 84-86.

5. Сидоренко А.В. Шаповалова Д.В., Володько Н.Г. Высокоэффективная технология утилизации виноградной выжимки и получения хлебобулочных изделий, обогащенных продуктами их переработки. Технологии и оборудование химической, био-технологической и пищевой промышленности: Матер. 4-ой Всероссийской научно-практической кон-ференции студентов, аспирантов и молодых учѐных с Межд. участием, Бийск, 2011.- С. 314-316.

6. Смольянова А.П., Белякова К.Н., Павлова Д.А. Обзор использования нетрадиционного сырья при производстве мучных кондитерских изделий. В сборнике: Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: достижения, проблемы, перспективы Сборник статей X Международной научно-практической кон-ференции. 2018. С. 80-83.

7. Кривошеев А.Ю., Пономарева Е.И., Лукина С.И. Определение рациональной дозировки нетрадиционных видов сырья в производстве хлебных палочек. В сборнике: Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Курганской области. Под общей редакцией С.Ф. Сухановой. 2018. С. 39-42.

8. Марковский Ю.И., Щипанова А.А., Корнен Н.Н., Першакова Т.В. Хлебобулочные изделия, обогащенные биологически активными добавками на основе растительного сырья Краснодар, 2006.

9. Смольянова А.П., Блинохватова Ю.В. Применение вторичных сырьевых ресурсов в производстве хлебобулочных изделий. Инновационная техника и технология. 2018. № 4 (17). С. 25-28.

10. Samohvalova O., Grevtseva N., Brykova T., Grigorenko A. Влияние порошка из виноградных косточек на качество сдобного печенья Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2016. Т. 3. № 11 (81). С. 61-66.

11. Басий Н.А., Мартовщук В.И., Мартовщук Е.В., Дударев М.С., Чакерьян Е.А. Сравнительная характеристика виноградных семян как источника растительного масла. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2003. № 5-6 (276-277). С. 23-24.

12. Гукасян Т., Ильчишина Н.В., Гаманченко А.И., Ваницкая Т.В. Исследование пищевой и биологической ценности виноградных косточек. В сборнике: Инновации в индустрии питания и сервисе. Электронный сборник материалов I Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию кафедры технологии и организации питания. 2014. С. 294-295.

13. Дударев М.С., Басий Н.А., Мартовщук В.И. Сравнительная характеристика виноградных семян Пищевая промышленность - №3, 2003г., С.48-49.

14. Корнен Н.Н. Исследование состава и свойств БАД из семян винограда. Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2013. № 1 (18). С. 48-51.

15. Мукаилов М.Д. Интегрированная система обеспечения населения биологически ценным виноградом, плодами и продуктами их переработки в зимне-весенний период: Автореф. дисс. докт. с.-х. наук. - М., 2006. - 48 с.

16. Решетник Е.И., Шарипова Т.В., Максимюк В.А. Исследование влияния виноградной муки на функциональные свойства геродиетических мясо-растительных полуфабрикатов. Техника и технология пищевых производств. 2014. № 2 (33). С. 71-75.

17. Синявская Л.В., Калманович С.А., Мартовщук В.И., Бабушкин А.Ф., Кравчук Н.С. Виноградные семена - важное сырье для масложировой промышленности. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2003. № 2-3 (273-274). С. 26-27.

18. Корнен Н.Н., Лукьяненко М.В., Шахрай Т.А. Антиоксидантная активность пищевых добавок, полученных из вторичных растительных ресурсов. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 126. С. 109-118.

19. Решетник Е.И., Мандро Н.М., Шарипова Т.В., Максимюк В.А. Возможность использования муки из косточек винограда «Амурский» в качестве антиоксидантной добавки в разработке геродиетических мясорастительных полуфабрикатов. Дальневосточный аграрный вестник. 2013. № 4 (28). С. 46-49.

20. Тарасов С.В., Мартовщук В.И., Беляева Ю.А. Сравнительное исследование липидного комплекса виноградных косточек, выделенного механическим отжимом и экстракцией. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2015. № 1 (343). С. 6-9.

21. Филатов В.В., Назарько М.Д. Современные аспекты технологий переработки вторичных ресурсов АПК на примере виноградной косточки для создания сорбентов. Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых. 2013. Т. 1. № 1. С. 287-289.

22. Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания/ А.В. Павлов. – СПб: Гидрометеоиздат, 1998. – 286 с.

Статья поступила в редакцию 15.01.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 664.655.1

ВЛИЯНИЕ ТИПА ОБОРУДОВАНИЯ И РЕЖИМОВ ВЫПЕЧКИ НА КАЧЕСТВО ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ ПЕСОЧНОГО ТЕСТА

© 2020

Пузанова Юлия Александровна, аспирант
кафедры технологии и организации общественного питания
Кемеровский государственный университет
(650000, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6, e-mail: puzanova-06@mail.ru)
Давыденко Наталия Ивановна, доктор технических наук, доцент, профессор
кафедры технологии и организации общественного питания
Кемеровский государственный университет
(650000, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6, e-mail: nat1861@yandex.ru)
Голуб Ольга Валентиновна, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела научных направлений комплексной переработки сельскохозяйственного сырья
Сибирский научно-исследовательский и технологический институт Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
(630501, Новосибирская обл., Новосибирский район, р.п. Краснообск, e-mail: golubiza@rambler.ru)

Аннотация: Реализуемые в последние годы в социальном секторе общественного питания программы модернизации показали, что использование современного оборудования не всегда позволяет получить качественную продукцию, поскольку для него не подходят традиционные параметры технологических режимов, рекомендации фирм-производителей оборудования носят ограниченный характер, запрограммированные параметры не всегда подходят для отечественного сырья. Цель исследования: определение режимов термообработки полуфабрикатов из песочного теста, позволяющих получить изделия с адекватными органолептическими характеристиками. Объект исследований – качественные характеристики полуфабриката из песочного теста. Предмет исследований - режимы и параметры выпечки в жарочном шкафу, пароконвектомате и конвекционной печи. Установлено, что при выпечке в жарочном шкафу, снижение температуры и продолжительности выпечки приводят к улучшению органолептических характеристик, но увеличению упека, а при снижении температуры и увеличении продолжительности выпечки – улучшению органолептических характеристик при одновременном снижении упека. Показано, что при выпечке в пароконвектомате снижение температуры выпечки не оказывает влияния на органолептические показатели, но увеличивает процент упека применение дополнительного режима «пар» способствует улучшению качественных характеристик продукции. Выявлено, что снижение температуры и продолжительности выпечки коржей в конвекционной печи оказывает положительное влияние на качество продукции . В результате проведенных исследований определены наилучшие с точки зрения органолептических показателей технологические режимы выпечки изделий из песочного теста в различных видах теплового оборудования: в жарочном шкафу - температура 180 °С в течение 13 мин; в пароконвектомате - температура 180 °С, режим «пар 30,0 %» в течение 8 мин; в конвекционной печи - температура 175 °С в течение 8 мин.

Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, песочное тесто, жарочный шкаф, пароконвектомат, конвекционная печь, органолептические показатели, упек

THE INFLUENCE OF THE TYPE OF EQUIPMENT AND BAKING MODES ON THE QUALITY OF SEMI-FINISHED FROM SHORTCRUST PASTRY

© 2020

Puzanova Julia Alexandrovna, postgraduate student of the department of technology and organization of public catering
Kemerovo state University
(650000, Russia, Kemerovo, st. Krasnaya6, e-mail: puzanova-06@mail.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, st. Krasnaya6, e-mail: nat1861@yandex.ru)
Golub Olga Valentinovna, doctor of Sciences, professor, chief researcher of the Department of scientific directions of complex processing of agricultural raw materials
Siberian research and technological Institute of the Siberian Federal scientific center of agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences
(630501, Russia, Novosibirsk region, working village Krasnoobsk, e-mail: golubiza@rambler.ru)

Abstract: Modernization programs implemented in recent years in the social sector of public catering have shown that the use of modern equipment does not always allow to obtain high-quality products, since traditional parameters of

technological regimes are not suitable for it, the recommendations of equipment manufacturers are limited, programmed parameters are not always suitable for domestic raw materials. The purpose of the study: determination of heat treatment modes of semi-finished products from shortcrust pastry allowing to obtain products with adequate organoleptic characteristics. The object of research is the qualitative characteristics of semi-finished. The subject of research is the modes and parameters of baking in a oven, a steam convection oven and a convection oven. Found that when baking in the oven, lowering the temperature and duration of baking lead to the improvement of the organoleptic characteristics, but to increase oven loss, and by reducing the temperature and increasing the duration of baking is to improve the organoleptic characteristics while reducing oven loss. It is shown that when baking in a steam convection oven, the decrease in the baking temperature does not affect the organoleptic parameters, but increases the percentage of oven loss, the use of an additional mode of "steam" improves the quality characteristics of products. It was revealed that the decrease in temperature and duration of baking shortcrust pastry in a convection oven has a positive effect on the quality of products. The result of the research determined the best from the point of view of organoleptic characteristics of technological regimes baking shortcrust pastry on various types of thermal equipment: oven-180 °C for 13 min; in the combi oven- temperature 180 °C, the mode of "Steam 30,0 %" within 8 minutes; in a convection oven temperature of 175 °C for 8 min.

Keywords: in English: pastry products, shortcrust pastry dough, oven, combi oven, convection oven, organoleptic characteristics, oven loss.

Введение. В настоящее время современными потребителями предъявляются высокие требования к такому специфическому показателю качества жизни как питанию, которое не ограничивается только его способностью удовлетворять физиологическую потребность в основных нутриентах (белках, жирах, углеводах и биологически активных компонентах), но и обеспечивать регулярность, разнообразие вкусовых ощущений и пр.

Во многих региональных программах социально-экономического развития уделяется внимание общественному питанию, рынок которого с развитием общества характеризуется положительной динамикой развития из-за высокого уровня урбанизации, вследствие того, что именно эта сфера услуг играет немаловажную роль в обеспечении возрастающих потребностях потребителей. При этом для доведения до потребителей высококачественной готовой продукции возможно за счет внедрения новых технологий на основе использования современного оборудования, расши-рении ассортимента блюд и пр. [1].

Анализ последних публикаций. Мучные кондитерские изделия всегда пользовались у потребителей повышенным спросом, при этом в последние годы возрос интерес к продукции, содержащей физиологически активные веществ нативного происхождения, что и определяет активизацию исследований в данном направлении [2-7]. Например, хорватскими учеными разработано многозерновое печенье с льняными семенами, содержащее в значительном количестве лигнаны и омега-3 жирные кислоты [8]; итальянскими – печенье из желудевой муки с высоким содержанием полифенолов, имеющее высокую антиоксидантную активность и окислительную стабильность [9]; печенье для больных целиакией с использованием альтернативной муки из злаков, псевдоцернов и бобовых для улучшения качества питания, антиоксидантной активности и гликемического индекса [10] .

Однако стоит отметить, что в рамках реализуемых в последние годы программ модернизации на российских предприятиях общественного питания, особенно социальной сферы, использование современного оборудования не всегда позволяет получить качественную продукцию, поскольку для него не подходят традиционно используемые предприятиями питания параметры технологических режимов (температура, влажность, продолжительность процесса и пр.) производства, а рекомендации фирм-производителей оборудования носят ограниченный характер, запрограммированные параметры далеко не всегда подходят для отечественного сырья [11]. В частности, доказано, что для каждого изготавливаемого в пароконвектомате пищевого продукта необходимо подбирать параметры техно-логических процессов, в том числе хлебобулочных и мучных кондитерских изделий [12-21].

Также установлено, что различные виды теплового оборудования формируют различия в качественных характеристиках мучных кондитерских изделий. Например, турецкими учеными проведены исследования по влиянию типа печи (конвекционных и паровых гибридных) и темпе-ратуры выпечки (145, 160 и 175 °C) на качественные характеристики кексов - установлено, что вне зависимости от типа печи концентрация акриламида в кексах повышалась с увеличением времени выпечки и температуры; более низкие уровни акриламида наблюдались при гибридной выпечке кексов с паровой поддержкой; цвет поверхности продукции не соотносится с концентрацией акриламида [22].

На наш взгляд, в связи с постоянным спросом на мучные кондитерские изделия и продолжающейся модернизацией предприятий общественного питания социального сектора, исследования по влиянию режимов выпечки в разных видах теплового оборудования, в том числе в пароконвектомате представляют научный и практический интерес.

Цель исследования: определение режимов термообработки в пароконвектомате полуфабрикатов из песочного теста, позволяющих получить изделия с адекватными органолептическими характеристиками.

Материалы и результаты исследования. Объект исследований – качественные характеристики полу-

фабрикаты из песочного теста. Предмет исследований - режимы и параметры выпечки в:

• жарочном шкафу, вариант: 1 (традиционный) - температура 210°С, продолжительность 12 мин; 2 - температура 190°С, продолжительность 10 мин; 3 - температура 180°С, продолжительность 13 мин;

• пароконвектомате, вариант: 4 - температура 190 °С, продолжительность 8 мин; 5 - температура 180°С, продолжительность 8 мин; 6 - температура 180°С, продолжительность 8 мин, пар 5,0%; 7 - температура 180°С, продолжительность 8 мин, пар 10,0%; 8 - температура 180°С, продолжительность 8 мин, пар 15,0%; 9 - температура 180°С, продолжительность 8 мин, пар 20,0%; 10 - температура 180°С, продолжительность 8 мин; пар 25,0%; 11 - температура 180°С, продолжительность 8 мин, пар 30,0%; 12 - температура 180°С, продолжительность 8 мин, пар 35,0%; 13 - температура 180°С, продолжительность 10 мин, импульс режим;

• конвекционной печи, вариант: 14 - температура 190°С, продолжительность 10 мин; 15 - температура 180°С, продолжительность 8 мин; 16 - температура 175°С, продолжительность 8 мин.

Материалы – корж молочный, с массовой долей влаги 14,5%, жира 12,0%, общего сахара 30,8%, щелочностью 1,8 град., без минеральных примесей [23].

Органолептически, в том числе с использованием 5-ти балльной системы определяли внешний вид (форму и состояние поверхности), вид в изломе, цвет, запах и вкус [24]; взвешиванием - массу тестовой заготовки перед и после выпечки, с последующим вычислением упека (в процентах).

В результате проведенных исследований установлено, что общая органолептическая оценка качества коржа, изготовленного при традиционных режимах выпечки (1 вариант) – 3,9 баллов (табл. 1), упек – 10,19%.

Поэтому принято решение об изменениях температуры и продолжительности выпечки (варианты 2 и 3). Установлено, что снижение температуры и продолжительности выпечки (2 вариант) приводит к улучшению органолептических характеристик (4,8 баллов, табл. 1) и увеличению упека (12,58%), а при снижении температуры и увеличении продолжительности выпечки – улучшению органолептических характеристик (5,0 баллов, табл. 1) при одновременном снижении упека (6,5%).

Наилучшей при выпечке в жарочном шкафу признана продукция, изготовленная по 3-му технологическому режиму.

Таблица 1 – Характеристика органолептических показателей коржа молочного

Вариант выпечки	Внешний вид, характеристика /скидка баллов	Вид в изломе, характеристика / скидка баллов	Цвет, характеристика /скидка баллов	Запах и вкус, характеристика / скидка баллов
1	Правильная форма, без вмятин и боковых слипов; поверхность слегка деформирована; хорошо пропеченный, без закала и следов непромеса /0,5	Неравномерная пористость с наличием небольших пустот; корка тонка, ломкая /0,5	Неравномерный, темно-коричневый, подгорелый, без загрязненности /1,5	Запах – приятный, свойственный данному виду изделия, без посторонних оттенков; вкус – сладкий, без признаков горечи и постороннего привкуса /0
14	Выпеченные полуфабрикаты, изделия с неравномерным и недостаточным подъемом; поверхность гладкая; хорошо пропеченный, без закала и следов непромеса /1,5	Пористость хорошо развитая, без пустот; корка тонкая, мягкая /0	Неравномерный, желто-коричневый, без подгорелостей, загрязненности /1,0	
12	Правильная форма, с незначительным трещинами и впадинами; поверхность гладкая; хорошо пропеченный, без закала и следов непромеса /1,0			
2,8,9	Правильная форма, без вмятин и боковых слипов; поверхность гладкая; хорошо пропеченный, без закала и следов непромеса /0			
15	Выпеченные полуфабрикаты, изделия с неравномерным и недостаточным подъемом; поверхность гладкая; хорошо пропеченный, без закала и следов непромеса /1,5		Равномерный, желто-коричневый, без подгорелостей, излишней бледности и загрязненности /0	
4,5,10, 11,16	Правильная форма, без вмятин и боковых слипов; поверхность слегка деформирована; хорошо пропеченный, без закала и следов непромеса /0,5			
3, 6, 7, 13	Правильная форма, без вмятин и боковых слипов; поверхность гладкая; хорошо пропеченный, без закала и следов непромеса /0			

Установлено, что для продукции, изготовленной в пароконвектомате из-за незначительной деформации поверхности общая органолептическая оценка составила 4,9 балла (4 вариант, табл. 2), при этом процент упека равен 8,63 %. Снижение температуры выпечки (5 вариант) не оказывает влияния на органолептические показатели, но увеличивает процент упека (на 5,45 %). Выявлено, что использование дополнительного режима «пар» при выпечке продукции оказывает влияние на исследуемые показатели качества (табл. 2). Установлено, что продукция, изготовленная по 11 варианту технологических режимов, обладает лучшими качественными характеристиками.

Следует отметить, что при наличии в парконвектомате режима «импульс», продукция, изготовленная при дополнительном режиме «импульс» (вариант 13), по сравнению с использованием режима «пар», обладает наилучшими органолептическими показателями (общая балльная оценка – 5,0, табл. 2) и процентом упека (5,64).

Выявлено, что снижение температуры и продолжительности выпечки коржей в конвекционной печи оказывает положительное влияние на качество продукции. Так изделия, выпекаемые при 14 варианте, получили общую балльную оценку 4,4 балла, упек 10,00 %. Снижение температуры и продолжительности выпечки не сильно улучшили качество продукции – общая балльная оценка 4,6 балла, упек 7,85 %. Дополнительное снижение температуры (вариант 16), привело к улучшению контролируемых показателей – общая балльная оценка 4,9 балла (табл. 2), упек 6,98 %.

Таблица 2 – Влияние режима «пар» на показатели качества коржа молочного

Показатель	Вариант выпечки						
	6	7	8	9	10	11	12
Общая оценка органолептических показателей, балл	5,0	5,0	4,8	4,8	4,9	4,9	4,5
Упек, %	10,89	11,31	6,62	6,84	7,75	6,81	6,76

Таким образом, в результате проведенных исследований определены наилучшие с точки зрения органолептических показателей технологические режимы выпечки коржа молочного: в жарочном шкафу при температуре 180°С в течение 13 мин; в парокон-вектомате при температуре 180°С, режим «пар 30,0%» в течение 8 мин или температуре 180°С, режим «импульс» в течение 10 мин; в конвекционной печи при температуре 175°С в течение 8 мин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Глебова, С.Ю. Разработка направлений модернизации предприятий питания в сельской местности /С.Ю. Глебова, О.В. Голуб, Т.М. Рыбакова //Техника и технология пищевых производств. – 2015. - № 2. – С. 151-157.

2. Леонова, С.А. Оптимизация дозировки стевио-зида в рецептуре коржиков /С.А. Леонова С.А., А.А. Черненкова, ТА. Никифорова //Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. - 2016. -№ 6 (41). - С. 58-63.

3. Применение дескрипторно-профильного метода в разработке безглютеновых мучных кондитерских изделий /О.В. Чугунова, Н.В. Лейберова, В.М. Позняковский, О.В. Голуб //Ползуновский вестник. – 2012. - № 2/2. – С. 103-107.

4. Чмыхалова, В.Б. Разработка технологии мучных кондитерских изделий с дикоросами /В.Б. Чмыхалова, Т.Р. Малакян //Вестник Камчатского государственного технического университета. - 2015. - № 32. - С. 44-47.

5. Antoniewska A., Rutkowska J. and Pineda M.M. Antioxidative, sensory and volatile profiles of cookies enriched with freeze-dried Japanese quince (Chaenomeles japonica) fruits. Food Chemistry, 2019, V. 286, pp. 376-387, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.029

6. Infante R.A., Natal D.I.G., Moreira M.E.D.C. et al. Enriched sorghum cookies with biofortified sweet potato carotenoids have good acceptance and high iron bioavailability. Journal of Functional Foods, 2017, V. 38, P. A, pp. 89-99, https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.08.044

7. Mieszkowska A. and Marzec A. Effect of polydextrose and inulin on texture and consumer preference of short-dough biscuits with chickpea flour. LWT, 2016, V. 73, pp. 60-66. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.036

8. Čukelj N., Novotni D., Sarajlija H. et al. Flaxseed and multigrain mixtures in the development of functional biscuits. LWT, 2017, V. 86, pp. 85-92, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.048

9. Pasqualone A., Makhlouf F.Z., Barkat M. et al. Effect of acorn flour on the physico-chemical and sensory properties of biscuits. Heliyon, 2019, V 5, Is. 8. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02242

10. Di Cairano M., Galgano F., Tolve R. et al. Focus on gluten free biscuits: Ingredients and issues. Trends in Food Science & Technology, 2018, V. 81, pp. 203-212, https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.006

11. Пузанова, Ю.А. Влияние вида теплового оборудования на качество бисквитных полуфабрикатов /Ю.А. Пузанова, Н.И. Давыденко //Кузбасс: образование, наука, инновации: мат. Инновационного конвента, 2017. – Новокузнецк: СибНИУ, 2017. – С. 191-192.

12. Верболоз, Е.И. Совершенствование технологии и оборудования для интенсификации производства мучных кондитерских изделий /Е.И. Верболоз, В.Т. Антуфьев, Р.Н. Савченко // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: процессы и аппараты пищевых производств. – 2015. - № 3. – С. 58-63.

13. Влияние режимов и параметров выпечки в пароконвектомате на качество сдобных булочных изделий /Н.И. Давыденко, А.И. Уржумова, Г.И. Шевелева, Р.З. Григорьева //Техника и технология пищевых производств. - 2017. - Т. 44. - № 1. – С. 11-16.

14. Иванова, М.А. Изучение влияния ультразвука на некоторые этапы производства мучных кондитерских изделий в пароконвектоматах /М.А. Иванова, Н.В. Рекуто // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: процессы и аппараты пищевых производств. – 2014. - № 4. – С. 76-80.

15. Кирик, И.М. Экспериментальное исследование процесса тепловой обработки тестовых заготовок в пароконвектомате /И.М. Кирик, А.В.Кирик // Праці таврійського державного агротехнологічного університету. – 2012. – Т. 12. - № 2.– С. 185-202.

16. Лоза, А.В. Применение на кораблях пароконвекционных печей для выпечки хлеба / А.В. Лоза // Судостроение. – 2005. – № 3. – С. 69–70.

17. Маркова, Ю.В. Особенности использования пароконвектомата для выработки хлебобулочных изделий /Ю.В. Маркова, А.С. Марков, А.С. Романов //Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48. - № 2. – С. 136-142.

18. Фединишина, Е.Ю. Оптимизация параметров термической обработки полуфабрикатов из теста с использованием высокотехнологичного оборудования /Е.Ю. Фединишина //Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. - № 5(59). – С. 129-131.

19. Nicolas V., Glouannec P., Ploteau J.-P. et al. Experiment and multiphysic simulation of dough baking by convection, infrared radiation and direct conduction .International Journal of Thermal Sciences, 2017, V. 115, pp. 65-78. https://

doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2017.01.018

20. Pinelli M. and Suman A. Thermal and fluid dynamic analysis of an air-forced convection rotary bread-baking oven by means of an experimental and numerical approach. Applied Thermal Engineering, 2017, V. 117, pp. 330-342. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.02.037

21. Zając M., Kącik S., Palka K. and Widurek P. Variable effect of steam injection level on beef muscles: semitendinosus and biceps femoris cooked in convection-steam oven. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 2015, V. 14, pp 303-312, http://dx.doi.org/10.17306/J.AFS.2015.4.31

22. Sakin-Yilmazer Y., Kemerli T., Isleroglu H. et al. Baking kinetics of muffins in convection and steam assisted hybrid ovens (baking kinetics of muffin…). Journal of Food Engineering, 2013, V. 119, Is. 3, pp. 483-489. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.06.019

23. РСТ РСФСР 577-77. Коржи молочные. – М.: Госплан РСФСР, 1989. – 4 с.

24. ГОСТ 31986-2012. Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.

Статья поступила в редакцию 28.01.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 637.07

ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ ТВОРОГА ОБЕЗЖИРЕННОГО ПРИ ОБОГАЩЕНИИ МУКОЙ ИЗ СЕМЯН ЛЬНА

© 2020

Тимакова Роза Темерьяновна, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры пищевой инженерии
Уральский государственный экономический университет
(620144, Россия, Екатеринбург, улица 8 марта/Народной воли, 62/45, e–mail:trt64@mail.ru)

Аннотация. Государственная политика в области здорового питания и стратегия повышения качества пищевой продукции РФ до 2030г. определяет общую направленность на формирование рациона питания населения, обогащенного ценными пищевыми добавками. По результатам комплексного исследования установлено, что добавление муки из семян льна в творог мягкий обезжиренный негерметично упакованный в количестве 1,0-2,0 г обеспечивает его функциональную ценность благодаря увеличению содержания белков и моно- и полиненасыщенных жирных кислот и пролонгирование сроков годности до 7-ми суток. Полученный творог, как симбиотическое соединение ценных компонентов животного и растительного происхождения, соответствует требованиям безопасности согласно ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» и обеспечивает улучшенные потребительские свойства обогащенного творожного продукта массового спроса для различных категорий населения страны, в тоже время не относящийся к продуктам специализированного назначения (диетического, диабетического).

Ключевые слова: творог мягкий, мука из семян льна, обогащенный продукт, моно- и полиненасыщенные жирные кислоты, функциональная ценность.

FORMATION OF FUNCTIONAL VALUE OF FAT-FREE COTTAGE CHEESE WHEN ENRICHED WITH FLOUR FROM FLAX SEEDS

© 2019

Timakova RozaTemer'janovna, candidate of agricultural Sciences, associate Professor of food engineering
Ural state University of Economics
(620144, Russia, Ekaterinburg, street March 8/People's will,62/45, e–mail:trt64@mail.ru)

Abstract. The state policy in the field of healthy nutrition and the strategy for improving the quality of food products of the Russian Federation until 2030 determines the General focus on the formation of the diet of the population enriched with valuable food additives. According to the results of a comprehensive study, it was found that adding Flaxseed flour to soft fat-free cottage cheese Packed in an amount of 1.0-2.0 g provides its functional value by increasing the content of proteins and mono - and polyunsaturated fatty acids and extending the shelf life to 7 days. The resulting cheese as a symbiotic connection of valuable components of animal and plant origin, meets the safety requirements according to TR CU 033/2013 "On safety of milk and dairy products" and provides improved consumer properties of the enriched curd product of mass demand for various categories of the country's population, at the same time not related to products of specialized purpose (dietary, diabetic).

Keywords: soft curd, flax seed flour, enriched product, mono - and polyunsaturated fatty acids, functional value.

Введение. Концептуальный подход к реализации государственной политики в области здорового питания согласно распоряжения правительства «Об основах государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации на период до 2020 года» и Стратегии повышения качества пищевой продукции Российской Федерации до 2030 года определяется производством пищевых продуктов нового поколения, обогащенных незаменимыми компонентами, и продуктов функционального назначения.

На отечественном потребительском рынке в последние годы активно развивается сегмент товарного рынка пищевой продукции функционального назначения, предназначенной для разных категорий потребителей, как здоровых, так и из группы риска. Перспективным источником обогащения пищевых продуктов может быть сырье, полученное как сопутствующий продукт при производстве основного продукта, например мука из семян льна после холодного отжима льняного масла. Продукты переработки льна относятся к диетическим пищевым продуктам с высокой биологической ценностью, богатые моно- и полиненасыщенными жирными кислотами (олеиновая, линолевая, линоленовая), незаменимыми аминокислотами, витаминами группы В, РР и Е, микро- и макроэлементами (железо, марганец, магний, медь, селен, фосфор) и антиоксидантами (пептиды, селен, витамин Е).

Белки льна характеризуются значительным количеством серосодержащих аминокислот: триптофана, цистеина и метионина, проявляющих антиоксидантную активность; ароматических аминокислот – тирозина и фенилаланина, поддерживающих функцию щитовидной железы и способствующих улучшению деятельности нервной системы человека [1]. Лен

– источник α-линоленовой кислоты, растворимых и нерастворимых пищевых волокон и лигнанов, относящихся к группе фенольных соединений [2-4]. При ингибировании процессов окисления липидов активность лигнанов льна превосходит синтетический бутилоксианизол и природные экстракты розмарина [5]. Лигнаны участвуют в регуляции веса и липидного обмена. Растворимые пищевые волокна способствуют снижению уровня глюкозы и холестерина. При употреблении льняного масла обеспечивается гепатотропный эффект.

Применение муки из семян льна с одной стороны способствует обогащению полиненасыщенными жирными кислотами, с другой стороны за счет высокого содержания α-линоленовой кислоты в льняном масле и продуктах его переработки (до 22% в общей структуре жирных кислот) требуется соблюдение определенных условий для хранения.

Льняная мука, как концентрированный источник пищевых и биологических компонентов, используется в хлебопечении и при производстве макаронных изделий [6-11]. При добавлении в пшеничную муку льняной муки увеличивается содержание клетчатки, жира, белка, минеральных веществ и углеводов при одновременном снижении содержания влаги; однако увеличение доли льняной муки свыше 15% оказывает влияние на ухудшение органолептических показателей [12-14]. Современным направлением в технологии производства мясных полуфабрикатов является исполь-зование в рецептурах льняной муки в количестве 5-10%, что позволяет улучшать технологический свойства и биофункциональный потенциал пищевого продукта, способствует ингибированию процесса окисления липидов, отмечают [15-17]. За счет добавления льняной муки до 1-2% во фруктовые йогурты обеспечивается увеличение в структуре жирных кислот содержание α-линолевой жирной кислоты (омега-3) с 0,45% до 22,80%, установили [18]. Включение в рецептуру сывороточных напитков до 8% муки из семян льна повышает содержание пищевых волокон до 5,74 г/100г [19]. Предлагается использовать льняную муку, как источника пищевых волокон, при производстве творога и функциональных пищевых продуктов на молочной основе [20,21]. Согласно Методических рекомендаций МР2.3.1.2432–08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» физиологическая суточная потребность в полиненасыщенных жирных кисло-тах (ПНЖК) составляет для взрослых 6-10% от калорийности суточного рациона, в том числе омега-3 1-2% (в основном α-линоленовая жирная кислота) и омега-6 5-8% (в основном линолевая жирная кислота) от калорийности суточного рациона. ПНЖК являются элементами клеточных мембран и формируют адаптацию человека к неблагоприятным условиям окружающей среды.

При производстве молочных продуктов для обогащения различными пищевыми добавками выбираются кисломолочные и творожные изделия, являющиеся источником животного белка и полезной микрофлоры, с возможностью пролангации сроков годности. Для улучшения органолептических показателей применяются пряности (ваниль), какао-порошок, изюм и др. В качестве пищевых добавок используются в основном фруктово-ягодные наполнители, присутствие других наполнителей (например, зерновых) незначительно.

В составе молочного жира преобладают насыщенные жирные кислоты (до 60-80%), соответственно для повышения функциональной ценности за счет обогащения моно-и полине-насыщенными жирными кислотами и увеличения содержания отдельных нутриентов (например, белков) оптимально рекомендовать добавление муки из семян льна в молочные продукты.

В связи с этим, цель эксперимента заключается в исследовании жирно-кислотного состава и качества творога мягкого обезжиренного негерметично упакованного при добавлении муки из семян льна согласно требований Технического регламента ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции».

Материалы и методы исследования. К предметам исследования относятся негерметично упакованные образцы обезжиренного творога мягкого без добавления муки из семян льна и с добавлением муки из семян льна (производитель ООО «Эркон»). Сформированы 5 групп образцов по 10 образцов в каждой:

- 1-я группа (контрольная) – творог мягкий обезжиренный;
- 2-я группа (опытная) – творог мягкий обезжиренный с содержанием муки из семян льна 1,0 %;
- 3-я группа (опытная) – творог мягкий обезжиренный с содержанием муки из семян льна 1,5 %;
- 4-я группа (опытная) – творог мягкий обезжиренный с содержанием муки из семян льна 2,0 %;
- 5-я группа (опытная) – творог мягкий обезжиренный с содержанием муки из семян льна 3,0 %.

Мука из семян льня (частично обезжиренная, текстурированная), которая соответствует требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и СанПин 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», добавлялась этапе растирания для создания однородной гомогенизированной смеси.

Мука льняная используется для обогащения рациона потребителей моно- и полиненасыщенными жирными кислотами, белком, витаминами, микро- и макроэлементами. Предлагаемое количество муки из семян льна безопасно для человека, так как не превышает адекватный и верхний допустимый уровень потребления полиненасыщенных жирных кислот семейств омега-3 и омега-6, содержащихся в семени льна, согласно МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых

веществах для различных групп населения Российской Федерации».

Органолептические и микробиологические показатели оценивали на периоде хранения через 5; 7 и 8 суток согласно МУК 4.2.1847-04 «Методы контроля. Биологические микробиологические факторы. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Методические указания». Кислотность, как показатель свежести, определяли потенциометрическим методом в соответствии с ГОСТ 3624-92 «Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности», жирнокислотный состав – по ГОСТ 32915-2014 «Молоко и молочная продукция. Определение жирнокислотного состава жировой фазы методом газовой хроматографии». Исследования проводились в 5-кратной повторности.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе исследовали органолептические показатели творога мягкого обезжиренного при формировании контрольной и опытных групп. Все образцы соответствовали требованиям ГОСТ 31453-2013 «Творог. Технические условия» и ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» (табл. 1).

По истечении 5-и суток хранения в контрольных образцах 1-й группы появились запах окисленности и вкус прогорклости, консистенция стала тягучей, цвет сероватым. В опытных образцах творога мягкого с добавлением муки из семян льна 2-й, 3-й, 4-й и 5-й групп при хранении до 7-и суток не установлено изменение органолептических показателей в сравнении с приведенными в таблице 1 показателями, опытные образцы творога мягкого 2-й, 3-й, 4-й и 5-й групп отвечают требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», по истечении 8-и суток хранения в опытных образцах отмечается появление запаха и привкуса окисленности.

Таблица 1 – Органолептическая оценка творога мягкого обезжиренного

Показатели	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа	5 группа
Консистенция и внешний вид	Мягкая, плотная, мажущая, однородная	Мягкая, плотная, мажущая, однородная, с наличием единичных частичек муки из семян льна	Мягкая, плотная, мажущая, однородная, с наличием единичных частичек муки из семян льна	Мягкая, плотная, мажущая, однородная, с наличием отдельных частичек муки из семян льна	Мягкая, плотная, мажущая, неоднородная, с наличием частичек муки из семян льна
Вкус и запах	Чистый, кисломолочный, без постороннего привкуса и запаха	Чистый, кисломолочный, без постороннего привкуса и запаха	Чистый, кисломолочный, без постороннего привкуса и запаха	Чистый, без постороннего запаха, незначительное послевкусие включений частичек муки из семян льна	Без постороннего запаха, послевкусие включений частичек муки из семян льна
Цвет	Белый	Белый, с единичными вкраплениями светло-коричневого цвета	Белый, с единичными вкраплениями светло-коричневого цвета	Белый, с незначительными вкраплениями светло-коричневого цвета	Белый, с вкраплениями светло-коричневого цвета

На следующем этапе проводили исследование химического состава творога (табл. 2). В опытных образцах творога мягкого обезжиренного установлено увеличение содержания белков: во 2-й группе на 0,24% по сравнению с контрольными образцами 1-й группы, в 3-й группе – на 0,30%, в 4-й группе – на 0,50%, в 5-й группе – на 0,73% соответственно. Сопоставимые результаты получены по увеличению содержания жира: на 0,13%, 0,19%, 0,27% и 0,44% по сравнению с контрольными образцами 1-й группы и по увеличению содержания углеводов: на 0,34%, 0,59%, 0,84% и 1,28% соответственно ($p \leq 0,05$).

В структуре жирнокислотного состава произошло уменьшение доли НЖК на 1,34% с одновременным увеличением доли МНЖК на 0,34% и ПНЖК на 1,00% в опытных образцах 5-й группы по сравнению с контрольными образцами, что повлияло (с учетом увеличения общего содержания жира в опытных образцах) на увеличение содержания линолевой кислоты С18:2 (омега-6) – во 2-й группе на 0,25% по сравнению с контрольными образцами 1-й группы, в 3-й группе – на 0,38%, в 4-й группе – на 0,55%, в 5-й группе – на 0,92% соответственно и α-линоленовой кислоты С18:3 (омега-3) – во 2-й группе на 0,45% по сравнению с контрольными образцами 1-й группы, в 3-й группе – на 0,68%, в 4-й группе – на 0,96%, в 5-й группе – на 1,72% соответственно.

Таблица 2 – Химический состав творога мягкого обезжиренного, % ($p \leq 0,05$)

Показатели	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа	5 группа
Белок	10,41±0,02	10,65±0,01	10,71±0,01	10,91±0,02	11,14±0,03
Жир	0,12±0,01	0,25±0,01	0,31±0,03	0,39±0,02	0,56±0,02
Углеводы	3,97±0,01	4,31±0,01	4,56±0,02	4,81±0,02	5,25±0,02

Установлено увеличение содержания олеиновой кислоты С18:1 (омега-9) во 2-й группе в 2,1 раза по сравнению с контрольными образцами 1-й группы, в 3-й группе – в 2,6 раза, в 4-й группе – в 3,3 раза, в 5-й группе – в 4,7 раза (табл. 2, 3).

Установлено, что кислотность в опытных образцах творога мягкого обезжиренного 2-й, 3-й, 4-й и 5-й опытных групп соответствует допустимому уровню при хранении до 8 суток.

При хранении свыше 5-и суток контрольных образцов творога мягкого без добавления муки из семян льна кислотность приближена к допустимому уровню и составляет при хранении до 7-и суток (229,0±1,3)°Т, при хранении до 8-и суток – (241±1,7)°Т и с высокой степенью корреляции 0,89-0,93 (рис. 1) ($p \leq 0,05$).

Таблица 3 – Структура жирнокислотного состава творога обезжиренного, % ($p \leq 0,05$)

Наименование жирной кислоты	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа	5 группа
Насыщенные жирные кислоты (НЖК)					
Масляная	3,09±0,01	3,08±0,02	3,07±0,01	3,06±0,01	3,03±0,02
Капроновая	1,11±0,02	1,10±0,01	1,10±0,02	1,09±0,01	1,07±0,01
Каприновая	1,88±0,01	1,88±0,01	1,87±0,01	1,87±0,01	1,85±0,01
Лауриновая	2,20±0,01	2,19±0,01	2,19±0,01	2,18±0,01	2,17±0,01
Миристиновая	11,92±0,11	11,83±0,13	11,79±0,11	11,72±0,11	11,61±0,10
Пальмитиновая	30,83±0,16	30,57±0,12	30,48±0,11	30,36±0,14	30,18±0,11
Стеариновая	12,87±0,09	12,80±0,08	12,75±0,07	12,70±0,11	12,65±0,09
Итого	63,90±0,07	63,45±0,7	63,24±0,06	62,98±0,07	62,56±0,07
Мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК)					
Миристолеиновая	0,79±0,01	0,80±0,01	0,79±0,01	0,79±0,01	0,79±0,01
Пальмитолеиновая	1,31±0,01	1,31±0,01	1,31±0,01	1,31±0,01	1,32±0,01
Олеиновая	29,30±0,04	29,39±0,04	29,45±0,03	29,51±0,04	29,61±0,05
Гадолеиновая	-	0,01±0,001	0,01±0,001	0,02±0,001	0,02±0,001
Итого	31,40±0,02	31,51±0,03	31,56±0,03	31,63±0,04	31,74±0,04
Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК)					
Альфа-линоленовая (ALA)	2,89±0,01	3,17±0,01	3,29±0,01	3,43±0,01	3,67±0,01
Эйкозапентаеновая	-	0,01±0,001	0,01±0,001	0,01±0,001	0,01±0,001
Докозагексаеновая	-	0,01±0,001	0,01±0,001	0,01±0,001	0,01±0,001
Линолевая (LA)	1,81±0,01	1,85±0,01	1,89±0,01	1,94±0,01	2,01±0,01
Итого	4,70±0,01	5,04±0,01	5,20±0,01	5,39±0,01	5,70±0,01

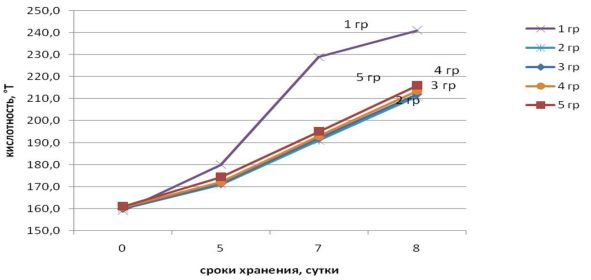


Рисунок 1 – Кислотность образцов мягкого обезжиренного творога в процессе хранения, °Т

Микробиологические показатели для опытных образцов мягкого обезжиренного творога с добавлением льняной муки в процессе хранения до 8 суток соответствуют требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», микрофлора характерна для молочной закваски и отсутствуют клетки посторонней микрофлоры. В конт-рольных образцах творога мягкого через 8 суток хранения содержание КМАФАнМ превышает допустимый уровень для творога в 3,3 раза и равен 3,3×106 КОЕ/г.

Выводы. Согласно результатам экспериментальных исследований по оценке качества творога мягкого обезжиренного с пищевой добавкой муки из семян льна (органолептические, физико-химические, микробиологические показатели) установлена возможность пролонгации срока годности творога мягкого обезжиренного негерметично упакованного с содержанием муки из семян льна 1,0%, 1,5% и 2,0% до 7-ми суток, обеспечиваются функциональные свойства (повышенное содержание белка и моно- и полиненасыщенных жирных кислот, в том чис-ле омега-3, омега-6 и омега-9) при сохранении биона-туральных свойств пищевого диетического продукта массового спроса. Полученный творожный продукт, не являющийся продуктом специализированного диетического и диабетического питания, можно предлагать как продукт массового спроса. При увеличении содержания пищевой добавки до 3,0% установлено ухудшение органолептических пока-

зателей таких как: внешний вид, консистенция и вкус. Предложенная дозировка муки (1,0г, 1,5 и 2,0г на 100г продукта) является безопасной и обеспечивает суточную потребность в омега-3 жирных кислотах. Разработанный обогащенный творожный продукт с улучшенными функциональными свойствами и пролонгированным сроком годности – творог мягкий обезжиренный негерметично упакованный с пищевой добавкой муки из семян льна соответствует требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Меренкова С.П. Анализ влияния льняной муки на структурно-механические свойства мясных продуктов / С.П. Меренкова, В.В.Семиздралова, А.В.Паймулина // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2018. – Т. 6, № 4. – С. 42-51.

2. Ganorkar P.M. Flaxseed – a nutritional punch / P.M.Ganorkar, R.K.Jain // International Food Research Journal. –2013. – Vol. 20, № 2. – P. 519–525.

3. Goyal,A. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food: review / A.Goyal, V.Sharma, N.Upadhyay et al. // Journal of Food Science and Technology. –2014. Vol. 51, № 9. – P. 1633–1653. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9.

4. Enzifst L.E. Flaxseed (Linseed) fibre – nutritional and culinary uses – a review / L.E.Enzifst, M.E.Bveo // Food New Zealand. – 2014. – Vol. 14, № 2. – P. 26–28.

5. Kasote,D.M. Flaxseed phenolics as natural antioxidants / D.M.Kasote // International Food Research Journal. – 2013. – Vol. 20, № 1. – P. 27–34.

6. Белявская И.Г. Льняная мука – источник антиоксидантов в хлебобулочных изделиях для здорового питания / И.Г.Белявская, Т.Г.Богатырева, Т.А.Юдина и др. // Пищевая промышленность. – 2015. – № 4. – С. 32–34.

7. Бегеулов М.Ш. Использование жмыхов семян масличных культур в хлебопечении / М.Ш.Бегеулов, Е.О.Кармашова // Хлебопродукты. – 2015. – № 4. – С. 50–53;

8. Типсина Н.Н. Использование льняной муки в производстве пшенично-ржаных сортов хлеба / Н.Н.Типсина, В.В.Матюшев, Л.В.Бочарова // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 4 (139). – С. 169-174.

9. Конева С.И. Влияние льняной муки на реологические свойства теста из смеси пшеничной и льняной муки и качество хлеба / С.И.Конева, Е.Ю.Егорова, Л.А.Козубаева, И.Ю.Резниченко // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 85-96.

10. Геращенко А.А. Возможность изменения рецептуры макаронных изделий путем добавления муки льняной / А.А.Геращенко, Р.И.Шляков // Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки. – 2016. – № 3. – С. 323-326.

11. Yuksel F. Investigation of certain nutritional properties of noodle enriched with raw flaxseed / F.Yuksel // Quality Assurance and safety of crops & foods. – 2019. – Vol. 11, № 2. – P. 183-189.

12. Wandersleben T. Enhancement of functional and nutritional properties of bread using a mix of natural ingredients from novel varieties of flaxseed and lupine / T.Wandersleben, E.Morales, C.Burgos-Diaz, T.Barahona, E.Labra, M.Rubilar, H.Salvo-Garrido // LWT-FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY. – 2018. – Vol. 91. – P. 48-54. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.01.029.

13. Osuma M.B. Animal fat replacement by vegetable oils in formulations of breads with flou mixes / M.B.Osuma, A.M.Romero, C.M.Avallone, M.A.Judis, N.C.Bertola // Journal of food science and technology-mysore. – 2018. – Vol. 55, № 3. – P. 858-867. DOI: 10.1007/s13197-017-2888-x.

14. Codina G.G. Rheological Properties of Wheat-Flaxseed Composite Flours Assessed by Mixolab and Their Relation to Quality Features / G.G.Codina, A.M.Istrate, I.Gontariu, S.Mironeasa // Foods. – 2019. – Vol. 8, № 8: 333. DOI: 10.3390/foods8080333.

15. Гуринович Г.В. Исследование процессов окисления комбинированных мясных систем с мясом птицы и льняной мукой / Г.В.Гуринович, П.В.Санников, И.С.Патракова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. – С. 41-49.

16. Cocaro E.S. The addition of golden flaxseed flour (Linum usitatissimum L.) in chicken burger: Effects on technological, sensory, and nutritional aspects / E.S.Cocaro, L.F.Laurindo, M.Alcantara, I.B.A.Martins, A.A.Benevenuto, R.Deliza // Food science and Technology international. – 2019. – № 8: UNSP 1082013219871410. DOI: 10.1177/1082013219871410.

17. Novello D. The effect of golden flaxseed and by-product addition in beef patties: physicochemical properties and sensory acceptance / D.Novello, D.L.Schiessel, E.F.Santos, M.A.R.Pollonio // International food research journal. – 2019. – Vol. 26, № 4. – P. 1237-1248.

18. Kumar S.S. Effect of flaxseed oil and flour on sensory, physicochemical and fatty acid profile of the fruit yoghurt / S.S. Kumar, B.V.Balasubramanyam, K.J.Rao, P.H.A.Dhas, B.S.Nath // Journal of food science and technology-mysore. – 2017. – Vol. 54, № 2. – P. 368-378. DOI: 10.1007/s13197-016-2471-x.

19. da Silva B.M. Influence of Acerola (Malpighia ssp.) and Flaxseed (Linum usitatissimumL.) Addition on the Content of Bioactive Compounds, Proximate and Sensory Composition of Whey Beverages / B.M.daSilva, G.L.R.Vinhal, M.T.Barcia, P.B.Pertuzati // Journal of food processing and preservation. – 2016. – Vol. 40, № 4. – P. 688-696. DOI: 10.1111/jfpp.12649.

20. Никуличева Ю.В. Использование льняной муки в качестве перспективного источника пищевых волокон для разработки функциональных продуктов на молочной основе / Ю.В.Никуличева, Я.О.Левина, И.В.Мгебришвили // В сб.: Разработка инновационных технологий производства животноводческого сырья и продуктов питания на основе современных биотехнологических методов. Мат. междунар. научно-практ. конф., Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоградский гос. техн. ун-т, 2016. – С. 496-498

21. Безверхая Н.С. Технологические особенности производства творога с обезжиренной льняной мукой / Н.С.Безверхая, К.Н.Муртазаев, Д.К.Нагарокова // В сб.: Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Мат. V Междунар. научно-практ. конф., посвященной 15-летию кафедры технологии хранения и переработки животноводческой продукции Кубанского ГАУ. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», 2019. – С. 178-183.

Статья поступила в редакцию 20.12.2019
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 581.19:582.665(0.45)

ОВСЯНЫЕ ОТРУБИ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИЩЕВОГО ИНГРЕДИЕНТА

© 2020

Школьникова Марина Николаевна, доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры технологий питания
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»,
(620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 62 e-mail: shkolnikova.m.n@mail.ru)

Аннотация. По статистике у 50 % жителей РФ содержание холестерина в крови превышает допустимое значение (4 ммоль/л), что может свидетельствовать о целом ряде заболеваний и расстройств пищеварительной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем. Одним из природных ингредиентов, доказано влияющих на снижение уровня холестерина, является β-глюкан. Продукты переработки зерна овса в частности отруби (доля которых в отходах составляет порядка 26 %), можно считать ценным вторичным сырьем для получения β-глюкансодержащих экстрактов. Актуальность таких разработок подтверждается рядом программ обеспечения населения продуктами для здорового питания на государственном уровне. Пищеварительная система человека не может эффективно и полноценно усваивать β-глюканы непосредственно из зернового сырья, поэтому практически обоснованно и коммерчески выгодно получать функциональные пищевые ингредиенты в виде β-глюкансодержащих экстрактов и концентратов. Экспериментально установлено, что исследуемые овсяные отруби являются доброкачественными, не имеют посторонних запаха и вкуса, содержат достаточное количество клетчатки, жира, крахмала и амилозы, являясь стандартным сырьем для получения β-глюкансодержащего овсяного концентрата. Опытный образец овсяного концентрата содержит 34,2 % β-глюкана, крахмал в опытном образце концентрата содержит большее количество амилозы по сравнению с контрольным (13,2 % и 3,9 % соответственно), имеет хорошо сбалансированный аминокислотный состав. Показано, что β-глюкансодержащий овсяный концентрат может быть использован в качестве функционального пищевого ингредиента в рецептурах широкого спектра продуктов питания, в том числе функционального и специализированного назначения.

Ключевые слова: овсяные отруби, химический состав, пищевые волокна, β-глюкан, β-глюкансодержащий экстракт, функциональные пищевые ингредиенты, профилактическая направленность.

OAT BRAN AS A RAW MATERIAL FOR A FUNCTIONAL FOOD INGREDIENT

© 2020

Shkolnikova Marina Nikolaevna, Doctor of doctor of Technical Sciences, associate professor,
professor Department of «Food Technologies»
Ural State University of Economics,
(620144, Russia, g. Ekaterinburg, March 8/ Narodnaya Volya st., d 62/45, e-mail: shkolnikova.m.n@mail.ru)

Abstract. According to statistics, 50 % of residents of the Russian Federation have cholesterol in their blood exceeding the permissible value (4 mmol / l), which may indicate a number of diseases and disorders of the digestive, cardiovascular and endocrine systems. One of the natural ingredients proven to reduce cholesterol is β-glucan. Oat grain processing products, in particular bran (whose share in waste is about 26 %), can be considered a valuable secondary raw material for producing beta-glucan-containing extracts. The relevance of such developments is confirmed by a number of programs to provide the population with products for healthy nutrition at the state level. The human digestive system cannot effectively and fully absorb β-glucans directly from grain raw materials, so it is practically reasonable and commercially profitable to obtain functional food ingredients in the form of β-glucan-containing extracts and concentrates. It has been experimentally established that the studied oat bran is benign, has no foreign smell and taste, contains a sufficient amount of fiber, fat, starch and amylose, being the standard raw material for producing β-glucan-containing oat concentrate. The prototype oat concentrate contains 34.2 % β-glucan, the starch in the prototype concentrate contains more amylose than the control sample (13.2 % and 3.9 %, respectively), and has a well-balanced amino acid composition. It is shown that β-glucan-containing oat concentrate can be used as a functional food ingredient in recipes for a wide range of food products, including functional and specialized purposes.

Keywords: oat bran, chemical composition, dietary fiber, β-glucan, β-glucan-containing extract, functional food ingredients, preventive orientation.

Введение. В последние годы в РФ отмечена тенденция снижения доходов и, как следствие, снижение платежеспособности значительной части населения, что повлекло к снижению спроса на БАД к пище. Вместе с этим, наметилась стойкая тенденция населения к здоровому образу жизни вообще, и к здоровому питанию в частности. Данный тренд обуславливает потребность населения в ежедневном качественном питании и формирует высокий потребительский спрос на здоровые продукты питания ежедневного рациона, в том числе на специализированные и функциональные, в частности – на пи-

щевые продукты с высоким содержанием пищевых волокон, представленные преимущественно полимерами глюкозы – глюканами [1, 2].

Доказано, что водорастворимые пищевые волокна оказывают диетическое, профилактическое и лечебное воздействие на организм человека. На основании имеющихся доказательств зависимости между потребленным количеством β-глюканов и снижением холестерина (общего и низкой плотности) управлением по контролю продуктов и лекарств США (*US Food and Drug Administration*) было рекомендовано ежедневное потребление не менее 3 г β-глюканов (в пересчете это составит примерно 30г овсяных отрубей). Европейская Организация по безопасности пищевых продуктов (*European Food Safety Association, EFSA*) также пришла к заключению о высокой ценности β-глюканов [3–5]. Важным является тот факт, что β-глюкана больше именно в отрубях (5–20%), чем в зерне (2–6%) овса [6–7].

При переработке овса в муку или крупу остается около 26% отходов – овсяных отрубей, в которых содержится до 90% биологически активных компонентов цельного зерна. Польза овсяных отрубей заключена в наличие белка (17,3 г/100г продукта), который отличается редким набором аминокислот с высоким содержанием лизина – 0,76/100г. Жиры овсяных отрубей представлены в хорошо сбалансированной форме и включают в себя достаточное количество ненасыщенных кислот натурального происхождения. Углеводы (66,22г/100г), обеспечивающие поддержание уровня сахара в крови и чувства сытости в течение длительного времени, представлены главным образом клетчаткой. В отрубях овса содержатся витамины *A, E* и группы *B*, макро- и микроэлементы (калий, цинк, магний, хром, селен и медь) [8–10].

Вопрос обогащения пищевых продуктов овсяными отрубями исследуется и возможность использования данных отрубей в качестве ФПИ уже доказана. Например, исследована возможность обогащения пшеничного хлеба овсяными отрубями и показано, что полученные результаты будут способствовать расширению ассортимента хлеба повышенной пищевой ценности, овсяные отруби придадут изделию функциональную направленность и приведут к интенсификации процесса производства [11].

Мацейчик И.В. в результате своих исследований получил образцы бисквитов с продуктами переработки овса и ягодными порошками. Данные бисквиты обладали высокими органолептическими, физико-химическими, микробиологическими, а также функциональными свойствами. Кроме того, была показа-на целесообразность использования продуктов переработки овса и ягодных порошков при разработке рецептур и технологий бисквитов [12].

В основном все исследования направлены на обогащение овсяными отрубями хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. Однако это не весь спектр использования овсяных отрубей. К примеру, работа [13] направлена на производство пребиотических кисломолочных продуктов функционального назначения с добавлением овсяных отрубей. По результатам исследований показано, что внесение натуральных добавок (овсяных и пшеничных отрубей) при производстве простокваши оказывает положительное влияние на качество готового продукта и предложено предприятиям молочной отрасли.

Известно, что пищеварительная система человека не может эффективно и полноценно усваивать β -глюканы непосредственно из зернового сырья, поэтому практически обоснованно и коммерчески выгодно получать функциональные пищевые ингредиенты (ФПИ) – водорастворимые пищевые волокна в виде β-глюкансодержащих экстрактов и концентратов из побочных продуктов переработки зернового сырья, в частности отрубей овса [14].

В связи с вышеизложенным **целью** данной работы является исследование качества и состава овсяных отрубей и полученного β-глюкансодержащего концентрата.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являлись: овсяные отруби (сорт овса «Корифей») урожая 2017г, полученные с действующего зерноперерабатывающего предприятия Алтайского края; сухие овсяные экстракты: опытный образец, полученный фракционированием овсяных отрубей, контрольный образец – закупленный в торговой сети.

Качество и состав образцов овсяных отрубей и концентрата определены стандартными методами по ГОСТ 27558-87, ГОСТ 9404-88, ГОСТ 27494-2016, ГОСТ 10845-98, ГОСТ 10846-91, ГОСТ 13496.15-97; содержание клетчатки – по Кюршнеру и Ганеку [15], амилозы – по [54]; β-глюкана в овсяном концентрате – путем поэтапного гидролиза компонентов овсяного концентрата с определением на каждом этапе редуцирующих веществ (РВ) методом Бертрана по ГОСТ 26176-91 по схеме на рисунке 1.

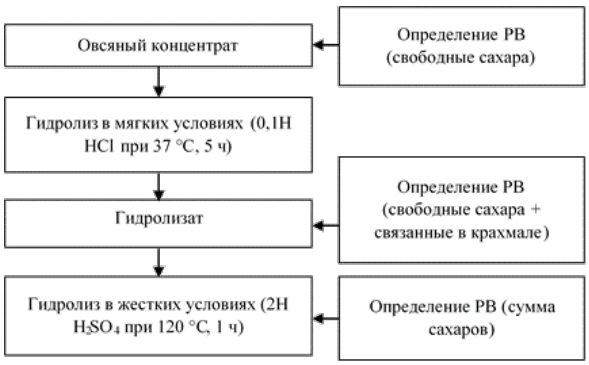


Рисунок 1 – Блок-схема определения содержания β-глюкана в овсяном концентрате [16]

Общее содержание аминокислот в овсяном концентрате определено методом ионообменной хроматографии на аминоанализаторе Т339 с использованием смолы *OSHIONFa* (Чехия). Суммарный аминокислотный состав определяли в концентрате после кислотного гидролиза продукта в стандартных условиях (24 часа при 110°С *6Н HCl*). Идентифика-

цию аминокислот осуществляли в сравнении со стандартными растворами.

Результаты и их обсуждение. В ходе оценки органолептических показателей установлено, что по внешнему виду измельченные исследуемые отруби представляют собой частицы серовато-желтого цвета с бело-кремовым оттенком (рис. 2, образец № 1), запах – свойственный овсяным отрубям, со специфическим слабым привкусом горечи без кислого и других посторонних привкусов, вкус – свойственный овсяным отрубям, без плесневелого, затхлого, и других посторонних запахов.

Состав овсяных отрубей представлен в таблице 1, из данных которой видно, что экспериментальные данные хорошо согласуются с литературными: так, содержание клетчатки, жира, крахмала и амилозы находится на одном уровне. Однако по количеству белка и β-глюкана образцы отрубей уступают приведенным литературным данным, что, возможно, связано с разными методами определения данных показателей.

Таким образом, исследуемые отруби являются доброкачественными, содержат достаточное количество компонентов составляющих пищевую ценность продуктов, и могут быть использованы для получения β-глюкансодержащего концентрата. Концентрат получен фракционированием овсяных отрубей. На первом этапе овсяные отруби для удаления жира, который может способствовать прогоранию овсяных отрубей, обрабатывался 50%-м этанолом в соотношении 1:10 в течение 30 мин. Далее полученную смесь центрифугировали и оставшиеся отруби высушивали при T=20±2°C. Затем из обезжиренных отрубей удалялся крахмал, для чего использована термостабильную α-амилазу. Затем смесь повторно центрифугировали и концентрат высушивали (рис. 3).

Из 100 г овсяных отрубей получается 60,0±1,0 г β-глюкансодержащего овсяного концентрата, внешний вид которого в сравнении с контрольным образцом приведен на рисунке 2 (образец № 2 опытный, образец № 3 контрольный), результаты оценки органолептических показателей – в таблице 2.

Исходя из представленных результатов, можно сделать вывод, что опытный образец β-глюкансодержащего концентрата имеет приятные, выраженные, свойственные овсяным отрубям вкус и запах и может использоваться в качестве ФПИ в продуктах питания, например, в снэковой продукции – кукурузных чипсах (начос) [18, 19]. Что касается коммерческого образца овсяного концентрата, то для него оказалось характерной прогорклость во вкусе, хотя срок годности еще не подошел к концу. Очевидно, это связано с тем, что данный концентрат имеет в своем составе большее количество жира – 8,0% (табл. 1).

Результаты определения состава образцов β-глюкансодержащего овсяного концентрата представлены в таблице 1. Экспериментально установлено, что опытный образец содержит больше основного биологически активного вещества – β-глюкана – на 12%.

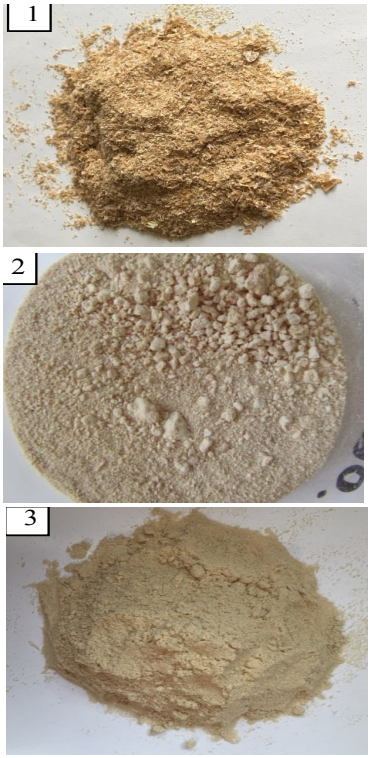


Рисунок 2 – Внешний исследуемых образцов: 1 – овсяные отруби, 2 – опытный образец овсяного концентрата, 3 – контрольный образец овсяного концентрата

Кроме того, крахмал в опытном образце концентрата содержит большее количество амилозы – 13,2% и 3,9% соответственно), что повышает резистентность крахмала по отношению к ферментам. Такой крахмал также, как и β-глюкан выполняет роль пищевых волокон в питании человека, и считается биологически активным веществом [20]. По содержанию клетчатки и белка опытный образец практически не уступает контрольному.

Таблица 1 – Состав овсяных отрубей и концентратов

Состав, %	Овсяные отруби		Овсяный концентрат	
	Экспериментальные данные	Теоретические данные [17]	Опытный образец	Контрольный образец
Клетчатка	11,5±0,1	11,4	12,8±0,2	11,6±0,2
Крахмал	39,7±0,8	39,3	13,2±0,3	17,7±0,2
Содержание амилозы в крахмале	19,9±0,2	21,0	12,4±0,1	3,9±0,1
Жир	7,9±0,1	8,2	0,9±0,1	8,0±0,8
Белок	13,0±0,2	15,2	17,3±0,1	19,7±0,2
Влага	10,8±0,2	11,1	8,5±0,2	9,6±0,2
Зола	5,8±0,1	7,9	5,2±0,2	5,1±0,2
Содержание бета-глюкана	2,0±0,1*	5,2	34,2±0,1	22,1**
*Выход экстракта β-глюкана при щелочном гидролизе; **значение, указанное в маркировке потребительской тары овсяного концентрата				

Рисунок 3 – Схема получения овсяного концентрата методом фракционирования

Таблица 2 – Органолептические показатели образцов β-глюкансодержащего овсяного концентрата

Показатель	Опытный образец овсяного концентрата	Контрольный образец овсяного концентрата
Внешний вид	Цвет золотисто-коричневый, частицы разной формы и размера	Цвет светло-кремовый, однородный мелкодисперсный порошок
Запах	Выраженный, приятный, характерный для свежих высококачественных отрубей	Очень слабовыраженный, с «отрубным» тоном
Вкус	Чистый, ярко выраженный, характерный для свежих высококачественных отрубей	Слабовыраженный, с ощутимыми тонами прогорклости

Исследование аминокислотного состава опытного образца β-глюкансодержащего овсяного концентрата показало, что концентрат содержит незаменимые аминокислоты (в сумме 5515,79 мг/100 г или 33,23 % от общего количества аминокислот), такие как, мг/100 г: валин (964,94), изолейцин (668,64), лейцин (1374,84), лизин (760,73), метионин (335,57), треонин (502,69) и фенилаланин (908,38). Среди заменимых аминокислот (в сумме 11080,82 мг/100 г или 66,77% от общего количества) концентрата преобладает глутаминовая (3748,56 мг/100 г), также в меньших количествах содержатся аргинин, аспарагиновая кислота, пролин и другие.

Заключение. На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что исследуемые овсяные отруби являются доброкачественными, не имеют посторонних запаха и вкуса, содержат достаточное количество клетчатки, жира, крахмала и амилозы и являются стандартным сырьем для получения *β*-глюкансодержащего овсяного концентрата. Опытный образец овсяного концентрата содержит 34,2% *β*-глюкана, крахмал в опытном образце концентрата содержит большее количество амилозы по сравнению с контрольным – 13,2 % и 3,9 % соответственно, имеет хорошо сбалансированный аминокислотный состав. Полученный образец *β*-глюкансодержащего овсяного концентрата можно рассматривать как источник *β*-глюкана, доказано влияющего на снижение уровня холестерина в крови человека. На сегодня по статистике у 50 % жителей РФ содержание холестерина в крови превышает допустимое значение (4 ммоль/л), что может свидетельствовать о целом ряде заболеваний и расстройств пищеварительной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем. Таким образом, *β*-глюкансодержащий овсяный концентрат может быть использован в качестве функционального пищевого ингредиента в рецептурах широкого спектра продуктов питания, в том числе функционального и специализированного назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Старовойтова, Я.Ю. Разработка рецептур и технологии национальных булочных изделий с растительными добавками [Текст] / Я.Ю. Старовойтова, М.Н. Школьникова, О.В. Чугунова // Современная наука и инновации. – 2018. – № 1. – С. 88–96.
2. Панкратьева, Н.А. Разработка рецептур мучных кондитерских изделий с увеличенным сроком хранения и повышенной пищевой ценностью [Текст] / Н.А. Панкратьева, Н.В. Заворохина, М.Н. Школьникова, Н.И. Селиванов, Н.И. Чепелев // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 4 – С. 191–196.
3. Лоскутов, И.Г. Селекция на содержание β-глюканов в зерне овса как перспективное направление для получения продуктов здорового питания, сырья и фуража (обзор) [Текст] / И.Г. Лоскутов, В.И. Полонский // Сельскохозяйственная биология. – Т. 52. – 2017. – С. 646–657.
4. Arendt, E.K. Cereal Grains for the Food and Beverage Industries, chapter [Текст] / E.K. Arendt, E. Zannini // Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. – 2013. – Chapter 7. – P. 243–282.
5. Tosh, S.M. Oats: Reference Module in Food Science [Текст] / S.M. Tosh, S.S. Miller // Encyclopedia of Food and Health. – 2016. – V. 4. – P. 119–125.

6. Sangwan, S. Nutritional and functional properties of oats: An update [Текст] / S. Sangwan, R. Singh, S.K. Tomar // Journal of Innovative Biology. – 2014. – № 1. – P. 3–14.

7. Asif, A. Extraction and characterization of β-D-glucan from oat for industrial utilization [Текст] / A. Asif, M.A. Faqir et al. // Int J Biol Macromol. – 2019. – № 46. – P. 304–309.

8. Miller, S.S. Microstructure and chemistry of the oat kernel [Текст] / S.S. Miller, R.G. Fulcher // Oats Chemistry and Technology. – MN, USA. – 2011. – P. 77–94.

9. Клиппа Д.В. Разработка рецептур хлебобулочных изделий с использованием овсяных отрубей [Текст] / Д.В. Клиппа, Р.В. Крюк // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы IV Международной научной конференции, г. Кемерово, 27 апреля 2016 г. – Кемерово: Изд-во ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)». – 2016. – С. 308–309.

10. Гурина, А.С. Исследование овсяных отрубей как перспективного сырья для разработки новых пищевых продуктов [Текст] / А.С. Гурина, А.А. Давыдова // Состояние и перспективы развития современной науки: социально-экономические, естественнонаучные исследования: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний. − 2016. – С. 123–128.

11. Пономарева, Е.И. Обоснование рациональной влажности пшеничного хлеба, обогащенного мукой из овсяных отрубей [Текст] / Е.И. Пономарева, С.И. Лукина, В.Ю. Кустов, Е.А. Габелко // Вестник ВГУИТ. – Т. 79. − № 2. – 2017. – С. 121–125.

12. Мацейчик, И.В. Исследование качества бисквитов с продуктами переработки овса и ягодными порошками [Текст] / И.В. Мацейчик, А.Н. Сапожников, Л.Н. Рождественская // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК - продукты здорового питания. − № 3. – 2015. – С. 45–52.

13. Кашина, Д.Ш. Производство пребиотических кисломолочных продуктов функционального назначения [Текст] / Д.Ш. Кашина, Т.Н. Романова // Успехи современной науки. – Т. 5. − № 10. – 2016. – С. 150–152.

14. Sibakov, J. Processing of oat dietary fibre for improved functionality as a food ingredient: academic dissertation [Текст] / J. Sibakov; Aalto University School of Chemical Technology. – Espoo (Finland). – 2014. – 122 p.

15. Ермаков, А.И. Методы биохимического исследования растений [Текст] / Под ред. Ермакова А.И. – Л.: Колос, 1972. – 456 с.

16. Ласко, А.В. Способы получения β-глюкана из овсяных отрубей [Текст] / А.В. Ласко, Н.А. Севодина, М.Н. Школьникова // «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство»: сборник материалов V Международной научно-технической конференции, 16 ноября 2018 г. / Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж: Изд-во ВГУИТ, 2018. – С. 266–268.

17. Гематдинова, В.М. Технология β-глюкансодержащих пищевых добавок из вторичных ресурсов переработки овса [Текст]: дис. … канд. техн. наук: 05.18.07 / В.М. Гематдинова; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань, 2018. – 161 с.

18. Ласко, А.В. Получение полезных чипсов – начос с овсяными отрубями [Текст] / А.В. Ласко, Н.А. Севодина, М.Н. Школьникова // «Современные проблемы техники и технологии пищевых производств»: материалы международной научно-практической конференции (22-23 марта 2018 г.): 3 ч. / под ред. В.А. Вагнера, Е.С. Дикаловой; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2018. – Ч.3. – С. 68–70.;

19. Школьникова, М.Н. Разработка рецептуры начос с овсяными отрубями [Текст] / М.Н. Школьникова // Товароведно-технологические аспекты повышения качества и конкурентоспособности продукции: сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, г. Новосибирск, 18 октября 2019 г. [под ред. Ю.Ю. Миллер]; АНОО ВО Центросоюза РФ «СибУПК». – г. Новосибирск, 2019. – С. 183–187.

20. Маннапова, А.Ш. Энзиморезистентность крахмала, амилопектина и амилозы [Текст] / А.Ш. Маннапова, З.А. Канарская, Г.П. Шуваева // Вестник ВГУИТ. – 2015. – № 2 (64). – С. 219–223.

Статья поступила в редакцию 28.01.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 664.14

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НИЗКОКАЛЛОРИЙНОГО ИРИСА ПОВЫШЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ

© 2020

Фролова Нина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности»
Амурский государственный университет
(675027,Россия, Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 21, e-mail:ninelfr@mail.ru)

Аннотация. Концепция потребления натуральных низкокалорийных продуктов питания имеет приоритетное направление для реализации даже с учетом большого ценового диапазона. В статье предлагается использование натуральных рецептурных компонентов, которое выражается в замене синтетических добавок натуральным сырьем в виде сока и фитопорошка ягод калины и голубики для повышения биологической ценности изделий, а также полное исключение из рецептуры сахара и использование вместо него кленового сиропа. Технология низкокалорийного ириса с повышенной биологической ценности с введением соков и фитопорошка ягод подразумевает замену сахара-песка на кленовый сироп, который имеет преимущественно сладкий вкус. Для максимального сохранения всех физиологически ценных ингредиентов внесение сока и фитопорошка из ягод калины и голубики производят после охлаждения ирисной массы до 60-750С, согласно рецептуре. В ходе проведения исследований установлено, что при употреблении 30 г низкокалорийного ириса повышенной биологической ценности взрослым человеком суточная физиологическая потребность в таких элементах, как аскорбиновая кислота, β-каротин, пищевые волокна, калий, магний, железо произойдет на 23,6%, 5,8%, 13,5%, 11,2%, 22,2 %, 28,4% соответственно. Снижение калорийности при этом составило 132 ккал/100 г изделий.

Ключевые слова: ирис, натуральное сырье, сок, ягоды калины, ягоды голубики, кленовый сироп.

DEVELOPMENT OF LOW-CALORIE IRIS TECHNOLOGY BIOLOGICAL VALUE

© 2020

Frolova Nina Anatolievna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Life Safety, Deputy Dean for Academic Affairs, Faculty of Engineering and Physics
Amur State University
(675027, Russia, Blagoveshchensk, Ignatievskoe Shosse, 21, e-mail: ninelfr@mail.ru)

Annotation. The concept of consumption of natural low-calorie food products has a priority for implemen-tation, even taking into account the large price range. The article suggests the use of natural prescription compo-nents, which is expressed in the replacement of synthetic additives with natural raw materials in the form of juice and herbal pow-der of viburnum and blueberry berries to increase the biological value of products, as well as the complete exclusion of sugar from the recipe and the use of maple syrup instead. The technology of low-calorie iris with high biological value with the introduction of juices and phyto-powder of berries implies the replacement of granulated sugar with maple syrup, which has a predominantly sweet taste. To maximize the preservation of all physiologically valuable ingredients, the juice and phyto-powder from the berries of viburnum and blueberries are added after cooling the iris mass to 60-750C, according to the recipe. During the research it was found that when 30 grams of low-calorie iris of increased biological value is used by an adult, the daily physiological need for such ele-ments as ascorbic acid, β-carotene, dietary fiber, potassium, magnesium, iron will occur by 23,6%, 5,8%, 13,5%, 11,2%, 22,2%, 28,4%, respectively. The reduction in calorie content amounted to 132 kcal / 100 g of products.

Keywords: iris, natural raw materials, juice, viburnum berries, blueberries, maple syrup

Введение. Кондитерские изделия являются любимым продуктом всех возрастных групп. Сахаристые кондитерские изделия, реализуемые через торговую сеть, имеют высокую энергетическую и низкую биологическую ценность [1-4]. Продукты питания с повышенной биологической ценностью должны содержать макро- и микронутриенты [5-8]. Известно, что качество и безопасность обогащенных продуктов питания оцениваются гигиеническими нормативами как по состоянию основных пищевых веществ (белкам, жирам, углеводам), так и по содержанию минеральных веществ и витаминов [9-10].

Объекты и методы исследований. Объектом исследований явились ягоды калины обыкновенной (*Viburnum opulus*), голубики обыкновенной (*Vaccínium uliginósum*), а также ирис на основе соков ягод и фитопорошка, где сахар-песок заменен полностью на клиновый сироп. Содержание витамина С определяли по ГОСТ 24556-89. Органические кислоты ягод, зольность, влажность и массовую долю редуцирующих веществ в образцах низкокалорийного ириса повышенной биологической ценности определяли стандартными и общепринятыми методиками. Содержание *β*-каротина определяли при помощи фотоэлектроколориметра. При исследовании минерального состава ягод использовали спектральный

метод. Контрольным образцом ириса выл выбран ирис «Забава», рецептура которого представленная в сборнике [11].

Энергетическая ценность образцов ириса рассчитывалась с помощью коэффициентов энергетической ценности РАМН. Исследования показателей безопасности ягод на соответствие требованиям Технического регламента Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» проводилось в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по Амурской области».

Цель работы – разработка технологии низкокалорийного ириса повышенной биологической ценности с использованием ягодного сырья.

Экспериментальная часть. Здоровое питание и восполнение дефицита микронутриентов в питании для людей всех возрастных групп является элементом здорового питания [12-14]. Использование сахара в кондитерских изделиях, отрицательно влияет на физиологическое ротовой полости и влечет за собой повышение массы тела. В связи с этим применение, в технологиях кондитерских изделий, заменителей сахара является актуальным. В данной работе предлагается использование ягодного сырья Амурской области и фитопорошка, полученного измельчением жома, содержащего физиологически ценные ингредиенты (витамины, минеральные вещества) для повышения биологической ценности ириса [15-16].

Ягоды калины обыкновенной (*Viburnum opulus L.*) благодаря содержанию большого количества аскорбиновой кислоты оказывают общеукрепляющее действие, снижают уровень холестерина в крови и т.д. Ягоды голубики обыкновенной (*Vaccínium uliginósum*) содержат витамины: В1, В2, РР, Е и минеральные вещества [17-19].

Ягоды собирались в лесных массивах в 2018 г. Приамурья в середине октября, ягоды голубики в Архаринском районе в середине июля. Перед проведением исследований показателей безопасности, химического состава ягоды проходили инспектирование.

Исследование возможности использования ягод в технологиях кондитерских изделий входило в задачи данной работы. Результаты оценки микробиологической обсемененности ягод и содержания тяжелых металлов представлены в таблице 1,2.

Результаты таблицы 1 свидетельствуют о том, что все проанализированные показатели находятся в пределах требований ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [20].

Содержание тяжелых металлов в ягодах калины и голубики представлено в таблице 2.

Таблица 1 – Микробиологические показатели ягод калины и голубики

Год сбора	КМАФАнМ КОЕ/г	БГКП в 1,0 г	Патогенные, в т.ч. Salm.в 10,0 г	Плесени КОЕ/г	Дрожжи КОЕ/г	S.aureus КОЕ/г
Ягоды калины						
2018	310	не обнаружено	не обнаружено	25	78	не обнаружено
Ягоды голубики						
2018	140	не обнаружено	не обнаружено	50	60	не обнаружено
Требования ТР ТС 021/2011	5×103	0,1	не допускается	200	200	не допускается

Таблица 2 – Микробиологические показатели ягод калины и голубики

Год сбора	мг/кг				
	Cb	Pb	As	Sn	Hg
Ягоды калины					
2018	0,014	0,017	не обнаружено		
Ягоды голубики					
2018	0,006	0,015	не обнаружено		
Требования ТР ТС 021/2011, мг/кг, не более	0,02	0,3	0,1	не допускается	0,02

Анализ табличных данных 2 свидетельствует о том, что содержание тяжелых металлов в ягодах калины и голубики находятся в пределах ТР ТС 021/2011. Таким образом, исследуемое ягодное сырье является безопасным и может быть использовано в технологии низкокалорийного ириса повышенной биологической ценности.

На следующем этапе работы был получен сок ягод калины и голубики соковыжимателем. Оставшийся жом после извлечения сока высушивали при температуре 25-300°С в течение 60 минут и измельчали до диаметра частиц 0,01-0,04 мм.

Для повышения биологической ценности ириса получение соки ягод вводились на стадии уваривания ирисной массы, введение фитопорошков происходило на стадии охлаждения для максимального сохранения физиологически ценных элементов. Также из рецептуры исключили сахар и синтетические добавки (лимонную кислоту, вкусоароматические эссенции). Благодаря своему преимущественно сладкому вкусу в работе был использован кленовый сироп, что позволяет исключить использование сахара в

рецептуре изделий технологии кондитерских изделий.

В ходе исследования получения ириса повышенной биологической ценности была выбрана технология литого ириса, путем уваривании сгущенного молока, патоки и кленового сиропа до содержания сухих веществ 78…82% и редуцирующих веществ – 11…12,5%. После уваривания рецептурных компонентов добавляют сливочное масло и продолжают уваривание. В охлажденную массу до 70-750°С вносят сок и фитопорошок из ягод калины и голубики в количестве 1% от массовой доли кленового сиропа, согласно разработанной рецептуре. Затем ирисная масса охлаждается и формуется. Установленная дозировка сока и фитопорошков не существенно влияет на органолептические и физико-химические показатели.

Результаты физико-химических показателей и показателей пищевой ценности образцов ириса представлены в таблице 3,4.

Данные таблицы 3 свидетельствуют о том, что все физико-химические показатели образцов ириса находятся в пределах ГОСТ 6478-2014 «Ирис. Общие технические условия» и позволяют рекомендовать, данную технологию для внедрения в производство.

Таблица 3 – Органолептические и физико-химические показатели образцов ириса

Наименование показателя	ГОСТ 6478-2014 Ирис. Общие технические условия	Контрольный образец	Низкокалорийный ирис повышенной биологической ценности
Цвет	От светло-коричневого до темно-коричневого	Светло-коричневый	Темно-коричневый
Вкус и запах	Ярко выраженные, характерные для данного наименования ириса, без постороннего привкуса и запаха	Ярко выраженные, без постороннего привкуса и запаха	Ярко выраженные, без постороннего привкуса и запаха
Структура	Аморфная	Аморфная	Амфорная, фитопорошок равномерно распределён в массе ириса
Консистенция	Твердая	Твердая	Твердая
Поверхность	Сухая, с четким рифлением	Сухая, с четким рифлением	Сухая, с четким рифлением
Форма	Разнообразная	Квадратная	Квадратная
Массовая доля влаги, не более %	9-10	7,6±0,2	8,0±0,4
Массовая доля редуцирующих веществ, %, не более	22	18,2±0,4	20,8±0,6
Массовая доля золы, не растворимой в растворе соляной кислоты с массовой долей 10 %, не более	0,1	0,004±0,002	0,06±0,01
Массовая доля жира %, не менее	3,0	3,2±0,2	3,4±0,2

Таблица 4 – Органолептические и физико-химические показатели образцов ириса

Химический состав	Контрольный образец	Низкокалорийный ирис повышенной биологической ценности	Удовлетворения среднесуточной потребности при потреблении взрослым человеком 30 г,%
Аскорбиновая кислота, мг/100г	-	88,8±0,2	24,6
Органические кислоты,г	1,1±0,2	22,4±0,6	18,2
β-каротин, мг/100г	-	1,02±0,2	5,9
Пищевые волокна, г/100г	-	17,8±0,8	14,5
Калий, мг/100г	-	428,4±0,4	12,2
Магний, мг/100г	-	123,2±0,2	23,2
Железо, мг/100г	-	14,2±0,4	29,4
Энергетическая ценность, ккал.	442	310	14,2

Данные таблица 4 свидетельствуют о том, что в низкокалорийном ирисе повышенной биологической ценности были выявлены физиологически ценные ингредиенты: аскорбиновая кислота, *β*-каротин, пищевые волокна, калий, магний, железо, удовлетворяющие среднесуточную потребность в этих элементах которая составляет 23,6%, 5,8%, 13,5%, 11,2%, 22,2 %, 28,4% соответственно [11]. Также, за счет замены сахара на кленовый сироп «6 кленов», отмечено снижение калорийности изделий на 132 ккал/100 г изделий.

Заключение. Таким образом, в ходе выполнения исследований предложена технология низкокалорийного ириса повышенной биологической ценности с введением плодово-ягодного сырья (ягод калины и голубики), произрастающего на территории Амурской области. Ягодное сырье, с целью повышения биологической ценности изделий, предлагается

вводить в виде соков и фитопорошка, что является преимуществом данной технологии по сравнению с другими при полном исключении синтетических добавок (лимонной кислоты и эссенций) в рецептуре изделий и снижение калорийности изделий за счет использования кленового сиропа «6 кленов».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Резниченко, И. Ю. Разработка диабетических кондитерских изделий / И.Ю. Резниченко // Пищевая промышленность. – 2008. – № 7. – С. 58.

2. Резниченко, И. Ю. Совершенствование ассортимента кондитерских изделий специализированного назначения / И.Ю. Резниченко, Н.Н. Зоркина, Е.Ю. Егорова // Ползуновский вестник. – №2. – 2016. – С.4–7.

3. Резниченко, И.Ю. Пищевые концентраты и сахаристые кондитерские изделия специального назначения: новые рецептуры, технологии, характеристика потребительских свойств / И.Ю. Резниченко. – Кемерово: КемТИПП, 2006. – 203 с.

4. Фролова, Н.А. Оптимизация рецептуры мармелада за счет введения плодово-ягодного сырья Амурской области / Н.А. Фролова // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2018. № 45. – С.58–65.

5. Бабий, Н.В. Определение оптимальных параметров обработки ягодного сырья для производства сокосодержащих напитков / В.А. Помозова, Н.Н. Степакова // Вестник современных исследований. – № 8 – 2017. – С. 24 – 31.

6. Sulaiman Mohammed, Tijani Hamzat Ibiyeye, Abubakar Bashir Mohammed. An overview of natural plant antioxidants: analysis and evaluation //African Journal of Microbiology Research, 2013 – 1(4) – pp. 64 – 72. DOI: 10.11648/jab.20130104.12.

7. N. Shkrabtak, N. Frolova, T. Kiseleva, I. Sergeeva, V. Pomozova. Impact of Environmental Conditions on the Health of the Far Eastern Region Population. Appl. Sci. 2019, 9, 1354; doi:10.3390/app9071354. www.mdpi.com/journal/applsci

8. Antioxidant activities and bioactive components in some berries / J. Namiesnik, M. Kupska, K. Vearasilp, K.S. Ham, S.G. Kang, Y.K. Park, D. Barasch, A. Nemirovski, S. Gorinstein // European food research and technology. – 2013. – № 5. – P. 819 – 829.

9. Ахметзянова, А.М. Получение сока дикорастущих ягод методом прямого отжима // Пищевая промышленность. - 2008. - № 3. - С.58 – 59

10. Antioxidant activities and bioactive components in some berries / J. Namiesnik, M. Kupska, K. Vearasilp, K.S. Ham, S.G. Kang, Y.K. Park, D. Barasch, A. Nemirovski, S. Gorinstein // European food research and technology. - 2013. – № 5. - P. 819-829.

11. Павлова Н.С. Сборник основных рецептур сахаристых кондитерских изделий / Павлова Н.С. и др.- СПб: ГИОРД, 2000. — 232 с.

11. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации: - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009.-36 с.

12. Орлин Н.А. О биологически активных веществах лимонника китайского // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2009. - № 4. - С. 115.

13. Ele-Ekouna J.-P., Pau-Roblot C., Courtois B., Courtois J. Chemical haracterization of pectin from green tea (Camellia sinensis) // Carbohydrate Polymers. 2011. -Vol. 83. N 3.-P. 1232-1239.

14. Wong Weng Wai, Abbas F.M. AlKarkhi, Azhar Mat Easa / Comparing biosorbent ability of modified citrus and durian rind pectin // Carbohydrate Polymers.- 2010.-Vol. 79.-P. 584-589.

15. Bockki Min a, In Young Bae b, Hyeon Gyu Lee b, Sang'Ho Yoo a, Suyong Lee. Utilization of pectin'enriched materials from apple pomace as a fat replacer in a model food system // Bioresource Technology. -2010. Vol. 101.- P. 5414-5418.

16. Kolosov V.P. Epidemiological features and dynamics of respiratory health indicators in the Far East of Russia /Kolosov V.P., Lutsenko M.T., Manakov L.G.// Dal'nevostochnyy meditsinskiy zhurnal 2009; 1, pp.101— 103.

17. Фролова, Н.А. Использование биологически активных добавок растительного и животного сырья Дальнего Востока в технологии получения леденцовой карамели / Н.А. Фролова, Н.Ф. Иванкина // Достижение науки и техники АПК. - 2010. - №7.- С.69.

18. Medicinal plant raw materials. Pharmacognosy: Proc. allowance / Ed. G.P. Yakovlev and KF Blinovoi. - SPb .: Spec. Lit, 2004. - 765 p.

19. U. Vijayalakshmi, Abhilasha Shourie. Remedial effect of ascorbic acid and citric acid on oxidative browning of Glycyrrhiza glabra callus cultures. – 2016.- vol. 97(3).-pp. 179-186, DOI: https://doi.org/10.5114/bta.2016.62355.

20. TR TS 021/2011. Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti pishchevoy produktsii» [TR CU 021/2011. Technical Regulations of the Customs Union «On the safety of food production»]. Moscow, 2011. 234 p.

Статья поступила в редакцию 19.12.2019
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 66.063.8

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕН В ВЫСОКОСКОРОСТНОМ РОТОРНОМ ДИСПЕРГАТОРЕ

©2020

Авроров Валерий Александрович, доктор технических наук,
профессор кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(440028, Россия, г.Пенза, пр. Байдукова/ул.Гагарина, 1а/11, e-mail:v_avrorov@bk.ru)
Мурашкина Оксана Александровна, старший преподаватель кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(440028, Россия, г.Пенза, пр. Байдукова/ул.Гагарина, 1а/11, e-mail:xenian13@yandex.ru)
Сарафанкина Елена Александровна, старший преподаватель кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(440028, Россия, г.Пенза, пр. Байдукова/ул.Гагарина, 1а/11, e-mail: satel -2210@ yandex.ru)

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению возможностей вспенивания дисперсных систем при использовании для этой цели разработанного высокоскоростного роторного диспергаторе. Приведены способы вспенивания жидких сред, применяемые в различных отраслях промышленности. Указаны основные свойства пенных систем и рассмотрен процесс пенообразования. Приведены некоторые возможные варианты модернизации базового образца роторного диспергаторе для осуществления вспенивания жидких сред. Показано, что при реализации предложенных технических решений появляется дополнительная функция, позволяющая расширить область использования высокоскоростного роторного дипергатора

Ключевые слова: пены, высокоскоростной роторный диспергатор, модернизация диспергатора, вспенивание жидких систем.

POSSIBILITY OF PRODUCING FOAMS IN HIGH-SPEED ROTARY DISPERSER

©2020

Avrorov Valery Alecsandrovish, doctor of technical sciences,
professor of the department of “Food production”
Penza State Technology University
(440039, Russia, Penza, Baidukova/Gagarina St.,1a/11, e-mail: v_avrorov@bk.ru)
Murashkina Oxana Alecsandrovna, senior lecturer of the department of “Food production”
Penza State Technology University
(440039, Russia, Penza, Baidukova/Gagarina St.,1a/11, e-mail:xeniam13@yandex.ru)
Sarafankina Elena Alecsandrovna, senior lecturer of the department of “Food production”
Penza State Technology University
(440039, Russia, Penza, Baidukova/Gagarina St.,1a/11, e-mailsatel-2210@yandex.ru)

Abstract. The article is devoted to the consideration of the possibilities of foaming disperse systems using the developed high-speed rotary dispersant for this purpose. The methods of foaming liquid media used in various industries. The main properties of foam systems are indicated and the foaming process is considered. Some possible variants of modernization of the basic sample of the rotary dispersant for foaming of liquid media are given. It is shown that in the implementation of the proposed technical solutions, an additional function appears, allowing to expand the scope of use of a high-speed rotary dipergator

Keywords: foams, high-speed rotary dispersant, modernization of dispersant, foaming of liquid systems.

Введение. Вспенивание или взбивание представляет собой процесс образования пены при диспергировании газа в обрабатываемую жидкую среду [1,2].

Взбивание может осуществляться несколькими способами: механическим перемешиванием жидкой среды при интенсивном воздействии на нее рабочего органа взбивальной машины, увлекающего при своем вращении газ, в результате чего в жидкой среде образуются газовые пузырьки; аэродинамическим способом, когда газовая среда перемещается потоком жидкого продукта за счет эжекции и насыщает продукт газом, или когда поток газа проходит через слой жидкости, приводя к ее вспениванию [3 – 7] .

Согласно [8,9] пенные системы обладают следующими основными свойствами:

- вспениваемость жидкой среды, характеризуемая количеством пены в единице объема за единицу времени;
- кратность пены, равная отношению объема пены к объему жидкой среды, $\beta = \frac{V_п}{V_{ж.с.}}$, где $V_п$ объем газа в пене;
- стабильность пены, характеризуемая временем существования пены до ее распада;
- дисперсность пены, определяемая средним размером пузырьков газа и их распределением по объему пенной системы;
- физико-механические свойства жидкой и газовой сред (плотность, вязкость, индекс течения и

др.)

К вспененным дисперсным системам в пищевой промышленности относятся кремы, зефир, пастила, мороженое и др.

В разработанном роторном диспергаторе, предназначенном для диспергирования жидких неоднородных дисперсных систем (рис.1), ротор диспергатора вращается с высокой угловой скоростью, равной от 4186,6 до 10466.6 c^{-1} и более [10].

Режим движения жидкой среды в канале ротора носит осциллирующий вихревой характер, изменяющийся с большой частотой вследствие периодического совпадения и перекрытия выходных отверстий ротора и статора, благодаря чему осуществляется тонкое и супертонкое диспергирование эмульсий и суспензий и улучшение их качественных показателей [11–19].

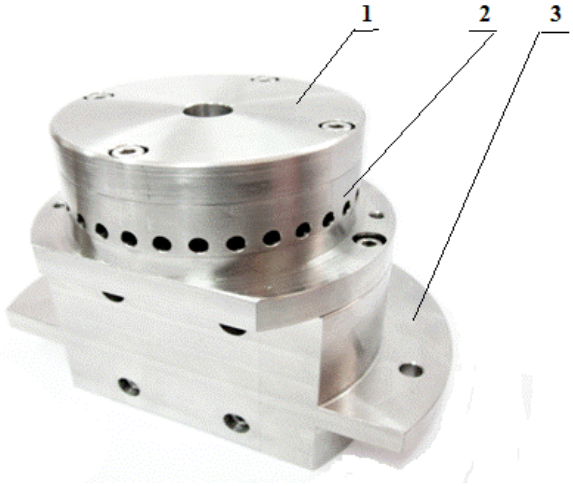


Рисунок 1 – 3D модель роторного диспергатора
1 – крышка, 2 – статор, 3 – корпус

Анализ процесса диспергирования неоднородных дисперсных систем в роторном диспергаторе показывает, что при соответствующих изменениях конструкции и введении некоторых технических решений появляется возможность наделения его дополнительной функцией по вспениванию обрабатываемых эмульсий и суспензий, что позволит расширить области его использования в промышленности.

Поэтому **целью** данной публикации являлось рассмотрение некоторых вариантов модернизации роторного диспергатора в направлении возможности вспенивания жидких сред.

Для достижения указанной цели были рассмотрены две **задачи**:

- рассмотрение по известным публикациям процесса пенообразования в жидкой среде применительно к роторному диспергатору;
- анализ вариантов изменения базовой конструкции диспергатора, способствующих вспениванию этой среды.

Анализ процесса пенообразования при взбивании жидких сред. Известно, что пены по своей структуре неустойчивы и относительно быстро разрушаются, поэтому для увеличения времени их сохранения используют стабилизирующие добавки [9].

Процесс пенообразования характеризуется двумя явлениями, происходящими одновременно – образованием новых и разрушением образованных до этого газовых пузырьков [14].

В соответствии с [14] для роторного диспергатора можно записать:

$$\frac{dV}{dt} = k_1 Q - k_2 V \qquad (1)$$

где V – объем пены, $м^3$; Q – объемный расход воздуха, вовлекаемого в жидкую среду, находящуюся в роторе в данный момент времени t, $м^3/с$; k_1 - коэффициент, характеризующий долю газа, диспергированного в жидкую среду; k_2 – коэффициент, характеризующий скорость разрушения пены, образуемой в роторе, $с^{-1}$. Учитывая, что при стационарном режиме работы диспергатора расход жидкости и воздуха Q не изменяется во времени и коэффициент k_1 постоянен, то решением уравнения (1) при граничном условии $V=V_0$ при $t=0$ будет:

$$V = K - \left(KV_0\right)\exp\left(-k_2 t\right), \qquad (2)$$

где V_0 – объем жидкой среды в роторе диспергатора до насыщения его воздухом, м3;

$K = \frac{k_1 Q}{k_2}$ – комплекс с размерностью объема, м3.

Если принять, что напряжения сдвига в диспергируемой жидкой среде изменяются по степенной зависимости [13,20]:

$$\tau = \eta \dot{\gamma}^n \qquad (3)$$

где τ – касательное напряжение, Па;

$\dot{\gamma}$ - скорость деформации, $с^{-1}$;

η - вязкость жидкости, Па·с;

n – индекс течения, то движение массы под действием создаваемого давления от центробежной силы инерции F_c в радиальном направлении через отдельное отверстие ротора и статора (рис.2) может быть выражено согласно [3] как:

$$\Delta p = \frac{2Q_0\eta\left(R_2^2 - R^2\right)}{\pi \frac{d_p}{2}^{n+1} (2\omega)^{1-n}(2-n)}, \qquad (4)$$

где: Δp – давление, в результате которого жидкость движется в отдельном отверстии ротора, Па; Q_0 – объемная производительность диспергатора, м3/с; ω - угловая частота вращения ротора, м/с; R, R_2 – внутренний и наружный радиусы ротора и статора соответственно, м; F_c, F_k – центробежная и кориолисова силы инерции, Н; r – текущий радиус положения материальной точки m, к которой в данный момент приложены силы F_c и F_k; d_p, d_c – отдельные отверстия ротора и статора, $d_p=d_c$, м; v – скорость движения материальной точки (потока жидкости в отдельном отверстии ротора и статора), м/с, δ – кольцевой зазор

между ротором и статором, м, δ→0.

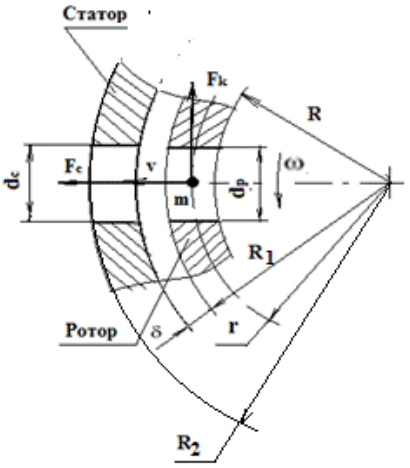


Рисунок 2 – Схема движения потока жидкости в отдельном отверстии ротора и статора под действием создаваемого давления

Так как в роторе и статоре диспергатора имеется m отверстий, то

$$\sum \Delta p = m\left[\frac{2Q_0\eta\left(R_2^2 - R^2\right)}{\pi\frac{d_p^{\,n+1}}{2}\left(2\omega\right)^{1-n}\left(2-n\right)}\right] \quad (5)$$

Варианты модернизации диспергатора для вспенивания жидких сред. Для вспенивания диспергируемой жидкости в роторе диспергатора можно предложить несколько технических решений. В качестве примера на рисунке 3 приведены два варианта таких решений. В варианте исполнения рисунка 3а в чаше ротора установлен конический турбулизатор, выполненный в виде профилированного конуса, нижнее основание которого погружено в обрабатываемую жидкость, а верхняя часть выступает над ее уровнем. При вращении ротора конус создает вихревое турбулентное вращение жидкости, при циркуляции которой воздух захватывается специальными канавками конуса и в виде пузырьков насыщает вращаемую жидкость, способствуя ее вспениванию.

Преимуществом такого решения является его простота. К недостаткам можно отнести тот факт, что воздух в роторе находится под атмосферном давлении и, возможно, только его незначительная часть будет использована для вспенивания. Очевидно, что это не единственный вариант: вместо конуса может быть использован профилиро-ванный диск или автономное устройство аналогич-ное рабочему органу погружного блендера, однако в этом случае необходим его отдельный привод.

В варианте исполнения рисунок 3б в диспергируемую жидкость для ее вспенивания подается воздух под давлением, для чего в трубопровод подачи жидкости должен быть врезан воздуховод. Этот вариант исполнения диспергатора способен обеспечить большую кратность пены по сравнению с механическим турбулизатором, но требует оснащения диспергатора дополнительным компрессором.

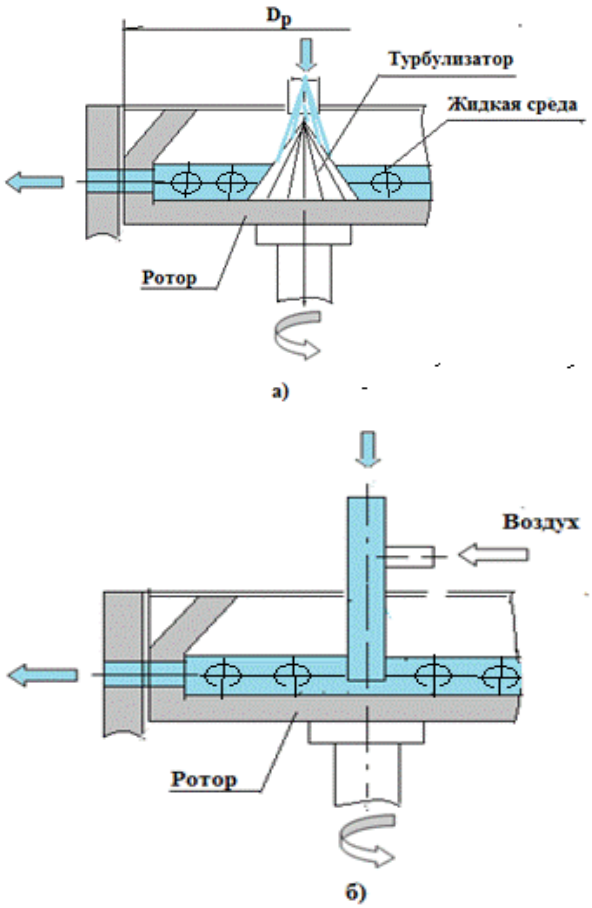


Рисунок 3 – Примеры доработки диспергатора для вспенивания диспергируемой жидкости
а) – вариант конструктивного исполнения с конусным турбулизатором
б) – вариант исполнения с дополнительной подачей воздуха под давлением

Выводы. Показана возможность расширения области применения высокоскоростного роторного диспергатора не только для супертонкого диспергирования эмульсий и суспензий, но и для вспенивания различных жидких сред.

Приведены примеры модернизации роторного диспергатора, позволяющие реализовать процесс вспенивания при относительно небольших изменениях конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств.- М.: «Колосс».- 2005.- 760 с.
2. Стабников В.Н., Баранцев В.И. Процессы и аппараты пищевых производств. – М: Агропромиздат, 1985. – 509 с..
3. Калошин Ю.А., Березовский Ю.М., Верняева Л.В. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции. – М: МГУТУ, 2009, - 168с.
4. Круглов В.Ф.Смирнов М.А. Устройство для получения воздушно-механических пен / Тезисы докладов зональной конференции «Пены: физико-механические свойства и применение», 19-21.09.1985г. – Пенза: ПДНТП, 1985. – С.28-29.
5. Машины и аппараты пищевых производств под ред. Академика РАСХН В.А. Панфилова.- М.: «Высшая школа».- 2001.-1384 с.

6. Панфилов В.А., Ураков О.А. Технологические линии пищевых производств. – М: Пищевая промышленность, 1996. – 472с.

7. Елхина В.Д. Механическое оборудование предприятий общественного питания. Справочник. – М: Академия, 2009. – 336с.

8. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. – М: Химия, 1988. - 264с.

9. Пены: физико-механические свойства и применение / Тезисы докладов зональной конференции. – Пенза ПДНТП, 1985. – 64с.

10. Авроров В.А., Авроров Г.В. Центрифуга. Патент РФ № 2422213, B04B5/12, 2009.

11. Авроров В.А., Харлашкин С.А.. Анализ условий сверхторнкого диспергирования сплошных сред с различной степеню вязкости до уровня наноструктур с помощью высооскоростного роторного диспергатора / Материалы Международной НПК «Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: достижения. проблемы, перспективы». – Пенза: ПДЗ. 2011. – С..40-45.

12. Авроров В.А. О высокоскоростном роторном диспергировании жидких сред / Химическое и нефтегазовое машиностроение, №10, 2019. = С.12- 14.

13. Малкин А.Я., Исаев А.И. Реология: концепции, методы, приложения. – С.Пб: Профессия, 2007. - 560с.

14. Березовский Ю.М. Теоретический анализ процесса взбивания пенообразных кондитерских масс в роторном эмульсаторе ШЗД/ / Хранение и переработка. сельхозсырья.- 2005. - № 5- с. 12-14.

15. Зимин А.И. О бифуркационных явлениях в нестационарных гидромеханических процессах // Теорет. основы хим. технологии . 1997, Т. 31, №3. - С. 238-242.

16. Зимин А.И. Бифуркации и аномалии в теории и практике гидромеханического диспергатора // Уголь. .1997, №2. - С. 29 - 30.

17. Орешина М.Н. Импульсное диспергирование многокомпонентных пищевых систем и его аппаратурная реализация. Автореферат дисс. д.т.н.– М: 2010.с.50.

18. Червяков В.М. Теоретические основы методов расчета роторных аппаратов с учетом нестационарных гидродинамических течений. Автореферат дисс. д.т.н. - Тамбов: ТГУ, 2007.с.31.

19. Фейман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Феймановские лекции по физике. Физика сплошных сред. Том.7. Пер. с англ. – М: Мир, 1977. – 287с.

20.Эберт Г. Краткий справочник по физике. Пер. с нем. – М: Физматгиз, 1963. – 352с.

Статья поступила в редакцию 22.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 663.423

ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ХМЕЛЯ И ХМЕЛЕПРОДУКТОВ НА СЕНСОРНЫЙ ПРОФИЛЬ ГОТОВОГО ПИВА

© 2020

Гернет Марина Васильевна, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
(119021, Россия, Москва, улица Россолимо, 7, e-mail: institut-beer@mail.ru)
заведующая кафедрой технологии бродильных производств и виноделие
Московский государственный университет пищевых производств
(125080, Россия, Москва, Волоколамское шоссе, 11, e-mail: ferment@mgupp.ru)
Грибкова Ирина Николаевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
(119021, Россия, Москва, улица Россолимо, 7, e-mail: institut-beer@mail.ru)

Аннотация. Приведен аналитический обзор относительно соединений хмелепродуктов, обуславливающих сенсорный профиль готового пива. Установлено, что вклад препаратов на основе хмеля в ароматообразование составляет 50%, чем подтверждается цель работы - теоретическое обоснование целесообразности исследования дополнительных показателей качества хмелепродуктов с целью установления их влияния на органолептический профиль готового пива. Приведен подробный состав соединений хмеля и сведения о влиянии каждого класса соединений на органолептические показатели. Рассмотрены сенсорные характеристика и оттенки аромата, характерные для горьких веществ и эфирных масел хмелепродуктов. Оценена роль полифенольных соединений хмелепродуктов в образование вкусового профиля готового пива. Установлена зависимость перехода тех или иных важных веществ хмелепродуктов от количества и способа охмеления пива. Показано влияние переработанных хмелепродуктов и соединений, содержащихся в этих хмелепродуктах, на показатели качества пива, полученного с их внесением.

Ключевые слова: хмель, горькие вещества, эфирные масла, полифенольные вещества, режимы охмеления.

HOP AND HOP PRODUCTS COMPOUNDS INFLUENCE ON READY BEER SENSORIAL PROFILE

© 2020

Marina Vasil'evna Gernet, Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher,
All-Russian Research Institute of the brewing, non-alcoholic and wine-making industry - a branch of the FSBI "FNT food systems them. V.M. Gorbatov "RAS
(119021, Russia, Moscow, Rossolimo St., 7, e-mail: institut-beer@mail.ru)
Head of the Department of Fermentation Technology and Winemaking of the
Federal State Budgetary Educational Institution Moscow State University of Food Production
(125080, Volokolamskoye Shosse, 11, Moscow, Russiae-mail: ferment@mgupp.ru)
Irina Nikolaevna Gribkova, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher,
All-Russian Research Institute of the brewing, non-alcoholic and wine-making industry - a branch of the FSBI "FNT food systems them. V.M. Gorbatov "RAS
(119021, Russia, Moscow, Rossolimo St., 7, e-mail: institut-beer@mail.ru)

Abstract. An analytical review of the hop product compounds, causing the sensory profile of the finished beer, is presented. It is established that the contribution of hop-based preparations to aroma formation is 50%, which confirms the work goal - the theoretical justification of the studying additional quality hop products feasibility indicators in order to establish their effect on the finished beer organoleptic profile. A detailed composition of hop compounds and information on the effect of each class of compounds on organoleptic characteristics are given. Sensory characteristics and aroma tones characteristic of hop products bitter substances and essential oils are considered. The role of hop product polyphenolic compounds in the formation of the finished beer taste profile is estimated. The dependence of the hop product certain important substances transition on the amount and method of hopping beer has been established. The effect of processed hop products and compounds contained in these hop products on the beer quality indicators obtained with their introduction is shown.

Keyword: hop, bitter substances, essential oils, polyphenolic substances, hopping modes.

Введение. Известно, что пиво представляет собой сложную коллоидную систему, формирующуюся в течение всего технологического цикла. Вещества, ответственные за аромат, влияют на полноту вкуса готового напитка и формируются за счет экстрагируемых веществ сырья (солод, несоложеное зерно, хмель), первичных и вторичных продуктов брожения, насыщения углекислым газом в течение как брожения, так и дополнительной карбонизации, продуктов жизнедеятельности микроорганизмов при

контаминации пива нежелательными бактериями и грибами, а также окисленных веществ пива в процессе его хранения [1,2,3].

Хорошо изучено влияние вторичных продуктов брожения на образование аромата пива [4] в целях составления профиля для дегустационной оценки и с точки зрения участия веществ, отвечающих за тот или иной оттенок аромата в процессах старения пива.

Исследования последних лет показали, что половину всех имеющихся соединений пива в части ароматообразования обеспечивает хмель и хмелепродукты [5]. Однако, в пивоваренной отрасли России качество хмеля и хмелепродуктов контролируют по показателям содержания влаги, массовой доли α-кислот, кондуктометрического показателя горечи, доли золы, массовой доли сухих веществ и, только в CO_2-экстракте – определяют массовую долю эфирного масла [6], в основном отвечающего за ароматический профиль хмеля в пиве.

Долгое время основным важным показателем хмеля считали наличие в нем горьких веществ или смол, которые, наряду с другими соединениями хмелепродуктов, в процессе кипячения сусла с хмелем переходят в сусло и выполняют несколько ключевых функций: стабилизация сусла за счет связывания белковых веществ и полифенолов хмеля, изомеризация горьких веществ хмеля с образованием веществ с характерной горечью, насыщение сусла веществами роста и развития дрожжей и пр.

Разработаны основы для терминологического описания вкуса и запаха пива, однако вещества, отвечающие за вклад в состав органолептического профиля со стороны хмелепродуктов, изучаются до сих пор [4].

Исследование проблемы влияния соединений хмеля и хмелепродуктов на аромат готового пива является перспективным направлением в современном пивоварении с точки зрения выявления путей миграции соединений из сырья до присутствия их в готовом напитке и оценки степени влияния на органолептический профиль в целом. Необходимо учитывать влияние условий внесения хмеля в технологии, поскольку вещества, ответственные за аромат пива, чувствительны с повышенным температурам, перемешиванию, биокатализу и пр.

Целью работы являлось теоретическое обоснование целесообразности исследования дополнительных показателей качества хмелепродуктов и их идентификация с целью установления их влияния на органолептический профиль готового пива.

Материалы и методы исследований. Материалами для исследования послужили научные и аналитические данные зарубежных и отечественных источников информации.

В качестве методов исследования использовались мониторинг и анализ источников информации, их систематизация и обобщение для осуществления подведения итогов проведенной исследовательской работы.

Результаты и обсуждение. Для того чтобы оценить степень влияния составляющих веществ хмеля на сенсорный профиль пива, необходимо рассмотреть его химический состав, который представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав хмеля и участие соединений в образовании вкусового профиля пива [7,8,9]

Перечень основных соединений	Содержание, %	Факт участия в сенсорном профиле
Влага	10,0-11,0	-
Общие смолы (горькие, мягкие, твердые):	10,0-25,0	
- α-кислоты (гумулоны, гомологи)	2,0-17,0	+
- β-кислоты (лупулон, гомологи)	3,0-5,0	+
- твердые δ смолы	0,5-4,0	-
- ε смола	нет сведений	-
Продукты окисления общих смол:	4,0-6,0	
- гумулинон (продукт окисления α-кислоты)	0,1-0,5	+
- гулупон (δ-кислота)	0,5-4,0	+
- лупдепы, лупдолы, лупоксы, лупдоксы (продукты окисления β-кислоты)	нет сведений	+
Эфирные масла	0,4-5,0	+
Прекурсоры ароматических соединений (тиоловые, агликоны, сложные эфиры)	0,003-0,053	+
Липиды и воска	1,0-5,0	+
Азотистые вещества	около 18,0	-
Полифенолы	3,0-6,0	+
Ферменты (в ед./г):		
- мальтаза	нет сведений	
- амилоглюкозидаза	~0,02	+
- α-амилаза	~0,35	
- β-амилаза	~0,41	
-предельная декстриназа	~0,001	
Углеводы:		
- целлюлоза	10,0-17,0	-
- пектин	12,0-14,0	-
- моносахара (глюкоза, фруктоза)	0,3-4,0	+
Органические кислоты:		
- янтарная, яблочная, лимонная	нет сведений	+
Ионы металлов (K, Ca, Fe, Mn, Mg, Zn, Cu)	0,03-0,06	+

Из полученных данных таблицы 1 видно, что большинство соединений хмеля оказывает влияние на сенсорный профиль готового пива.

Как уже говорилось, хмель расценивается как источник горьких соединений, обеспечивающих классический хмелевой аромат пива – за это отвечают гумулоны или *α*-кислоты, которые при охмелении переходят в изогумулоны, которые в 28-250 раз более растворимы гумулонов и поэтому определяют горечь

пива [8,10].

Горькие кислоты (*α*- и *β*- соединения), присутствующие в свежем хмеле, переходят в раствор постепенно и выпадают в осадок вместе с коагулирующим азотом, в то время как мягкие и твердые смолы переходят в раствор легче.

Растворимость *α*-кислоты зависит от величины pH: так, при pH 5,9 ее растворимость составляет 480 мг/дм^3, а при pH 5,0 – 40 мг/дм^3 [7].

При кипячении *α*-кислоты изомеризуются, как уже говорилось, в изо-*α*-гумулоны – гумулон, когумулон и адгумулон, причем в свободной форме находится меньше половины изо-*α*-кислот, большая входит в состав веществ с молекулярной массой до 3500, а фракции с весом более 3500 составляют от 11 до 17% [7]. Таким образом, при кипячении сусла образуются соединения горьких веществ, различных по молекулярной массе, и одновременно происходит потеря их при ассоциации с коагулируемым азотом.

При кипячении сусла *β*-кислоты не играют существенной роли, так как по своей природе не экстрагируются водой и остаются в хмелевой дробине. В пиве присутствуют лишь следы *β*-кислоты, что связано с кислым pH сусла (pH 5-6), способным перевести в растворимое состояние лишь 1,5 мг/дм^3 данного соединения. Продукты окисления *β*-кислот имеют структуру с шестичленным циклом и называются «мягкими смолами». К этому классу соединений относятся лупдепы, лупдолы, лупоксы и лупдоксы, они растворимы в сусле, следовательно, переходят в пиво, в котором на 33-50% от изогумулонов обуславливают горечь [7].

Изомеризация горьких кислот продолжается и в сборнике горячего сусла, где температура составляет 90-95°С, что говорит о том, что между концом кипячения и окончанием охлаждения сусла могут происходить значительные изменения [7].

Интересен тот факт, что в пиве присутствует 30% от содержания исходной *α*-кислоты хмелепродуктов в виде изо-*α*-кислоты, содержание которой составляет около 100 мг/дм^3, и она формирует характерный хмелевой тон в пиве, стабилизирует пену пива, причем различные ее составляющие - по-разному, данные таблицы 2 [4, 11].

Таблица 2 – Количественная оценка изомеризованных α-кислот, присутствующих в пиве

Название изо-*α*-кислоты	Содержание, %, в	
	жидкой фазе пива	пене пива
изо-гумулон	50	57
изо-когумулон	36	22
изо-адгумулон	14	21

Необходимо отметить, что *α*-кислота считается показателем отношения сорта хмеля к горькому или ароматному [7]. Так, у горьких сортов хмеля содержание *α*-кислоты превышает 40%, а отношение *β*-кислоты к *α*-кислоте составляет 1 и менее, у ароматных – 1,6.

Степень изомеризации горьких кислот хмеля, то есть размер вклада в органолептический профиль пива, определяется типом хмеля (горький или ароматный), степенью обработки хмеля (шишковый, гранулированный или экстракт), технологическими параметрами сусла (состав зернопродуктов, плотность, уровень pH), параметрами стадии охмеления (нормой задачи, продолжительностью стадии, температурными параметрами стадии) [12,13].

Исследователи определили порог ощущения для кислот, определяющих горечь пива, и вкусовые профили некоторых составляющих [7, 14, 15]. Данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сенсорные профили веществ, входящих в состав горьких соединений хмеля, в пиве

Наименование соединения	Порог ощущения в пиве, мкмоль/дм^3	Содержание в пиве, мкг/дм^3		Константа диссоциации, pK
		низовом	при сухом охмелении	
гумулон	21,0	2	10	5,5
когумулон	17,0	1	10	4,7
адгумулон	21,0	1	2	5,7
цис-изо-когумулон	7,0	31	15	~3,4
цис-изо-гумулон	10,0	33	18	
цис-изо-адгумулон	8,0	11	10	
транс-изо-когумулон	19,0	15	9	
транс-изо-гумулон	20,0	14	12	
транс-изо-адгумулон	15,0	5	2	
колупулон	39,3	0	1	6,9
лупулон	35,0	0	нет сведений	7,1
адлупулон	37,0	0	нет сведений	7,2
когулупон	7,9	7	7	2,5
гулупиновая кислота	68,5	0	нет сведений	2,8
нортициклогулупон	90,3	0	нет сведений	2,7
дегидро-цикло-колупулон	40,6	0	нет сведений	-
три-цикло-колупулон	37,9	3	нет сведений	-
гидроперокси-три-цикло-колупулон	20,7	0	нет сведений	-
гидроксi-трицикло-колупулон	14,7	8	нет сведений	-
ксантогумол	10,0	0	2	-
изо-ксантогумол	16,0	2	5	-
пренилнарингенин	7,5	0	нет сведений	-

Сведения таблицы 3 показывают, что с уменьшением константы диссоциации вещество становится более растворимо в воде, что подтверждается

литературными данными относительно малой растворимости *α*-кислот хмеля и нерастворимости *β*-кислот (лупулон, колупулон и адлупулон) [7].

Относительно сенсорных профилей горьких соединений хмеля в пиве известно, что изо-*α*-кислоты характеризуются жесткой хмелевой горечью, их производные – тетрагидро-изо-*α*-кислоты – лекарственными и металлическими оттенками, а гексагидро-изо-*α*-кислоты – уже с преобладанием зеленых, растительных оттенков [16].

Другим важным видом соединений, ответственных за формирование аромата пива, являются эфирные хмелевые масла (табл. 1), состав которых представлен в таблице 4 [7,12].

Таблица 4 – Перечень групп и соединений, составляющих эфирные масла [7,12]

Класс соединения	Названия соединений	Основной представитель
Углеводороды	монотерпены	мирцен, α- и β-пинен
	сесквитерпены	α-гумулен, β-кариофилен, фарнезен, постгумулены
	алифатические углеводороды	эфиры фарнезола
Окисленные соединения	терпеновые спирты	линалоол, гераниол
	сесквитерпеновые спирты	гумуленол I и II, гумулол
	прочие спирты, смолы, кетоны, альдегиды, эфиры	2-метил-3-бутен-2-ол, изомасляный альдегид, гумуладиенон, карахаина-эфир
Серосодержащие соединения	тиоловые спирты, эфиры	метионал, s-метилгексантриоат
	сульфиды	диметилсульфид
	др. серосодержащие соединения	4,5-эпитиогумулен

Интересен тот факт, что хмелевые масла идентифицируют с целью установления сортности и места произрастания хмеля, а именно оценивают содержание таких типичных терпеновых соединений как β-фарнезен, постгумулена 1 и 2, а также мирцена [7].

Несмотря на то, что описанные хмелевые эфирные масла летучи, они значительно формируют органолептический профиль готового пива, данные представлены в таблице 5 [17,18,19].

Исследователи обнаружили синергетическое взаимодействие ароматических веществ с другими составляющими хмеля [20]: так, линалоол усиливает аромат пива совместно с гераниолом и цитронелолом, что приводит к снижению порога чувствительности соединений [21].

Соединения эфирных масел находятся в связанном состоянии в растительной матрице хмеля: так, *α*-гумулен, *β*-кариофилен, фарнезен имеют предшественника – фарнезилпирофосфат, у лемонена – нерилдифосфат, у мирцена предшественником является геранилпирофосфат [22].

Установлено, что на протяжении производственного цикла, от охмеления до дображивания, содержание летучих соединений пива меняется под воздействием технологических факторов. Таким образом, изменение pH, температуры среды или воздействие эстераз дрожжей воздействует на присутствующие эфирные соединения хмеля без запаха гераниол, линалоол, *α*-терпинеол путем разрыва эфирных связей и образованием соединений, обладающих ароматом с достаточно высокими пороговыми значениями [23, 24].

Таблица 5 – Сенсорные профили эфирных масел хмеля в пиве

Сенсорный оттенок	Вещество	Порог ощущения в пиве
черная смородина	4-меркапто-4-метил-пентан-2он	10-50 мкг/кг
черная смородина, мускат	3-меркаптогуксанол	55 мкг/кг
смолистый	мирцен	30-1000 мг/кг
цветочный, лимонный	линалоол	8-80 мг/кг
цветочный, аромат розы	гераниол	4-40 мг/кг
-	этил-2-метил-бутаноат	-
-	этил-4-метил-пентаноат	1 мг/кг
фруктовый, травяной	цис-розовый оксид	5-50 мкг/кг
хмелевой, ананасовый	1,3,5-ундекатриен	-
сырный	2-метилмаслянная кислота	-
виноградный табак, черный чай	β-дамасценон (пентил-этиловый спирт)	-
кедровый	кариофила-3,8-диен-(13)- диен-5-β-ол	-
сырный/луковый/чесночный	различные серосодержащие соединения	-

Серосодержащие соединения хмеля до недавнего времени связывали с неприятными тонами в аромате (луковыми или чесночными), и именовали пороками вкуса. Однако недавно было установлено, что соединения этого класса 4-метил-4-меркапто-пентан-2-он (4MMP), 3-меркапто-гексилацетат (3MHA) и 3-меркаптогексанол участвуют в формировании фруктово-цветочных оттенков готового пива [25,26,27].

Способ охмеления имеет большое значение для перехода горьких и ароматических соединений хмеля в пиво. Отмечено, что при классическом способе охмеления уровень горьких кислот можно регулировать длительностью кипячения (при увеличении длительности кипячения из шишкового и гранулированного хмеля переходит до 40% горьких веществ, а при использовании изомеризованного экстракта – 70%) [28]. Но необходимо учитывать, что при классическом способе охмеления образуются изогумулоны, а при «сухом» - гумуленоны, которые на 70% более горькие по сравнению с изогумулонами [8]. Однако для ароматных веществ хмеля закономерность противоположна, добавление хмеля в конце варки способствует большему сохранению эфирных соединений, но выход горьких веществ снижается до

20%. С этой целью применяется технология «сухого» охмеления совместно с классической, чем добиваются перехода в сусло как горьких кислот при кипячении, так и эфирных масел при задаче ароматного хмеля при температуре сусла 75-95°С в вирпул, либо внося хмель на стадии брожения при температуре 4-20°С в зависимости от типа применяемых дрожжей [12]. На содержание эфирных масел в бродящем пиве, имеющих хмелевое происхождение, оказывает большое влияние выделяющийся CO_2, сорбция на поверхности дрожжевых клеток, а в готовом разлитом по бутылкам пиве – сорбция ароматических веществ на внутренней поверхности пробок бутылок [29,30].

Одним из классов летучих соединений являются свободные жирные кислоты – октановая, нонановая, декановая, которые снижают свою концентрацию в результате процессов адсорбции на брухе в процессе кипячения [7]. В сусле также обнаружено заметное количество пальмитиновой, линоленовой и линолевой жирных кислот, переходящих из хмеля. Однако, они термолабильны, линолевая кислота при повышенных температурах разлагается на 7%, а линоленовая – на 82% [7].

Также на вкус и аромат пива оказывают влияние полифенольные вещества хмеля. Вообще, полифенолы хмеля на 20% состоят из способных к гидролизу соединений (гликозиды галловой, р-гидроксибензойной, ванилиновой, кумаровой и феруловой кислот), и на 80% - из конденсируемых соеди-нений (флавоны, катехины, флаванолы (кверцетин, кемпферол), антоцианогены) [7,31]. Из всех вышеперечисленных соединений только 15% от общего объема переходит в жидкую фазу, а 85% удаляется с брухом [32]. Из гликозидных форм в пиве обнаружены рутин, изокверцетрин, которые связаны с рамнозой, а из агликонов – изоксантогумол в следовых количествах [33].

Отмечено, что из хмеля при охмелении в сусло переходят ксантогумол (0,2 мг/дм^3), ресвератрол (2,0-80 мкг/дм^3), флаван-3-ол мономер (катехин), кемпферол, кверцетин [34, 35, 36].

Оценен вклад полифенолов в общий органолептический профиль готового пива, присутствие которых снижает количество нежелательных летучих эфирных и ненасыщенных карбонильных соединений пива, характеризующих несвежие тона во вкусе [37].

В таблице 6 показано наличие в образцах пива полифенолов из хмеля, а также органолептическая оценка данных образцов [38].

Таким образом, таблица 6 дает понятие о закономерности количества внесенного гранулированного хме-ля и присутствия полифенольных соединений [38].

Найдена линейная зависимость содержания линалоола (эфирного соединения хмеля) и общего содержания полифенолов от количества внесенного хмеля, данные представлены в таблице 7 [38].

Таблица 6 – Содержание полифенольных соединений из зернового сырья в пиве и его органолептическая оценка

Название	Содержание полифенольных соединений хмеля в образце пива с разными технологиями внесения хмелепродуктов, мг/дм^3				
	изомеризованный экстракт в конце кипячения	гранулированный при кипячении (начало, конец) и в вирпул	гранулированный в течение охмеления (начало, через 30 мин, конец) и в вирпул	гранулированный в течение охмеления (начало, через 30 мин, в конце) и в вирпул	гранулированный в течение охмеления (начало, через 30 мин, за 30 мин до окончания) и в вирпул
проантоцианидин В3	1,5	2,0	2,2	2,5	2,4
кофеилхинная кислота	0,0	0,5	1,4	1,6	2,1
катехин	2,2	3,3	4,6	5,7	5,8
эпикатехин	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3
кверцетина гликозид	0,0	1,0	2,6	3,6	4,3
кемпферола гликозид	0,0	0,4	1,1	1,4	1,7
изоксантогумол	0,0	0,7	0,7	0,8	0,9
	Органолептические показатели (шкала от 0 до 10 баллов)				
хмелевой аромат	1,9	4,2	5,4	5,9	5,8
полнота вкуса	3,5	4,7	5,3	5,6	5,6
гармоничность горечи	4,0	5,4	5,5	5,9	5,5
общее значение баллов	3,1	4,8	5,4	5,8	5,6

Таблица 7– Содержание линалоола в пиве в зависимости от дозировки гранулированного хмеля

Наименование	Содержание вещества при норме задачи гранул, г/гл									
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	200
линалоол, мкг/дм^3	6	14,0	22,0	30,0	35,8	42,0	49,5	56,0	62,5	78,0
полифенолы, мг/дм^3	41,0	43,0	46,0	48,5	51,5	54,0	58,0	60,0	63,0	69,0

Очевидный факт, что изомеризованный экстракт обедняет пиво полифенольными хмелевыми соединениями, однако его применение характеризуется малоотходностью и большим процентом извлечения горьких соединений.

Наряду с изомеризованным экстрактом, в пивоваренной отрасли применяются и другие хмелепродукты, применение которых позволяет добиться показателей

качества пива, указанных в таблице 8[39].

Таблица 8 – Влияние применения различных видов хмелепродуктов на качество пива

Показатель качества пива	Фактическое значение при использовании хмелепродуктов					
	шишковый хмель	порошок хмеля	порошок-концентрат хмеля	экстракт хмеля	экстракт смол хмеля	CO_2-экстракт хмеля
Цвет, ц.ед.	7,5	7,5	7,3	7,3	7,1	7,0
pH	4,5	4,5	4,4	4,4	4,3	4,3
Пеностойкость, сек	124,0	123,0	126,0	126,0	128,0	128,0
Стабильность	1,1	1,4	0,8	1,2	0,8	1,7
Содержание:						
-горечи, ед. ЕВС	30,7	31,0	30,2	30,5	29,8	31,6
-полифенолов, мг/дм^3	185,0	180,0	165,0	158,0	145,0	149,0
-антоцианогенов, мг/дм^3	55,0	55,0	48,0	45,0	42,0	42,0

Таблица 8 наглядно демонстрирует, что применение переработанных хмелепродуктов способствует снижению содержания полифенольных соединений, однако количество горьких смол (α-, β-кислот, изомеризованных кислот, продуктов изомеризации) возрастает.

Вопрос обогащения пива полифенольными соединениями был решен за счет дополнительного внесения отходов производства CO_2-экстракта, поскольку исследователи обнаружили наличие в хмелевом жмыхе ресвератрол и его глюкозид [40].

Заключение. Анализ публикационной активности относительно рассматриваемой проблемы выявил несомненный интерес относительно соединений хмеля и их влияния на качество готового пива. Это связано с внедряемыми альтернативными технологиями получения пива с разнообразными ароматами и вкусами, обусловленными, в том числе, превращениям соединений хмелепродуктов. Теоретически обосновано в ходе анализа литературных данных целесообразность внесения в нормирующие качество используемых хмелепродуктов дополнительных показателей с целью установления их влияния на органолептический профиль готового пива. Кроме того, выявлен другой механизм образования горечи и веществ, участвующих в этом процессе, на стадиях внесения хмелепродуктов, и их влияние на сенсорный профиль готового пива (изогумулоны при классическом охмелении и гумуленоны при «сухом» типе охмеления). Оценен вклад эфирных хмелевых масел, рассмотрена палитра сенсорных профилей основных соединений, формирующих аромат и вкус пива. Оценена роль полифенольных веществ в ароматические профили пива, приведены оценочные зависимости содержания полифенолов от количества внесенного хмеля и режимов его внесения. Отмечено, что в пиве сохраняются флаванолы, флаван-3-олы, антоцианогены хмеля, однако фенольные кислоты полностью подвергаются изменениям под действием различных технологических факторов. Проанализированные данные дают основание утверждать, что для оценки степени влияния соединений хмеля необходимо контролировать циклические окисленные продукты β-мирцена (α- и β-пинены), монотерпеновые оксиды (линалоол, гераниол, нерол), а также содержание проантоцианидина *B3* и *B2*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Mastanjevic K., Sarkanj B., Krska R., Sulok M. at all. From malt to wheat beer: A comprehensive multi-toxin screening , transfer assesement and its influence on basic fermentation parameters. // Food Chemystry. – 2018. – vol. 254. – pp. 115–121;
2. Stefanuto P.H., Perrault K.A., Dubois L.M. at all. Advanced method optimization for volatile aroma profiling of beer using two-demencional gas chromatography time-of-flight mass spectrometry. // J. Chromatogr. – 2017. – vol. 1507. – pp. 45-52.
3. Da Silva G.C., da Silva A.A.S., Godoy R.L.O. at all. Method development by GC-ECD and HS-SPME-GC-MS for beer volatile analysis. // Food Chem. – 2015. – vol. 167. – pp. 71-77.
4. Меледина Т.В. Качество пива. Стабильность вкуса и аромата. Коллоидная стойкость. Дегустация / Т.В. Меледина, А.Т. Дедегкаев, Д.В. Афонин. – СПб.: Профессия, 2011. – 220 с.
5. Lafontain S.R., Perera C.B., Vollmer P.M., Shellhamer T.N. The effectiveness of hop volatile markets for forecasting dry-hop aroma intencity and quality of Cascade and Centennial hops. // Brewing Science. – 2018. – vol. 71. – pp. 116-140.
6. ГОСТ 32912-2014 Хмелепродукты. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.
7. Нарцисс Л. Пивоварение. Том II. Технология приготовления сусла. / Л. Нарцисс. – М.: НПО «Элевар», 1999. – 370с.
8. Lafontaine S.R. Investigating the Quality Dynamics of American Aroma Hops Intended for Dry-Hopping Beer: a dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Food Science and Technology. – USA, 2019. – 245 s.
9. Kirkpatrick K. Investigating Hop Enzymes: a dissertation for the degree of Master of Science. – USA, 2018. - 125s.
10. Jaskulla B., Kafarski P., Aerts G. (et all.). A lanetic stady on the izomerization of hop α-acids. // J. Agric. Food Chem. – 2008. – vol. 56. – pp. 6408-6415.
11. Olaniran A. O., Hiralal L., Mokoena M.P., Pillay B. Flavour-active volatile compounds in beer: production, regulation and control. // J. Inst. Brew. – 2017. – vol. 123. – pp. 13–23.
12. Schönberger C., Kostelecky T. 125th anniversary review: The role of hops in brewing. // J. Inst. Brew. – 2011. – vol. 117. – pp. 259–267.
13. Hahn C. D., Lafontaine S. R., Pereira C. B., Shellhammer T. H. Evaluation of nonvolatile chemistry affecting sensory bitterness intensity of highly hopped beers. // J. Agric. Food Chem. – 2018. – vol. 66. – pp. 3505–3513.
14. Fritsch A. Hop bittering compounds and their impact on peak bitterness on lager beer: the dissertation thesis for the degree of Master in Food Science and Technology. – USA, 2007. – 215 s.
15. Haseleu G., Intelmann D., Hofmann T. Identification and RP-HPLC-ESI-MS/MS quantitation of bitter-tasting β-acid transformation products in beer. // J. Agric. Food Chem. – 2009. – vol. 57. – pp. 7480-7489.

16. Fritsch A., Shellhammer T. Relative bitterness of reduced and nonreduced iso-α-acids in lager beer. // J. Am. Soc. Brew. Chem. – 2008. – vol. 66. - pp. 88-93.

17. Kishimoto T., Wanikawa A., Kono K. (et all.). Comparison of the odor-active compounds in unhopped beer and beers hopped with different hop varieties. // J. Agric. Food Chem. – 2006. – vol. 54. – pp. 8855-8861.

18. Lermusieau G., Collin S. Volatile sulfur compounds in hops and residual concentrations in beer - a review. // J. Am. Soc. Brew. Chem. - 2003. – vol. 61. – pp. 119-113.

19. Nielsen T. Character impact hop aroma compounds in ale. Hop Flavor and Aroma Proceedings : 1st International Brewers Symposium. - Corvallis, USA, 2009. - pp. 59-78.

20. Takoi K., Itoga Y., Koie K. (et all.). The contribution of geraniol metabolism to the citrus flavour of beer: synergyof geraniol and β-citronellol under coexistence with excess linalool. // J. Inst. Brew. – 2010. – vol. 116. – pp. 251-260.

21. Hanke S., Ditz V., Herrmann M. (et all.). Influence of ethyl acetate, isoamyl acetate and linalool on off-flavour perception in beer.// Brewing Science. - 2010. – vol. 63. – pp. 94-99.

22. Wang G., Tian L., Aziz N. (et all.). Terpene Biosynthesis in Glandular Trichomes of Hop. // Plant Physiology. – 2008. – vol. 148. - № 3. – pp. 1254-1268.

23. Cibaka M.-L. K., Ferreira C. S., Decourrière L. Dry Hopping with the Dual-Purpose Varieties Amarillo, Citra, Hallertau Blanc, Mosaic, and Sorachi Ace: Minor Contribution of Hop Terpenol Glucosides to Beer Flavors. // Journal of the American Society of Brewing Chemists. – 2017. – vol. 75. - N 2. – pp. 122-129.

24. Sharp D. C., Steensels J., Shellhammer T. H. The effect of hopping regime, cultivar and β-glucosidase activity on monoterpene alcohol concentrations in wort and beer. // Journal of the Institute of Brewing. – 2017. - vol. 123. - N 2. – pp. 185-191.

25. Kishimoto T., Morimoto M., Kobayashi M. (et all.). Behaviors of 3-mercaptohexan-1-ol and 3-mercaptohexyl acetate during brewing processes. // Journal of the American Society of Brewing Chemists. – 2008. – vol. 66. - N 3. – pp. 192-196.

26. Roland A., Viel C., Reillon F. (et all.). First identification and quantification of glutathionylated and cysteinylated precursors of 3-mercaptohexan-1-ol and 4-methyl-4-mercaptopentan-2-one in hops (Humulus lupulus). // Flavour and Fragrance Journal. – 2016. – vol. 31.- N 6. – pp. 455-463.

27. Takoi K., Degueil M., Shinkaru S. (et all.). Identification and characteristics of new volatile thiols derived from the hop (Humulus luplus L.) cultivar Nelson Sauvin. // Journal of agricultural and food chemistry. – 2009. – vol. 57. - N 6. – pp. 2493-2502.

28. O'Rourke T. Hops and hop products. // The BREWER International. - 2003. – vol. 3. - N 1. – pp. 21-25.

29. Peacock V. E., Deinzer M. L. Fate of hop oil components in beer. // J. Am. Soc. Brew. Chem. – 1988. – vol. 46. – pp. 104-107,

30. Wietstock P. C., Glattfelder R., Garbe L.-A. (et all.). Characterization of the Migration of Hop Volatiles into Different Crown Cork Liner Polymers and Can Coatings. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2016. – vol. 64. - № 13. – pp. 2737-2745.

31. Biendl M. Poliphenols – plant components with marketing potential. // Hopfenrundschau International. – 2005. – vol. 05/06. – pp. 22-27.

32. Fărcas A., Tofană M., Socaci S. (et all.). Preliminary Study on Antioxidant Activity and Polyphenols Content in Discharged Waste from Beer Production. // Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. - 2013. - vol. 19. - № 3. – pp. 319-324.

33. Jelinek L., Karabin M., Kincl T.(et all.). Xanthohumol: Possible isolation and beer enrichment. // Chem. Listy. - 2013. – vol. 107. – pp. 209–213.

34. Stevens J. F., Page J. E. Xanthohumol and related prenylflavonoids from hops and beer: To your good health! // Phytochemistryю – 2004. - vol. 65. - № 10. - pp. 1317–1330.

35. Chiva-Blanch G., Urpi-Sarda M., Rotch´es-Ribalta M. (et all.). Determination of resveratrol and piceid in beer matrices by solid-phase extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. // Journal of Chromatography A. – 2011. - vol. 1218. - №5. – pp. 698–705.

36. Forster A., Beck B., Schmidt R. (et all.) U¨ ber die Zusammensetzung von niedermolekularen Polyphenolen in verschiedenen Hopfensorten und zwei Anbaugebieten. // Monatsschrift f¨ur Brauwissenschaft. – 2002. – vol. 55. - № 5/6. – pp. 98–108.

37. Steenackers B., De Cooman L., De Vos D. Chemical transformations of characteristic hop secondary metabolites in relation to beer properties and the brewing process: A review. // Food Chemistry. – 2015. – vol. 172. – pp. 742–756.

38. Форстер А., Гар Ф., Гар А. и пр. О влиянии охмеления на качество пива // Мир пива. – 2013. - № 1. – С. 14-18.

39. Христюк А.В., Касьянов Г.И. Хмель в пивоварении // Пиво и напитки.– 2007.– №1.– С.10-12.

40. Жеркович В. Способ производства пива с использованием хмелевой дробины, содержащей стильбены и флавоноиды в качестве антиоксидантов / В. Жеркович, С. Коллен // Патент RU № 2495099 , заявка 2009125952/10, 07.12.2007, опубл. 20.01.2011, бюллетень № 2.

Статья поступила в редакцию 19.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 658:641/642(075.8)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ С ОТКРЫТОЙ КУХНЕЙ

©2020

Несмелова Светлана Владимировна, старший преподаватель Высшей школы биотехнологии и пищевых производств,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, дом 29, e-mail: nesmelova_sv@spbstu.ru)
Смоленцева Алла Алексеевна, кандидат технических наук, доцент, доцент Высшей школы биотехнологии и пищевых производств,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, дом 29, e-mail: smolentseva_aa@ spbstu.ru)

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы организации производства и реализации готовой продукции в предприятиях общественного питания с «открытой кухней» разного типа и специализации. Проведен анализ соблюдения требований безопасности к технологическим процессам в предприятиях с полным производственным циклом. Установлены факторы, определяющие возможность использования «открытой кухни» для предприятий с собственным торговым залом и расположенных в зоне фуд-корта. Сделан вывод о целесообразности размещения в открытой зоне только завершающего этапа приготовления кулинарной продукции из полуфабрикатов высокой степени готовности. Для предприятий, реализующих широкий ассортимент кулинарной продукции по методу полного и частичного обслуживания официантами в собственном торговом зале, предложено использовать традиционную методику расчета оборудования и площади открытой части кухни. Для специализированных предприятий питания, реализующих узкий ассортимент продукции по методу самообслуживания в торговом зале фуд-корта, рекомендовано на начальной стадии проектирования разработать технологическую схему производства продукции из полуфабрикатов централизованного или промышленного производства, рассчитать и скомпоновать оборудование по двум стадиям технологического процесса: доготовка полуфабрикатов в закрытой от потребителя зоне; приготовление и реализация готовой продукции на виду у потребителя. В работе представлены планировочные решения предприятий питания с «открытой кухней».

Ключевые слова: технологическое проектирование, предприятия общественного питания, открытая кухня.

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF DESIGNING PUBLIC CATERING ESTABLISHMENTS WITH OPEN KITCHENS

©2020

Nesmelova Svetlana Vladimirovna, Senior Lecturer of the Graduate School of Biotechnology and food Sciences
Peter The Great St.Petersburg Polytechnic University
(195251, Russia, St. Petersburg, street Polytechnicheskaya 29, e-mail: nesmelova_sv@spbstu.ru)
Smolentceva Alla Alekseevna, candidate of engineering science of the Graduate School of Biotechnology and food
Sciences Peter The Great St.Petersburg Polytechnic University
(195251, Russia, St. Petersburg, street Polytechnicheskaya 29, e-mail: smolentseva_aa@ spbstu.ru)

Abstract. The article deals with the issues of production organization and sales of finished products in public catering enterprises with "open kitchen" of different types and specializations. The analysis of compliance with safety requirements to technological processes at the establishments with full production cycle is carried out. Factors determining the possibility of using the "open kitchen" for establishments with their own shop floor and located in the food court zone have been established. The conclusion on expediency of placing only the final stage of preparing culinary products from semi-finished products of high degree of preparedness in the open zone is made. For establishments selling a wide range of culinary products by the method of full and partial service by waiters in their own shop floor, it is proposed to use the traditional method of calculating the equipment and area of the open part of the kitchen. For the specialised catering establishments which are selling a narrow assortment of production on a self-service method on a shopping floor of a food court, it is recommended at an initial design stage to develop the technological scheme of manufacturing the production from semi-finished products of the centralised or industrial manufacturing, to calculate and compose the equipment on two stages of technological process: completion of semi-finished products in the zone closed from the consumer; preparation and realisation of finished goods in the sight of the consumer. In this paper the planning decisions of the food establishments with "open kitchen" are presented.

Keywords: technological design, public catering establishment, open kitchen.

Введение. В последнее время предприятия общественного питания все чаще вынуждены менять концепции, внедрять новые формы обслуживания, чтобы сохранять конкурентные преимущества. Под конкурентными преимуществами обычно понимают важные характеристики конкретного бизнеса, ко-

торые не могут быть предложены (преодолены) конкурентами в обозримом будущем [1]. Для предприятий питания это, прежде всего, уникальные меню, технологии производства продукции и обслуживания гостей, оригинальная атмосфера, система обеспечения и поддержки лояльности гостей. Одной из современных тенденций в проектировании предприятий питания является использование формата «открытой кухни» [2-5]. «Открытая кухня» – это такая форма организация производства кулинарной продукции, при которой большинство операций по приготовлению выполняются на виду у потребителей. Гостям интересно наблюдать за персоналом в процессе работы, возникает ощущение сопричастности к приготовлению блюд, не так утомительно время ожидания заказа, что вносит определенный вклад в атмосферу зала и восприятие предприятия в целом. В свою очередь, от персонала требуется неукоснительное соблюдение производственной санитарии, грамотная организация технологического процесса на рабочих местах. Гибкость данного формата (возможность регулирования степени «открытости» процессов) обуславливает его широкое применение в различных типах предприятий общественного питания [6]: городских ресторанах, ресторанах при гостиницах, работающих по меню «а ля карт», специализированных предприятиях, в том числе быстрого обслуживания (фастфуд), включая размещение в составе ресторанных двориков различных общественных пространств. Однако проектирование предприятий питания с «открытой кухней» имеет свои особенности [2, 7, 8]. Для разработки оптимального планировочного решения необходимо проанализировать и учесть множество факторов: тип предприятия, его специализацию, широту ассортимента продукции, особенности технологического цикла, методы и формы обслуживания, место расположения, конструктивные особенности и конфигурацию помещений [9].

Цель исследования. Провести анализ действующих предприятий общественного питания с «открытой кухней» на соответствие требованиям пищевой безопасности и разработать методические рекомендации по технологическому проектированию предприятий общественного питания с «открытой кухней».

Объекты исследования. Организация процесса производства и реализации продукции в предприятиях общественного питания с «открытой кухней», планировочные решения предприятий питания с «открытой кухней».

Результаты исследования. Технологический процесс в предприятиях с полным производственным циклом включает следующие этапы: приемку и хранение продовольственного сырья, пищевых продуктов и полуфабрикатов промышленной выработки; предварительную (в т. ч. механическую) подготовку сырья и продуктов; тепловую обработку продуктов и полуфабрикатов; приготовление и оформление горячих блюд (холодных блюд); реализацию готовой продукции [9, 10]. Все этапы технологического процесса должны соответствовать требованиям технического регламента [11], а планировка производственных помещений, их конструкция, размещение и размер должны обеспечивать возможность осуществления поточности технологических операций, исключающей встречные или перекрестные потоки продовольственного (пищевого) сырья и пищевой продукции, загрязненного и чистого инвентаря. Утверждение проектной документации на строительство и реконструкцию, ввод в эксплуатацию предприятий общественного питания допускаются при наличии санитарно-эпидемиологического заключения об их соответствии санитарным правилам и нормам [12,13]. Анализ санитарно-эпидемиологических требований к стадиям технологического процесса и оценка возможности их осуществления в открытой зоне предприятия общественного питания приведены в таблице 1.

Возможны разные варианты организации технологического процесса в предприятиях с открытой кухней. Предприятия общественного питания, реализующие широкий ассортимент продукции, как правило, работают по полному производственному циклу. В заготовочных цехах (мясорыбном и овощном) проводят обработку сырья и приготовление полуфабрикатов низкой степени готовности, в доготовочных (горячем и холодном) – полуфабрикатов высокой степени готовности. В зону «открытой кухни» выносят завершающие этапы приготовления горячих и холодных блюд и напитков. Потребитель может наблюдать за процессом приготовления и оформления заказанного блюда, как гастрономическим шоу. Такой вариант «открытой кухни» проектируют в гастрономических ресторанах, ресторанах при гостинице [14], кафе с формой обслуживания «free flow» [7].

Специализированные предприятия общественного питания, реализующие ограниченный ассортимент продукции, как правило, работают на полуфабрикатах разной степени готовности. Поставщиками полуфабрикатов являются заготовочные цеха [15] или предприятия пищевой промышленности. Использование концепции «открытой кухни» обусловлено необходимостью минимизировать площади производственных помещений и обеспечить быстрое обслуживание потребителей. Специализированные предприятия могут размещаться в отдельно стоящих зданиях или павильонах, на первых этажах жилых домов, входить в состав фуд-кортов общественных пространств. Наиболее удачно концепция «открытой кухни» реализуется действующими сетевыми предприятиями быстрого обслуживания (гамбургерными, пиццериями, пельменными, шашлычными, блинными и др.)известных торговых брендов. Это объясняется высоким уровнем стандартизации процесса произодства полуфабрикатов, готовой продукции и обслуживания потребителей. В новых предприятиях, специализирующихся на восточной кухне (китайской, корейской, японской, индийской),

не всегда соблюдаются требова-ния безопасности. В зоне «открытой кухни» размещают участки приготовления бульонов, мясных и овощных полуфабрикатов, что приводит к нарушению поточ-ности технологических процессов. Применение ресурсосберегающих технологий обработки продуктов и современного многофункционального оборудования (термомикс, пакоджет, VarioCooking Center и др.) позволит повысить качество и безопасность кулинарной продукции [16, 17].

Таблица 1 – Характеристика стадий технологического процесса, обеспечивающего безопасность продукции общественного питания

Стадии технологического процесса	Требования санитарных норм и правил к этапам технологического процесса и их планировочным решениям [12]	Оценка возможности размещения в зоне «открытой кухни»
Приемка продовольственного сырья, пищевых продуктов и полуфабрикатов промышленной выработки	Прием продовольственного сырья и пищевых продуктов следует выполнять через отдельный вход с торцов жилых зданий, не имеющих окон, из подземных туннелей со стороны магистралей при наличии специальных загрузочных помещений.	Возможна загрузка полуфабрикатов или готовых изделий в зону открытой кухни, когда в торговом зале фуд-корта не осуществляется обслуживание потребителей.
Хранение продовольственного сырья, пищевых продуктов и полуфабрикатов промышленной выработки	Необходимо строго соблюдать правила товарного соседства, нормы складирования, сроки годности и условия хранения. Сырье и готовые продукты следует хранить в отдельных холодильных камерах. В небольших организациях допускается их совместное кратковременное хранение в одной холодильной камере на отдельных полках, стеллажах. Хранение необработанных яиц в кассетах, коробах в производственных цехах не допускается.	Исключается хранение необрабо-танного мясного и рыбного сырья, неочищенных овощей и картофеля. Возможно размещение холодильников для хранения полуфабрикатов разной степени готовности. Затруднено хранение сухих продуктов с соблюдением влажностных режимов.
Предварительная (в т. ч. механическая) обработка сырья и продуктов: - дефростация мясного и рыбного сырья, разделка и приготовление полуфабрикатов; - очистка овощей; - просеивание муки и другого сыпучего сырья; - обработка яйца; - замес и разделка теста.	Обработка сырых продуктов производится отдельно от готовой продукции в специально оборудованных (мясорыбном, птице-гольевом, овощном) цехах. В организациях, не имеющих цехового деления, с ограниченным ассортиментом выпускаемых блюд допускается обработка сырья и готовой продукции в одном помещении на разных столах. Не рекомендуется привлекать персонал для одновременного осуществления работ в рамках различных технологических про-цессов по обработке пищевых продуктов.	Исключается механическая обработка мясного, рыбного и овощного сырья. Возможно приготовление теста и фаршей; формование полуфабрикатов из теста (пиццы, пельменей, пасты и др.) на отдельных производственных участках, удаленных от зоны раздачи готовой продукции
Тепловая обработка сырья и приготовление полуфабрикатов высокой степени готовности: - бульонов из мяса, птицы, рыбы, грибов; - овощных полуфабрикатов для супов, горячих и холодных блюд.	При приготовлении кулинарных изделий необходимо строго соблюдать поточность технологических процессов. Тепловая обработка продуктов производится отдельно от сырья в специально оборудованном горячем цехе. Не рекомендуется привлекать персонал для одновременного осуществления работ в рамках различных технологических процессов по обработке пищевых продуктов.	Возможно приготовление полуфаб-рикатов высокой степени готовности на производственных участках, удаленных от зоны раздачи готовой продукции, желательно до начала обслуживания потребителей.
Тепловая обработка полуфаб-рикатов, приготовление и реали-зация горячих блюд, изделий и напитков.	Горячие блюда (супы, соусы, напитки) при раздаче должны иметь температуру не ниже75 °С, вторые блюда и гарниры - не ниже 65 °С. Готовые первые и вторые блюда могут находиться на мармите или горячей плите не более 2-3 часов с момента изготовления.	Целесообразно размещать в открытой зоне операции, завершающие приготовление блюд: жарка на гриле, во фритюре, в воке; выпекание в печи; варка пасты.
Приготовление и реализация холодных блюд и напитков: - салаты, винегреты; - бутерброды; - гастрономические продукты; - суши и сашими; - морсы, свежевыжатые соки, коктейли, смузи.	Нарезанные компоненты блюд в незаправленном виде хранят при температуре (4±2) °С не более 6 ч. Холодные блюда и напитки при раздаче должны иметь температуру не выше 14 °С, выставляться в порционированном виде в охлаждаемый прилавок-витрину, реализовываться в течение одного часа. Блюда, содержащие рыбу, морепродукты в сыром виде, не подлежат хранению и должны готовиться непосредственно перед раздачей по заказу посетителей.	Завершающие стадии приготовления и оформления холодных блюд и напитков целесообразно осуществлять в открытой зоне непосредственно перед раздачей по заказу посетителей.

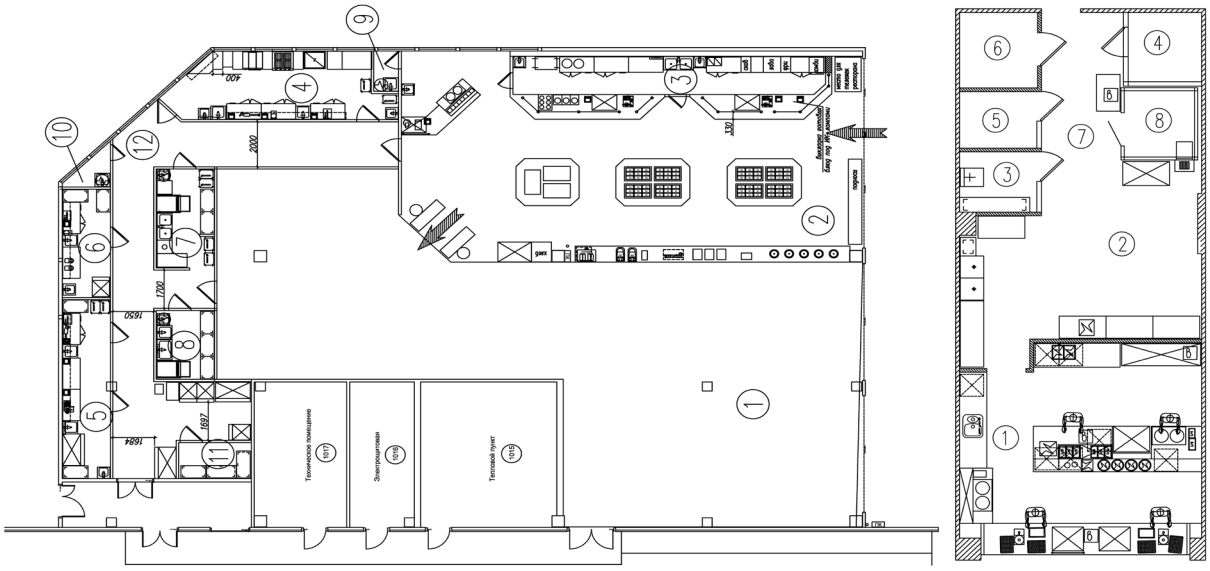
Процесс проектирования предприятий общественного питания с «открытой кухней» имеет свои особенности, связанные, в первую очередь, с размещением предприятия. Разница в подходах обусловлена наличием или отсутствием собственного торгового зала. При размещении специализированных предприятий питания на фуд-корте изначально задаются определенной площадью, с заранее обозначенной общим проектом фуд-корта границей возможной коммуникации с потребителем в общем торговом зале. Этот факт, а также наличие типовых технологических решений для сетевых предприятий фастфуда, существенно упрощает предварительное проектирование на стадии принятия решения о возможности и целесообразности размещения конкретного предприятия в предлагаемых условиях.

При проектировании обособленного предприятия общественного питания с собственным торговым залом на возможность организации «открытой кухни» влияет множество факторов. Прежде всего, в зависимости от специализации предприятия питания и предлагаемого ассортимента продукции, особенностей производственного цикла, формы обслуживания, следует определить и сформулировать требования, характеризующие допустимую минимальную и максимальную степени «открытости» кухни. Для различных помещений, в целом удовлетворяющих требованиям к размещению предприятия питания, при всех условно равных параметрах (общая площадь, входы-выходы, обеспечение инженерными коммуникациями и мощностями) определяющим фактором для проектирования «открытой кухни» становится конфигурация помещения. Она значительно влияет на расположение и размеры того участка, где торговый зал будет соприкасаться с зоной производства (потенциальной «открытой кухней»). В зависимости от конфигурации помещения в процессе разработки планировочного решения появляются варианты реализации требуемой структурной схемы групп помещений предприятий питания с учетом их функциональной взаимосвязи в виде эскизов, которые дают наглядное представление о возможности организации «открытой кухни» в рамках сформулированных ранее требований. Использование «открытой кухни» целесообразно только тогда, когда меню и технологии приготовления предоставляют возможность организовать эффектную демонстрацию технологических процессов.

Методика расчета требуемого оборудования является традиционной [9], не зависит от степени «открытости» кухни и основана на расчете целевого объема производимой продукции с учетом всех технологических операций. Для предприятий, имеющих собственный торговый зал, расчет объема производимой продукции ведут по количеству мест в зале, с учетом его загрузки (%) и оборачиваемости одного места. Расчет и подбор оборудования по процессам, определение численности персонала осуществляют по стандартной методике - исходя из объемов изготавливаемой продукции в максимально загруженный период работы.

Для предприятий, расположенных в зоне фудкорта, данная методика расчета объема производимой продукции не применима. Целесообразно руководствоваться выделенными площадями для организации технологического процесса – использовать компоновочный метод [18]. Расчет и размещение оборудования производят по двум основным стадиям технологического процесса: доработка полуфабрикатов в закрытой от потребителя зоне; приготовление и реализация готовой продукции на виду у потребителя.

Процесс подбора оборудования согласно технологической схеме производства для предприятий питания в части «открытой кухни» включает в себя не только оценку производительности и функциональности, но и оценку внешнего вида. Поэтому в некоторых случаях оборудование для «открытой кухни» выбирают из премиального сегмента, где часто доступны дополнительные функции, улучшающие эргономику и микроклимат на рабочих местах (встраиваемые системы вытяжной вентиляции, воздушного душирования, подсветка рабочих мест и т. п.) [2, 7, 19, 20]. Варианты возможных планировочных решений предприятий общественного питания с «открытой кухней» представлены на рисунке 1.



а *б*

Рисунок 1– Варианты планировочных решений предприятий общественного питания с «открытой кухней»:а – обособленного кафе с формой обслуживания «free flow»; б – специализированного предприятия быстрого обслуживания (блинной) в составе фуд-корта

В составе помещений кафе с обслуживанием по системе «free flow» предусмотрены (рис. 1): 1 – обеденный зал; 2 – зал самообслуживания; 3 – зона доготовки горячих блюд; 4 – горячий цех; 5 – холодный цех; 6 – цех по производству соков; 7 – моечная столовой посуды; 8 - моечная кухонной посуды; 9 – инвентарная торгового зала; 10 – инвентарная подсобных помещений; 11 – кладовая сухих

продуктов; 12 – коридоры.

Для специализированного предприятия быстрого обслуживания (блинной) в составе фуд-корта предусмотрены следующие помещения (рис.1): 1 – участок доготовки и обслуживания потребителей; 2 – цех по доработке полуфабрикатов; 3 – инвентарная; 4 – кладовая сухих продуктов; 5 - помещение для персонала; 6 – кабинет; 7 – коридор; 8 – холодильная камера.

Выводы. Проведенные исследования показали, что независимо от типа и специализации предприятия общественного питания в зоне «открытой кухни» предпочтительно размещать завершающие этапы приготовления кулинарной продукции и реализации блюд. Возможно использование полуфабрикатов, вырабатываемых в заготовочных предприятиях или предприятиями пищевой промышленности, при ограниченных площадях, либо предусматривают наличие собственных заготовочных цехов в специально выделенной зоне (не на виду у потребителей). Выбор методики выполнения технологических расчетов оборудования для предприятий питания с «открытой кухней» зависит от места размещения предприятия (обособленно или в составе фуд-корта), конфигурации и конструктивных особенностей помещений. В целом планировочное решение и оснащение оборудованием «открытой кухни» должно обеспечивать регламенты безопасности и организации рабочих мест.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ресторанный бизнес: управляем профессионально и эффективно. Полное практическое руководство / В.К. Сирый, И.О. Бухаров, С.В. Ярков, Ф.Л. Сокирянский. – М.: Эксмо, 2008. – 352 с.

2. Учебник ресторатора: проектирование, оборудование, дизайн / Костас Катсигрис, Крис Томас / Пер. с англ. С.В. Прокофьева. – М.: ООО «Издательский дом «Ресторанные ведомости», 2008. – 576 с.

3. Кухня. Менеджмент и организация / Эдуард Митше, Йохан Райзингер, Дитер Кранцль, Петер Фишер, Манфред Бухингер / Пер. с нем. А.А. Нефедовой. – М.: Издательство Центрполиграф, 2010. – 252 с.

4. Мерцалова С.Л. Возможности инновационных технологий в ресторанном бизнесе / С.Л. Мерцалова, И.В. Карпова // Вестник ОрелГИЭТ. – 2019. – № 2 (48). – С.177-180.

5. Махаева М.В. Проектирование ресторанов с открытой кухней. // Научное обозрение. – 2016. - № 5. – С.28-31

6. ГОСТ 31985-2013. Услуги общественного питания. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.

7. Schwarz P. Professional kitchens Planning Design Equipment / Peter Schwarz, Fritz Lemme, Peter Neumann, Frank Wagner. – Berlin: HUSS-MEDIEN GmbH, 2013. – 482 p.

8. Организация, планирование и проектирование производства. Операционный менеджмент / Слак Найджел, Чеймберс Стюарт, Джонстон Роберт / Пер. с 5-го англ. изд. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 790 с.

9. Ястина Г.М., Несмелова С.В. Проектирование предприятий общественного питания с основами AutoCAD: Учебник / Ястина Г.М., Несмелова С.В. - СПб.: Троицкий мост, 2012. – 288 с.

10. Крапива Т.В. Особенности товародвижения на предприятиях общественного питания / Т.В. Крапива, А.И. Уржумова, О.А. Алисова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, №3. – С.406–412. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-406-412.

11. ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». URL: http://docs.cntd.ru/document/902320560 (дата обращения: 13.01.2020)

12. СП 2.3.6.1079-01 Санитарно-эпидемиологические требования к организациям общественного питания, изготовлению и оборотоспособности в них пищевых продуктов и продовольственного сырья [электронный ресурс]. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/901802127/ (дата обращения 13.01.2020).

13. ГОСТ Р 56746-2015/ISO/TS 22002-2:2013 Программы предварительных требований по безопасности пищевой продукции. Ч. 2. Общественное питание. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200127776 (дата обращения: 13.01.2020)

14. Паутов Н.Н., Несмелова С.В., Смоленцева А.А. Особенности проектирования предприятий питания при гостиницах / В сборнике: Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием. Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли. - 2018. - С. 322-324.

15. ГОСТ 31989-2012 Услуги общественного питания. Общие требования к заготовочным предприятиям общественного питания. – М.: Стандартинформ, 2014. – 8 с.

16. Сергачева О.М. Разработка ресурсосберегающего технологического процесса в приготовлении супов для общественного питания на аппарате «Variocoocing center VVC 112» / О.М. Сергачева, М.Д. Батраев, А.М. Тимофеева, И.В. Изосимова // Вестник Крас ГАУ. – 2016. - № 9. – С.133-139

17. Смоленцева А.А. Обоснование режимов sous-vide для полуфабрикатов из растительного сырья с продленными сроками годности / А.А. Смоленцева, С.А. Елисеева, Е.Ю. Фединишина // Вестник КрасГАУ. – 2019. - № 4. – С.154-160.

18. Буланов Э.А. Оптимизация планировочных решений производственных помещений предприятий общественного питания / Э.А. Буланов, А.А. Курочкин, С.В. Чекайкин // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 3. – С.12-16.

19. Ботов М.И. Учет дополнительных затрат энергии в малогабаритной торговой холодильной витрине / М.И. Ботов, И.В. Малахов, И.Г. Кобылянский // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 43. – № 4. - С.102-109.

20. Мерщиев А.А. Особенности проектирования и эксплуатации систем вентиляции на предприятиях общественного питания / А. А. Мерщиев, Т. В. Землянухина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 3(6). – С.27-33.

Статья поступила в редакцию 04.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 630.866.1

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА CO_2-ЭКСТРАКТА БЕРЕЗОВОГО ГРИБА *INONOTUS OBLIGUUS* МЕТОДОМ ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ

© 2020

Ли Наталья Гаврошевна, аспирант, ассистент Департамента пищевых наук и технологий ДВФУ
Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)
(690950, Россия, Владивосток, ул. Суханова, 8, e-mail: li.ng@dvfu.ru)
Каленик Татьяна Кузьминична, доктор биологических наук, профессор, профессор Департамента пищевых наук и технологий ДВФУ
Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)
(690950, Россия, Владивосток, ул. Суханова, 8, e-mail: kalenik.tk@dvfu.ru)
Моткина Елена Викторовна, доцент Департамента пищевых наук и технологий ДВФУ
Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)
(690950, Россия, Владивосток, ул. Суханова, 8, e-mail: motkina.ev@dvfu.ru)
Моткина Мария Алексеевна, магистрант Департамента пищевых наук и технологий ДВФУ
Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)
(690950, Россия, Владивосток, ул. Суханова, 8, e-mail: motkina.ma@students.dvfu.ru)

Аннотация. Методом хромато-масс-спектрометрии впервые проведено исследование компонентного состава CO_2-экстракта березового гриба Inonotus obliguus. Идентифицировано 16 индивидуальных соединений, соответствующих основным пикам хроматограмм для которых получены масс-спектры. Структурно-групповой состав экстракта составляют углеводороды, полифенолы, стерины, стеролы, тритерпены ланостанового типа, тритерпеновые спирты и эфиры. Особенностью сверхкритического CO_2-экстракта Inonotus obliquus является содержание большого числа полифенольных соединений, которые обладают антиоксидантным действием. Установлено, что CO_2-экстрагент обладает селективностью как к гидрофобным соединениям, таким как бетулин и лупеол, так и к гидрофильным. Наибольшая плотность отрицательных ионов зарегистрирована для ионов со значениями m/z в диапазоне от 565,0 до 565,8.

Ключевые слова: березовый гриб, Inonotus obliguus, чага, тандемная масс-спектрометрия, ВЭЖХ, полифенолы, антиоксиданты, CO_2-экстракт, хромато-масс-спектрометрия, сверхкритическая экстракция, кверцитин, бетулин.

THE STUDY OF THE COMPONENT COMPOSITION OF CO_2 EXTRACT OF INONOTUS OBLIGUUS BIRCH MUSHROOM BY CHROMATO-MASS SPECTROMETRY

© 2020

Li Natalia Gavroshevna, graduate student, assistant of Department of Food Sciences and Technology FEFU
Far Eastern Federal University (FEFU)
(690950, Russia, Vladivostok, Sukhanova St., 8, e-mail: li.ng@dvfu.ru)
Kalenik Tatiana Kuzminichna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of Department of Food Sciences and Technology FEFU
Far Eastern Federal University (FEFU)
(690950, Russia, Vladivostok, Sukhanov St., 8, e-mail: kalenik.tk@dvfu.ru)
Motkina Elena Viktorovna, associate professor of the Department of Food Sciences and Technology of FEFU
Far Eastern Federal University (FEFU)
(690950, Russia, Vladivostok, Sukhanov St., 8, e-mail: motkina.ev@dvfu.ru)
Motkina Maria Alekseevna, graduate student of the Department of Food Sciences and Technologies of FEFU
Far Eastern Federal University (FEFU)
(690950, Russia, Vladivostok, Sukhanov St., 8, e-mail: motkina.ma@students.dvfu.ru)

Abstract. The composition of the CO_2 extract of the chaga mushroom Inonotus obliguus was first studied by chromatography-mass spectrometry. Identified 16 individual compounds corresponding to the main peaks of the chromatograms for which mass spectra were obtained. The structural group composition of the extract consists of hydrocarbons, polyphenols, sterols, sterols, lanostan type triterpenes, triterpene alcohols and ethers. A feature of the supercritical CO_2-extract of Inonotus obliquus is the content of many polyphenolic compounds that have an antioxidant effect. It has been established that the CO_2 extractant has selectivity both to hydrophobic compounds, such as betulin and lupeol, and to hydrophilic ones. The highest density of negative ions was recorded for ions with m / z values in the range from 565.0 to 565.8.

Keywords: chaga mushroom, Inonotus obliguus, tandem mass spectrometry, HPLC, polyphenols, antioxidants, CO_2 extract, tandem chromato-mass spectrometry, supercritical extraction, quercetin, betulin.

Введение. Стерильная форма фитопатогенного гриба трутовика скошенного – *Inonotus obliquus* (Pers.), известная под названием «чага» или «березовый гриб» является широко известным лекарственным грибом и применяется для лечения рака, желудочно-кишечных заболеваний, диабета, бактериальных и вирусных инфекций. *Inonotus obliquus* развивается в виде плодовых тел неправильной формы на березах [12]. Лекарственный гриб распространен в Европе, Азии и Северной Америке.

При экстракции березового гриба *Inonotus obliquus* различными растворителями извлекаются соединения, обладающие различной биологической активностью и имеющие практическое применение в фармацевтике, биотехнологии и пищевой промышленности. Извлечения этого гриба обладают противоопухолевым действием, антиоксидантной и противовоспалительной активностью. В группу веществ, извлекаемых из *Inonotus obliquus*, входят различные группы химических соединений, среди которых наибольший интерес представляют вещества, обладающие антиоксидантными свойствами.

Ранее проведенные исследования в отношении извлечений березового гриба *Inonotus obliquus* показали, что этот гриб богат полифенольными соединениями [16-18], тритерпенами [19, 23], гиспидином [15-16], эргостеролом [21], стирилпиронами [13], гидролизуемыми танинами [22], которые проявляют значительную антимикробную, противоопухолевую и противовирусную активность.

Анализ последних исследований и публикаций.

CO2-экстракты обладают следующими преимуществами в использовании:

- содержат комплекс витаминов, биологически активных и вкусоароматических веществ;
- являются природными консервантами и антиоксидантами;
- эффективный расход экстракта;
- обладают бактерицидным действием;
- обладают длительным сроком годности (минимальный срок годности – 3 года);
- не занимают больших площадей при хранении и транспортировке;
- доступны по цене при высоком качестве [11].

Изучению химического состава экстрактивных веществ, выделяемых из растительного сырья CO_2 посвящено значительное количество работ авторов [5-7, 20]. CO_2 экстракты находят широкое применение в пищевой промышленности [3, 9-11]. Сверхкритическая экстракция диоксидом углерода приводит к полному извлечению основных компонентов исходного сырья, что позволяет получать натуральный экстракт, максимально передающий компонентный состав исходного сырья. Проведенные исследования авторов [8] показывают наличие антимикробных свойств у CO_2-эктрактов из мяты и гвоздики. Присутствие эфирного масла в экстрактах характеризует их антимикробные свойства, а токоферолов – антиоксидантные. Кроме того, возможно совместное их использование в составе БАД функциональных продуктов питания, при котором они проявляют синергетические свойства.

Данные вещества находят применение в медицине, фармацевтической промышленности и биотехнологии. Несмотря на многочисленные исследования качественного состава различных извлечений березового гриба *Inonotus obliquus*, отсутствуют сведения о компонентном составе CO_2-экстракта березового гриба *Inonotus obliguus.*

Формирование целей. В связи с этим, целью данной работы являлось изучение компонентного состава березового гриба *Inonotus obliguus*, полученного способом CO_2-экстракции.

На первом этапе исследования нами был получен сверхкритический CO2-экстракт березового гриба *Inonotus obliguus*.

Сырьем для получения CO_2-экстракта служили наросты березового гриба, собранные в южных районах Приморского края. Сверхкритическая CO_2-экстракция гриба *Inonotus obliquus* выполнена с помощью сверхкритической системы флюидной экстракции Thar SFE-500F-2-FMC50 (США). Для получения CO_2-экстракта давление сверхкритического CO_2 было в диапазоне от 200 бар до 300 бар, время воздействия 2 ч, температура 55°С. Полученный CO_2-экстракт березового гриба *Inonotus obliquus* представляет собой прозрачную жидкость оранжевого цвета со спиртовым запахом без выраженного запаха самого сырья.

На втором этапе работы проводили качественную идентификацию полученного CO_2-экстракта.

Для выполнения разделения многокомпонентных смесей использовался жидкостный обратнофазный хроматограф *Shimadzu LC-20 Prominence HPLC* (*Shimadzu*, Япония) с ультрафиолетовым датчиком и колонкой обратной фазы *Shodex ODP*-40 4E. Программа элюции градиента была установлена со следующими параметрами: 0,01-4 мин, 100%A; 4-60 мин, 100-25% A; 60-75 мин, 25-0% A; контрольная промывка 75-120мин 0% A. Весь ВЭЖХ-анализ сделан с *DAD*-детектором при длинах волн 230 ηм и 330 ηм; температура соответствовала 17°С. Объем впрыска составлял 1 мл.

Тандемная масс-спектрометрия. Масс-спектрометрические данные высокой точности были записаны на масс-спектрометр *amaZon SL* (производство фирмы «*BRUKER DALTONIKS*», Германия), оснащенный источником ESI в режиме отрицательных ионов. Оптимизированные параметры получены следующим образом: температура источника ионизации: 70° С, поток газа: 4 л / мин, газ-небилайзер (распылитель): 7,3 psi, капиллярное напряжение: 4500 V, напряжение на изгибе торцевой пластины: 1500V, фрагментатор: 280 V, энергия столкновения: 60 eV. Масс-спектрометр использовался в диапазоне сканирования m/z 100 -1.700 для MS и MS/MS. Скорость захвата составляла 1 спектр/с для MS и 2 спектра/с для MS/MS. Сбор данных контролировался программным

обеспечением *Windows* для *BRUKER DALTONIKS*. Анализирование пробы проводилось в трехкратной повторности. Реализован режим двухступенчатого разделения ионов (MS/MS режим). Пробы исследуемых веществ вводились в иглу-инжектор. Ионизация осуществлялась электрораспылением.

Для идентификации соединений использовали данные библиотеки стандартных масс-спектров NIST и PubChem. При идентификации индивидуальных соединений сравнивали общие показатели масс-спектров обнаруженных соединений и справочных библиотечных масс-спектров, идентичность молекулярных ионов в сравниваемых спектрах, сходство относительных интенсивностей главных пиков в сравниваемых масс-спектрах (различие не более 20-30%).

Результаты исследования. На рисунке 1 показано, что в продукте сверхкритической CO_2-экстракции сырья гриба *Inonotus obliquus* методом хромато-масс-спектрометрии наибольшая плотность отрицательных ионов зарегистрирована для ионов со значениями m/z в диапазоне от 565,0 до 565,8. На рисунке 2 представлена хроматограмма CO_2-экстракта березового гриба *Inonotus obliguus.*

Выполненное подробное исследование состава CO_2-экстракта березового гриба *Inonotus obliguus* методом хромато-масс-спектрометрии позволяет идентифицировать в его составе 16 индивидуальных соединений, соответствующих основным пикам хроматограммы (имеющим наибольшую высоту и площадь на хроматограммах).

Показана идентификация масс-спектра на примере вещества бетулина (рис. 3). Значение m/z, полученное в режиме отрицательной ионизации на первой ступени для материнского иона равно 443,17. В результате потери молекулы воды на второй ступени ионизации привело к разделению материнского иона на два фрагмента: ион m/z 425,18 и ион m/z 247,12. Что согласуется с данными библиотеки стандартных спектров.

Следующим идентифицированным соединением, обнаруженным в CO_2-экстракте березового гриба *Inonotus obliguus* было вещество производное бетулина – лупеол (рис. 4).

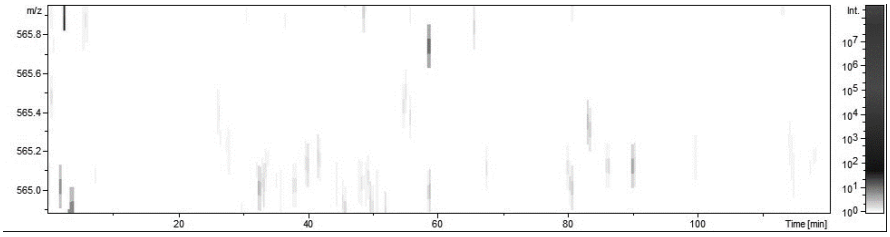


Рисунок 1 - Плотность отрицательных ионов CO_2-экстракта

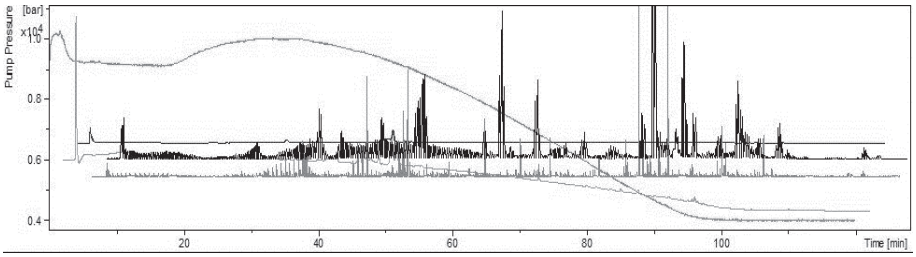


Рисунок 2 – Хроматограмма CO_2-экстракта березового гриба Inonotus obliguus

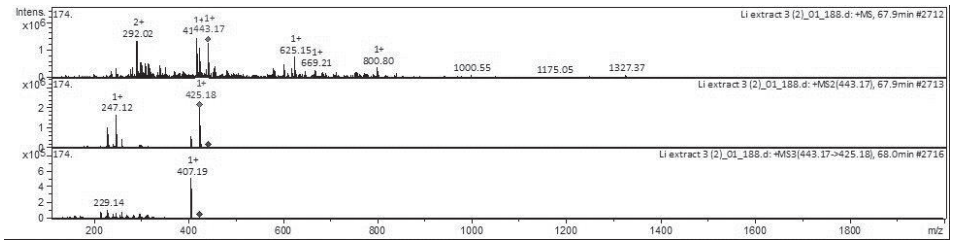


Рисунок 3 – Масс-спектр бетулина, идентифицированного в CO_2-экстракте Inonotus obliquus

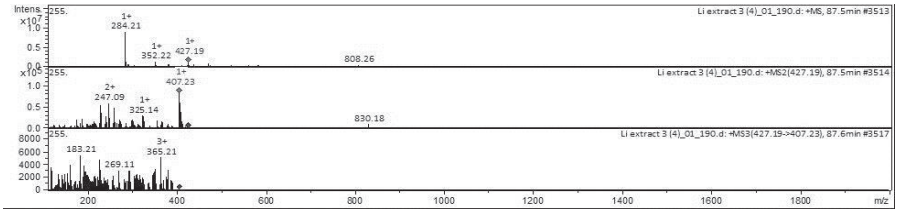


Рисунок 4 – Масс-спектр лупеола, идентифицированного в CO_2-экстракте Inonotus obliquus

Структурно-групповой состав экстракта составляют углеводороды, полифенолы, стерины, стеролы, тритерпены ланостанового типа, тритерпеновые спирты и эфиры (табл. 1).

Таблица 1 - Идентифицированные соединения в CO_2-экстракте Inonotus obliquus методом хромато-масс-спектрометрии

Идентифицированные соединения	Значение m/z	Время удержания
Бетулин	443,38	67,9
Инотодиол	442.38	87,5
Ланостан-3-ил ацетат	472.78	56,1
Кампестерин	399,36	64,2
Эргостерол	379,41	58,5
Галловая кислота	170,05	25,9
Сиреневая кислота	198.18	41,0
Траметеноловая кислота	456.34	82,9
Протокатеховая кислота	154,03	2,3
Эргостерол пероксид	428,31	24,8
Кверцитин	302,04	45,6
Лупеол	427	87,5
п-гидроксибензойная кислота	138,06	43,6
Этиловый эфир янтарной кислоты 3-метилбут-3-ениловый эфир	250,27	45,6
Гиспидин	246,05	33,4
Инотодиол	442.38	57,9

В качестве целевых веществ, получаемых при экстракции растительного сырья, наибольший интерес представляют фенольные соединения. В извлечениях березового гриба *Inonotus obliquus* основной антиоксидантной активностью обладают меланины, относящиеся к группе полимерных фенольных соединений. Грибы представители родов *Phellinus* и *Inonotus* продуцируют полифенольные пигменты из группы стирилпиронов, которые проявляют значительную антиоксидантную, противоопухолевую и противовирусную активность [14].

Особенностью CO_2-экстракта *Inonotus obliquus* является содержание большого числа полифенольных соединений, которые обладают антиоксидантным действием. Среди них можно выделить следующие идентифицированные соединения: галловая кислота (рис. 5), сиреневая кислота (рис. 6), протокатеховая кислота (рис. 7), кверцитин (рис. 8).

Противоопухолевая активность экстрактов и препаратов чаги обусловлена высоким содержанием тетрациклических тритерпенов ланостанового типа, таких как ланостерол, инотодиол (рис. 9) и траметоноловая кислота (рис. 10). По данным авторов [4], инотодиол является преобладающим тритерпеном *Inonotus obliquus.*

Гиспидин (рис. 11), содержащийся в *Inonotus obliquus*, проявляет противовирусный и иммуномодулирующий эффекты [24].

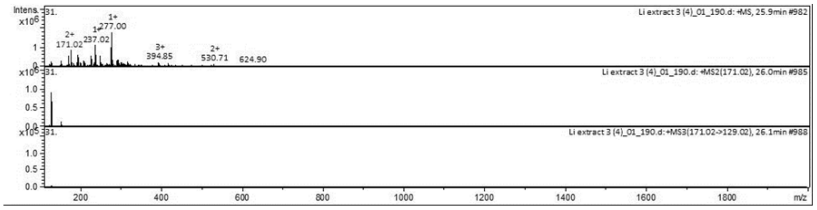


Рисунок 5 – Масс-спектр галловой кислоты, идентифицированного в CO_2-экстракте Inonotus obliquus

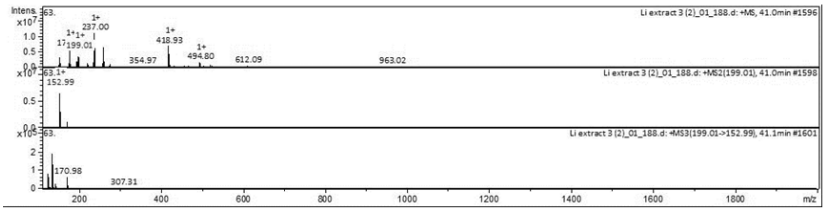


Рисунок 6 – Масс-спектр сиреневой кислоты, идентифицированной в CO_2-экстракте Inonotus obliquus

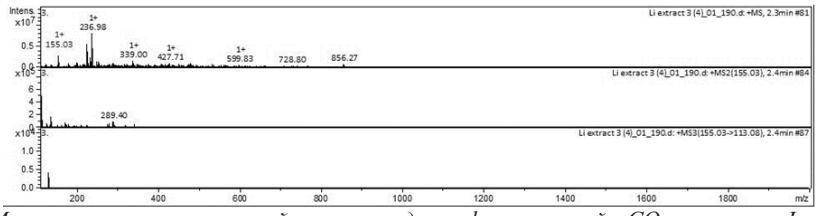


Рисунок 7 – Масс-спектр протокатеховой кислоты, идентифицированной в CO_2-экстракте Inonotus obliquus

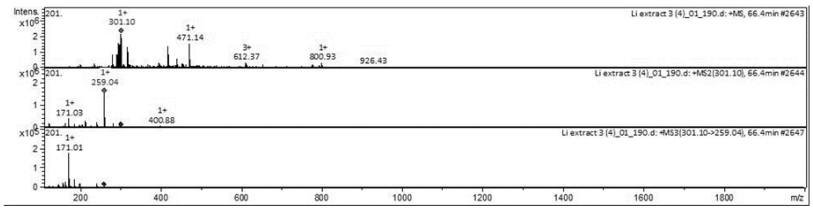


Рисунок 8 – Масс-спектр кверцитина, идентифицированного в CO_2-экстракте Inonotus obliquus

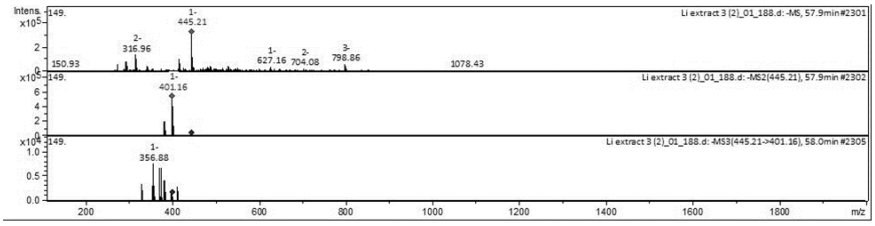


Рисунок 9 – Масс-спектр инотодиола, идентифицированного в CO_2-экстракте Inonotus obliquus

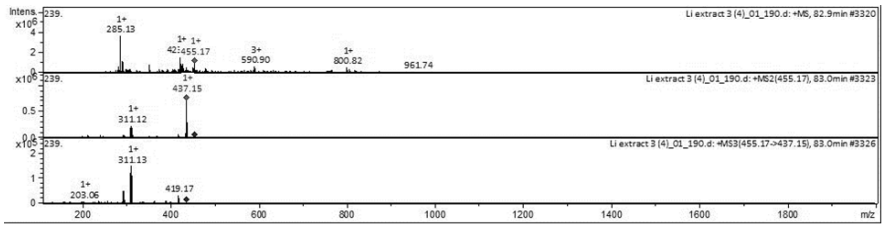


Рисунок 10 – Масс-спектр траметеноловой кислоты, идентифицированной в CO_2-экстракте Inonotus obliquus

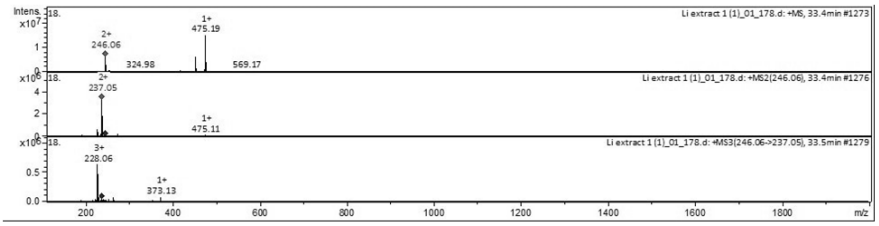


Рисунок 11 – Масс-спектр гиспидина, идентифицированного в CO_2-экстракте Inonotus obliquus

Выводы. Проведено исследование компонентного состава CO_2-экстракта березового гриба *Inonotus obliguus* методом тандемной хромато-масс-спектрометрии, позволившее идентифицировать в его составе 16 соединений.

Таким образом, экстракция сырья гриба *Inonotus obliquus* сверхкритическим диоксидом углерода приводит к эффективному извлечению основных компонентов исходного сырья, что позволяет получать экстракт, обладающий комплексом биологически активных веществ широкого действия.

Полученные нами данные позволяют заключить, что сверхкритическая экстракция сырья *Inonotus obliquus* может быть использована как альтернатива стандартным способам экстракции березового гриба *Inonotus obliquus*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов С. В. Антиоксидантная активность СО2 экстрактов некоторых растений и перспективы их использования в технологии пищевых рыбных жиров / С. В. Агафонова, Л. С. Байдалинова // Технология продовольственных продуктов. Вестник МАХ. – 2015. - № 2. - С. 13-17.

2. Базарнова Ю. Г. Фитоэкстракты – природные ингибиторы порчи пищевых продуктов / Ю.Г. Базарнова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». - 2010. - № 2. - С. 1–11.

3. Голованева Т.В., Запорожский А.А., Редько М.Г., Мишкевич Э.Ю. Получение комплексных наноэмульсий на основе легкой воды и CO_2-экстрактов из растительного сырья сонохимическим методом // Научный журнал КубГАУ - Scientific Journal of KubSAU. 2013. №94.

4. Жукович Е.Н., Семенова М.Ю., Шарикова Л.А., Прибыткова Т.Ф. Тетрациклические тритерпены чаги, Inonotus obliquus (PERS.) PIL., произрастающей в России // Химико-фармацевтический журнал. – 2010. - Том 44. - №9. – С. 28-29.

5. Исаева Е. В., Рязанова Т. В. Исследование состава CO_2-экстракта вегетативной части тополя бальзамического методом хромато-масс-спектрометрии // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2011. №4.

6. Касьянов Г.И., Алферников О.Ю., Щубко А.С. Совершенствование способа CO_2-экстрации пряностей // Мясные технологии. - 2008.-N 11. - С. 31-33.

7. Каширина О.Ю., Татарченко И.И., Щербаков В.Г. Применение СО2-экстрактов из растительного сырья для ароматизации табачных изделий // Известия высших учебных заведений. пищевая технология. - 1 (302). – 2008. - С. 118-119.

8. Никонович, С.Н. Антимикробные свойства СО2-экстрактов / С.Н. Никонович [и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. - 2006. - № 6. - С. 27-29.

9. Прянишников В.В., Касьянов Г.И. Производство и применение СО2-экстрактов в пищевой промышленности. Саарбрюкен, Германия 2012. С. 93-96.

10. Разгонова М.П., Каленик Т.К., Захаренко А.М., Голохваст К.С. Исследование дальневосточного женьшеня Panax ginseng, используя сверхкритическую CO_2экстракцию для дальнейшего применения в пищевой и лекарственной промышленности. // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2018. - Т.4. -№2. – С. 43-53.

11. Филиппова Е.А. Применение CO_2-экстрактов в пищевой промышленности // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета № 1, 2017. – С. 74-77.

12. Шашкина М.Я. Чага, чаговит, чагалюкс в лечебной и профилактической практике / М.Я. Шашкина [и др.]. – М.: Эдас, 2009. – 66 с.

13. In-Kyoung Lee and Bong-Sik YunThe. Styrylpyrone-class compounds from medicinal fungi Phellinus and Inonotus spp., and their medicinal importance // Journal of Antibiotics – 2011. - V.64. P. 349–359.

14. Lee I., Yun B. Styrylpyrone-class compounds from

medicinal fungi Phellinus and Inonotus spp., and their medicinal importance // J Antibiot. – 2011. – V. 64. – №5. – P. 349-59.

15. Lee IK, Seok SJ, Kim WK, Yun BS (2006) Hispidin derivatives from the mushroom Inonotus xeranticus and their antioxidant activity. J Nat Prod 69:299–301

16. Lee IK, Yun BS (2007) Highly oxygenated and unsaturated metabolites providing a diversity of hispidin class antioxidants in the medicinal mushrooms Inonotus and Phellinus. Bioorg Med Chem Lett 15:3309–3314

17. Lee, I.K., Kim, Y.S., Jang, Y.W., Jung, J.Y., Yun, B.S., 2007. New antioxidant polyphenols from the medicinal mushroom Inonotus obliquus. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters 17, 6678–6681.

18. Lee, I.K., Yun, B.S., 2007. Highly oxygenated and unsaturated metabolites providing a diversity of hispidin class antioxidants in the medicinal mushrooms Inonotus and Phellinus. Bioorganic & Medicinal Chemistry 15, 3309–3314.

19. Nakajima Yu. Antioxidant Small Phenolic Ingredients in Inonotus obliquus (persoon) Pilat (Chaga) / Yu. Nakajima, Yu. Sato, and T. Konishi.// Chem. Pharm. Bull. – 2007. - V. 55(8). - P. 1222-1226.

20. Razgonova Mayya P., Kalenik Tatiana K., Veselov Vaaleriy V., Zakharenko Alexander S., Ali Taghizadehghalehjoughu, Vlad Vita, Florica Barbuceanu, Izotov Boris N., Antonios K. Sntatidakis, Aristidis M. Golokhvast Tsatsakis, Kirill S.. Supercritical green technologies for obtaining ginsenosides from far-eastern wild ginseng Panax ginseng meyer using sfe for applying in drug, food and cosmetic industries // Farmacia. – 2019. – Vol. 67. – №1. – pp. 81-91.

21. Taji S, Yamada T, S-i W, Tokuda H, Sakuma K, Tanaka R (2005) Lanostane-type triterpenoids from the sclerotia of Inonotus obliquus possessing anti-tumor promoting activity. Eur J Med Chem 43:2373–2379

22. Yang, S.Z., Zheng, W.F., 2007. Factors affecting the accumulation of hydrolysable tannins in cultured mycelia of Inonotus obliquus. Chinese Traditional and Herbal Drugs 38, 798–803.

23. Yusoo Shin, Yutaka Tamai, Minoru Terazawa Chemical constituents of Inonotus obliquus Ih a new triterpene, 21,24-cyclopentalanosta-3β,21,25-triol-8-ene from sclerotium // J Wood Sci (2001) 47:313-316.

24. Zheng W. Phenolic compounds from Inonotus obliquus and their immune-stimulating effects/ W. Zheng, Y. Zyao, M. Zheng, Z.Yin, C. Chen, Z. Wei // Mycosystema. – 2008. – V. 27 – №4. – P. 574-581.

Статья поступила в редакцию 21.01.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 663.35

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЙ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В СБРАЖИВАЕМОМ СУСЛЕ НА ОСНОВЕ ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ

© 2020

Жилинская Надежда Тарасовна, кандидат биологических наук,
доцент Высшей школы биотехнологий и пищевых производств
Института биомедицинских систем и биотехнологий
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая 29, e-mail: jilinskie@mail.ru)
научный сотрудник научной лаборатории химиопрофилактики рака и онкофармакологии
Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им.Н.Н.Петрова
(197758, Россия, г.Санкт-Петербург, пос.Песочный, ул.Ленинградская, д.68)
Шитова Арина Сергеевна, студент
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая 29, e-mail: arinasersh@yandex.ru)
Орымбетова Гулбаги Эмитовна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Пищевая инженерия» Высшей школы «Текстильная и пищевая инженерия»
Южно-Казахстанский государственный университет им.М.А.Ауэзова
(160012, Казахстан, г.Шымкент, пр.Тауке хана, 5, e-mail: orim_77@mail.ru)
Бакхыткуль Телхожаевна Абдижаппарова, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Пищевая инженерия» Высшей школы «Текстильная и пищевая инженерия»
Южно-Казахстанский государственный университет им.М.А.Ауэзова
(160012, Казахстан, г.Шымкент, пр.Тауке хана, 5, e-mail: orim_77@mail.ru)

Аннотация. Актуальность работы связана с оценкой возможности применения в производстве столовых фруктовых виноматериалов и вин на основе черной смородины, вишни и клюквы препарата активных сухих дрожжей Lalvin Bourgovin RC 212 штамма Saccharomyces cerevisiae, ранее не используемых в процессах ферментирования указанного плодово-ягодного сырья. Органолептические и физико-химические показатели сбраживаемого плодово-ягодного сырья определяли на 7, 14 и 21 сутки после начала ферментации. Анализ данных показал, что на 21 сутки после начала брожения концентрация сахаров в сбраживаемом сусле из черной смородины уменьшилась в 2,4 раза, концентрация сахаров в сбраживаемом сусле из клюквы уменьшилась в 1,2 раза, что соответствует требованиям ГОСТ 33806-2016. Концентрация сахаров в сбраживаемом сусле из вишни уменьшилась в 1,05 раз, что на 0,9 г/дм3 выше нормы согласно ГОСТ 33806-2016. Максимальная концентрация спирта этилового в сбраживаемом сусле на основе черной смородины на 21 день составила 5,61 об. % спирта, в сусле на основе вишни - 4,28 об. % спирта, в сусле на основе клюквы- 3,57 об. % спирта. Таким образом, на 21 сутки брожения полученные результаты по объемному содержанию этилового спирта в сусле на основе вишни и клюквы соответственно в 1,3 и 1,5 раз меньше, чем требуемый аналогичный показатель ГОСТа 33806-2016. Препарат активных сухих дрожжей Lalvin Bourgovin RC 212 штамма Saccharomyces cerevisiae, ранее не используемый в производстве столовых фруктовых виноматериалов и вин на основе черной смородины, вишни и клюквы, в наибольшей степени подходит для сбраживания мезги из черной смородины. Она обеспечивает наиболее полное выбраживание сахаров и, соответственно, более высокое накопление этилового спирта, а также способствует накоплению оптимального состава ценных ароматических компонентов. Рекомендовано проведение дальнейших исследований физико-химических показателей сбраживаемого сусла на основе смородины черной, вишни, клюквы на соответствие требованиями ГОСТ 33806-2016, а также отработка биотехнологических режимов и технологии мацерации ягодной мезги с применением ферментных препаратов для получения столовых фруктовых виноматериалов с различной массовой концентрацией сахаров.

Ключевые слова: дрожжи активные сухие Lalvin Bourgovin RC 212 штамма Saccharomyces cerevisiae, брожение, смородина черная, вишня, клюква, столовый фруктовый виноматериал, органолептические свойства, физико-химические показатели.

STUDY OF ORGANOLEPTIC, PHYSICAL AND CHEMICAL CHANGE DYNAMICS IN FERMENTED MASH FROM FRUIT AND BERRY RAW MATERIALS

© 2020

Zhilinskaya Nadezhda Tarasovna, Associate professor, PhD
Graduate school of biotechnologies and food science
Institute of biomedical systems and biotechnologies Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University
(48, Novorossiyskaya str., St.Petersburg, 194021, Russia, e-mail: jilinskie@mail.ru)
Researcher, Department of Cancer Chemoprevention and Oncopharmacology,

N.N.Petrov National Medical Research Center of Oncology
(68, Leningradskaya ul., Pesochnyi, St. Petersburg, 197758, Russia, e-mail: jilinskie@mail.ru)
Shitova Arina Sergeevna, student
Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya St., 29, e-mail: arinasersh@yandex.ru)
Gulbagi Emitovna Orymbetova, candidate of technical sciences,
associate professor of department "Food Engineering", Higher School "Textile and Food Engineering"
M.Auezov South-Kazakhstan State University
(Kazakhstan, Shymkent av.Tauke khan, 5, 160012, e-mail: orim_77@mail.ru)
Bakhytkul Telkhozhaevna Abdizhapparova, candidate of technical sciences,
associate professor of department "Food Engineering", Higher School "Textile and Food Engineering"
M.Auezov South-Kazakhstan State University
(Kazakhstan, Shymkent av.Tauke khan, 5, 160012, e-mail: orim_77@mail.ru)

Abstract. Research is devoted to evaluating the possibility of using the active dry yeast preparation Lalvin Bourgovin RC 212 strain of Saccharomyces cerevisiae in the production of table fruit and berry wine materials and wines based on black currant, cherry and cranberry, which was not previously used in the fermentation processes of this fruit and berry raw material. Organoleptic, physical and chemical parameters of fermented fruit and berry raw materials were determined on 7, 14 and 21 days after the fermentation beginning. Data showed that on 21 day after the fermentation starting the sugar concentration in fermented black currant wort decreased by 2,4 times, the sugar concentration in fermented cranberry wort decreased by 1,2 times, which corresponds to the requirements of GOST 33806-2016. The sugar concentration in fermented cherry wort decreased by 1,05 times, which is 0,9 g/dm3 higher than the norm according to GOST 33806-2016. On 21 days it was maximum ethyl alcohol concentration in fermented black currant wort – 5,61 vol. % alcohol, in fermented cherry wort - 4,28 vol. % alcohol, in fermented cranberry wort - 3,57 vol. % alcohol. On 21 days of fermentation, the results obtained for the volume content of ethyl alcohol in the wort based on cherries and cranberries, respectively, are 1.3 and 1.5 times less than the required similar indicator of GOST 33806-2016. Thus, on 21 fermentation day only in fermented black currant wort the ethyl alcohol volume concentration satisfied GOST 33806-2016 requirements. The preparation of active dry yeast Lalvin Bourgovin RC 212 strain of Saccharomyces cerevisiae, previously not used in the production of table fruit wine materials and wines based on black currant, cherry and cranberry, is most suitable for fermentation of black currant pulp. It provides the most complete fermentation of sugars and, consequently, a higher accumulation of ethyl alcohol, as well as contributes to the accumulation of the optimal composition of valuable aromatic components. It`s recommended to continue further research of physical and chemical parameters of fermented wort based on black currant, cherry, cranberry in accordance with requirements of GOST 33806-2016. Also it`s should be research biotechnological conditions and berry pulp enzyme maceration for obtaining table fruit wine materials with different sugar mass concentrations.

Keywords: dry yeast Saccharomyces cerevisiae, fermentation, black currant, cherry, cranberry, fruit wine material, organoleptic properties, physical and chemical parameters.

Введение. Для фруктового (плодового) виноделия в России существует значительная сырьевая база. На просторах России выращивается большое число ягод и плодов. Одними из наиболее распространенных и любимых, в том числе в Северо-Западном регионе РФ, являются вишня, черная смородина и клюква, сорта которых были выведены специально для культивирования в региональных климатических условиях. Их популярность объясняется многими достоинствами: высокой урожайностью, скороплодностью, зимостойкостью, неприхотливостью, высоким содержанием витаминов, а также наличием иммунитета к инфекционным и физиологическим заболеваниям растений.

Смородина черная (лат. *Ribes nigrum*) распространена в европейской части России, на Урале, в Сибири и Средней Азии [1]. Ягоды содержат до 400 мг% аскорбиновой кислоты, до 16% сахара, 4% органических кислот, витамины Р, В, каротин, калий, железо, пектиновые, дубильные и красящие вещества, гликозиды, эфирные масла [2, 3]. Вишня садовая (лат. *Prunus cerasus*) распространена в России повсеместно. В плодах содержатся: сахар, пектины, органические кислоты, азотистые, дубильные и красящие вещества, витамины А, С, РР, макро- и микроэлементы [4]. Клюква обыкновенная (лат. *Vaccinium oxycoccos*) распространена в северных районах европейской части России, в Сибири, на Дальнем Востоке. Ягоды содержат углеводы, лимонную, яблочную кислоты, бензойную кислоту, помогающую сохранить ягоды, витамины С, РР, В1, В2, В5, В6, каротин, пектиновые вещества, йод, калий, железо [5].

В промышленном производстве используют как свежие, так и быстрозамороженные садовые [6], а также дикорастущие ягоды [7].

В настоящее время в России растет интерес к винам, произведенным из плодово-ягодного сырья, что обосновано входящими в их состав ценными биохимическими веществами [8, 9].

Умеренное потребление вина связано с пользой для здоровья человека: снижение риска сердечно-сосудистых заболеваний, частоты возникновения некоторых видов онкологических заболеваний. Входящие в состав вина полифенолы, витамины и био-

логически активные соединения, образующихся в результате процессов биоферментации, являются природными антиоксидантами [10].

Чистые культуры или препараты активных сухих дрожжей расы *Saccharomyces cerevisiae* нашли широкое применение на биотехнологических предприятиях при производстве пива [11], крепких алкогольных напитков [12]. В настоящее время винодельческие предприятия во всем мире

Широкое применение активных сухих дрожжей (АСД) *Saccharomyces cerevisiae* в виноделии связано с сохранением биологически активных веществ, изначально содержащихся в сырье, и накоплением вторичных продуктов брожения, определяющих букет готового напитка [13].

В зарубежных отечественных публикациях рассмотрено влияние различных рас дрожжей на процесс сбраживания сусла, из плодово-ягодного сырья и их применение в производстве вин фруктовых столовых. В исследованиях [14], авторами рекомендовано использование отечественной чистой культуры дрожжей Черносмородиновая 7 или АСД «*Red Fruit*» (Италия) в качестве оптимальной расы для сбраживания мезги малины и черной смородины при производстве фруктовых дистиллятов.

Изучение влияния различных технологических факторов [15], при производстве вина из черной смородины, на состав антоцианов, брожение сусла проводили на мезге с использованием различных рас дрожжей рода *Saccharomyces*: отечественные чистые культуры дрожжей – Москва 30, Черносмородиновая 7, К-17 и активные сухие дрожжи (АСД) – «*Red Fruit*» (Италия), *UWY SP1* (Великобритания), *LW* 317-29 («*Oenoferm Rug*», Германия). По результатам проведенных исследований авторами было рекомендовано использование винных дрожжей рас Москва 30, Черносмородиновая 7 и *UWY SP1*.

При изучении влияния чистых культуры дрожжей рода *Saccharomyces vini* из коллекции НИИПБиВП, АСД *Saccharomyces cerevisiae* расы «*SIHA Aktivhefe* 3» (Германия), АСД *Saccharomyces cerevisiae bayanus* (Франция) в производстве дистиллята [16], авторами установлено, что раса дрожжей «*SIHA Aktivhefe* 3» подходит в наибольшей степени для сбраживания вишневой мезги. Она обеспечивает наиболее полное выбраживание сахаров и более высокое накопление этилового спирта, что способствует накоплению оптимального состава ценных веществ.

При исследовании вин из клюквы [17] по физико-химическим показателям, содержанию биологически активных веществ, органических кислот, концентрации летучих ароматических соединений, а также выбора режимов обработки мезги, обеспечивающих получение высококачественных вин с высокой биологической ценностью, для сбраживания сусла применялись дрожжевая подкормка «Активит» и сухие винные активные дрожжи расы *France Superstart*, штамм *Saccharomyces cerevisiae* (Франция).

В настоящем исследовании, используемые коммерческие винные активные сухие дрожжи расы *Lalvin Bourgovin RC* 212 штамма *Saccharomyces cerevisiae* предназначены для о возможности применения указанных АСД для сбраживания сусла из ягод черной смородины, сбраживания сусла из ягод (черника, малина, ежевика, шелковица), винограда, фруктов (слива, гранат) [18]. Информация о применении клюквы и плодов вишни отсутствует в информационном листке от производителя.

В доступной научной литературе нами не выявлены данные по исследованию возможности применения АСД *Lalvin Bourgovin RC* 212 штамма *Saccharomyces cerevisiae* для производства фруктовых столовых виноматериалов и вин.

Цель исследования – оценить возможность применения для производства столовых фруктовых виноматериалов и вин на основе черной смородины, вишни и клюквы препарата активных сухих дрожжей *Lalvin Bourgovin RC* 212 штамма *Saccharomyces cerevisiae*, ранее не используемых в процессах ферментирования указанного плодово-ягодного сырья.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Оценить изменение органолептических показателей, содержание массовой концентрации сахаров, объемной доли этилового спирта в процессе сбраживания сусла на основе ягод черной смородины с использованием АСД *Lalvin Bourgovin RC* 212 штамма *Saccharomyces cerevisiae*.

2. Оценить изменение органолептических показателей, содержание массовой концентрации сахаров и объемной доли этилового спирта в процессе сбраживания сусла на основе ягод клюквы с использованием АСД *Lalvin Bourgovin RC* 212 штамма *Saccharomyces cerevisiae*.

3. Оценить изменение органолептических показателей, содержание массовой концентрации сахаров и объемной доли этилового спирта в процессе сбраживания сусла на основе плодов вишни с использованием АСД *Lalvin Bourgovin RC* 212 штамма *Saccharomyces cerevisiae*.

4. Провести сравнительный анализ динамики изменения органолептических и физико-химических показателей сбраживаемого сусла на основе ягод черной смородины, клюквы и плодов вишни с применением исследуемой рассы АСД *Lalvin Bourgovin RC* 212 штамма *Saccharomyces cerevisiae*.

5. Определить вид плодово-ягодного сырья, используемого в эксперименте, который наиболее выраженно влияет на бродильную активность АСД *Lalvin Bourgovin RC* 212 штамма *Saccharomyces cerevisiae*.

Объектами исследования явились:

1. Быстрозамороженные ягоды смородины черной *Ribes nigrum*; быстрозамороженные ягоды клюквы обыкновенной *Vaccinium oxycoccos*; быстрозамороженные плоды вишни садовой *Prunus cerasus*. Все исследованные ягоды и плоды – промышленной обработки и упаковки, урожая 2018 года.

2. Свежевыжатый сок из быстрозамороженных

ягод черной смородины, вишни, клюквы.

3. Сусло сбраживаемое на основе свежевыжатого сока из черной смородины, вишни, клюквы, а также мезги плодово-ягодного сырья без обработки ферментными препаратами пектолитического действия или мультиэнзимными композициями.

4. Коммерческие сухие винные дрожжи *Lalvin Bourgovin RC* 212 штамма *Saccharomyces cerevisiae* в виде препаратов активных сухих дрожжей (АСД). Страна-производитель – Канада.

Материалы и результаты исследования. Навески препаратов АСД регидратировали в соответствии с рекомендациями фирм-производителей и затем переносили в колбы с питательной средой. Разбраживание дрожжей осуществляли в термостате при температуре +28 °С в течение 48 ч. Брожение черносмородинового, вишневого, клюквенного сусла осуществляли на мезге при температуре +23-25 °С. Образцы сбраживаемого сусла из трех видов сырья исследовали на 7, 14 и 21 сутки после начала брожения. Органолептические свойства сбраживаемого сусла для производства виноматериала столового сухого на основе исследуемых ягод исследовали с помощью органолептического метода оценки качества продукции в соответствии с требованиями ГОСТ 33806-2016 «Вина фруктовые столовые и виноматериалы фруктовые столовые. Общие технические условия». Содержание спирта этилового в сусле определяли с помощью анализатора спиртосодержащих напитков Колос-2 [19], а также в соответствии с требованиями ГОСТ 32095-2013 «Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Метод определения объемной доли этилового спирта». Содержание сахаров в сбраживаемом сусле определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 13192-73 «Вина, виноматериалы и коньяки. Метод определения сахаров».

На первом этапе наших исследований степень бродильной активности дрожжей определяли по изменению показателей массовой концентрации сахаров и объемной доли этилового спирта в сбраживаемом плодово-ягодном сусле. Данные по физико-химическим показателям исследуемых образцов сбраживаемого сырья подвергали статистической обработке на персональном компьютере с помощью программы *GraphPadPrism*.

Исследование органолептических и физико-химических характеристик на различных стадиях брожения сусла из черной смородины, вишни, клюквы было проведено в настоящей работе, с использованием данных из ранее проведенного исследования по изучению содержания массовой концентрации сахаров и объемной доли этилового спирта в процессе сбраживания сусла на основе ягод черной смородины [20].

Результаты органолептической оценки сусла из черной смородины, вишни, клюквы на 7, 14 и 21 сутки сбраживания с применением *АСД Lalvin Bourgovin RC* 212 штамма *Saccharomyces cerevisiae* представлены на рисунке 1.

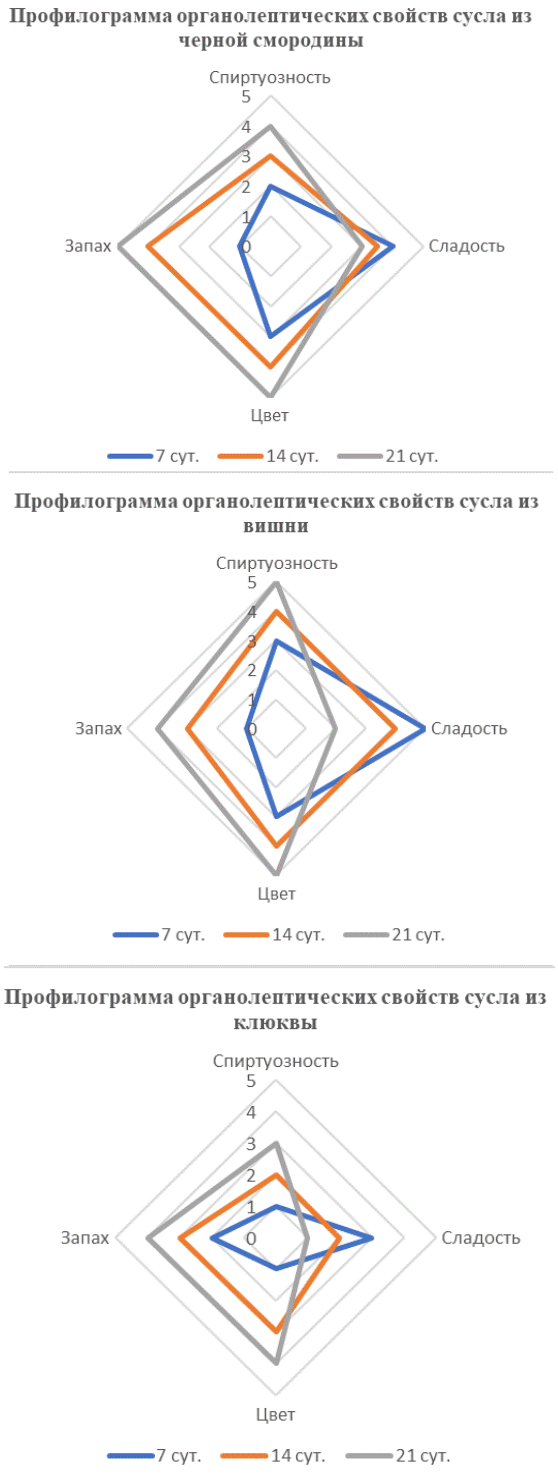


Рисунок 1 - Профилограммы органолептических свойств сусла из черной смородины, вишни, клюквы на 7, 14 и 21 сутки сбраживания с применением препаратов актив-ных сухих дрожжей Lalvin Bourgovin RC 212 штамма Saccharomyces cerevisiae

Показано, что сбраживаемое сусло на основе черной смородины, а также вишни с течением времени приобретает более темный цвет, по сравнению с началом брожения, и становится насыщенным темно-бордовым к концу третьей недели брожения. Сусло из клюквы изначально было более светлым по сравнению с остальными ягодами и на 21 сутки приобрело

темно-красный цвет. Наиболее сильно выраженный аромат у сусла из черной смородины. Привкус спирта и кислый вкус усиливаются со временем во всех образцах. Выявлено, что органолептические показатели сбраживаемого сусла на основе черной смородины, вишни, клюквы соответствуют требованиям ГОСТ 33806-2016 по характеристикам используемого сырья.

Результаты исследования динамики содержания сахаров, спирта этилового в плодово-ягодном сусле на 7, 14 и 21 сутки сбраживания с применением АСД *Lalvin Bourgovin* RC 212 штамма *Saccharomyces cerevisiae* представлены на рисунке 2.

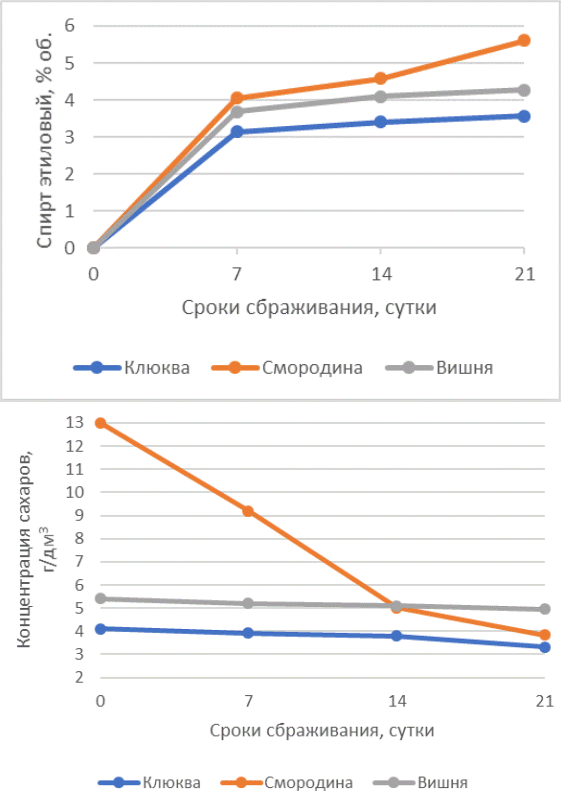


Рисунок 2 - Содержание спирта этилового и сахаров в образцах сбраживаемого сусла из черной смородины, вишни, клюквы с применением с применением препарата активных сухих дрожжей Lalvin Bourgovin RC 212 штамма Saccharomyces cerevisiae

Результаты первого этапа исследований показали, что содержание сахаров в сбраживаемом сусле, во всех образцах с течением времени уменьшается, а концентрация спирта, наоборот, увеличивается. Отмечалось интенсивное уменьшение количества сахаров в 2 раза в сусле из черной смородины на 14 сутки брожения. В то же время уменьшение количества сахаров в сусле из вишни и клюквы на 14 сутки было незначительным. Анализ данных (рис. 2) показал что на 21 сутки после начала брожения концентрация сахаров в сбраживаемом сусле из черной смородины уменьшилась в 2,4 раза и составила 3,8 г/дм^3, концентрация сахаров в сбраживаемом сусле из клюквы уменьшилась в 1,2 раза и составила 3,3 г/дм^3, что соответствует требованиям ГОСТ 33806-2016, предъявляемым к аналогичному показателю для сухих столовых фруктовых виноматериалов. Концентрация сахаров в сбраживаемом сусле из вишни уменьшилась в 1,05 раз и составила 4,9 г/дм^3, что на 0,9 г/дм^3 выше нормы для сухих столовых фруктовых виноматериалов согласно ГОСТ 33806-2016. Максимальная концентрация спирта этилового в сбраживаемом сусле на 21 день составила 5,61 об. % спирта, в сусле на основе вишни — 4,28 об. % спирта, в сусле на основе клюквы - 3,57 об. % спирта. Однако полученные результаты по объемному содержанию этилового спирта в сброженном сусле на основе вишни и клюквы соответственно в 1,3 и 1,5 раз меньше, чем требуемый аналогичный показатель в соответствии с ГОСТ 33806-2016 (не менее, чем 5,5 об. % спирта).

Из данных, представленных на рисунке 2, видно, что в образце на основе сусла из ягод черной смородины с использованием дрожжей расы *Lalvin Bourgovin RC* 212, бродильная активность дрожжей была наиболее высокой, и на 21 сутки был полностью завершен, т.к. процесс брожения проходил интенсивнее, чем в остальных образцах. Наименьшую активность по отношению к суслу на основе клюквы проявила раса дрожжей *Lalvin Bourgovin RC* 212 и процесс брожения на 21 сутки не завершался. Скорость брожения является очень важным экономическим и технологическим фактором, при таком медленном брожении снижается коэффициент оборачиваемости технологических емкостей, но существует вероятность развития посторонней микрофлоры [21]. Различная степень бродильной активности АСД расы *Lalvin Bourgovin RC* 21 связана, вероятно, с химическим составом и различной степенью кислотности исходного плодово-ягодного сырья [22, 23].

Результаты исследований авторов [24] показывают, что следует предварительно проводить мацерацию мезги очищенными ферментными препаратами пектолитического действия для лучшего извлечения сока и улучшения реологических свойств мезги.

Полученные результаты позволили сделать **вывод**, что препарат активных сухих дрожжей *Lalvin Bourgovin RC* 212 штамма *Saccharomyces cerevisiae*, ранее не используемый в производстве столовых фруктовых виноматериалов и вин на основе черной смородины, вишни и клюквы для сбраживания мезги из черной смородины подходит для более полного выбраживания сахаров, высокого накопление этилового спирта, и способствует накоплению оптимального состава ценных ароматических компонентов.

Рекомендовано проведение дальнейших исследований по отработке биотехнологических режимов, технологии мацерации плодово-ягодной мезги на основе черной смородины, вишни и клюквы с применением ферментных препаратов для получения столовых фруктовых виноматериалов с различной массовой концентрацией сахаров (сухие, полусухие, полусладкие, сладкие). И исследование физико-химических показателей сбраживаемого сусла, на соответствие требованиями ГОСТ 33806-2016 с

использованием АСД *Lalvin Bourgovin RC* 212 штамма *Saccharomyces cerevisiae*.

Перспективным направлением экспериментальных и клинических исследований является использование столовых фруктовых виноматериалов и вин в энотерапии. Ряд авторов [25] показали возможность применения энотерапии в коррекции эффектов экспериментальной гипоксии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бакин И.А., Мустафина А.С., Лунин П.Н. Изучение химического состава ягод черной смородины в процессе переработки// Вестник КрасГАУ. 2015. № 6. С.159-162.

2. Gavrilova V., Kajdžanoska M., Gjamovski V., and Stefova M. Separation, Characterization and Quantification of Phenolic Compounds in Blueberries and Red and Black Currants by HPLC-DAD-ESI-MSn . Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, vol. 59, no. 8, pp. 4009–4018. DOI: https://doi.org/10.1021/jf104565y.

3. Чиркова Е.С., Леонтьев В.М., Чепелева Г.Г. Оптимизация режимов замораживания ягод смородины черной (Ribes Nigrum L.) //Вестник КрасГАУ. 2014 №6. С.264-267.

4. Рахметова Т.П. Биохимический состав плодов вишни //Современное садоводство – Contemporary horticulture. 2019. №4. С.65-75. DOI: 10.24411/2312-6701-2019-10407

5. Лютикова М.Н., Ботров Э.Х. Химический состав и практическое применение ягод брусники и клюквы//Химия растительного сырья. 2015 № 2 С. 5–27. DOI: 10.14258/jcprm.201502429

6. Базарнова Ю.Г., Лысенко И.В. Технологические и биохимические аспекты холодильного консервирования дикорастущих лесных ягод //Вестник Новгородского государственного университета. 2015 № 86 Ч.1. С.23-26.

7. Кудряшова Т.Р., Иванченко О.Б., Хабибуллин Р.Э. Оценка флокуляционной и газообразующей способностей штаммов дрожжей Saccharomyces Cerevisiae, используемых в пивоварении //Вестник технологического университета. - 2017.- Т.2, № 2.- С.147-149.

8. Panasyuk A.L., Kuzmina E.I., Rozina L.I., and Letfullina D.R. Anthocyanins of Coloured Fruits and Berries as Well as Prepared from them Fruit Wine Materials. Winemaking and viticulture, 2016, no. 5, pp. 15–19. (In Russ.).

9. Makarov S.S., Makarov S.Yu., Panasyuk A.L. Influence of Various Technological Factors on the Composition of Anthocyanins in Black Currant Wine Production. Food Processing: Techniques and Technology, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 72–80. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074- 9414-2018-3-72-80.

10. Guerrini S., Mangani S., Romboli Y., Luti S., Pazzagli L. and Granchi L. Impact of Saccharomyces cerevisiae strains on health-promoting compounds in wine//Fermentation 2018,4,26 doi:10.3390/fermentation4020026

11. Zaytseva M. Y., Barakova N. V., Romanov V. A., Zhilinskaya N. T. The effect of complex supplements on 100% barley malt wort fermentation process // Вестник Международной академии холода. 2017. № 1. С. 3-6. DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-1-3-6

12. Панасюк А.Л., Макаров С.С. Влияние различных рас дрожжей на качественные показатели и антиоксидантную активность вин из черной смородины //Техника и технологии пищевых производств. 2018. Т. 48, № 1. С.66-73.

13. Гугучкина Т.И., Белякова Е.А., Якуба Ю.Ф., Джинджолия Т.Н. Состав аминокислот, витаминов и витаминоподобных веществ в столовых виноматериалах, полученных с применением активных сухих рас дрожжей // Виноделие и виноградарство. 2009. № 6. С.22-24.

14. Оганесянц Л.А., Песчанская В.А., Дубинина Е.В., Трофимченко В.А. Подбор рас дрожжей для сбраживания фруктовой мезги, предназначенной для дистилляции // Пиво и напитки. 2017. № 6. С.26-30.

15. Макаров, С. С. Влияние различных технологических факторов на состав антоцианов при производстве вина из черной смородины / С. С. Макаров, С. Ю. Макаров, А. Л. Панасюк // Техника и технология пищевых производств. 2018. Т. 48, № 3. С. 72-80. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-72-80.

16. Крикунова Л.Н., Дубинина Е.В., Алиева Г.А. Влияние расы дрожжей на процесс сбраживания вишневой мезги для производства дистиллята //Техника и технология пищевых производств. 2016.№ 1 (40). С. 24-31.

17. Гугучкина Т.И., Кушнерева Е.В., Паутов Р.Ю. Сравнительная оценка режимов переработки мезги клюквы для производства вин с высокой биологической ценностью // Плодоводство и виноградарство юга России. 2011. № 8 (2). С.126-133.

18. Винные дрожжи Lalvin Bourgovin RC 212 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.zdoroveevo.ru/vinnye-drozhzhi-lalvin-bourgovin-rc-212-paket-5-gramm-na-45-23-litra-bkopijab.html (Дата обращения: 09.10.2019).

19. Рожнов, Е.Д. Анализ и корректировка сусла в производстве вин: методические рекомендации к выполнению лаб. работ для студ. спец. «Продукты питания из растительного сырья» / Е.Д. Рожнов; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2016. 21 с.

20. Шитова А.С., Жилинская Н.Т. Исследование динамики изменения органолептических и физико-химических показателей в сбраживаемом сусле на основе плодово-ягодного сырья из черной смородины. Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием, 18-23 ноября 2019 г. Институт биомедицинских систем и биотехнологий. В 2 ч. Ч.1.Высшая школа биотехнологий и пищевых производств. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. С. 105-108.

21. Andorrà I., Miró G., Espligares N., Mislata A.M., Puxeu M. and Ferrer-Gallego R. (January 30th 2019). Wild Yeast and Lactic Acid Bacteria of Wine, Yeasts in Biotechnology, Thalita Peixoto Basso, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.84128. Available from: https://www.intechopen.com/books/yeasts-in-biotechnology/wild-yeast-and-lactic-acid-bacteria-of-wine

22. Попов А.М., Голуб О.В., Кравченко С.Н. Показатели качества концентрированных плодово-ягодных соков //Пиво и напитки. 2005. № 5. С.70-73.

23. Капустина А.А., Христюк В.Т. Выявление особенностей химического состава соков из плодов ореха грецкого, шелковицы черной, вишни и купажей из них с целью подбора оптимального соотношения концентраций для разработки технологии напитков повышенной биологической ценности// Новая наука: проблемы и перспективы. 2015. № 1 (1). С.127-129.

24. Панкина И. А., Белокурова Е.С. Интенсификация технологии получения сока из плодово-ягодного сырья с высоким содержанием пектина// Научный журнал НИУ

ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2017. № 1. С.36-41. DOI: 10.17586/2310-1164-2017-10-1-36-41

25. Кубышкин А.В., Шрамко Ю.И., Алиев Л.Л., Бекетов А.А., Огай Ю.А., Черноусова И.В., Фомочкина И.И., Таримов К.О. Возможности энотерапии в коррекции эффектов экспериментальной гипоксии // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. 2018 Т. 13 Вып. 4 С. 366–375. https://doi.org/10.21638/11701/spbu11.2018.404

Статья поступила в редакцию 04.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 446.8/.9(045)

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ ДЕСЕРТНОГО СОУСА С ЗАДАННЫМИ КАЧЕСТВЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МЕТОДОМ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

© 2020

Аверьянова Елена Витальевна, кандидат химических наук, доцент кафедры биотехнологии
Бийский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»
(659305, Россия, Алтайский край, г. Бийск, ул. Имени Героя Советского Союза Трофимова, 27, e-mail: lena@bti.secna.ru)

Школьникова Марина Николаевна, доктор технических наук, профессор кафедры технологий питания
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»
(620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной воли, 62/45, e-mail: shkolnikova.m.n@mail.ru)

Аннотация. В статье приведены результаты проведенного исследования по разработке рецептуры специализированного десертного соуса, обладающего низким гликемическим индексом, с использованием методологии многофакторного анализа. Изучено влияние замены сахарозы многоатомными спиртами сорбитом и ксилитом, снижающими гликемический индекс продукта, на органолептические показатели: внешний вид, вкус, аромат, консистенция и реологические свойства (предельное напряжение сдвига) десертных соусов.

Оценка сбалансированности рецептуры разработанных экспериментальных образцов десертных соусов осуществлялась по уравнениям обобщенной функции желательности Харрингтона. По имеющимся экспериментальным данным рассчитаны значения частных функций желательности для органолептических показателей, гликемического индекса, консистенции и содержания аскорбиновой кислоты. Определен обобщенный критерий Харрингтона для десертных соусов с сахарозаменителями, на основании которого показано, что оптимальными рецептурами являются образцы с содержанием сорбита 20 % и ксилита 15 %. Обоснована их перспективность использования в диетотерапии потребителей с заболеваниями эндокринной системы и в качества элемента рациона «здорового питания» всех групп населения.

Ключевые слова: заболевания эндокринной системы, сахарный диабет, специализированный продукт, десертный соус, сахарозаменитель, качественные характеристики, моделирование рецептуры, обобщенная функция желательности Харрингтона.

MODELING OF DESSERT SAUCE RECIPE WITH TASKED QUALITATIVE CHARACTERISTICS BY FACTOR ANALYSIS METHOD

© 2020

Averyanova Elena Vitalyevna, Candidate of Chemical Sciences;
Associate Professor Department of «Biotechnology»
Biysk Institute of Technology (branch) of the Altai State Technical University of I.I. Polzunov
(Russia, Biysk, Hero of the Soviet Union Trofimov Street, 27, e-mail: lena@bti.secna.ru)

Shkolnikova Marina Nikolaevna, Doctor of Technical Sciences, Professor Department of «Food Technologies»
Ural State University of Economics
(Russia, Ekaterinburg, March 8/ Narodnaya Volya st., d 62/45, e-mail: shkolnikova.m.n@mail.ru)

Abstract. The article presents the results of a study on the formulation of a specialized dessert sauce with a low glycemic index, using the methodology of multivariate analysis. The effect of sucrose substitution with polyhydric alcohols sorbitol and xylitol, which reduce the glycemic index of the product, on the organoleptic parameters: appearance, taste, aroma, texture and rheological properties (ultimate shear stress) of dessert sauces was studied.The balance of the formulation of the developed experimental samples of dessert sauces was assessed using the equations of the generalized Harrington desirability function. Based on available experimental data, the values of particular desirability functions functions for organoleptic indicators, glycemic index, consistency, and ascorbic acid content were calculated. The Harrington generalized criterion for dessert sauces with sweeteners is determined, based on which it is shown that the optimal formulations are samples with a content of sorbitol 20 % and xylitol 15 %. Their prospects for use in diet therapy of consumers with diseases of the endocrine system and as an element of the diet of «healthy nutrition» of all population groups are substantiated.

Keywords: endocrine system diseases, diabetes mellitus, specialized product, dessert sauce, sweetener, quality characteristics, formulation modeling, generalized Harrington desirability function.

Введение. В последнее время, основываясь на ряде исследований, к продуктам питания относятся не только как к средству удовлетворения чувства голода и вкусовых потребностей человека, но и как к средству поддержания здоровья и снижения риска возникновения многих алиментарных заболеваний [1, 2]. В связи с этим производство продуктов «здорового питания», в том числе специализированных, является актуальным и практически значимым.

При моделировании состава специализированного

продукта питания одной из основных задач становится обоснованный выбор ингредиентов, позволяющих разработать продукт заданного химического состава и направленной функциональной активности [3–5]. Как правило, новое поколение пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям – это продукты с обоснованным ингредиентным составом, с низкой калорийностью и пониженным содержанием сахара и жира.

Анализ данных потребления сахара в 165 странах показал высокую положительную корреляцию между распространенностью сахарного диабета и потреблением сахара на душу населения [6]. В связи с этим ФАО/ВОЗ в 2015 г. снизила, рекомендуемую суточную дозу добавленного сахара в два раза по отношению к рекомендациям 2003 г., что составило 25 г [7]. Тем не менее, потребление сахара в России составляет более 100 г в день на человека, что в несколько раз превышает рекомендуемую норму. Одним из вариантов снижения потребления сахара может стать использование низкокалорийных подсластителей [8].

В настоящее время основным подходом к лечению больных, страдающих ожирением, является снижение инсулинорезистентности, которая заключается в уменьшении чувствительности тканей к инсулину. С этой целью применяют диету с низким содержанием жиров, а для снижения нагрузки на инсулиновый аппарат используют продукты, которые имеют в своем составе подсластители углеводной природы с низким гликемическим индексом [9]. К таким продуктам можно отнести и десертные соусы.

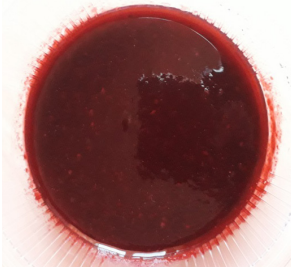
Однако проведенный ритэйл-аудит показал, что десертные соусы производятся с использованием в качестве основного рецептурного компонента сахарозы [10], а в результате патентного поиска выявлен лишь один десертный соус, содержащий подслащивающее вещество стевиозид Е960 [11].

В связи с этим разработка рецептур новых десертных соусов на основе сахарозаменителей актуальна, так как появление такого продукта в рационе нуждающихся в специализированных продуктах потребителей, позволит значительно расширить гастрономические возможности и ассортимент десертных соусов. Для остальных категорий потребителей разработанный соус – это полезный продукт, который обогатит кондитерские изделия, фруктовые десерты и салаты полезными веществами, приятным вкусом, ароматом и цветовой гаммой [12].

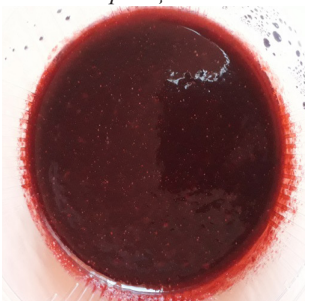
Целью исследования является моделирование рецептуры специализированного десертного соуса, содержащего натуральные компоненты и разрешенного к употреблению лицам с заболеваниями эндокринной системы, методом многофакторного анализа на основе обобщенной функции желательности Харрингтона.

Объекты и методы исследования. Экспериментальные образцы десертных соусов, выработанные из ягод смородины черной по классической рецептуре и технологии производства фруктового соуса [13, 14] с изменениями согласно [15], внешний вид которых представлены на рисунке 1. Экспериментальные образцы содержат сахарозаменители многоатомные спирты – ксилит или сорбит, которые при практически одинаковой степени сладости по отношению к сахарозе, соответствуют ей по технологическим свойствам и качеству вкуса, но не кариогенны и имеют меньший гликемический индекс – 13 и 9, соответственно (для сравнения гликемический индекс сахарозы равен 100).

А – образец с сахарозой (контроль)



Б – образец с ксилитом



В – образец с сорбитом

Рисунок 1 - Внешний вид свежевыработанных образцов десертных соусов

Образцы соуса представляют собой однородную, не расслаивающуюся протертую массу, без посторонних включений; имеют ярко выраженный, насыщенный, однородный, приятный темно-красный цвет. Консистенция соусов с ксилитом и сорбитом более однородная по всему объему, не жидкая, умеренно текучая, что связано с эмульгирующим свойством полиолов, в то время как образец с сахарозой достаточно текуч и быстро растекается по поверхности блюда. С консистенцией связано и несколько иное восприятие вкуса образцов с ксилитом и сорбитом – он объемный, хорошо раскрывается в ротовой полости, в отличие от образца с сахаром, вкус которого более плоский, и менее выраженный. Аромат у всех образцов яркий, выраженный, насыщенный как у спелых ягод смородины.

Количественным выражением консистенции продукта являются его реологические свойства, а текстура определяет кинетические характеристики

соуса, которые связаны с мышечными ощущениями. Поскольку особенностью полиолов является их способность образовывать гелевую структуру и стабилизировать вязко-пластичные системы, то предельное напряжение сдвига, повышающееся в результате увеличения массовой доли полиолов в продукте, отражает динамику прочностных свойств десертных соусов, приготовленных с использованием ксилита и сорбита. За счет большого количества гидроксильных групп полиолы способны образовывать многочисленные водородные связи с компонентами соуса, в том числе с водой, что способствует снижению доли свободной влаги и является фактором упрочнения геля.

Массовую долю аскорбиновой кислоты, способствующей сохранности соуса и повышающей его физиологическую ценность, определяли титриметрическим методом по ГОСТ 24556-89.

Квалиметрическую оценку качества образцов десертного соуса проводили методом многофакторного анализа, используя обобщенную функцию желательности Харрингтона, которая позволяет выявить наиболее сбалансированную рецептуру продукта по основным показателям качества [16].

Результаты и их обсуждение. Из ранее проведенного исследования выявлено, что потребители готовы к появлению на рынке специализированного десерт-ного соуса, который наряду с традиционными соусами может являться продуктом ежедневного спроса. Социологический опрос показал, что специализированный десертный соус должен содержать исключительно натуральные компоненты и в нем должны отсутствовать легкоусвояемые углеводы и синтетические консерванты, при этом потребитель отдает предпочтение плодово-ягодной вкусовой основе, ассоциируя ее как элемент «здоровой пищи» [10]. Учитывая предпочтения респондентов и необходимость обоснования рецептуры, сбалансированной по соотношению ингредиентов и качественным характеристикам, соответствующим требованиям ГОСТ 18077-2013, провели моделирование рецептурного состава десертного соуса.

Наиболее известной и часто используемой при моделировании рецептур продуктов питания является обобщенная функция желательности Харрингтона, позволяющая свести исходную многофакторную задачу принятия решения с разноразмерными критериями к задаче с измеряемыми в одной и той же шкале критериями [17-20]. В качестве частных параметров оптимизации были выбраны следующие показатели, на которые наложены ограничения:

- органолептические показатели (ymin) ≥20 баллов;
- гликемический индекс (ymax) ≤ 25 ед.;
- предельное напряжение сдвига (ymin) ≥ 70Па, (ymax) ≤ 180 Па;
- содержание аскорбиновой кислоты (ymin) ≥10мг%.

В таблице 1 приведены значения частных параметров оптимизации для каждого из экспериментальных образцов соуса, на основании которых проводилась оценка рецептур. Из полученных значений, затем рассчитываются частные функции желательности.

Таблица 1 – Частные параметры оптимизации и их значения

Образец с содержанием	Органолептическая оценка (y_1), балл	Гликемический индекс (y_2), ед.	Предельное напряжение сдвига (y_3), Па	Содержание аскорбиновой кислоты (y_4), мг%
15 % сорбита	23	11,5	124,1	11,6
20 % сорбита	25	10,9	144,1	10,7
25 % сорбита	23	10,6	148,2	9,9
30 % сорбита	21	10,3	156,2	9,0
15 % ксилита	25	14,0	143,3	12,1
20 % ксилита	23	13,7	149,3	11,2
25 % ксилита	23	13,5	155,2	10,2
30 % ксилита	21	13,4	167,2	9,3

По данным таблицы 1 нельзя однозначно сказать, какой из образцов определенно лучше другого, так как у каждого образца присутствует параметр оптимизации лучше или хуже, чем у остальных.

Для определения частных функций желательности для каждого параметра оптимизации сначала рассчитывают кодированное значение частного параметра оптимизации y', т. е. его значение в условном масштабе, по соответствующим формулам

$$y_i^{/} = \frac{(y_{\max} - y_i)}{y_{\max}} \quad \text{или} \quad y_i^{/} = \frac{(y_i - y_{\min})}{y_{\min}}$$

в зависимости от ограничений, наложенных на частные параметры оптимизации. Так как выбранные ограничения имеют односторонний порядок, то частную функцию желательности d определяли для каждого параметра оптимизации, используя формулу $d = e^{-e^{-y'}}$

Результаты расчетов приведены в таблице 2.

По полученным данным таблицы 2, расчитали обобщенную функцию желательности образцов десертных соусов по формуле $D = \sqrt{d_1 \times d_2 \times \cdots \times d_i \cdots \times d_n}$ Результаты расчета для образцов десертного соуса с сахарозаменителями представлены в виде гистограмм на рисунках 2 (с сорбитом) и 3 (с ксилитом).

Таким образом, можно утверждать, что лучшими образцом являются соусы с содержанием 20 % сорбита 15 % ксилита, т. к. по выбранным параметрам оптимизации они характеризуется наибольшим значением обобщенной функции желательности. На основании рассчитанных значений обобщенной функции желательности Харрингтона были разработаны рецептуры специализированных десертных соусов с использованием сахарозаменителей сорбита и ксилита (таблицы 3 и 4).

Таблица 2 – Значения частных функций желательности параметров оптимизации

Образец с содержанием	Органолептическая оценка, балл		Гликемический индекс, ед.		Предельное напряжение сдвига, Па		Содержание аскорбиновой кислоты, мг %	
	y'_1	d_1	y'_2	d_2	y'_3	d_3	y'_4	d_4
15 % сорбита	0,15	0,422	0,23	0,451	2,54	0,870	0,16	0,426
20 % сорбита	0,25	0,458	0,27	0,466	3,11	0,956	0,07	0,393
25 % сорбита	0,15	0,422	0,29	0,473	3,23	0,961	0,01	0,371
30 % сорбита	0,05	0,386	0,31	0,480	3,46	0,969	0,01	0,371
15 % ксилита	0,25	0,458	0,06	0,389	3,09	0,955	0,21	0,444
20 % ксилита	0,15	0,422	0,07	0,393	3,26	0,962	0,17	0,411
25 % ксилита	0,15	0,422	0,1	0,404	3,42	0,967	0,02	0,375
30 % ксилита	0,05	0,386	0,11	0,408	3,77	0,977	0,01	0,371

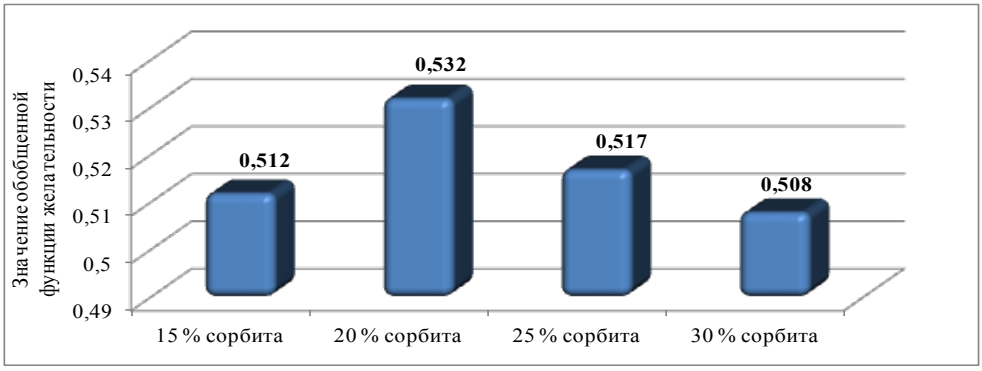


Рисунок 2 – Значения обобщенной функции желательности для образцов с сорбитом

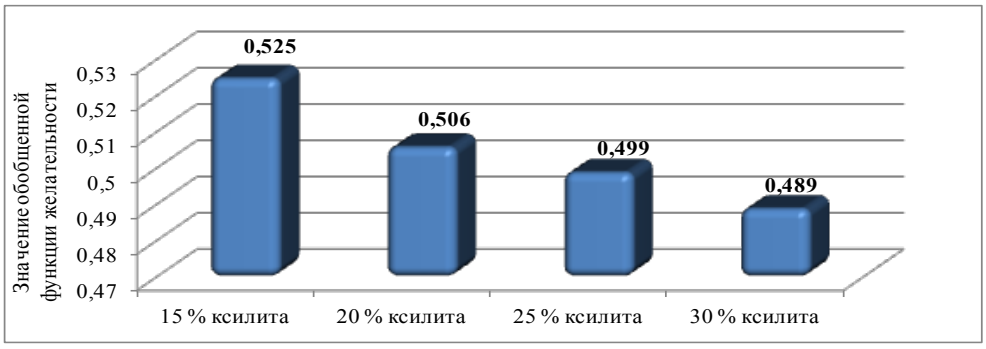


Рисунок 3 – Значения обобщенной функции желательности для образцов с ксилитом

Таблица 3 – Рецептура специализированного десертного соуса с сорбитом

Ингредиент	Содержание СВ, %	Расход на 250 г готового соуса, г	
		в натуре	в СВ
Ягода смородины черной	17,10	283,50	48,48
Сорбит (Е420)	99,80	85,30	85,13
Вода	–	50,70	–
Лимонная кислота	90,50	1,10	1,00
Пектин яблочный	92,00	2,30	2,20
Итого	–	422,90	136,81
Выход	53,20	250,00	133,00

Таблица 4 – Рецептура специализированного десертного соуса с ксилитом

Ингредиент	Содержание СВ, %	Расход на 250 г готового соуса, г	
		в натуре	в СВ
Ягода смородины черной	17,10	302,34	51,70
Ксилит (Е967)	99,80	74,66	74,51
Вода	–	50,70	–
Лимонная кислота	90,50	1,10	1,00
Пектин яблочный	92,00	2,30	2,20
Итого	–	431,1	129,41
Выход	50,80	250,00	127,10

Таким образом, в разработанных рецептурах есть принципиальное отличие, касающееся количества вносимого сахарозаменителя, что связано с разной степенью сладости ксилита и сорбита – 0,9 и 0,6, соответственно. Количество сорбита по рецептуре на 5 % больше, чем ксилита, что наиболее целесообразно с точки зрения технологии: легче достигается требуемое ГОСТ 18077-2013 количество сухих веществ и сокращаются затраты на стадии уваривании. В то же время для потребителя наиболее приемлема рецептура с ксилитом, содержание которого в составе соуса меньше, что минимизирует негативное воздействие полиолов на ЖКТ.

Заключение. На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что разработанные методом многофакторного анализа рецептуры десертного соуса с использованием в качестве сахарозаменителей многоатомных спиртов сорбита (Е420) и ксилита (Е967), вносимых в количествах 20 % и 15 %, соответственно, выигрышно отличаются по составу от контрольного образца и могут быть использованы в диетотерапии потребителей с заболеваниями эндокринной системы и как элемент рациона «здорового питания» всех групп населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Тутельян, В.А. Лечебное питание: современные подходы к стандартизации диетотерапии [Текст] / В.А. Тутельян, М.Г. Гаппаров, Б.С. Каганов – М.: Династия, 2010. – 302 с.

2. Голубева, А.А. Показатели пищевого статуса как потенциальные факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний (по результатам исследования среди жителей Москвы) [Текст] / А.А. Голубева, Yumei Lin, А.Р. Богданов, В.А. Исаков и др. // Вопросы диетологии. – 2013. – Т. 3. – № 3. – С. 5–11.

3. Никифорова, Т.А. Индустрия пищевых доба-вок: состояние и перспективы развития [Текст] / Т.А. Никифорова // Молочная промышленность. – 2014. – № 3. – С. 43–45.

4. Старовойтова, К.В. Перспективы отечест-венного производства микроингредиентов [Текст] / К.В. Старовойтова, Л.В. Терещук // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – № 2. – С. 77–82.

5. Кочеткова, А.А. Функциональные пищевые продукты: общее и частное практических задач [Текст] / А.А. Кочеткова // Пищевые ингредиенты. – 2012. – № 1. – С. 34–37.

6. Weeratunga, P. Per capita sugar consumption and prevalence of diabetes mellitus – global and regional associations / Weeratunga P., Jayasinghe S., Perera Y. et al. // BMC Public Health. – 2014. – V. 14. – pp. 186-191.

7. Глобальный доклад по диабету. – Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2018. 88 с.

8. Молчанова, Е.Н. Сахар: мировые тенденции потребления [Текст] / Е.Н. Молчанова, Д.С. Антонова, Ю.Д. Михеева // Церевитиновские чтения – 2018: материалы V Международной конференции. 23 марта 2018 г. – Москва: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», 2018. – С. 47-50.

9. Савенкова, Т.В. Роль пищевой промышленности в диетической терапии населения [Текст] / Т.В. Савенкова, Е.А. Солдатова, Т.Л. Киселева // Вопросы питания. – 2015. – № 6. – С. 107–115.

10. Белоусова, Д.Д. Анализ предпочтений потребителей в отношении специализированных десертных соу-сов [Текст] / Д.Д. Белоусова, Е.В. Аверьянова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2019. – Т. 8. – № 2 (46). – С. 110–115.

11. Соус ягодный [Текст]: пат. 2640837 РФ, МПК A23L23/00 / Агафонова Е.В., Барашкина Е.В., Третьякова Н.Р., Роговенко И.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологи-ческий университет». – № 2017110171; заявл. 27.03.2017; опубл. 12.01.2018, Бюл. № 2. – 3 с.

12. Тутельян, В.А. Приоритеты в разработке специализированных пищевых продуктов оптимизированного состава для больных сахарным диабетом 2 типа [Текст] / В.А. Тутельян, Х.Х. Шарафетдинов, И.А. Лапик и др. // Вопросы питания. – 2014. – № 6. – С. 41–51.

13. Здобнов, А.И. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий: для предприятий общественного пита-ния [Текст] / А.И. Здобнов. – Киев: АСК, 2006. – 656 с.

14. Аверьянова, Е.В. Десертные соусы из ягодного сырья Сибири как продукт здорового питания [Текст] / Е.В. Аверьянова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2019. – № 1 (54). – С. 51-58.

15. Состав для производства десертного соуса с низким гликемическим индексом [Текст]: пат. 2710169 РФ, МПК A23L1/238 / Белоусова Д.Д., Аверьянова Е.В., Школьникова М.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» – № 2019106898; заявл. 11.03.2019; опубл. 24.12.2019, Бюл. № 36. – 12 с.

16. Ахназарова, С.Л. Использование функции желательности Харрингтона при решении оптимизационных задач химической технологии: учебно-методическое пособие [Текст] / С.Л. Ахназарова, Л.С. Гордеев. – М.: РХТУ им. Д.С. Менделеева. – 2003. – 76 с.

17. Хабибуллин, Р.Э. Современные программы автоматизированного расчёта рецептур комбинированных пищевых продуктов [Текст] / Р.Э. Хабибуллин, С.А. Жакслыкова, О.А. Решетник // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 21. – С. 257-260.

18. Евдокимова, О.В. Методика проектирования рецептур инновационных продуктов с использованием обобщенной функции желательности Харрингтона [Текст] / О.В. Евдокимова, В.В. Марков, О.Л. Курнакова // Ползуновский вестник. – 2015. – № 2. – С. 74–78.

19. Заворохина, Н.В. Применение обобщенной функции желательности Харринтона для моделирования состава напитков геропротекторной направленности [Текст] / Н.В. Заворохина, Ю.И. Богомазов, А.В. Тарасов // Пищевая промышленность. – 2018. – № 8. – С. 70–74.

20. Магомедов, Г.О. Использование функции Харрингтона для оптимизации рецептурного состава батончиков типа пралине [Текст] / Г.О. Магомедов, А.А. Журавлев, Т.А. Шевякова, Д.В. Седых // Вестник ВГУИТ. – 2014. – № 2. – С. 99-103.

Статья поступила в редакцию 10.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 634.7:581.19

ЯГОДНОЕ СЫРЬЕ ПРИАМУРЬЯ КАК ИСТОЧНИК ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ ЦЕННЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

© 2020

Фролова Нина Анатольевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности»
Амурский государственный университет
(675027, Россия, Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 21, e-mail:ninelfr@mail.ru)

Аннотация. Анализ химического состава дикорастущего плодово-ягодного сырья Амурской области: ягод калины Саржента (Viburnum sargentii), лимонника китайского (Schisandra chinensis), винограда Амурского (V. amurensis), свидетельствует о широком спектре биологически активных веществ, доля каждого из которых, варьирует. Проведенные исследования позволили определить химический состав ягод, собранных в период с 2011 по 2016 гг. Максимальное количество полифенольных веществ и витамина С обнаружено в ягодах калины, калия в ягодах винограда Амурского в период сбора 2011 года. Высокое содержание витаминов В1, В2, В6 отмечено в ягодах винограда Амурского, собранного в 2011-2014 гг. Выявлено, что в ягодах калины высокий уровень магния, фосфора и кальция отмечался в 2011и 2012 гг. соответственно. Выявлено, что исследуемое сырье благодаря уникальному химическому составу может служить источником незаменимых нутриентов и является перспективным для использования в производстве пищевых продуктов функционального назначения.

Ключевые слова: ягоды калины Саржента (Viburnum sargentii), лимонника китайского (Schisandra chinensis), винограда Амурского (V. amurensis), химический состав.

USE OF REGIONAL RAW MATERIALS OF THE FAR EAST REGION HOW TO USE PHYSIOLOGICALLY VALUABLE INGREDIENTS IN FUNCTIONAL FOODS

© 2020

Frolova Nina Anatolievna, candidate of technical sciences, the senior lecturer of faculty
«Safety of ability to live», the assistant to the dean on educational work of the Engineering-physical faculty
Amur State University
(675027, Russia, Blagoveshchensk, Ignatievskoe highway, 21, e-mail: ninelfr@mail.ru)

Abstract: Analysis of the chemical composition of the wild fruit and berry raw materials of the Amur Region: berries of Sichente (Viburnum sargentii), Schisandra chinensis, Amur grape (V. amurensis), indicates a wide range of biologically active substances, the proportion of each of which varies depending on from natural and climatic conditions and growth factors. The conducted researches allowed to determine the chemical composition of berries collected in the period from 2011 to 2016. The maximum amount of polyphenolic substances and vitamin C is found in berries of potassium, potassium in the berries of the Amur grape in the collection period of 2011. The highest content of vitamins B1, B2, B6 is noted in the berries of the Amur grape harvested in 2011-2014. It was revealed that in the Kalina berries a high level of magnesium, phosphorus and calcium was observed in 2011 and 2012. respectively. The shelf life of the berries collected in 2011-2016, which was 9 months at a temperature of 5-70 C., was determined. It was found that the raw materials studied can be a source of essential nutrients due to the unique chemical composition and is promising for use in the production of food products, especially with low food and high energy value.

Keywords: erries of the viburnum, chinese magnolia vine, berries of the Amur grape, chemical composition.

Введение. Дикорастущие плоды и ягоды Дальневосточного региона, в том числе ягоды калины Саржента, лимонника китайского, винограда Амурского, характеризуются высокой биологической ценностью [1,2]. Их химический состав варьирует в зависимости от климатических условий и факторов произрастания [3]. Ягодное сырье рассматривается как альтернатива повышения биологической ценности продуктов функционального назначения. Результаты многолетних исследований подтверждают богатый химических состав ягодного сырья,

Данные по содержанию биологически активных веществ в плодово-ягодном сырье Амурской области свидетельствуют о перспективности его использования в пищевых технологиях, а определение оптимальных технологических режимов и параметров его введения является актуальной задачей [4-5].

Целью работы: исследование химического состава ягод калины Саржента, лимонника китайского и винограда Амурского в период с 2011 по 2016 гг.

Объектами исследований являлись плоды винограда Амурского (V. amurensis), ягод калины Саржента (Viburnum sargentii), лимонника китайского (Schisandra chinensis), собранные в период 2011-2016 гг., которые собирали в Белогорском, Бурейском и Тындинских районах.

Методы исследований. Определение органических кислот, аскорбиновой кислоты и дубильных веществ проводили методом титрования. При исследовании минерального состава ягод применяли спектральный метод. Содержание белка определяли рефрактометрическим методом. Кислотность ягод определяли потенциометрически. Определение пектиновых веществ проводили при помощи кальций

пектатного метода. Содержание антоцианов анализировали по методике Т.В. Купчака. Содержание полифенольных веществ и β-каротина определяли фотоэлектроколориметрически. Определение витаминов В1, В2, В6 проводили флуорометрическим методом. Гидроксикоричные кислоты определяли методом прямой спектрофотомерии.

Результаты исследований и их обсуждение. Содержание биологически активных веществ в зависимости от химического состава ягод разнообразно. Изменение химического состава ягод обусловлено многочисленными факторами: температурой, географическими особенностями, условиями произрастания и т.д. Соотношения компонентов биологически активных веществ определяет их физиологическое действие на организм человека [6-8]. Употребление ягод и продуктов их переработки в рационе питания способствует восполнению среднесуточной нормы потребления человека в тех, или иных микронутриентов. Ягоды калины в основном обладают общеукрепляющим действием, лимонник оказывает стимулирующий эффект на центральную нервную систему, виноград Амурский применяется для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, обладает противовоспалительным, противоопухолевым и иммуностимулирующим действием [9-12].

Результаты исследований по содержанию основных пищевых веществ исследуемых ягод позволил установить высокое содержание белка в ягодах винограда Амурского, максимальное значение, которого отмечалось в 2013 году. Среднее значение белка в ягодах винограда Амурского составило 0,93%. В ягодах винограда Амурского содержание белка выше, чем в ягодах калины Саржента на 40%. Ягоды лимонника китайского содержат большой процент белка в период сбора 2013 года. Данный показатель составил 0,74%.

Вкус ягод зависит от содержания в них кислот органических кислот. В работе проведен анализ титруемой кислотности выбранных в качестве объектов исследований ягод. Ягоды калины Саржента и лимонника китайского содержат максимальные значения титруемой кислотности в период сбора 2011 года – 4,2 % и 3,24% соответственно, а для ягод винограда Амурского максимальное значение установлено в период сбора 2016 года – 2,98%.

Пектиновые вещества обладают энтеросорбирующими свойствами [13-15]. В период сбора 2014 года в ягодах калины Саржента обнаружено максимальное их значение. Ягоды лимонника китайского и винограда Амурского по содержанию пектиновых веществ немного уступают ягодам калины Саржента, и максимальное их содержание отмечалось в 2011 и 2016 годах соответственно. Также, ягоды калины Саржента содержат полифенольные вещества. Максимальное их значение обнаружено в период сбора 2011 года, минимальное в 2015 году, при среднем значение данного показателя составило 1,004%. Содержание полифенольных веществ ягоды лимонника китайского меньше, среднее значение данного показателя составило 0,836%. Ягоды винограда Амурского также содержат меньше полифенольных веществ чем вышеперечисленные ягоды, при максимальном их содержание в 2014 году - 0,746 %, что на 0,378% меньше чем в ягодах калины Саржента.

На следующем этапе работы было определено среднее содержание клетчатки ягод лимонника китайского, калины Саржента и винограда Амурского, которое составило 0,88%, 0,80% и 0,61% соответственно, при этом высоким содержанием клетчатки характеризуются ягоды калины, собранные в 2011 году. Также отмечено динамичное изменение содержания сахаров в исследуемых ягодах. Наибольшее количество сахаров отмечено в ягодах лимонника китайского, наименьшее в ягодах калины Саржента. Максимальное содержание сахаров в калине Саржента определено в 2013 и 2014 годах сбора ягод, в лимоннике китайском – в 2011 и 2016 годах сбора ягод, в винограде Амурском – в 2011 году.

В ходе исследований установлено снижение содержание сахара и клетчатки в ягодах винограда Амурского, калины Саржента и лимонника китайского, что предположительно связано с выпавшими осадками в летний и осенний период 2015 года. Большое содержание дубильных веществ отмечалось в ягодах лимонника китайского в период сбора 2011 года – 4,01%, в то время так минимальное значение обнаружено в 2015 году - 3,72%. В период сбора 2013 года минимальное содержание дубильных веществ в ягодах винограда Амурского в период сбора 2013 года – 2,68%. В период сбора 2011 года максимальное содержание дубильных веществ – в ягодах калины Саржента - 3,64%, минимальное в 2015 году – 3,12%.

Ярко выраженным физиологически иммуностимулирующим действием обладают гидроксикоричные кислоты [16, 17]. Для ягод лимонника большое содержание гидроксикоричных кислот отмечено в 2011 году – 0,506%, при среднем содержании 0,494%. В ягодах винограда Амурского максимальное их содержание наблюдалось в 2013 году – 0,422 %, а минимальное значение в 2015 году – 0,298% при среднем значении 0,345%. В ягодах калины Саржента содержание гидроксикоричных кислот на 0,024% меньше чем в ягодах винограда Амурского.

Антоцианы относятся к группе гликозидов. Они содержатся практически во всех органах растений [18]. Содержание антоцианов в исследуемых ягодах приведено на рисунке1.

Содержание антоцианов в зависимости от многих факторов варьирует. В период сбора 2011 года в ягодах калины Саржента обнаружено максимальное их содержание – 0,94%. В ягодах лимонника китайского в период сбора 2015 года отмечено минимальное значение – 0,68 %. Полифенольных вещества в большом количестве обнаружены у ягод калины Саржента в период сбора 2014 года, однако к 2016 году данный показатель снижается на 0,14 %. В ягодах

винограда Амурского содержание полифенольных веществ является минимальным, что в среднем на 0,4 % меньше, чем у ягод калины Саржента и лимонника китайского.

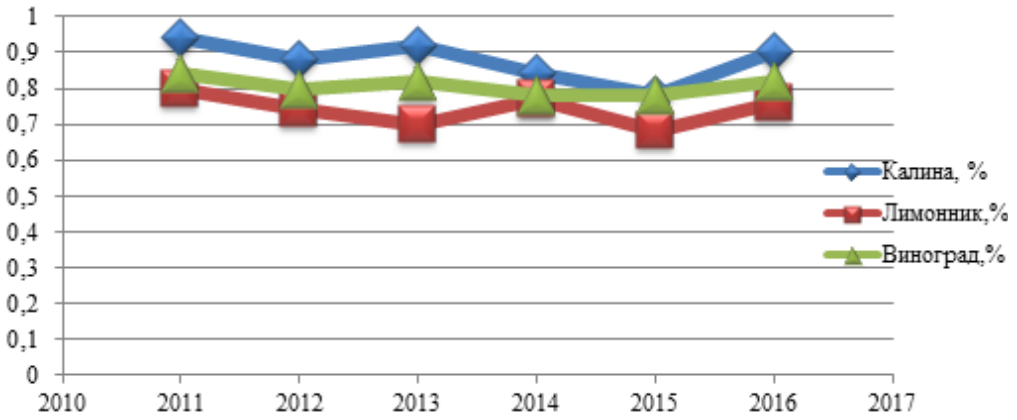


Рисунок 1 - Содержание антоцианов в ягодах калины Саржента, лимонника китайского и винограда Амурского

В пищевых продуктах с высокой калорийностью, а, следовательно, и энергетической ценностью необходимо включать витамины группы В, которые действуют как кофермент, благодаря способности к высвобождению энергии углеводов, белков и жиров. Максимальное содержание витаминов В1, В2, В6 отмечено в ягодах винограда, собранного в период 2011-2014 гг.

Повышенное содержание аскорбиновой кислоты в период сбора 2014 года наблюдается в ягодах калины Саржента – 87,8 мг/100 г. Минимальное значение содержания аскорбиновой кислоты определено в ягодах винограда Амурского в период сбора 2015 года – 10,6 мг/100г.

Аскорбиновая кислота относится к антиоксидантам [15-16]. В ягодах лимонника китайского содержание аскорбиновой кислоты в два раза меньше, чем в ягодах калины Саржента. Максимальное значение содержание витамина С отмечено 2012 году в ягодах лимонника китайского – 46,2 мг/100г. Повышению стрессоустойчивости организма в условиях химических загрязнений и укрепление иммунного статуса за счет связыва-ния свободных радикалов способствует дополнительное обогащение продуктов питания β - каротином [18]. Максимальное его содержание было отмечено в ягодах калины. В 2011 году содержание исследуемого показателя достигло 0,032 мг/100г. Ягоды лимонника по содержанию β-каротина уступают ягодам калины. Максимальное значение отмечалось в период сбора ягод 2011 года – 0,026 мг/100г. Ягоды винограда Амурского по содержанию β-каротина уступают ягодам калины и лимонника. Максимальное значение β-каротина отмечалось также в 2011 году и составило 0,010 мг/100г, минимальное в 2013 году и составило 0,004 мг/100г.

С целью комплексного изучения исследуемых ягод Амурской области и возможности использования их в технологии пищевых продуктов нами было определено содержание в них микро- и макроэлементов. Максимальное содержания калия обнаружено в 2011 году в ягодах винограда Амурского и составило 191,2 мг/100г. Ягоды калины Саржента по содержанию калия незначительно уступают ягодам винограда Амурского. Максимальное значение содержания калия и магния для ягод калины Саржента отмечено в период сбора ягод в 2011 году.

Биологическая роль фосфора в организме человека неоспорима. Одной из важнейших функций является синтез АТФ и регулирования *ph* среды. Ягоды калины также богаты магнием, фосфором и кальцием. Максимальное содержание которых отмечалось в 2011 г и 2012 г соответственно. Так, средне значение магния составило 17,52 мг/100г, фосфора 227,7 мг/100г и кальция 41,4 мг/100г. В ягодах винограда Амурского содержания магния в два с половиной раза меньше, чем в ягодах калины. Максимальное содержание магния в ягодах винограда Амурского обнаружено в 2011 году и составило 7,42 мг/100г. Ягоды лимонника по содержанию магния уступают ягодам уступают ягодам калины и винограда.

В ходе проведения исследований обнаружены такие микроэлементы как марганец, железо, цинк, хром и кобальт. Максимальное содержание марганца и железа отмечалось в ягодах калины в 2012 и 2013 гг. сбора и составило 7,02мг/кг и 6,02 мг/кг соответственно. Содержание марганца в ягодах винограда Амурского в десять раз меньше чем в ягодах калины

Результаты исследования микробиологических показателей и показателей безопасности ягод калины, лимонника и винограда, собранных в период 2011-2016 гг. на соответствие Технического регламента Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», свидетельствуют о том, что все исследуемые показатели находятся в установленных диапазонах значений, что подтверждает возможность их использования в технологии пищевых продуктов в качестве источника физиологически ценных ингредиентов [20].

Выводы. Исследования химического состава ягод калины Саржента, лимонника китайского, винограда

Амурского в период сбора 2011-2016 гг. в Приамурье позволили подтвердить и актуализировать их введение в продукты питания для обогащения биологически активными веществами с целью придания функциональных свойств продукту. Расширение ассортимента с повышенным содержанием микронутриентов в составе пищевых продуктов, например, с введением ягодного сырья позволит восполнить определенную долю среднесуточной нормы потребления организму в необходимых элементах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Antioxidant activities and bioactive components in some berries / J. Namiesnik, M. Kupska, K. Vearasilp, K.S. Ham, S.G. Kang, Y.K. Park, D. Barasch, A. Nemirovski, S. Gorinstein // European food research and technology. - 2013. –№ 5. - P. 819-829.

2. Орлин Н.А. О биологически активных веществах лимонника китайского // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2009. - № 4. - С. 115.

3. Ele-Ekouna J.-P., Pau-Roblot C., Courtois B., Courtois J. Chemical haracterization of pectin from green tea (Camel-lia sinensis) // Carbohydrate Polymers. 2011. -Vol. 83. N 3.-P. 1232-1239.

4. Wong Weng Wai, Abbas F.M. AlKarkhi, Azhar Mat Easa / Comparing biosorbent ability of modified citrus and duri-an rind pectin // Carbohydrate Polymers.- 2010.-Vol. 79.-P. 584-589.

5. Bockki Min a, In Young Bae b, Hyeon Gyu Lee b, Sang'Ho Yoo a, Suyong Lee. Utilization of pectin'enriched mate-rials from apple pomace as a fat replacer in a model food system // Bioresource Technology. -2010. Vol. 101.-P. 5414-5418.

6. Kolosov V.P. Epidemiological features and dynamics of respiratory health indicators in the Far East of Rus-sia/Kolosov V.P., Lutsenko M.T., Manakov L.G.// Dal'nevostochnyy meditsinskiy zhurnal 2009; 1, pp.101— 103.

7. Бибик И.В. Научно-практические аспекты создания продуктов питания функциональной направленности с использованием растительного сырья Дальневосточного региона: дис..д-ра техн.наук, Красноярск, 2016, -342 с.

8. Фролова, Н.А. Использование биологически активных добавок растительного и животного сырья Дальнего Востока в технологии получения леденцовой карамели / Н.А. Фролова, Н.Ф. Иванкина // Достижение науки и техники АПК. - 2010. - №7.- С.69.

9. Medicinal plant raw materials. Pharmacognosy: Proc. allowance / Ed. G.P. Yakovlev and KF Blinovoi. - SPb .: Spec. Lit, 2004. - 765 p.

10. U. Vijayalakshmi, Abhilasha Shourie. Remedial effect of ascorbic acid and citric acid on oxidative browning of Glycyrrhiza glabra callus cultures. – 2016.- vol. 97(3).-pp. 179-186, DOI: https://doi.org/10.5114/bta.2016.62355.

11. Dobrina, Yu.V. A study of the chemical and elemental composition of Chinese magnolia vine leaves harvested in the Voronezh region // Yu. V. Dobrina, AA Mal'tseva, AA Kuznetsov. Sorokina, A.I. Slivkin // Bulletin of Voronezh State University. Series Chemistry. Biology. Pharmacy. -2016.- №1.-P. 136-139.

12. Frati, A. Industrial freezing, cooking, and storage differently affect antioxidant nutrients in vegetables / A. Frati, E. Antonini, P. Ninfali // Fruits, Vegetables, and Herbs. Bioactive Foods in Health Promotion. - 2016. -P. 23-39.

13. Corinne Pau'Roblot, Bernard Courtois, Josiane Courtois Interac'tions between polysaccharides uronic acid sequenc-es and lipid molecules // C. R. Chimie. 2010. Vol. 13.-P. 443-448

14. Добрина, Ю.В. Изучение химического и элементного состава листьев лимонника китайского, заготовленных в Воронежской области// Ю.В.Добрина, А. А. Мальцева, А.А. Сорокина, А.И. Сливкин// Вестник Воронежского государственного университета. Серия Химия. Биология. Фармация. -2016. - №1 . - С. 136-139.

15. Avula, Y-W.Quantitative Determination of Lignan Constituents from Schisandra chinensis by Liquid Chromotog-raphy / Y-W. Avula, P.V. Choi, I.A. Srinivas // Chromotographia.-2005.-№9.-P. 61-66.

16. Sulaiman Mohammed, Tijani Hamzat Ibiyeye, Abubakar Bashir Mohammed, et al. An overview of natural plantantioxidants: analysis and evaluation. African Journal of Microbiology Research, 2013, 1(4), pp. 64-72.DOI: 10.11648/j.ab.20130104.12.

17. Sulaiman Mohammed, Tijani Hamzat Ibiyeye, Abubakar Bashir Mohammed, et al. An overview of natural plant antioxidants: analysis and evaluation. African Journal of Microbiology Research, 2013, 1(4), pp. 64-72. DOI: 10.11648/j.ab.20130104.12.

18. Avula, Y-W.Quantitative Determination of Lignan. Constituents from Schisandra chinensis by Liquid Chromotog-raphy / Y-W. Avula, P.V. Choi, I.A. Srinivas // Chromotographia.-2005.-№9. - P. 61 - 66.

19. N. Shkrabtak, N. Frolova, T. Kiseleva, I. Sergeeva, V. Pomozova. Impact of Environmental Conditions on the Health of the Far Eastern Region Population. Appl. Sci. 2019, 9, 1354; doi:10.3390/app9071354. www.mdpi.com/journal/applsci

20. TR TS 021/2011. Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti pishchevoy produktsii» [TR CU 021/2011. Technical Regulations of the Customs Union «On the safety of food production»]. Moscow, 2011. 234 p.

Статья поступила в редакцию 10.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 663.45

ПОЛУЧЕНИЕ БИОМАССЫ ДРОЖЖЕЙ ДЛЯ ПИВОВАРЕННЫХ ЗАВОДОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

© 2020

Дышекова Милана Мухамедовна, младший научный сотрудник,
Московский государственный университет пищевых производств
(125080, Россия, Москва, Волоколамское шоссе, 11, e-mail: dyshekovamm@mgupp.ru)
Гернет Марина Васильевна, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
(119021, Россия, Москва, улица Россолимо, 7, e-mail: institut-beer@mail.ru)
заведующая кафедрой технологии бродильных производств и виноделие
Московский государственный университет пищевых производств
(125080, Россия, Москва, Волоколамское шоссе, 11, e-mail: ferment@mgupp.ru)
Грибкова Ирина Николаевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
(119021, Россия, Москва, улица Россолимо, 7, e-mail: institut-beer@mail.ru)
Борисенко Ольга Алексеевна, старший научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
(119021, Россия, Москва, улица Россолимо, 7, e-mail: institut-beer@mail.ru)

Аннотация. Проведены исследования с целью разработки технологии пивоваренных дрожжей для заводов малой мощности. Рассмотрено влияние различных активаторов, как импортных, так и отечественных, на динамику накопления дрожжевой биомассы. Экспериментально доказана эффективность применения отечественного активатора, полученного на основе дрожжей, и импортного препарата Siha Proferm (серия Eaton´s Begerow Product Line, Германия) и определены оптимальные дозировки внесения к биомассе дрожжей в количестве 0,01-0,02%. Оценено влияние консервантов на показатели жизнеспособности дрожжевой биомассы. Совместное присутствие консерванта низина и антиоксиданта янтарной кислоты в течении 2 ч в дрожжевой биомассе приводит к сохранению 95% жизнеспособных клеток в течении 15 сут, в то время как в контрольном варианте длительность составляет 9 сут. Сделан вывод о том, что применение янтарной кислоты отрицательно не сказывается на жизнедеятельности и развитии клеток микроорганизмов. Применение экспериментально полученных данных на практике позволило получить дрожжевой препарат с увеличенным сроком хранения на 60-70% на фоне хороших физиологических показателей – размера и однородности дрожжевых клеток, а также количества клеток с гликогеном. Полученные данные легли в основу заявки на патент по разработанной технологии.

Ключевые слова: пивные дрожжи, раса, активатор брожения, консервант, физиологическое состояние, гликоген, жизнеспособность дрожжей.

YEAST BIOMASS PRODUCTION FOR SMALL POWER BREWERY

© 2020

Dishekova Milana Mukhamedovna, Junior Researcher,
Federal State Budgetary Educational Institution Moscow State University of Food Production
(125080, Volokolamskoye Shosse, 11, Moscow, Russia, e-mail: dyshekovamm@mgupp.ru)
Gernet Marina Vasil'evna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher,
All-Russian Research Institute of the brewing, non-alcoholic and wine-making industry - a branch of the FSBI "FNT food systems them. V.M. Gorbatov "
Head of the Department of Fermentation Technology and Winemaking of the Federal State Budgetary Educational Institution Moscow State University of Food Production
(125080, Volokolamskoye Shosse, 11, Moscow, Russia e-mail: ferment@mgupp.ru)
Gribkova Irina Nikolaevna, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher,
All-Russian Research Institute of the brewing, non-alcoholic and wine-making industry - a branch of the FSBI "FNT food systems them. V.M. Gorbatov "RAS
(119021, Russia, Moscow, Rossolimo St., 7, e-mail: insttut-beer@mail.ru)
Borisenko Olga Alekseevna, Senior Researcher,
All-Russian Research Institute of the brewing, non-alcoholic and wine-making industry - a branch of the FSBI "FNT food systems them. V.M. Gorbatov "RAS
(119021, Russia, Moscow, Rossolimo St., 7, e-mail: smbiologic@rambler.ru)

Abstract. The research was conducted to develop brewing yeast technology for low-power plants. The influence of various activators, both imported and domestic, on the dynamics of the accumulation of yeast biomass is considered. The domestic activator obtained on the yeast basis and the imported preparation Siha Proferm (Eaton's Begerow Product Line series, Germany) effectiveness use was experimentally proved and the optimal dosages of adding to the biomass of yeast in an amount of 0.01-0.02% were determined. The effect of preservatives on the viability of yeast biomass was evaluated. The combined presence of the nisin preservative and succinic acid antioxidant for 2 hours in the yeast biomass leads to the preservation of 95% of viable cells for 15 days, while in the control variant the duration is 9 days. It is concluded that the use of succinic acid does not adversely affect the vital activity and development of microorganism cells. The application of experimentally obtained data in practice made it possible to obtain a yeast preparation with an increased shelf life of 60-70% against the background of good physiological parameters - the size and uniformity of yeast cells, as well as the number of cells with glycogen. The obtained data formed the basis of the patent application for the developed technology.

Key words: brewer's yeast, race, fermentation activator, preservative, physiological state, glycogen, yeast vitality.

Введение. В настоящее время пивоваренный рынок России объединяет как заводы с большими мощностями, так и предприятия средних и малых мощностей. Развивается рынок крафтового пива, характеризующийся большим разнообразием выпускаемых сортов пива. Широкий ассортимент выпускаемых напитков обуславливается применяемым сырьем, а также используемыми в технологии пивоварения дрожжами. Условия конкуренции обязывают производителей оптимизировать производство пива и получать готовый напиток стабильного качества.

Основным процессом производства, формирующим органолептические и физико-химические показатели пива, является накопление вторичных продуктов брожения (вторичных спиртов, карбонильных соединений, эфиров, органических кислот и т.п.) в результате жизнедеятельности микроорганизмов, в том числе дрожжей. Известными факторами, влияющим на накопление продуктов жизнедеятельности микроорганизмов, могут служить морфологические признаки дрожжей, то есть набор характерных ферментов для переработки питательных соединений внешней среды (сусла) и зависящие от этого процессы роста и размножения, важен состав сбраживаемого сусла (уровень азота, углерода, кислорода, микроэлементов и других ростовых соединений), аппаратурное оформление стадии брожения, режимы подачи кислорода, подкормок и активаторов для дрожжей и пр. В условиях минипроизводства, выпускающего главным образом не фильтрованное не пастеризованное пиво, необходимо решить вопрос стойкости и сенсорной стабильности получаемого напитка, что зависит от дрожжей, применяемых в технологии [1]. Физиологическое состояние дрожжей, наличие основных ферментов обуславливает состояние дрожжей, что сказывается на содержании основных компонентов пива, обуславливающих органолептический профиль и качество напитка. В свою очередь, на физиологическое состояние дрожжей влияют различные факторы: штаммовые особенности, количество влаги в клетке, физиологическая активность дрожжей, температурный режим хранения дрожжей, технологические условия брожения, многочисленные стрессовые факторы, отражающиеся на жизнедеятельности дрожжевой клетке в ходе брожения [2, 3]. Задача технолога обеспечить присутствие в сбраживаемой среде факторов роста и развития дрожжевой клетки – азотное и углеводное питание, наличие фосфатов, включающихся в производство внутренних АТФ клеток, а также формирующие другие важные органеллы и структуры клеток, связанные с внутренним транспортом питательных веществ; жирных кислот, а также солей и микроэлементов, позволяющих обеспечить механизмы транспорта питательных веществ внутрь и во вне клетки [1].

Комплексное решение проблемы активных пивоваренных дрожжей состоит, во-первых, в применении активаторов брожения, позволяющих оптимизировать и свести к минимуму отрицательное воздействие условий среды (несбалансированное соотношение азота к углероду, обедненность минерально-солевым составом и т.д.), что позволит добиться лучшей адаптационной способности и физиологического состояния дрожжевых клеток [4,5,6]. Данный эффект достигается за счет присутствия функционально необходимых для метаболических процессов аминокислот, витаминов, микро- и макроэлементов [7].

Во-вторых, необходимо решить проблему длительного сохранения максимально возможного количества жизнеспособных упитанных клеток, что решается несколькими способами.

Распространенным способом для решения проблемы длительной сохранности культуры микроорганизмов является поддержание влаги на уровне 75–80 %, если говорить о прессованных дрожжах [8]. Это связано с минимизацией присутствия в среде свободной влаги, способствующей прохождению нежелательных процессов автолиза клеток при отсутствии других питательных веществ, и др. Механические способы обезвоживания микроорганизмов позволяют удалить влагу до уровня 70%. Известны способы применения осмотически активных веществ различной природы, которые способствуют удалению избытка внутриклеточной влаги, чем притормаживают внутренние процессы клеточного обмена и роста. Данный эффект обеспечивается наличием на поверхности большого количества гидрофильных и гидрофобных групп, обладающих большой энергией взаимодействия с молекулами воды. Таким родом взаимодействий обладают различные полисахариды (гомологи целлю-

лозы, гетерополимеры уроновых кислот, пектиновые вещества), белковые соединения и др. [9].

Одним из физических способов стабилизации дрожжей является температура хранения. Известен факт, что при температуре ниже 10°С все процессы в клетке замедляются, что способствует продлению сроков хранения дрожжевой биомассы [10].

Однако, при отрицательных температурах хранения в дрожжевой биомассе накапливаются вещества белковой природы (аминокислоты и нуклеотиды), а затем переходят к потреблению выделенных соединений, исключая нуклеотиды, как высокомолекулярных соединений [1].

Учитывая все факторы, способствующие длительному хранению дрожжевой биомассы, необходимо учитывать процессы окисления, например липидных веществ, что приводит к развитию процессов порчи [11]. Для предотвращения окислительных процессов применяют вещества с высокой антирадикальной активностью: полифенольные, витаминные соединения, органические кислоты (аскорбиновая, сорбиновая и прочие) [12]. Широкое применение в различных областях пищевой промышленности нашла янтарная кислота в качестве антиоксидантного соединения. Она найдена во многих растительных объектах, поскольку вовлечена в процессы дыхания и энергетического обмена клеток [13].

Существуют и инновационные технологии, способствующие продлению срока хранения дрожжей с сохранением их качества, и они заключаются, в частности, в процессе микрокапсулирования, предотвращающего контакт клеток микроорганизмов с изменяющимися параметрами окружающей среды [9]. Данная технология весьма дорогостоящая и ее применение будет отражаться на завышении себестоимости готового продукта.

Наиболее экономичным способом стабилизации и консервации являются продукты микробного синтеза - бактериоцины, в частности, низин (полипептид). Их действие основано внедрение в синтез бактериальной мембраны и порообразующего действия в грамположительных и грамотрицательных патогенных микроорганизмах. Синтезируются подобные бактериоцины штаммами молочнокислых бактерий Streptococcus lactis. Низин задерживает рост бактерий, но не изменяет исходные характеристики дрожжей и органолептические свойства пива. Низин применяется в качестве консерванта в пищевых продуктах, поскольку он не токсичен и не используется в клинических целях, не вызывает резистентности, которая могла бы повлиять на лечение антибиотиками. В Российской Федерации и за рубежом есть научные исследования по применению низина в пищевом производстве [14,15, 16, 17].

Актуальность проблемы определяется необходимостью разработки технологии получения биомассы дрожжей, отвечающим следующим требованиям: высокая бродильная активность, стабильные физиологические и морфологические характеристики; удобная форма выпуска; возможность получения пива с высокими качественными показателями.

Целью данной работы являлась разработка технологии получения биомассы дрожжей с использованием активаторов и стабилизаторов для получения пива с высокими органолептическими и физико-химическими показателями.

Материалы и методы исследований. В качестве объектов исследований служили дрожжи низового и верхового брожения, широко применяемые на пивоваренных предприятиях, особенно на заводах средней и малой мощности. В качестве составных частей комплексного активатора использовали аминокислотно-витаминный активатор на основе пивоваренных дрожжей с содержанием сухих веществ 1,50–2,05%. Изучение морфологических и физиологических характеристик дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* проводили общепринятыми в микробиологии методами. Технологические показатели дрожжей определяли с использованием методов, принятых в пивоваренной промышленности [18, 19]. Сбраживание пивного сусла дрожжами низового брожения проводили при температуре 10–12 ºС, дрожжи задавали из расчета 20 млн. клеток в 1 см³ сусла. Верховые дрожжи сбраживали сусло при температуре 18–20 ºС, количество задаваемых дрожжей 10 млн. клеток в 1 см³ сусла. Брожение обеих рас исследуемых дрожжей велось на пивном сусле с содержанием сухих веществ 11 %.

Определение всех показателей проводили в трех повторностях. Обработку экспериментальных данных осуществляли с использованием методов математической статистики.

Результаты и обсуждение. На первом этапе исследования определялась целесообразность использования различных активаторов, в том числе отечественных, для накопления дрожжевой биомассы. Эксперименты выявили возможность использования отечественного активатора, полученного из биомассы пивоваренных дрожжей (*АВА*), и препарата *Siha Proferm* (серия *Eaton´s Begerow Product Line*, Германия). Оба активатора положительно сказывались на динамике накопления биомассы пивоваренных дрожжей верхового и низового брожения.

Однако, препарат *Proferm* при дальнейшем использовании оказывал неблагоприятное воздействие на органолептические свойства готового пива.

Отечественный препарат показал хорошие результаты по накоплению биомассы дрожжей при дозировке использования 0,01–0,02 %.

На втором этапе исследования изучали влияние применения консервантов на накопление биомассы пивоваренных дрожжей низового и верхового брожения, оптимальное время обработки 1, 2 и 3 часа. В качестве стабилизатора дрожжей в процессе хранения рекомендован антимикробный препарат низин и янтарная кислота. Также янтарная кислота выступала в роли антиоксиданта и подкислителя.

На данном этапе исследовалось влияние янтарной кислоты на флокуляционные способности дрожжей – данные таблицы 1.

Приведенные в таблице 1 данные показывают, что концентрация янтарной кислоты 0,1% не оказывает

отрицательного влияния на флокуляционные способности дрожжей.

Также определялось количество нежизнеспособных клеток путем микроскопирования живого препарата с раствором метиленового синего, по суткам хранения прессованных пивоваренных дрожжей при температуре 0ºС - результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 1 - Характер образования осадка у пивоваренных дрожжей низового брожения

Образцы	Величина осадка в см³ по минутам						
	3	5	10	15	20	30	60
Контроль	5,0	4,5	4,0	3.5	3,5	3,5	3,0
Низин+ЯК 0,1%	5,2	4,7	4,2	3,6	3,6	3,6	3,0

Таблица 2 - Влияние низина на количество нежизнеспособных клеток низовых пивоваренных дрожжей, в %

Образец	Время обработки, час	Количество нежизнеспособных клеток дрожжей по суткам хранения, %													
		0	1	3	4	7	8	9	10	11	14	15	17	19	21
контроль	-	1,4	1,7	4,0	4,3	4,3	4,3	5,5	5,9	6,7	7,5	7,9	10,8	11,0	14,7
низин	1	1,3	1,7	3,9	4,0	4,0	4,0	4,9	5,4	6,8	7,1	7,4	10,1	10,7	14.3
низин	2	1,4	1,8	3,8	4,2	4,2	4,2	5,2	5,5	7,0	7,2	7,4	10,3	10,6	14.3
низин	3	1,4	1,8	3,8	4,0	4,0	4,0	5,2	5,5	6,6	6,9	7,3	10,1	10,7	14.4
низин+ЯК	1	1,4	1,7	2,8	3,5	3,5	3,5	4,2	4,6	4.7	4.9	5,1	7,8	8,3	11,0
низин+ЯК	2	1.3	1,6	2.2	2,8	2,8	2,8	4,1	4,4	4.5	4,8	5,0	7,6	8,2	10,9
низин+ЯК	3	1,4	1,7	3,5	3,8	3,8	3,8	4,8	5,5	6.4	6,9	7,2	10,1	10,6	14.3

Из полученных результатов таблицы 2 можно сделать вывод, что выдержка дрожжевой культуры с низином и янтарной кислотой в течении 2 ч приводит к сохранению 95% жизнеспособных клеток в течении 15 сут, в то время как в контрольном варианте длительность составляет 9 сут.

Экспериментальные данные позволили разработать технологию прессованных пивоваренных дрожжей низового и верхового брожения с оптимальными характеристиками, позволяющие сохранить биомассу в течение 15 сут.

Заключение. Полученные результаты дали основание сделать вывод, что добавление комплексного активатора, полученного из пивоваренных дрожжей, оказывает положительное влияние на морфологические, физиологические и технологические свойства дрожжей низового брожения и верхового брожения. Применение активатора позволило получить большую долю жизнеспособных клеток дрожжей. Применение янтарной кислоты и низина позволило добиться 15 сут хранения биомассы прессованных дрожжей, что на 60-70% превышает контрольное значение. На полученную технологию подана заявка на выдачу патента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кунце В. Технология солода и пива / В. Кунце, Г. Мит. – СПб.: Профессия, 2001.– 912с.

2. Бэмфорт Ч. Новое в пивоварении / Ч. Бэмфорд. – СПб.: Профессия, 2007.– 520с.

3. Саришвили Н.Г. Микробиологические основы технологии шампанизации вина / Н.Г. Саришвили, Б.Б. Рейблат. – М.: Пищепромиздат, 2000. – 365с.

4. Ленинджер А. Основы биохимии / А. Ленинджер. – М.: Мир, 1985.– т.1 –369с.

5. Страйтер Л. Биохимия / Л. Страйтер. – М.: Мир, 1984.– т.1–232с.

6. Филлинович Ю.Б. Основы биохимии / Ю.Б. Филлинович. – М.: Агар, 1999.–512с.

7. Серик А.П. Технология солода, пива и безалкогольных напитков /А.П. Серик. – М: Пищевая промышленность,1991.– 178с.

8. ГОСТ Р 54731-2011 «Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия». – М.: Стандартинформ, - 15с.

9. Карпенко Д.В. Биосорбция: способ интенсификации технологических процессов бродильных производств: монография / Д.В. Карпенко. – М.: Издательский комплекс МГУПП, 2003. – 168с.

10. Рожко Ж. А., Гулько О.О. Оптимальные режимы автолиза дрожжей // Биомедицинская инженерия и электроника. -2017. - №1 (15). [Электронный ресурс]: URL: https://cyberleninka.ru/article/n/optimalnye-rezhimy-avtoliza-drozhzhey/ (дата обращения: 13.02.2020).

11. Мингалеева З. Ш., Ежкова Г. О., Старовойтова О. В., Решетник О. А. Стабилизация качества дрожжей Saccharomyces cerevisiae в процессе сушки // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №15. – С. 115-117.

12. Матвеева И.В. Биотехнологические основы приготовления хлеба / И.В.Матвеева, И.П. Белявская. – М.: Дели принт, 2001. - 150с.

13. Гребенчиков В.А. Совершенствование технологии кваса повышенной стабильности: автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / В.А. Гребенчиков. - М., 2004. – 26с.

14. Филимонова Т.И., Борисенко О.А. Изучение действия низина на бактерии-вредители пивоваренного производства // Пиво и напитки. – 2013. - №2. - С.26-27.

15. Jozalal A.F., Silva D.P.,Vicente1 A.A. (et all.). Processing of byproducts to improve nisin production by Lactococcus lactis. // African Journal of Biotechnology. – 2011. - vol. 10. - № 66ю - pp. 14920-14925.

16. Suganthi V., Selvarajan E., Subathradevi C., Mohanasrinivasan V. Lantibiotic nisin: natural preservative from lactococcus lactis. // International research journal of pharmacy. – 2012. – vol. 3. - № 1. – pp. 13-19.

17. Delves-Broughton J. , Blackburn P., Evans R.J. (et all.). Applications of the bacteriocin, nisin. // Antonie Van Leeuwenhoek. – 1996. - vol. 69. - №2. – pp.193-202.

18. Жвирблянская А.Ю. Микробиологический контроль производства пива и безалкогольных напитков / А.Ю. Жвирблянская. – М.: Пищевая промышленность,1970 – 159с.

19. Слюсаренко Т.П. Лабораторный практикум по микробиологии пищевых производств / Т.П. Слюсаренко. – М: Легкая и пищевая промышленность,1984. – 208с.

Статья поступила в редакцию 13.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 621.9.015

ОБ ОЦЕНКЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ УПОРНОГО ПОДШИПНИКА ШНЕКОВОГО ДВИЖИТЕЛЯ ПРЕСС-КОМПАКТОРА СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА

© 2020

Авроров Валерий Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(440028, Россия, г.Пенза, пр. Байдукова/ул.Гагарина, 1а/11)
Мурашкина Оксана Александровна, магистр, старший преподаватель кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(440028, Россия, г.Пенза, пр. Байдукова/ул.Гагарина, 1а/11)
Сарафанкина Елена Александровна, магистр, старший преподаватель кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(440028, Россия, г.Пенза, пр. Байдукова/ул.Гагарина, 1а/11)
Блинохватова Юлия Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Почвоведение, агрохимия и химия»
Пензенский государственный аграрный университет
(440014, Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая,30)

Аннотация. В статье рассмотрены методы, используемые для оценки триботехнических характеристик узлов трения, величины износа контактирующих элементов при их взаимном перемещении и момента силы трения, возникающего во вращательных парах узлов и механизмов технологического оборудования.Отмечено, что оценка триботехнических характеристик контактирующих пар особенно важна для обеспечения работоспособности и долговечности работы технологического оборудования пищевых производств, которые в силу специфики часто вынуждены работать в условиях сухого или граничного трения, подвергаясь интенсивному износу. Приведен расчет триботехнических характеристик упорного подпятника скольжения новой конструкции вертикального пресс-компактора свекловичного жома и других растительных влангосодержащих материалов со шнековым движителем и упругой многолепестковой диафрагмой.

Ключевые слова: пресс-компактор, узлы трения, шнековый движитель, вал шнека, упорный подпятник, момент силы трения, оценка долговечности упорного подпятника

ON THE ASSESSMENT OF THE DURABILITY OF THE THRUST BEARING OF THE PROPELLER SCREW PRESS COMPACTOR BEET PULP

© 2020

Avrorov Valery Alexsandrovich, doctot of technical sciences, professor of the department “Food production”
Penza State Technological University
(440028, Russia, Penza, pr.Baydukova/Gagarin St., 1a/11)
Murashkina Oxana Alexsandrovna, magistr, senior lecturer of the department “Food production”
Penza State Technological University
(440028, Russia, Penza, pr.Baydukova/Gagarin St., 1a/11)
Sarafankina Elena Alexsandrovna, magistr, senior lecturer of the department “Food production”
Penza State Technological University
(440028, Russia, Penza, pr.Baydukova/Gagarin St., 1a/11)
Blinokhvatova Yulia Vladimirovna, candidate of biological Sciences, associate professor of the department “Soil science, agrochemistry and chemistry»
Penza State Agrarian University
(440014, Russia, Penza, st. Botanical, 30)

Abstract. The article considers the methods used to evaluate the tribotechnical characteristics of friction units, the amount of wear of the contact elements during their mutual movement, and the moment of friction force that occurs in the rotational pairs of units and mechanisms of technological equipment.It is noted that the evaluation of tribotechnical characteristics of contacting pairs is particularly important for ensuring the efficiency and durability of food processing equipment, which, due to their specificity, are often forced to work in dry or boundary friction conditions, undergoing intensive wear. The calculation of tribotechnical characteristics of the thrust bearing slide of the new design of the vertical press compactor of beet pulp and other plant moisture containing materials with a screw mover and an elastic multi-petal diaphragm is given.

Keywords: press compactor, friction units, screw mover, screw shaft, thrust bearing, moment of friction force, evaluation of the durability of the thrust bearing.

Введение. Для определения триботехнических и адгезионных характеристик пар трения в промышленности используются лабораторные установки с поступательным или вращательным движением образцов, отличающиеся друг от друга кинематическими и геометрическими параметрами [1-4].

Для большинства таких установок характерны относительно небольшие скорости движения исследуемых образцов, что увеличивает время на проведение испытаний.

Определение величины силы и момента трения в контактирующих парах связано с рядом трудностей, поскольку при испытаниях нужно измерять величину усилий и величину тангенциального сопротивления, что требует использования различных измерительных приборов (пружинных и торсионных динамометров, динамографов, датчиков сопротивления, токосъемных устройств со скользящим контактом и др.).

Для определения величины, вида и зон распределения износа по поверхности трения могут использоваться следующие методы [5-7]:

– *метод определения линейного износа,* заключающийся в измерении размеров образца до и после испытаний с помощью микрометра или контактных приборов с индуктивными датчиками и др.;

– *весовой метод*;

– *метод спектрального анализа масла,* который позволяет определить количество изношенного материала по его содержанию в масле;

– *метод искусственных баз*, сущность которого состоит в определении величины линейного износа по изменению размера углубления на изнашиваемой поверхности (метод отпечатков, метод нарезанных лунок):

– *метод выбега*, основанный на том, что кинетическая энергия вращающегося или двигающегося поступательно образца поглощается трением в соединении контактирующей пары, т.е.

$$\frac{J\omega^2}{2} = fNl \quad \text{или} \quad \frac{mv^2}{2} = fNl,$$

где J – момент инерции образца, кг·с^2; ω – угловая частота, с$^{-1}$; f – коэффициент трения; N – сила нормального давления, Н; l – длина образца, м; v – линейная скорость движения образца при его поступательном движении, м/с; m – масса образца, кг.

Для определения триботехнических характеристик контактирующей пары может использоваться также расчетный метод, позволяющий получить предварительную оценку момента силы трения.

Для отжима влаги из свежего свекловичного жома, являющегося ценным вторичным материальным ресурсом для производства пищевых волокон, на свеклосахарных заводах используются различные конструкции горизонтальных, наклонных и вертикальных прессов со шнековым движителем [8,9]. Анализ эксплуатации таких прессов показывает, что их работоспособность во многом зависит от состояния опорных подшипников скольжения, работающих в условиях сухого или полусухого трения.

Основное влияние на долговечность работы подшипников оказывает момент силы трения, возникающий в опорах вала шнека, поэтому его оценка является необходимым условием для назначения рациональных конструктивно-технологических параметров при проектировании нового эффективного с позиций влагоотдееления пресс-компактора [10-13].

Цель данной работы заключалась в получении аналитических зависимостей, позволяющих при заданных исходных данных, оценить величину осевой нагрузки и момента силы трения при вращении шнекового движителя пресс-компактора в упорном подпятнике, оказывающих основное влияние на его работоспособность и долговечность.

Материал и результаты исследования. *Оценка трибологических характеристик упорного подпятника шнекового пресс-компактора свекловичного жома расчетным методом.* В качестве примера проведем оценку ожидаемой долговечности упорного подпятника скольжения вертикально установленного шнекового движителя пресс-компактора свекловичного жома в зависимости от качества обработки опорной поверхности.

Требуется определить момент силы трения и оценить долговечность упорного подпятника шнекового движителя вертикального пресс-компактора отходов (рис.1).

Исходные данные для расчета:

– диаметр пяты D_2=75 мм,

– внутренний диаметр пяты D_1=35 мм,

– диаметр подпятника D=D_2=75 мм,

– величина осевой нагрузки Q=2·10^3 Н,

– величина допустимого износа [h]=0,6 мм,

– материал пяты – Сталь 45 ГОСТ 1050-88,

– твердость пяты, *HRC* 28...32,

– шероховатость поверхности пяты, R_a=2,5 мкм,

– материал подпятника Бр. ОЦС 4-4-4 ГОСТ 6511-60,

– твердость подпятника НВ = 62,

– модуль упругости материала подпятника E=9·10^4 Па.

Параметры шероховатости для торцевой поверхности пяты после шлифования: R_{max} – максимальная величина микронеровностей; R – радиус кривизны микронеровностей; $b;v;\Delta$ – триботехнические параметры, характеризующие шероховатость поверхности в зависимости от вида обработки.

Триботехнические параметры $b;v;\Delta$ могут быть найдены по формулам [14-16]:

$$v = 0{,}2\left(\frac{R_{\max}}{R}\right)^{1,5};$$

$$b = \frac{1}{2(1-k_p)^v}; \qquad (1)$$

$$\Delta = \frac{R_{\max}}{Rb^{\frac{1}{v}}}$$

k_p – коэффициент заполнения профиля поверхности; или из таблицы 3.3, стр. 104 [14] R_{max}= 4.72мкм; R=370мкм; b=1,6; v=1,8; Δ=1,3·10^{-2}.

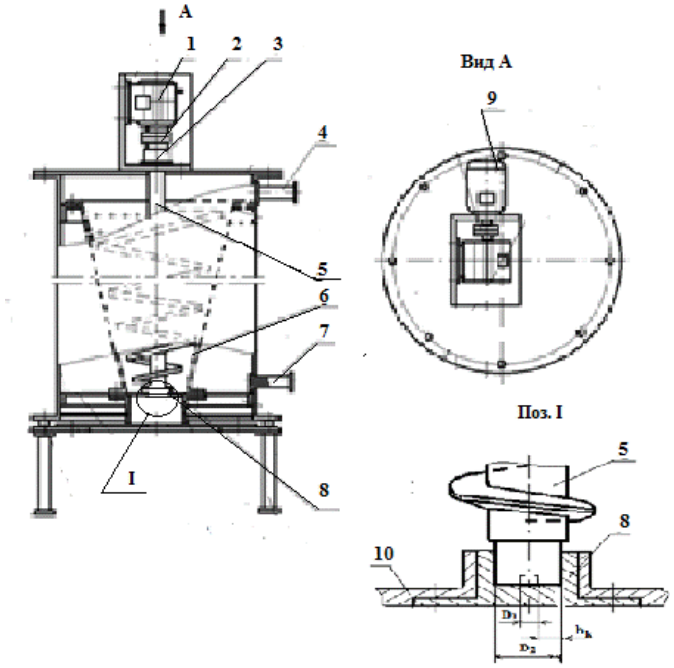


Рисунок 1 – Схема пресс-компактора и нижнего кольцевого подпятника (поз.I) конического шнека
1 – редуктор, 2 – муфта, 3 – подшипник верхний, 4 – патрубок входной, 5 – шнек конический, 6 – вставка, 7 – патрубок выходной, 8 – подпятник упорный, 9 – двигатель, 10 - основание

Молекулярная составляющая коэффициента трения $f_м$ и фрикционный параметр τ_n (касательные напряжения в зонах фактического контакта) для материалов пяты и подпятника $f_м$=0,064; τ_n=250 МПа.

Осевая нагрузка, при которой в подпятнике может быть реализовано внешнее трение

$$Q_{oc} = \frac{HB\left(1-\frac{6\tau_n}{HB}\right)^{\nu}\pi\left(R_2^2-R_1^2\right)}{2^{\nu+1}\Delta^{\nu}} \qquad (2)$$

где R_2 – радиус пяты, мм; R_1 – радиус внутреннего отверстия пяты, мм.

Подставляя исходные данные, получим Q=2,5·10^{8}Н.

Так как $Q_{oc}>Q$, то взаимодействие пяты и подпятника будет происходить в условиях внешнего трения.

Момент силы трения зависит от вида деформации в фактических зонах касания пяты и подпятника. Упругие деформации в этих зонах возможны при осевой нагрузке $Q_{oc}< Q'_{oc}$.

$$Q'_{oc} \le \frac{2,4^{\frac{2\nu+1}{2\nu}}\nu(\nu-1)k_1HB^{2\nu+1}(1-\mu^2)^{2\nu}\pi(R_2^2-R_1^2)}{\Delta^{\nu}E^{2\nu}}, \qquad (3)$$

где μ – коэффициент Пуассона, μ=0,3; k_1 – постоянная, зависящая от ν, k_1= 0,4 (рис.3.14, стр. 109 [14]).

Расчетное значение Q'_{oc} при исходных данных равно Q'_{oc} =575 Н.

Поскольку $Q_{oc}> Q'_{oc}$, то в зонах контакта будут возникать упругопластические и пластические деформации, зависящие от насыщенности контакта.

Пластический ненасыщенный контакт будет наблюдаться при осевых нагрузках больших, чем нагрузка, определяемая по формуле (4)

$$Q''_{oc} = \frac{1,57\cdot 5,4^{\nu}HB^{2\nu+1}(1-\mu^2)^{2\nu}(R_2^2-R_1^2)}{\Delta^{\nu}E^{2\nu}}. \qquad (4)$$

Q''_{oc}= 1,75·10^2 Н.

Пластический насыщенный контакт будет при нагрузке большей, чем нагрузка, определенная по формуле (5)

$$Q'''_{oc} = 0,19HB(R_2^2-R_1^2) \qquad (5)$$

Q'''_{oc}=1,29·10^4 Н.

$Q_{oc}> Q'''_{oc}$.

Момент силы трения

$$M_{TP} = \frac{2(R_2^3-R_1^3)Q\pi}{3(R_2^2-R_1^2)}\left[f_м + \frac{0,55(\nu-1)k_1\Delta^{0,5}Q^{0,5\nu}}{HB^{0,5\nu}(R_2^2-R_1^2)^{0,5\nu}}\right] \qquad (6)$$

Согласно [14] можно принять, что интенсивность изнашивания материалов сопрягаемых элементов в зависимости от величины осевой нагрузки будет являться ее линейной функцией $I=K\,Q_{oc}$, где $K=K_1+K_2$ – коэффициент интенсивности изнашивания,Па$^{-1}$, (K_1 для пяты, K_2 для подпятника). В этом случае долговечность упорного подпятника определится как

$$t_{y.n} = \frac{(1-m_0)[h]}{I_i\pi\, b_k n\, K_1K_2}, \qquad (7)$$

где I_i – интегральная линейная интенсивность изнашивания; n. – частота вращения шнека пресс-компактора; $b_k=R_2-R_1$; m_0 – поправка, ограничивающая величину допустимого износа подпятника, m_0=0,15 .

$$I_i = \frac{0,34k_1^t(1-\mu^2)Q_{oc}}{E^S\sigma_B\pi(R_2^2-R_1^2)}\left[\tau_n+\beta\, HB\right] \qquad (8)$$

где σ_B – предел прочности материала пяты, Н/м^2;

$$\beta = \frac{R_1}{R_2-R_1}.$$

Зададимся временем непрерывной работы пресс-компактора, равным половине рабочей смены t=4ч и определим I_i, которая при исходных данных будет равна I_i≈3·10^{-8}. Ожидаемая долговечность подпятника при этом должна составить $t_{y.n.}$≈0,8·10^4 часов.

Если уменьшить шероховатость поверхности пяты

до 1,25 мкм, то момент сил трения, соответствующий данной шероховатости, уменьшится примерно на 20%, соответственно уменьшится интенсивность изнашивания, и примерно в 2,5 раза возрастет время работы подшипника до предельного износа.

Можно видеть, что, увеличив незначительно затраты на доводку данного узла трения путем дополнительной притирки контактных поверхностей, можно получить существенный выигрыш от увеличения его износостойкости.

Для проверки места контакта пяты и подпятника на нагрев используется критерий *pv*[8]

$$(pv_1)_{рас.} = \frac{2}{3}\frac{Q_{ос}}{\frac{\pi D_2^2}{4}}\frac{\pi n}{30}\frac{D_2}{200} = \frac{Q_{ос} n}{2250 D_2} \qquad (9)$$

где v_1- скорость точки, находящейся от оси вращения на расстоянии 2/3 радиуса пяты, м/с; p - удельное давление, кг/см2.

Для пяты значение $[pv_1]$ принимается равным 20…40 кг·м/(см^2·с), значение выбирается в зависимости от материала пары трения (для стали по бронзе p = 40…60 кг/см^2) [17]. Из формулы (9) можно найти требуемый диаметр пяты.

Для данных условий $(pv_1)_{рас} < [pv_1]$, т.е. условия по нагреву удовлетворяются полностью.

Выводы. Результаты проведенного расчета триботехнических характеристик упорного подпятника шнекового движителя пресс-компактора свекловичного жома позволяют считать, что заданные конструктивные параметры данного узла трения способны обеспечить длительную работу пресс-компактора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Крагельский И.В. Трение и износ. – М: Машгиз, 1968. – 480с.

2. Калошин Ю.А., Березовский Ю.М., Верняева Л.В. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции. – М: МГУТУ, 2009, – 167с.

3. Малкин А.Я., Исаев А.И. Реология: концепции, методы, приложения. – СПб: Профессия, 2007. – 560с.

4. Авроров В.А., Тутов Н.Д. Основы реологии пищевых продуктов. – Старый Оскол: ТНТ, 2014, - 268с.

5. Холин П.Н. Оценка антифрикционных характеристик пар трения с твердо смазочными покрытиями для различных условий функционирования / Трение и износ. ГНУ ИММС им. В.А.Белого НАН Белоруси, т.36, №5, 2015. – С. 491-498.

6. Крагельский И.В., Михин Н.М. Узлы трения машин. – М: Машиностроение, 1984. -280с.

7. Основы трибологии. Под. ред. А.В. Чичивадзе. – М: Машиностроение, 2001. – 664с.

8. Бабенко Д.С. Разработка способа обезвоживания свекловичного жома методом прессования в поле вибрационного воздействия // Автореферат дисс.на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Воронеж: ВГУИТ, 2008. - 20с.

9. Кацнельсон М.У.,Степанов А.Н. и др. Машины и оборудование для прессования в сахарной промышленности // – М: Машиностроение, 1980. – 239с.

10. Редченко М.А. Совершенствование процесса прессования свекловичного жома и получения из него пищевых волокон. Автореферат дисс. на соискание учен. степ. канд. техн наук. – Пенза: ПензГТУ, 2020. – 24с.

11. Шнековый пресс для извлечения влаги из растительного сырья [Текст] / М.А. Редченко, В.А. Авроров // Российская Федерация, МПК B 30 B 9/14 B 30 B 15/30. – Заявка №2019121389; приоритет 05.07.2019. – с.:ил.

12. Авроров, В.А., Редченко, М.А., Мурашкина, О.А., Сарафанкина. О прессовании свежего свекловичного жома в компакторе со шнековым движителем и упругой диафрагмой // Современные технологии и оборудование пищевых производств: материалы XX международной научно-практической конференции. – Барнаул: АлтГТУ, 2019. – С.48-53.

13. Редченко М.А. Разработка компактора для влагосодержащих пищевых материалов: отчет о НИР договор № 11450ГУ/2017 от 10.05.2017 – Пенза,2018. –37 с.

14. Справочник по триботехнике / Под общ. ред. М. Хебды, А.В. Чичивадзе. В 3-х т. Т.1. Теоретические основы. – М: Машиностроение, 1989. – 400с.

15. Бакли Д. Поверхностные явления при адгезии и антифрикционных взаимодействиях. – М: Машиностроение, 1986. – 423с.

16. Лихтман В.Н., Щукин Е.Д., Ребиндер П.А. Физико-химическая механика металлов. – М: ВНИИСТ, 1982. – 303с.

17. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.2. – М: Машиностроение, 1978. – 559с.

Статья поступила в редакцию 22.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 664.66.022.39/51.7

ОПТИМИЗАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН В РЕЦЕПТУРЕ ХЛЕБОБУЛОЧНОГО ИЗДЕЛИЯ МЕТОДОМ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

© 2020

Садыгова Мадина Карипулловна, доктор технических наук,
профессор кафедры «Технологии продуктов питания»
Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И.Вавилова
(410005, г. Саратов, ул. Большая Садовая 220, e-mail: sadigova.madina@yandex.ru)
Кириллова Татьяна Валерьяновна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Математика, механика и инженерная графика»
Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И.Вавилова
(410005, г. Саратов, ул. Большая Садовая 220, e-mail: fraktalsms1@gmail.com)
Каневская Ирина Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры «Математика, механика и инженерная графика»
Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И.Вавилова
(410005, г. Саратов, ул. Большая Садовая 220, e-mail: fraktalsms1@gmail.com)

Аннотация. В статье исследовано влияние трех видов пищевых волокон на качество хлебобулочного изделия. В работе использовались: клетчатка пшеничная «Биоцель XL200», растительное сырье прошло отбеливание кислородным методом; свекловичная клетчатка Bio-fi PRO WR 200, являющейся натуральным продуктом переработки свеклы после экстракции сахара («извлечения» сахара из сахарной свеклы); яблочная клетчатка из пюре, полученная методом высушивания. (ГК «Союзснаб»). Пищевые волокна обладают высокой влагосвязывающей и жиросвязывающей способностью, инертны к рецептурным ингредиентам, термостабильны, снижают калорийность продуктов, являются структурообразующим компонентом, стабилизатором и носителем вкуса конечного продукта Микробиологические показатели соответствует требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». В настоящее время для решения задач по оптимизации рецептурных компонентов широко используется моделирования, в частности методы многокритериальной оптимизации. На основе анализа зависимостей показателей качества построены математические модели. Проведенные исследования показывают, что изменение дозировки пищевых волокон оказывает влияние на физико-химические и органолептические показатели готовых изделий. В результате анализа приведенных зависимостей были получены оптимальные дозировки пищевых волокон 2,5% к массе муки, тип волокна – яблочная клетчатка. Хлебобулочные изделия с добавлением яблочной клетчатки имеют более яркую, насыщенную окраску и яблочный аромат.

Ключевые слова: пшеничные волокна, свекловичная клетчатка, яблочная клетчатка, оптимизация. Регрессионный анализ, консистенция, формоустойчивость, пористость, упек, удельный объем, двумерное сечение, поверхность отклика.

OPTIMIZATION OF THE CONTENT OF DIETARY FIBERS IN THE RECIPE OF A BAKERY PRODUCT USING THE REGRESSION ANALYSIS METHOD

© 2020

Madina Sadygova, doctor of technical Sciences, Professor of the Department "Technology of food products»
Tatyana Kirillova, candidate of technical Sciences,
associate Professor of the Department of Mathematics, mechanics and engineering graphics»
Irina Kanevskaya, candidate of agricultural Sciences,
associate Professor of the Department of Mathematics, mechanics and engineering graphics»
Saratov state agrarian university by name N. I. Vavilova
(410005, Saratov, Bolshaya Sadovaya str. 220, e-mails: sadigova.madina@yandex.ru; fraktalsms1@gmail.com)

Annotation. The article examines the influence of three types of dietary fiber on the quality of bakery products. We used: wheat fiber "Biocel XL200", vegetable raw materials were bleached with an environmentally friendly oxygen method; beet fiber Bio-fi PRO WR 200, which is a natural product of beet processing after sugar extraction ("extraction" of sugar from sugar beets); Apple fiber from natural Apple puree obtained by drying. (GC "Soyuzsnab"). Food fibers have a high moisture-binding and fat-binding ability, are inert to any prescription ingredients, are thermally stable, reduce the caloric content of products, are a structure-forming component, stabilizer and carrier of the taste and aroma of the final product Microbiological indicators and safety indicators meet the requirements of TR CU 021/2011 "on food safety". Currently, simulations are widely used to solve problems of optimization of prescription components, in particular methods of multi-criteria optimization. Based on the analysis of dependencies of quality indicators, mathematical models are constructed. Studies have shown that the change in the dosage of dietary fiber affects the physical and chemical parameters and organoleptic properties of finished products. As a result of the analysis of the above dependencies, optimal dosages of dietary fibers were obtained 2.5% by weight of flour, the fiber type is Apple fiber. Bakery products

with the addition of Apple fiber have a brighter, richer color and Apple flavor.

Keywords: wheat fiber, beet fiber, Apple fiber, optimization. Regression analysis, consistency, shape stability, porosity, package, specific volume, two-dimensional cross-section, response surface.

Введение. Пищевые волокна - это низкокалорийный полисахаридный комплекс и способствуют выведению из организма вредных и токсичных веществ, что позволяет отнести их по этим показателям к незаменимым в рационе питания нутриентам [1]. На сегодняшний день они являются наиболее широко применяемыми функциональными ингредиентами в технологии продуктов для здорового питания. Как технологические добавки используются для изменения химические свойства пищевых продуктов и структуры, Вместе тем пищевые волокна являются также функциональными ингредиентами способными оказывать благоприятное воздействие на организм человека [2-14]. В настоящее время для решения задач по оптимизации рецептурных компонентов широко используются моделирования, в частности методы многокритериальной оптимизации [15-20].

Цель исследования – оптимизация содержания пищевых волокон в рецептуре хлебобулочного изделия методом регрессионного анализа.

Методология исследования. Способ приготовления теста при пробной лабораторной выпечке - безопарный, влажность теста 42,5% для контрольного варианта и 43% для опытных вариантов. В качестве контрольного варианта - рецептура батона Нарезного (ГОСТ 27844). В опытных вариантах пищевые волокна вносятся в количестве 7, 5 и 2,5% к массе муки, с предварительной гидратацией 1:1, ориентируясь на консистенцию теста:

В работе использовались: клетчатка пшеничная «Биоцель *XL200*» (ГК «Союзснаб»), производящиеся из вегетативной части зерновых культур. Растительное сырье прошло отбеливание кислородным методом. Клетчатка «Биоцель *XL200*» обладает высокой влагосвязывающей и жиросвязывающей способностью, инертна к рецептурным ингредиентам, термостабильна и холодорезистентна, снижает калорийность продуктов, служит в качестве замены основного сырья, является структурообразующим компонентом, стабилизатором и носителем вкуса конечного продукта (табл.1).

Свекловичная клетчатка *Bio-fi PRO WR 200* (ГК «Союзснаб») - является натуральным продуктом переработки свеклы после экстракции сахара («извлечения» сахара из сахарной свеклы). Это пищевое волокно, частично растворимо в воде, за счет содержания до 20% пектина и нерастворимо в жире, термостабильно. Обладает высокой влаго- и жиросвязывающей способностью, что позволяет успешно использовать ее при производстве мясопродуктов и хлеба.

Яблочная клетчатка (ГК «Союзснаб») – изготовлена из пюре методом высушивания. Микробиологические показатели соответствует требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Таблица 1 - Показатели качества волокон

Наименование показателя	Пищевые волокна		
	Пшеничная	Свекловичная	Яблочные
Фото сырья			
Структура	Имеет волокнистую структуру (воздушная)	Имеет крупитчатую структуру, легко рассыпающаяся при легком механическом воздействии, однородный порошок	Имеет порошковую структуру
Запах	отсутствует		фруктовый
Вкус	нейтральный, без вкуса и запаха		фруктовый
Цвет	Светло-бежевый	Светло-кремовый	Бежево-коричневый
Массовая доля влаги, %	8,0±0,3	10,0±0,2	8,0±0,2
Содержание пищевого волокна, %, не менее	97 От количества сухого вещества	70	55

Пористость изделий определяли на приборе Журавлева, упек рассчитывали по разнице в массе тестовой заготовки и готового изделия, удельный объем по отношению объема к массе изделий.

Комплексную балльную оценку качества проводили по органолептическим показателям: внешний вид, формоустойчивость, пористость, эластичность мякиша, цвет мякиша, цвет корки, вкус, аромат (табл.2) по 100-балльной системе с учетом коэффициентов значимости.

Таблица 2 –Комплексная оценка качества по органолептическим показателям

Показатели	Коэффициенты значимости	Контроль	с пшеничными волокнами			с свекловичными волокнами			с яблочными волокнами		
			7%	*5%*	*2,5%*	*7%*	*5%*	*2,5%*	*7%*	*5%*	*2,5%*
Внешний вид	4	16	12	16	16	12	12	20	12	16	20
Формоустойчивость	1,5	6	4,5	6	6	4,5	6	7,5	4,5	6	6
Окраска корки	1,57	6,28	6,28	6,28	6,28	4,71	6,28	7,85	4,71	6,28	7,85
Пористость	2,00	8	6	6	8	6	6	10	6	6	10
Цвет мякиша	1,6	6,4	6,4	6,4	8	4,8	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
Эластичность мякиша	1,3	5,2	5,2	5,2	6,5	3,9	3,9	5,2	3,9	3,9	5,2
Вкус	4,5	22,5	13,5	18	22,5	13,5	18	18	13,5	18	22,5
Аромат	3,5	17,5	14	14	17,5	10,5	14	14	10,5	14	17,5
Комплексная бальная оценка	20	87,88	67,88	77,88	90,78	59,91	72,58	88,95	61,51	76,58	95,45

Количественная оценка влияния пищевых волокон проводилась с помощью математических моделей.

Для адекватного математического описания поверхности отклика в области эксперимента применим отрезок ряда Тейлора с нелинейными членами.

$$f(x,y)=\sum_{k=0}^{\infty}\frac{T^k f(x_0,y_0)}{k!},$$

Где $T=(x-x_0)\frac{\partial}{\partial x}+(y-y_0)\frac{\partial}{\partial y}$ - дифференциальный оператор.

Учет различия типа пищевых волокон «Пшеничные волокна» / «Свекловичные волокна»/ «Яблочные волокна» " при построении модели произведем введением бинарных фиктивных переменных (табл. 3). Качественные параметры могут учтены при построении регрессионных моделей и выполнены различными способами. Замена данного качественного параметра комплексом бинарных переменных: качественный параметр, принимающий *n* вариантов значений (градаций), заменяется (*n*-1) бинарным признаком и является одним из вариантов.

Таблица 3 - Замена качественного параметра бинарными переменными

Вид пищевых волокон	Бинарные переменные	
	V1	V2
Пшеничные волокна	0	0
Свекловичные волокна	0	1
Яблочные волокна	1	0

Таблица 4 - Результаты проверки значимости и качества модели с бинарными переменными

Наименование показателя	Коэффициенты		Нижние 95% границы доверительного интервала	Верхние 95%границы доверительного интервала	Коэффициент *R*	Наблюдаемое значение F-критерий Фишера	Значимость F
Упек, %	a_1	8,848	2,460	15,236	0,765494042	1,415349	0,0411953
	a_2	0,015	0,002	0,862			
	a_3	0,004	0,0045	0,113			
	a_4	-2,867	-7,158	-1,425			
	a_5	-0,333	-4,625	-0,058			
Пористость, %	a_1	73,880	67,902	79,858	0,981	26,36827	0,011043
	a_2	-0,605	1,397	0,188			
	a_3	0,039	0,063	0,141			
	a_4	0,667	3,349	4,682			
	a_5	6,4	2,3843	10,415			
Удельный объем, см³/г	a_1	1,380	1,307	1,452	0,995162	102,6071	0,001497
	a_2	-0,021	-0,031	-0,012			
	a_3	0,002	0,001	0,003			
	a_4	0,217	0,168	0,266			
	a_5	0,063	0,014	0,112			
Комплексная бальная оценка	a_1	101,21	91,866	110,559	0,988207434	41,65108	0,005673
	a_2	-1,451	-2,690	-0,212			
	a_3	0,102	0,057	0,261			
	a_4	-1,000	-7,278	-0,278			
	a_5	-5,033	-11,312	-1,245			

Функция отклика для упека, пористости, удельного объема, комплексной бальной оценки представлена зависимостью: $z_k = a_1 + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4v_1 + a_5v_2$,

где x- содержание пищевых волокон в муке, бинарные переменные «Вид пищевых волокон». Для оценки параметров этого уравнения используется метод наименьших квадратов (МНК).

Результаты исследований. На рисунках 1-4 представлены графики зависимостей показателей от типа пищевых волокон и их дозировки.

Для всех моделей, связь между показателем z и фактором x, v_1, v_2 можно считать достаточно сильной.

Все модели адекватны при уровне значимости 5%.

Доверительные интервалы для коэффициентов моделей не содержат пулей. Данные модели могут быть пригодны для оптимизации технологических процессов (рис.1-4).

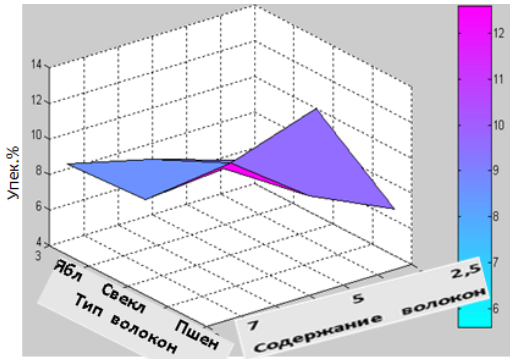


Рисунок 1 – Зависимость упека от содержания (%) и типа пищевых волокон

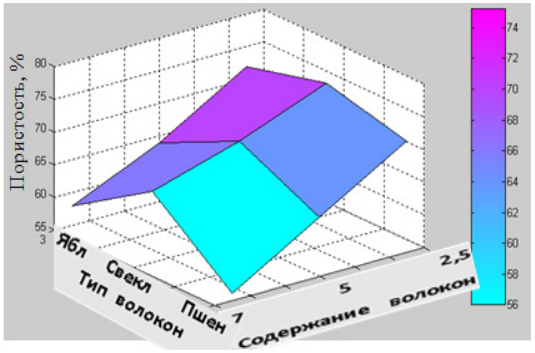


Рисунок 2 – Зависимость пористости от содер-жания (%) и типа пищевых волокон

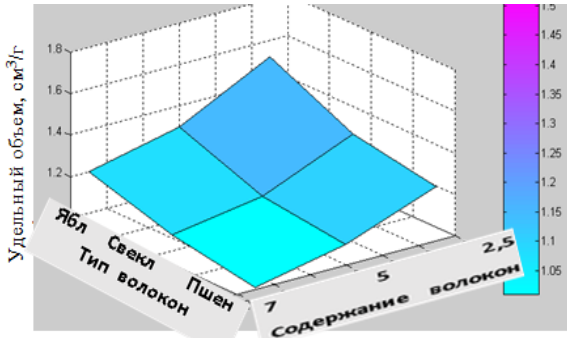


Рисунок 3 – Зависимость удельного объема от содержания (%) и типа пищевых волокон

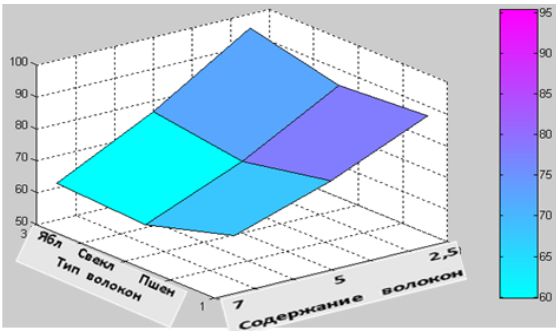


Рисунок 4 – Зависимость бальной оценки от содержания (5) и типа пищевых волокон

Для определения оптимального содержания пищевых волокон, вида волокна в рецептуре изделий с добавлением пищевых волокон, построим математическую модель оптимизации по четырем критериям:

$z_1=8,848+0,015x^2+0,004x^3-2,867v_1-0,333v_2 \rightarrow min;$

$z_2=73,880-0,605x^2+0,039x^3+0,667v_1+6,4003v_2 \rightarrow max;$

$z_3=1,380-0,021x^2+0,002x^3+0,667v_1+6,4003v_2 \rightarrow max;$

$z_4=101,213-1,451x^2+0,102x^3-1,000v_1-5,0333v_2 \rightarrow max;$

$2,5 \leq x \leq 7,5.$

Задача многокритериальной оптимизации методом гарантированного результата преобразуем в однокритериальную задачу

$z=\lambda \rightarrow max$ при ограничениях

$\lambda \leq \lambda_k(x,v_1,v_2),\ k=1,2,...,4$

где $\lambda_k(x,v_1,v_2) = \dfrac{z_k(x,v_1,v_2)}{M_k^*}$, $M_k^* = \max\limits_{x,v_1,v_2 \in D} z_k(x,v_1,v_2)$

Решением задачи является точка $x=2,5, v_1=1, v_2=0.$

Данное решение показывает, что оптимальное содержано волокон составит 2,5% от общего количества муки, лучшим является яблочное волокно, и изменение дозировки, оказывает влияние на физико-химические показатели и органолептические свойства готовых изделий, было показано проведенными исследованиями.

Влияние пищевых волокон на качество готовых изделий обусловлено содержанием в волокнах влаги и белка. Зависимость упека, пористости, формоустойчивости от содержания влаги и белка представлена регрессионными моделями

$z_k=a+bx^2+cy^2,\ i=1,2,3$

где x – влажность пищевых волокон, y – содержание, белка в пищевых волокнах.

В таблице 5 представлены результаты расчетов.

Графической интерпретацией регрессионных уравнений являются поверхности отклика и их двумерные сечения (линии равного уровня) дают детальную информацию о конфигурациях поверхностей. Анализ этих сечений позволяет предварительно определить области факторного пространства, в которых достигаются оптимальные значения выходных параметров.

На рисунках 5-10 представлено графическое изображение регрессионных моделей в виде гиперболических параболоидов и двумерные сечения параболоидов.

Таблица 5 - Результаты проверки значимости и качества двухфакторной модели

Наименование показателя	Коэффициенты		Нижние 95% границы доверительного интервала	Верхние 95%границы доверительного интервала	Коэффициент множественной корреляции R	Наблюдаемое значение F-критерий Фишера	Значимость F
Упек, %	*a*	10,692	3,415	17,968	0,9767	10,36493	0,021452
	b	-0,048	-0,113	0,003			
	c	0,079	0,042	0,300			
Пористость, %	*a*	72,831	59,431	86,231	0,912106	2,47507	0,040996
	b	-0,020	-0,315	-0,005			
	c	0,063	0,0344	0,470			
Формоустойчивость, H/D	*a*	0,626	0,480	1,732	0,930483	33,22572	0,036634
	b	-0,005	-0,029	-0,002			
	c	0,003	0,001	0,037			

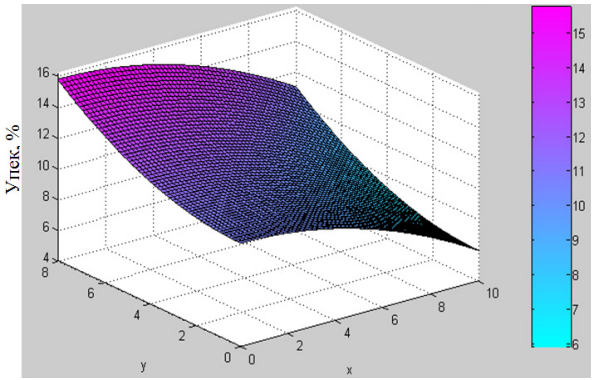


Рисунок 5 - Общий вид поверхности отклика (упек,%)

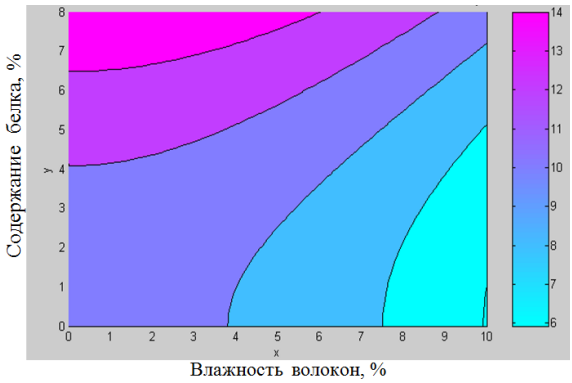


Рисунок 6 - Двумерные сечения поверхности отклика (упек,%)

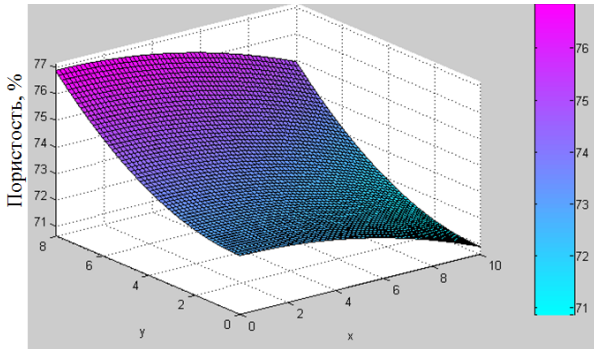


Рисунок 7 - Общий вид поверхности отклика (пористость, %)

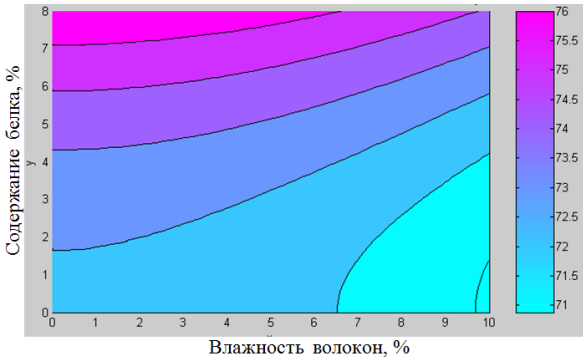


Рисунок 8 - Двумерные сечения поверхности отклика (пористость, %)

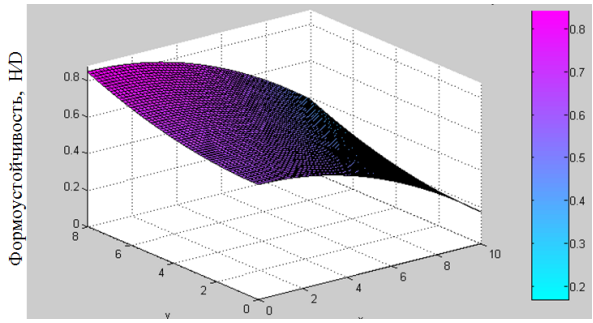


Рисунок 9 – Общий вид поверхности отклика (Формоустойчивость, H/D)

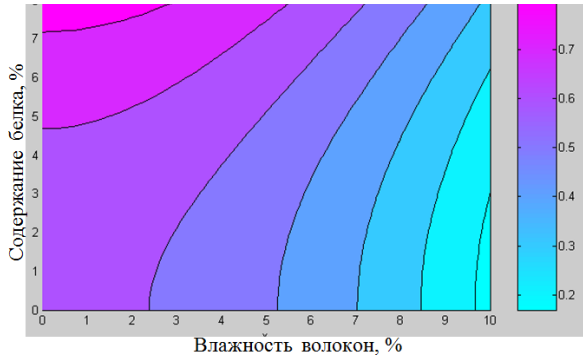


Рисунок 10 - Двумерные сечения поверхности отклика (Формоустойчивость, H/D)

Вывод. В результате анализа приведенных зависимостей были получены оптимальные дозировки пищевых волокон 2,5% к массе муки, выбран тип волокна – яблочная клетчатка. Хлебобулочные изделия с добавлением яблочной клетчатки имеют более яркую, насыщенную окраску и аромат. Высокая потребительская оценка качества позволяет рекомендовать разработанную технологию для внедрения в

производство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тигинова, Ю.Н. Технология производства творога, обогащенного клетчаткой/ Ю.Н. Тигинова, М.К. Гайнуллина/ Сборник материалов международной научной конференции студентов, аспирантов и учащейся молодежи: Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК – Казань: КГАВМ, 2019 - С. 322-324.

2. Мазалова, Н.В. Разработка технологии и практическое использование пищевых волокон из сухой обессахаренной свекловичной стружки при производстве хлебобулочных изделий: дисс. на соиск. степени к.т.н/ Н.В. Мазалова. – Орел, 2015 – 258 с.

3. Тарасова, В.В. Комплекс пищевых волокон с эмульгаторами в производстве хлебобулочных изделий/ В.В. Тарасова, А.П. Нечаев, М.В. Перковец//Пищевая промышленность, 2007. - №9. – С. 70-72.

4. Горбатовская Н. А., Муслимов Н. Ж., Джумабекова Г. Б. Влияние добавок муки бобовых культур на физические свойства пшеничного теста // Молодой ученый. — 2015. — №6. — С. 141-143. — URL https://moluch.ru/archive/86/16413/ (дата обращения: 06.08.2019).

5. Старовойтова, О.В. Исследование реологических характеристик теста с использованием добавки антиоксидантного действия/ О.В. Старовойтова и др.// Вестник Казанского ТУ: Технология и аппараты пищевых производств. – 2013. - С.216-218.

6. Корнен, Н.Н. Исследование влияния пищевой добавки из вторичных ресурсов переработки винограда на свойства пшеничной муки, теста и качество хлебобулочных изделий / Н.Н. Корнен, С.А. Калманович, Т.А. Шахрай, В.И. Диколова Е.Е// Известия вузов. Пищевая технология. – 2017. - №4 (358). – С.39-42.

7. Митрошкина, О.Н. Исследования влияния пищевых волокон на качество хлебобулочных изделий/ О.Н. Митрошкина, М.К. Садыгова/ Научные инновации – аграрному производству : материалы Междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 100-летнему юбилею Омского ГАУ – Омск : ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2018. – С. 1381-1386.

8. Колесников, В.А. Пищевые свекловичные волокна и функциональные продукты питания/ В.А. Колесников и др/ Сборник материалов научно-практической конференции «Интеграция фундаментальных и прикладных исследований - основа развития современных аграрно-пищевых технологий». - Издательство: Всероссийский Научно-исследовательский Институт маслоделия и сыроделия Россельхозакадемии, 2007. – С. 151-153.

9. Типсина, Н.Н. Пищевые волокна в кондитерском производстве/ Н.Н. Типсина, Н.В. Присухина// Вестник КрасГАУ, 2009. - №9. – С. 166-170.

10. Мельникова, Е.И. Исследование функционально-технологических свойств пищевых волокон/ Е.И. Мельникова и др. //Вестник Воронежского аграрного университета. – 2013. - №4 (39). – С. 186-188.

11. Степаненко, Д.С. Добавка нута в крупе из тритикале для повышения полноценности белка/ Д.С. Степаненко/ Сборник научных трудов XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов организаций в сфере сельскохозяйственных наук: Перспективные исследования и новые подходы к производству и переработке сельскохозяйственного сырья и продуктов питания. – М.: Издательство: ФГБНУ "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, 2019. – С. 318-322.

12. Тертычная Т.Н. Оптимизация рецептуры сдобного печенья с применением перспективных растительных обогатителей Тертычная, Н.Н. Фонина, Е.Ю. Мануковская, В.И. Оробинский, И.В.Мажулина, // Хлебопродукты. – 2014 – №9. – С.55-57.

13. Magomedov G.O. Optimization of prescription composition of jelly masses using the scheffe's symplex plan Gazibeg O. Magomedov , Aleksey A. Zhuravlevb , Larisa A. Lobosovaa,* , and Svetlana N. Zhurkhovaa|Foods and Raw Materials, 2018, vol. 6, no. 1. – P. 71-78

14. Sadygova, M.K. Foxtail millet (panicum italicum) as a perspective raw material for the production of healthy products Sadygova M.K., Anikienko T.I., Bashinskaya O.S., Kondrashova A/V/ Kuznetsova //L.I.ERNÄHRUNG | NUTRITION. - Volume 42. - 03/04 2019. – P.56-63.

15. Филонова, Н.Н. Оптимизация содержания в рецептуре Паляницы композитной смеси из пайзовой и льняной муки/Садыгова М.К.. Кириллова Т.В., Филонова Н.Н., Яценко С.В., Кащин В.С//.Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2019. - №6 (59). – С. 10-15.

16. Шелубкова, Н.С. Оптимизация параметров замеса макаронного теста из композитной муки/ Шелубкова Н.С.,Садыгова М.К., Кириллова Т.В., Буянова И.В., Мучкина Е.Я.//Вестник КрасГАУ. - №5. – 2018. – С. 232-239.

17. Пономарева, Е.И. Хлебные палочки повышенной пищевой ценности для ахлоридного питания/ Е. И. Пономарева, А. Ю. Кривошеев, С. И. Лукина, Н. Н. Алехина, Е. А. Габелко, Б. Л. Агапов////Техника и технология пищевых производств.- 2018.- Т. 48. - № 1. - С. 114-124.

Статья поступила в редакцию 21.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 66.048.5

РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОЦЕССА ВЫПАРИВАНИЯ

© 2020

Пчелинцева Ольга Николаевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: pchelincevaon@ yandex . ru)
Бочкарева Зенфира Альбертовна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: bochkarievaz @ mail . ru)

Аннотация. Основной технологической целью процесса выпаривания в пищевых производствах является обеспечение заданной концентрацией выпариваемый раствор за счет тепловой энергии, которая определяется количеством того или иного теплоносителя, используемого в процессе - так, например, количеством греющего пара. В статье целью работы является разработка и анализ параметрической схемы процесса выпаривания, проведение математического анализа влияния входящих и выходящих параметров на определение количества необходимого теплоносителя. В ходе работы были рассмотрены: основные типы многокорпусных выпарных установок (с прямоточным, противоточным и с параллельным питанием корпусов), конструкция наиболее распространенного однокорпусного аппарата с основными элементами (греющей камерой, кипятильными трубками, центральной циркуляционной трубой, в которой происходит процесс нагревания и кипения жидкости, сепараторе где осуществляется отделение пены и капель жидкости от вторичного пара). В разработанной параметрической схеме процесса выпаривания, рассмотрены возмущающие, наблюдаемые и управляемые параметры процесса, описаны основные уравнения, связывающие входные и выходные характеристики процесса, выявлена основная задача управления процессом выпаривания – обеспечение необходимым количеством теплоносителя (греющим паром) для получения раствора с заданной концентрацией.

Ключевые слова: процесс, выпаривание, выпарная установка, выпарной аппарат, параметрическая схема, материальный баланс, тепловой баланс, греющий пар, вторичный пар.

DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF THE PARAMETRIC DIAGRAM OF THE EVAPORATION PROCESS

© 2020

Pchelinceva Olga Nikolaevna, candidate of technical sciences,
associate professor of the department "Food Production"
Penza State Technological University
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: pchelincevaon@yandex.ru)
Bochkareva Zenfira Albertovna, candidate of technical sciences,
associate professor of the department "Food Production"
Penza State Technological University
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: bochkarievaz@mail.ru)

Annotation. The main technological purpose of the evaporation process in food production is to provide a pre-evaporated solution at the expense of thermal energy, which is determined by the amount of the coolant used in the process - such as the amount of steam warming. In the article, the purpose of the work is to develop and analyze the parametric scheme of the evaporation process, conduct a mathematical analysis of the impact of incoming and outgoing parameters on determining the amount of heat carrier required. In the course of the work were considered: the main types of multihull evaporation (with direct, anti-precise and parallel power of the hulls), the design of the most common single-hull apparatus with basic elements (a warming chamber, boiler tubes, the central circulating tube, in which the process of heating and boiling of liquid, the separator where the foam and drops of liquid from the secondary vapor are separated). In the developed parametric scheme of the evaporation process, the outrageous, observable and manageable parameters of the process are considered, the main equations linking the input and output characteristics of the process are identified, the main task of management is revealed The process of evaporation is to provide the necessary amount of coolant (warming steam) to obtain a solution with a given concentration.

Keywords: process, evaporation, evaporated installation, evaporating apparatus, parametric circuit, material balance, thermal balance, warming steam, secondary steam.

Введение. Процесс выпаривания применяется в пищевой промышленности для повышения концентрации растворенного вещества в растворе, так например, при приготовлении овощных соков, фруктовых сиропов, кормовых дрожжей, и др. С помощью выпаривания можно выделить растворенные вещества в твердом виде.

Процесс выпаривания осуществляется в выпарных

аппаратах как однокорпусных, так и многокорпусных, имеющих различное конструктивное оформление[1-3]

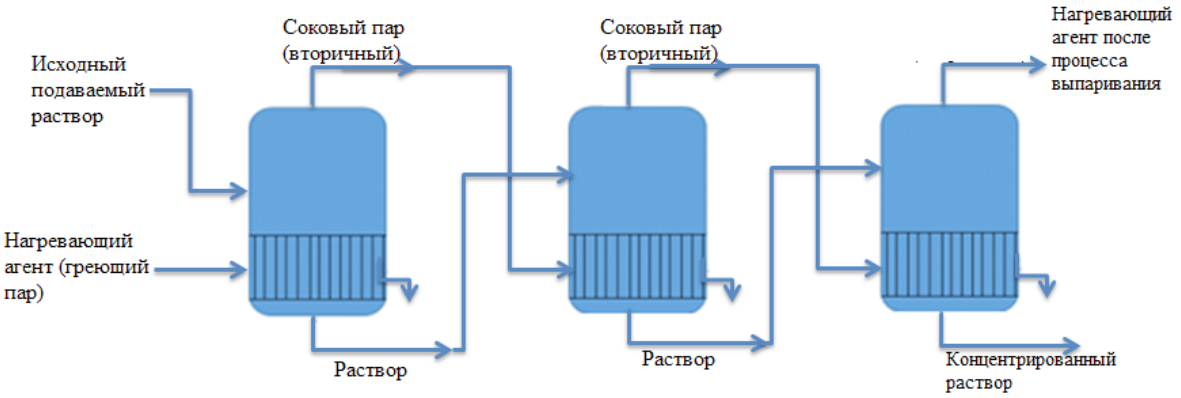
Целью работы является разработка и анализ параметрической модели процесса выпаривания.

Задачи, вытекающие из поставленной цели:

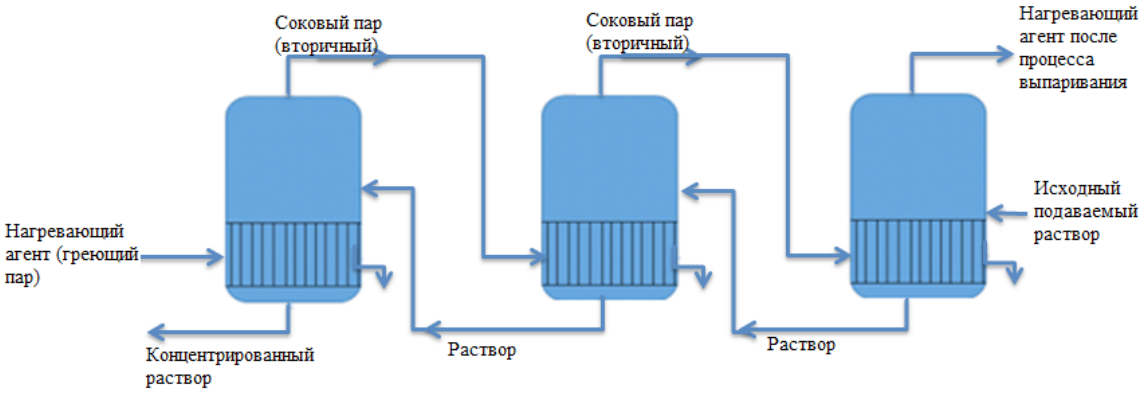
– разработать параметрическую модель процесса выпаривания;

– провести математический анализ влияния входящих и выходящих параметров на определение количества необходимого теплоносителя.Объектом исследования является: параметрическая схема выпарного аппарата.

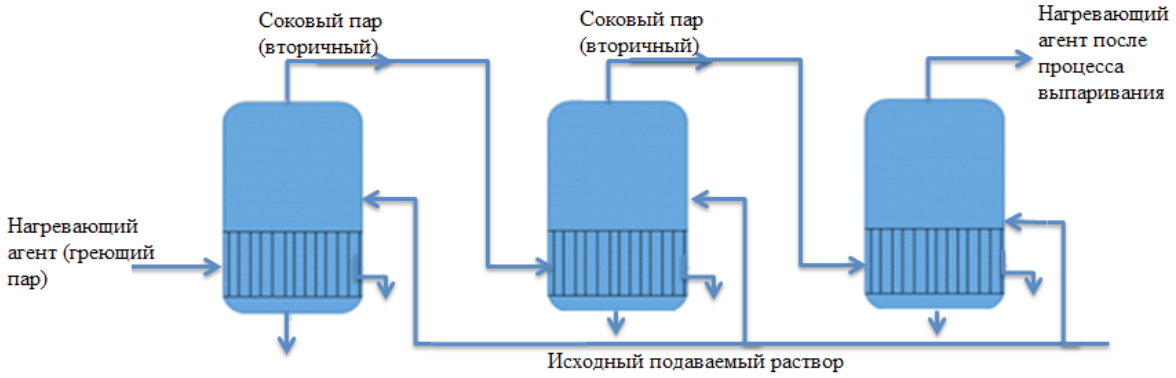
Материалы и результаты. Многокорпусные выпарные установки отличаются направленностью движения исходной смеси и нагревающего агента относительно друг друга. Движение потоков может быть прямоточным, противоточным и с параллельным питанием корпусов (рис. 1). [4,5,6,7,8]



а



б



в

Рисунок 1 – Технологические схемы многокорпусных выпарных установок: а) прямоток, б) противоток, в) с параллельным питанием корпусов

Выпарные аппараты в установках имеют различные конструкции, но все они состоят из зоны нагревания (греющая камера) и зоны сепарирования.

Наиболее распространенным является выпарной аппарат с центральной циркуляционной трубой, представленный на рисунке 2 [9,10,11].

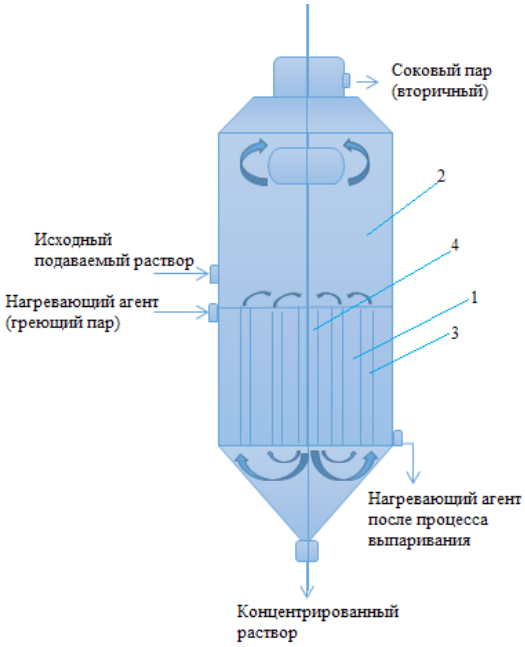


Рисунок 2 – Схема однокорпусного выпарного аппарата: 1-греющая камера, 2-сепаратор, 3-кипятильные трубы, 4-циркуляционная труба

Из приведенной схемы следует, что основными элементами греющей камеры являются: кипятильные трубки и центральная циркуляционная труба, в которой происходит процесс нагревания и кипения жидкости, а в сепараторе осуществляется отделение пены и капель жидкости от вторичного пара.

Для того чтобы выпариваемые растворы нагревались до кипения, пользуются следующими способами обогрева оборудования: нагрев с помощью водяного пара; носители тепла с высокой температурой; электрический тип обогрева.

С экономической точки зрения водяной пар является самым популярным вариантом за счет своих высоких характеристик – удельной теплоты конденсации и коэффициента теплоотдачи [12,13,14].

На основании рассмотренного оборудования разработаем параметрическую схему процесса выпаривания (рис. 3), характеризующую взаимосвязь параметров и показателей, определяющих вход, состояние и выход исследуемых компонентов, проведем анализ контролируемых и неконтролируемых факторов их влияния для последующего регрессионного анализа.

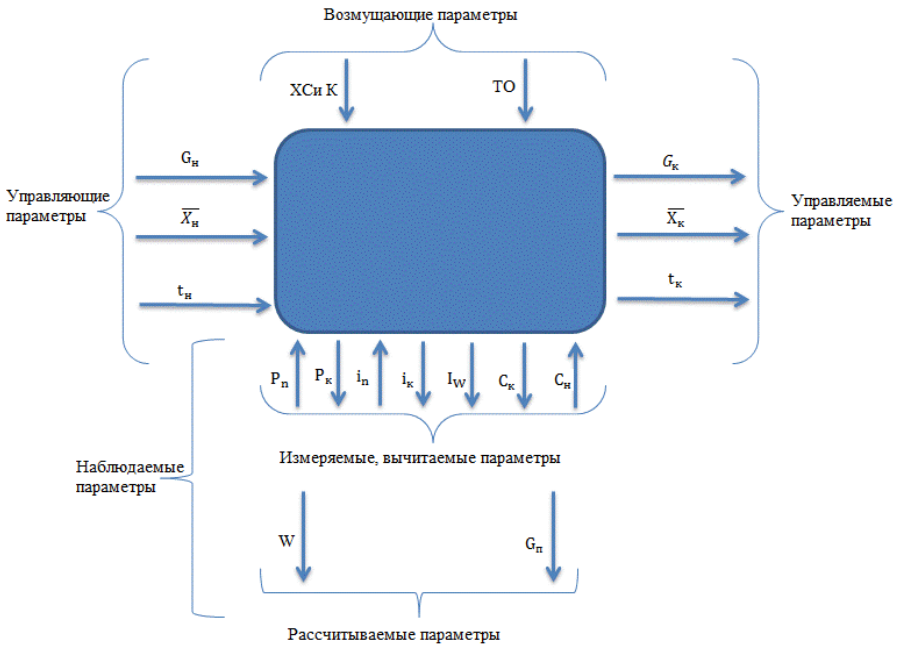


Рисунок 3 – Параметрическая схема процесса выпаривания

Из параметрической схемы следует, что возмущающими параметрами являются: технологические отклонения (ТО), химический состав и концентрация (*X*СиК); управляющими: расход выпариваемой жидкости $G_н$ (кг/с), начальная концентрация $\overline{X}_н$ (%), температура $t_н(K)$ раствора; наблюдаемыми: начальная $C_н$ (Дж/(кг·К)) и конечная $C_к$ (Дж/(кг·К)) теплоемкости раствора, давление $P_п$ (кг/м^3), энтальпия $i_п$ (Дж/кг) греющего пара, давление конденсата греющего пара $P_к$ (Па), энтальпия конденсата $i_к$ (Дж/кг), расход греющего пара $G_п$ (кг/с), расход вторичного пара W(кг/с), энтальпия вторичного пара I_W (Дж/кг); управляемыми: расход концентрированного раствора $G_к$ (кг/с), конечная концентрация $\overline{X}_K$ (%) и температура $t_к$ (К) раствора.

Основной технологической целью процесса выпаривания в пищевых производствах является обеспечение заданной концентрацией выпариваемый раствор (материальный баланс процесса выпаривания) за счет тепловой энергии, которая определяется

количеством того или иного теплоносителя, используемого в процессе - так, например, количеством греющего пара, определяемого из уравнение теплового баланса [4].

Согласно параметрической схеме основные уравнения, связывающие входные и выходные характеристики процесса выпаривания, следующие:

– уравнения материального баланса выпариваемого раствора

$$G_н = G_к + W \quad (1)$$

– уравнение баланса сухих веществ

$$G_н \cdot \overline{X_н} = G_к \cdot \overline{X_к} \quad (2)$$

– уравнения теплового баланса

$$Q = G_н C_н t_н + G_п \cdot i_п = W \cdot I_w + G_к \cdot C_к \cdot t_к + G_п \cdot t_к + Q_{пот} \quad (3)$$

Это уравнение можно преобразовать следующим образом:

$$Q = G_к C_н t_н + W \cdot C_н t_н + G_п \cdot i_п = W \cdot I_w + G_к \cdot C_к \cdot t_к + G_п \cdot i_к + Q_{пот} \quad (4)$$

– уравнение для определения расхода греющего пара

$$G_п = \frac{\bar{G}_к C_к \Delta t + W(I_{\bar{W}} - C_н t_н) + Q_{пот}}{i_п - i_к} \quad (5)$$

При процессе выпаривания значительно изменяются расход и характеристики выпариваемого раствора, расход и давление вторичного пара. Эти изменения характеризуются периодическими возмущениями непрерывного действия (от потребителей), а также воздействиями при аварийных случаях. Внутренние возмущения определяются изменением термического сопротивления из-за образования накипи, свойств раствора в процессе выпаривания, а также накоплением неконденсирующихся газов и других неконтролируемых воздействий, что в значительной степени будет влиять на количество используемого теплоносителя, обеспечивающего заданную концентрацию упариваемого раствора.

Заключение. В работе разработана параметрическая схема процесса выпаривания, рассмотрены возмущающие, наблюдаемые и управляемые параметры процесса, описаны основные уравнения, связывающие входные и выходные характеристики процесса, выявлена основная задача управления процессом выпаривания – обеспечение необходимым количеством теплоносителя (греющим паром) для получения раствора с заданной концентрацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алпатов, Ю.Н. Моделирование процессов и систем управления: Учебное пособие / Ю.Н. Алпатов. - СПб.: Лань, 2008. - 140 с.

2. Алпатов, Ю.Н. Математическое моделирование производственных процессов: Учебное пособие / Ю.Н. Алпатов. - СПб.: Лань, 2008. 136 с.

3. Баранцев В.И. Сборник задач по процессам и аппаратам пищевых производств - М.: Агропромиздат, 2015. 136 с.

4. Дытнерскй Ю.И. Основные процессы и аппараты пищевых производств химической технологии: пособие по проектированию.-М.2011.

5. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. М.: 2011. 350 с.

6. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Изд. 9. М.: Химия, 2013.750 с.

7. Каветский Г.Д., Королев А.В. Процессы и аппараты пищевых производств – М., 2011. – 185с.

8. Кавецкий Г.Д., Касьяненко В.П. - Процессы и аппараты пищевой технологии. 3-е изд., перераб. и доп. - М.: КолосС, 2008. - 591 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

9. Машины и аппараты пищевых производств: в 3 кн. Кн. 1/ред. В.А. Панфилов. - М.: КолосС, 2009. - 610 с.

10. Машины и аппараты пищевых производств: в 3 кн. Кн. 3/ред. В.А. Панфилов. - 2-е изд., доп. и перераб. - М.: КолосС, 2009. - 551 с.

11. Остапчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств Учебное пособие. - К.: Выща школа, 1991. -367 с.

12. Процессы и аппараты пищевых производств: Учеб. для вузов: в 2-х кн. Кн. 1 / [А.Н. Остриков и др.]; под ред. А.Н. Острикова. - СПб.: ГИОРД, 2007. - 704 с..

13. Процессы и аппараты пищевых производств: Учеб. для вузов: в 2-х кн. Кн. 2 / [А.Н. Остриков и др.]; под ред. А.Н. Острикова. - СПб.: ГИОРД, 2007. - 608 с.

14. Процессы и аппараты пищевых производств: учеб. для вузов / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.В. Логинов [и др.]; под ред. А.Н. Острикова. -- СПб.: ГИОРД, 2012. -- 616 с.: ил.

15. Процессы и аппараты пищевых производств : учебное пособие / Т.В. Вобликова, С.Н. Шлыков, А.В. Пермяков. - Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2013. - 212 с.

16. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. - Процессы и аппараты пищевых производств. - 2-е изд., перераб., и доп. - М.: КолосС, 2005, - 760 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. Учеб. заведений).

17. Ткаченко Т.И., Угрюмова С.Д. Курсовое проектирование «Процессы и аппараты пищевых производств» - Владивосток, Дальрыбвтуз, 2007. - 155 с.

Статья поступила в редакцию 28.01.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 699.88

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ПЛОТИН ИЗ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ ДЕЙСТВИЯ ПОРАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ ПАВОДКА

© 2020

Рыбаков Анатолий Валерьевич, доктор технических наук, профессор, начальник научно-исследовательского отдела (по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций)
«Академия гражданской защиты МЧС России»
(141435, Россия, Московская обл., г. Химки, мкр.Новогорск, e-mail: anatol_rubakov@mail.ru)
Иванов Евгений Вячеславович, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории Информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС
«Академия гражданской защиты МЧС России»
(141435, Россия, Московская обл., г. Химки, мкр.Новогорск, e-mail: linia-zhizni@yandex.ru)
Сибгатулина Дина Шамилевна, старший преподаватель кафедры промышленной и экологической безопасности
Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ
(420111, Казань, ул. К. Маркса, 10 e-mail: dinart@list.ru)

Аннотация. В работе приводятся статистические данные по эксплуатируемым в настоящее время гидротехническим сооружениям, а также обосновывается актуальность необходимости определения состояния их защищенности от воздействия поражающих факторов паводков. Приводятся основные сведения о возможных типах плотин из грунтовых материалов и основных элементах их составляющих. Анализируются существующие подходы к моделированию механизмов разрушения плотин и раскрывается содержание подходов по проведению оценки защищенности плотин из грунтовых материалов от действия поражающих факторов паводка. Определяется область применения предлагаемого методического подхода по определению состояния защищенности гидротехнического сооружения. Основой предлагаемого авторами подхода является применение показателя защищенности, позволяющего учесть как параметры поражающих факторов, оказывающих воздействие на плотину из грунтовых материалов, так и характеристик элементов ее составляющих. В общих чертах излагается методика определения состояния защищенности гидротехнических сооружений к действию поражающих факторов паводка. Предлагаемый подход может являться основой для создания методики обоснования инженерных мероприятий по повышению защищенности плотин к действию паводка. Кроме того, на основе указанного подхода существует возможность осуществления прогноза по оценке состояния защищенности гидротехнических сооружений в оперативном порядке.

Ключевые слова: показатель защищенности, паводок, поражающие факторы, гидротехническое сооружение, разрушение плотин.

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE PROTECTION OF DAMS MADE OF GROUND MATERIALS FROM THE ACTION OF DAMAGING FLOOD FACTORS

© 2019

Rybakov Anatolii Valerevich, Doctor of technical Sciences, Professor, head of research Department (civil defense and emergency situations)
«Civil Defense Academy of EMERCOM of Russia»
(141435, Russia, Moscow region, the city of. Khimki, md. Novogorsk, e-mail: anatol_rubakov@mail.ru)
Ivanov Evgenii Viacheslavovich, candidate of technical Sciences, researcher of the laboratory of information support of the population and technologies of information support
«Civil Defense Academy of EMERCOM of Russia»
(141435, Russia, Moscow region, the city of. Khimki, md. Novogorsk, e-mail: linia-zhizni@yandex.ru)
Sibgatulina Dina Shamil'evna, senior lecturer of the Department of industrial and ecological safety
Kazan national research technical University. A. N. Tupolev-KAI
(420111 Kazan, ul. K. Marx, 10 e-mail: dinart@list.ru)

Abstract. The paper provides statistical data on currently operated hydraulic structures, as well as justifies the relevance of the need to determine the state of their protection from the impact of damaging flood factors. The basic information about possible types of dams made of ground materials and the main elements of their components is given. The existing approaches to modeling the mechanisms of dam destruction are analyzed and the content of approaches for assessing the protection of dams made of ground materials from the action of damaging flood factors is revealed. The scope of the proposed methodological approach to determine the state of protection of hydraulic structures is determined. The basis of the approach proposed by the authors is the use of the security index, which allows to take into account both the parameters of the damaging factors that affect the dam of ground materials, and the characteristics of the elements of its components. In General terms, the method of determining the state of protection of hydraulic structures to the action of damaging flood factors. The proposed approach can be the basis for creating a methodology for justifying

engineering measures to improve the protection of dams to flood action. In addition, on the basis of this approach, it is possible to make a forecast to assess the state of protection of hydraulic structures in an operational manner.

Keywords: protection index, flood, damaging factors, hydraulic structure, destruction of dams..

Введение. Ростехнадзор в соответствии с пунктом 1 раздела I Положения о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору (далее – Ростехнадзор), утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июня 2004 года № 401, является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в том числе и контролю по безопасности гидротехнических сооружений [1].

Общее количество поднадзорных Ростехнадзору ГТС (комплексов ГТС) составляет 25 819 [2].

Большая часть ГТС в дополнение к [3] экономической, оборонной и социальной значимости для государства, являются источниками потенциальной опасности. При этом под угрозой находятся население, материальные ценности, культурные ценности и окружающая природная среда. В настоящее время, в зоны возможного затопления (по результатам прогнозных расчетов по крупным водохранилищам) попадает свыше 300 населенных пунктов, прогнозируемая численность населения в указанных зонах оценивается в 1 млн. чел., а также находятся многочисленные объекты экономики [4], для малых водохранилищ в настоящее время в многочисленных государственных докладах по линии МЧС, Ростехнадзора и Минприроды оценка возможных последствий от действия поражающих факторов не приводится.

С другой стороны, число именно малые гидротехнические сооружения из-за отсутствия тотального контроля и сравнительной многочисленности представляют собой наибольшую опасность для населения, о чем в частности свидетельствует авария, произошедшая в Красноярском крае осенью 2019 года [5].

В качестве предмета исследования выступает гидродинамическая авария, связанная с разрушением гидротехнического сооружения и неуправляемым перемещением больших масс воды, несущих разрушения и затопления обширных территорий [6].

К основным потенциально опасным гидротехническим сооружениям относятся плотины, водозаборные и водосбросные сооружения (шлюзы) [7]. В качестве гидротехнического сооружения в работе рассматривается земляная дамба (насыпь).

Разрушение гидротехнических сооружений происходит в результате:

- стихийных бедствий (землетрясения, ураганы, размыв плотин);
- воздействия человека (воздействие средств вооруженной борьбы, террористические акты и т.п.);
- конструктивных дефектов или ошибок проектирования [8-10].

Основной причиной разрушений гидротехнических сооружений (земляных насыпных плотин) является частичное или полное разрушение насыпных дамб, которые являются насыпными (или намывными) сооружениями, как правило, из местных грунтов. Разрушение чаще всего провоцируются формированием в теле дамб водопроводящих каналов и последующим размывом [11-13].

В результате исследования, проведенного специалистами Горного института КНЦ РАН, были определены общие тенденции формирования кривой депрессии в теле дамбы в зависимости от свойств грунтов и уровня внешней статической нагрузки, вызванной действием толщи воды. Были установлены закономерности смещения тела гидротехнического сооружения и его внутренних деформаций. Результаты численного эксперимента показали, что процессы деформирования помимо тела дамбы (насыпи) захватывают подстилающее основание дамбы на глубину, примерно равную высоте плотины [14-16].

Определенный интерес представляют также результаты физического моделирования [17, 18], полученные в результате проведения ряда экспериментов, где моделировался процесс разрушения плотины, вызванный ее переполнением.

В частности, было установлено, что процесс увеличения объема воды, истекающей через проран носит нелинейный характер.

Это касается также расхода истечения воды через проран и связано с размывом тела плотины и увеличением ширины прорана после начала разрушения вследствие увеличения действующего напора водных масс. В дальнейшем, при значительной деформации откосов плотины процесс увеличения прорана происходит как за счет смыва грунта с обтекаемых поверхностей, так и вследствие обрушения боковых откосов [17].

К отдельной группе методов моделирования стоит отнести численный эксперимент, для проведения которого в настоящее время создан целый ряд образцов специального программного обеспечения (*FLAC3d, 3d Plaxis, FEM models* и многие другие). В основе большинства рассматриваемых программ лежит решение дифференциальных уравнений, описывающих поведение частиц жидкости и их взаимодействие с частицами грунта, составляющими тело плотины [19].

Все перечисленные выше методы имеют достаточно высокую точность и обеспечивают требуемый уровень достоверности полученных результатов расчетов, но к сожалению, требуют значительных затрат времени и соответствующей квалификации персонала, что не всегда возможно особенно для случаев оперативных расчетов для небольших объектов.

Постановка задачи. В качестве объекта ис-

следования в статье рассматриваются плотины из грунтовых материалов, как наиболее распространенные

Плотины из грунтовых материалов в зависимости от материала их тел и противофильтрационных устройств, а также способов возведения, подразделяют на типы, основные из которых указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Типы плотин из грунтовых материалов [20]

Тип плотины	Отличительные признаки
Земляная насыпная	Грунты от глинистых до гравийно-галечниковых; отсыпают насухо с уплотнением или в воду
Земляная намывная	Грунты от глинистых до песчано-гравийных и гравийно-галечниковых; намывают средствами гидромеханизации
Каменно-земляная	Грунты тела - крупнообломочные; противофильтрационных устройств - от глинистых до мелкопесчаных
Каменно-набросная	Грунты тела - крупнообломочные; противофильтрационные устройства из негрунтовых материалов или комбинированные: грунт + инъекция, и т.п.

Рассмотрим более подробно земляные насыпные плотины (рис. 1 и табл 2) [20].

Таблица 2 – Виды земляных насыпных плотин из грунтовых материалов [20]

Элементы плотины	Вид плотины
Тело плотины	Однородная (рисунок 1, а) Неоднородная (рисунок 1, б, в, д, ж) с экраном из негрунтовых материалов (рисунок 1, г) С грунтовым ядром (вертикальным или наклонным), (рисунок 1, д) С негрунтовой диафрагмой (рисунок 1, е) С грунтовым экраном (рисунок 1, ж)
Противо-фильтрационное устройство в основании плотины	С зубом (рисунок 1, г) С инъекционной (цементационной и другой) завесой (рисунок 1, д) Со стенкой, шпунтом (рисунок 1, е) С понуром (рисунок 1, ж)

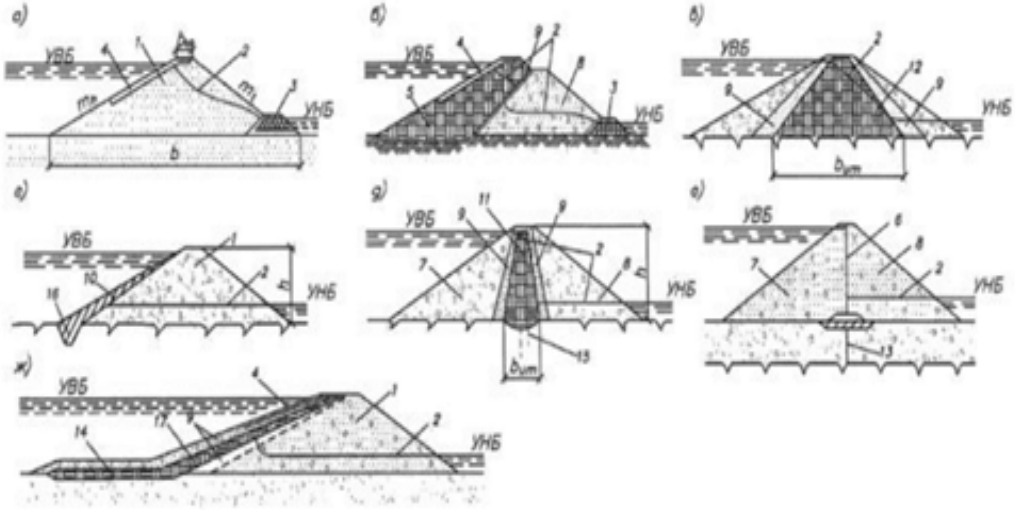


Рисунок 1 – Виды земляных насыпных плотин [20]

1 - тело плотины; 2 - поверхность депрессии; 3 - дренаж; 4 - крепление откоса; 5 - верховая противофильтрационная призма из негрунтовых материалов; 6 - диафрагма; 7 - верховая призма; 8 - низовая призма; 9 - переходные слои; 10 - экран из негрунтовых материалов; 11 - грунтовое ядро; 12 - центральная грунтовая противофильтрационная призма; 13 - шпунт или стенка; 14 - понур; 15 - инъекционная (цементационная) завеса; 16 - зуб; 17 - грунтовый экран.

h - высота плотины; *b* - ширина плотины по низу; *bum*- ширина противофильтрационного устройства по низу; *bup* - ширина плотины по гребню; *mh* - коэффициент верхового откоса; *mt* - коэффициент низового откоса; УВБ - уровень верхнего бьефа; УНБ - уровень нижнего бьефа.

Учитывая ранее названные недостатки рассмотренных методов исследования механизмов разрушения плотин возникает необходимость разработки подхода по диагностированию состояния малых гидродинамических сооружений, который позволил бы обосновать перечень и объем превентивных мероприятий в области защиты от чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС), вызванных гидродинамическими авариями.

Материалы и результаты исследования. Оценка степени защищенности гидротехнических сооружений к воздействию поражающих факторов ЧС может быть сведена к решению задачи по определению значений показателей защищенности критических элементов гидротехнических сооружений (1) и их соотнесению со значениями показателя защищенности, соответствующих граничным условиям разрушения (2), (3).

$k=f(P, \psi \mid \Theta),$ (1)

$k \leq$ коп – конструктивный элемент разрушен; (2)

k > kon – конструктивный элемент не разрушен; (3)

где ψ – параметры конструктивных элементов составляющих гидротехническое сооружение,

P – параметры поражающего фактора, приводящего ЧС (аварии на гидротехническом сооружении),

Θ – сценарий ЧС,

kon – максимальные значения показателя защищенности соответствующие разрушению объекта.

Из анализа проведенных расчетов можно предположить, что к факторам, влияющим на динамику разрушения земляных насыпных плотин из грунтовых материалов можно отнести:

h – уровень воды, относительно нижнего бьефа плотины;

t – время действия поражающего фактора, вызывающего разрушение гидротехнического сооружения;

V – скорость потока воды (для случая перелива воды через тело плотины или в проране).

В качестве основных параметров конструктивных элементов гидротехнических сооружений и гидротехнического сооружения предлагается рассматривать следующие:

ρs – плотность частиц грунта;

l0 – ширина гребня дамбы;

m – отношение длины горизонтальной проекции откоса к высоте откоса;

d – размер частиц грунта;

S – площадь хранилища по максимальной отметке гребня дамбы;

V – объем водохранилища;

- эмпирические коэффициенты, учитывающие характер грунта;тела устоя и другие факторы.

По аналогии с подходом, описываемым в [21-23], построим плоскость, характеризующую все множество состояний объекта, описываемых зна-чениями *ki* (рис. 2). Где значения <*V*> и <*h*>, зависят как от характеристик ψ, так и от значений P.

Рисунок 2 - <V>-<h> – диаграмма, характеризующая множество состояний гидротехнического сооружения

На следующем этапе необходимо произвести разделение всей области <*V*>-<*h*> – диаграммы на ряд подобластей, характеризующих различные степени разрушения элементов мостового сооружения. Для чего необходимо выявить следующие функциональные зависимости:

$$\langle V \rangle = f(P_V, \psi_V) \quad (4)$$

$$\langle h \rangle = f(P_h, \psi_h) \quad (5)$$

где:

P_V – параметры поражающего фактора, от которых зависят значения приведенной скорости течения потока;

ψ_V – параметры, характеризующие гидротехническое сооружение от которых зависят значения приведенной скорости течения потока;

P_h – параметры поражающего фактора, от которых зависят значения приведенного уровня глубины потока;

ψ_h – параметры характеризующие гидротехническое сооружение, от которых зависят значения приведенного уровня глубины потока.

После нахождения функциональной зависимости, на основе анализа имеющейся статистики, описывающей условия разрушения гидротехнического сооружения, возможно определение границ на <*V*>-<*h*> – диаграмме, разделяющей области разрушения-не разрушения гидротехнического сооружения (рис. 3).

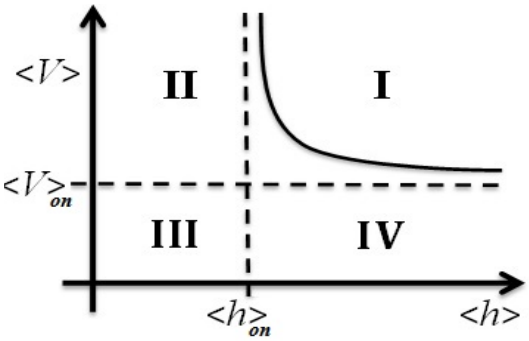


Рисунок 3 – <V>-<h> – диаграмма с разделением областей состояния элементов гидротехнического сооружения

Как показано на рисунке 3, <*V*>-<*h*> – диаграмма условно может быть разделена на 4 области:

<*V*> > <*V*>*on* , <*h*> > <*h*>*on* – I область, характеризующая разрушение объекта, обусловленное действием как приведенной скорости, так и уровня глубины потока (область полных и средних разрушений);

<*V*> < <*V*>*on*, <*h*> < <*h*>*on* – III область, характеризующая не разрушение объекта (область слабых разрушений и не разрушения);

<*V*> > <*V*>*on*, <*h*> < <*h*>*on* – II область, характеризующая разрушение объекта, обусловленное действием только приведенной скорости потока (область средних разрушений);

<*V*> < <*V*>*on*, <*h*> > <*h*>*on* – IV область, характеризующая разрушение объекта, обусловленное действием только приведенного уровня глубины потока (область средних разрушений).

Таким образом, решение задачи оценки защищенности гидротехнических сооружений сводится к отнесению их к той или иной области <*V*>-<*h*> – диаграммы.

Выражение (1) предлагает осуществлять определение степени защищенности гидро-технических сооружений по величинам найденных значений показателя защищенности.

Показатель защищенности выступает в качестве меры, характеризующей способность объекта выполнять свое функциональное предназначение в условиях воздействия поражающих факторов ЧС. Численно показатель защищенности будем определять как отношение текущих характеристик рассматриваемого объекта (в условиях реа-лизации ЧС) к характеристикам его начального (идеального) состояния, при котором он устойчиво функционирует (область III на рис. 3). Применительно к <*V*>-<*h*> – диаграмме значения показателя могут быть найдены по соотношению площадей, представленных в формуле 6.

Методика определения состояния гидротех-

$$k = \frac{\langle V \rangle_{on} \langle h \rangle_{on}}{\langle V \rangle \langle h \rangle} \qquad (6)$$

нических сооружений включает в себя выполнение следующих операций:

1. Нахождение вероятных значений параметров поражающих факторов, которые будут влиять на значения показателя защищенности.
2. Определение критических элементов, разрушение которых будет приводить к разрушению всего гидротехнического сооружения.
3. Нахождение значений параметров критических элементов гидротехнического сооружения.
4. Определение положения точки, характеризующей состояние элемента гидротехнического сооружения на <*V*>-<*h*> – диаграмме.
5. Нахождение значений показателя защищенности конструктивного элемента гидротехнического сооружения.
6. Определение уровня защищенности (степени разрушения) каждого критического элемента гидротехнического сооружения.
7. Вывод о состоянии гидротехнического сооружения.

Полученные значения показателя защищенности предлагается применять для обоснования вывода о состоянии защищенности гидротехнического сооружения к действию поражающих факторов ЧС.

Выводы. Представленный в работе подход позволит в оперативном порядке осуществлять прогноз по состоянию защищенности гидротехнических сооружений. Полученные значения показателя защищенности в свою очередь могут быть использованы при осуществлении планирования и проведения превентивных и оперативных мероприятий направленных на снижение (предотвращение) ущерба вызванного разрушениями гидротехнических сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Постановление Правительства Россий-ской Федерации от 30 июня 2004 года № 401 «О Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору». [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/901904850 (дата обращения: 1.12.2019).
2. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2018 году. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/Годовой%20отчет%20за%202018%20год.pdf (дата обращения: 1.12.2019).
3. Жаворонкова Н.Г. Эколого-правовые проблемы обеспечения безопасности при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: диссертация ... доктора юридических наук: 12.00.06 / Жаворонкова Наталья Григорьевна. – Москва, 2007. – 442 с., ил.
4. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году». [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://water-rf.ru/water/gosdoc/519.html (дата обращения: 1.12.2019).
5. Отчет Енисейского управления Ростехнадзора Об аварии насыпи в Курагинском районе Красноярского края. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://enis.gosnadzor.ru/news/65/1044/ (дата обращения: 1.12.2019).
6. Технический регламент «О безопасности гидротехнических сооружений электрических станций». [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200050399 (дата обращения: 1.12.2019).
7. Федеральный закон от 21.07.1997 № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений». [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15265/9371abf6b81551d7cf96db61478966ba2fd88505/ (дата обращения: 1.12.2019).
8. Ramos C.M. (1989) Models for Study of the Hydrodynamic Actions on Hydraulic Structures. In: Martins R. (eds) Recent Advances in Hydraulic Physical Modelling. NATO ASI Series (Series E: Applied Sciences), vol 165. Springer, Dordrecht
9. Mohammad R. B., Amirhossein M. Evaluation of Earth Dam Leakage Considering the Uncertainty in Soil Hydraulic Parameters // Civil Engineering Journal. – 2019. - №7 – p. 1543-1556.
10. Ramachandra Rao, A. & Khaled, H. H., "Flood Frequency Analysis", 1999, CRC-Press. (ISBN: 9780849300837).
11. Dong, Haizhou, Jiansheng Chen, and Xiaoying Li. "Delineation of Leakage Pathways in an Earth and Rockfill Dam Using Multi-Tracer Tests." Engineering Geology 212 (September 2016): 136–145. doi:10.1016/j.enggeo.2016.08.003.
12. Jamel, Asmaa Abdul Jabbar. "Analysis and Estimation of Seepage through Homogenous Earth Dam without Filter." Diyala Journal of Engineering Sciences 9, no. 2 (2016): 38-49.
13. Пономарчук К. Р. Оценка параметров развития прорана при разрушении грунтовой плотины // Природообустройство. – 2011. – № 3. – С. 77–82.
14. Калашник А.И., Калашник Н.А. Исследования ограждающего насыпного гидротехнического сооружения как прототипа дамбы хвостохранилища горно-обогатительного предприятия // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2013. С. 27-30.
15. Калашник А.И., Запорожец Д.В., Калашник Н.А. Идентификация фильтрационно-деформационных процессов

в теле ограждающей дамбы хвостохранилища // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2013. С. 13-17.

16. Мельников Н. Н., Калашник А. И., Калашник Н. А., Запорожец Д. В. Применение современных методов для комплексных исследований состояния гидротехнических сооружений региона Баренцева моря // Вестник Мурманского государственного технического университета. – 2017. - №1 (т.20) - С.13-20.

17. Пряхина Г.В., Боронина А.С., Попов С.В., Распутина В.А., Войнаровский А.Е. Физическое моделирование разрушения грунтовой дамбы водохранилища в процессе переполнения водоем // Известия Русского географического общества – 2019. – вып.2 (т.151) - С. 51-63.

18. Распутина В.А., Боронина А.С., Пряхина Г.В., Попов С.В., Подходы к оценке прорывных па-водков в результате разрушения снежно-ледовых и грунтовых плотин // Современные проблемы водохранилищ и их водос-боров Труды VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2019. - С. 204-209.

19. Афанасьев К.Е., Попов А.Ю. Моделирование процесса разрушения плотины методом SPH // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: математика, механика, информатика – 2009. - №3 (т.9) - С. 3-22.

20. СП 39.13330.2012 Плотины из грунтовых материалов. Актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84*. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200095521 (дата обращения: 1.12.2019).

21. Рыбаков А.В., Сатбеков Д.С., Иванов Е.В. Методика оценки защищенности мостовых сооружений от действия поражающих факторов паводка // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2019. - №2 - С.87-93.

22. Рыбаков А.В., Иванов Е.В., Седов Д.С., Овсянников Р.Е. О подходе к определению показателя и построение шкалы оценки защищенности опасного производственного объекта // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2017. - №3 – С344-352.

23. Рыбаков А.В., Иванов Е.В., Савинов А.М., Геккель И.Я. О подходе к определению показателя защищенности зданий и сооружений опасного производственного объекта // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2017. - №2 - С.33-40.

Статья поступила в редакцию 07.12.2019
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 62(62-78)(571.56)

О ВЛИЯНИИ ОПТИМИЗАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ НА ОХРАНУ ТРУДА (НА ПРИМЕРЕ ЯКУТИИ)

© 2020

Апросимова Екатерина Петровна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры “Горное дело”
Северо- Восточный Федеральный Университет им. М.К. Аммосова
(677000, Россия, Якутск, ул. Кулаковского 50, корпус КТФ, офис 519 e-mail: MF_YSU@mail.ru)
Андреев Николай Иннокентьевич, старший преподаватель кафедры “Техносферная безопасность”
Северо- Восточный Федеральный Университет им. М.К. Аммосова
(677000, Россия, Якутск, ул. Кулаковского 50, корпус КТФ, офис 502)

Аннотация. Изменение социального строя в России привело к капитализации основных производств не только промышленности, но и других областей жизнедеятельности. Но многие статьи Конституции РФ сохраняют социальную направленность (характер), например, право на труд и его охрану декларируется, как основное право гражданина. Однако анализ производств последнего десятилетия показывает, что труд стал одной из самых незащищенных сфер жизнедеятельности. Такое положение дел, обусловлено не только тем, что при осуществлении технологических процессов возникают опасные и вредные факторы производственной среды, воздействующие на жизнь и здоровье, но и изменением подхода к анализу безопасности и контролю труда, оптимизацией показателей мониторинга безопасности. Оптимизация показателей мониторинга безопасности последних лет привела к расхождению отчетных данных Фонда социального страхования (ФСС) и Государственной инспекции труда (ГИТ). Если сфера деятельности ФСС направлена на помощь и устранение последствий травматизма и несчастных случаев, то ГИТ решает вопросы обеспечения качества условий труда, выполнения требований охраны труда, как основного права граждан. Не совпадение данных отчетов и мониторингов в сфере труда приводит не только к проблеме повышения выплат социальных компенсаций, но и к уменьшению эффективности охраны труда в связи с неточностью и ошибками при выявлении истинных причин травматизма и несчастных случаев на производстве. Статья посвящена анализу статистических данных травматизма и влиянию оптимизации параметров мониторинга безопасности на условия труда и сохранение здоровья работающих на производственных предприятиях. Анализ проведен на базе данных Республики Саха (Якутия).

Ключевые слова: анализ и контроль травматизма, оптимизация, условия труда, безопасность.

ABOUT INFLUENCE OF OPTIMIZATION OF MONITORING PARAMETERS OF SAFETY ON LABOR PROTECTION (ON THE EXAMPLE OF YAKUTIA)

© 2019

Ekaterina Petrovna Aprosimova, candidate of technical science, associate professor, associate professor of department of mine engineering,
M.K. Ammosov North-Eastern federal university
(677000, Russia, Yakutsk, Belinskyi street 50, of.519, e-mail: MF_YSU@mail.ru)
Nikolay Innokentyevich Andreev, senior teacher of department of technospere safety,
M.K. Ammosov North-Eastern federal university,
(677000, Russia, Yakutsk, Belinskyi street 50, of. 502)

Abstract. The change of the social system in Russia has led to the capitalization of the main production, not only industry, but also other areas of life. But many clauses of the Constitution of the Russian Federation keep a social orientation (character), for example, the right to work and its protection is declared as the basic right of citizens. However, the analysis of the production of the last decade shows that the sphere of labor has become one of the most unprotected spheres of life. This situation is due not only to the fact that during the implementation of technological processes there are dangerous and harmful factors of the production, affecting life and health, but also the change in the analysis of safety and labor control, optimization of safety monitoring indicators. Optimization of safety monitoring indicators in recent years has led to a discrepancy between the reporting data of the Social insurance Fund (SIF) and the State labour Inspectorate (SLI). If the scope of the SIF is aimed at helping and eliminating the consequences of injuries and accidents, the SLI solves the issues of providing the quality of working conditions, execution of labor protection requirements, as a fundamental right of citizens. The discrepancy between the reports and monitoring in the field of labor leads not only to the problem of increasing of social compensations payments , but also to a decrease in the effectiveness of labor protection due to inaccuracies and errors in identifying the true causes of injuries and accidents at work. The article is devoted to the analysis of statistical data of injuries and the impact of optimization of safety monitoring parameters on working conditions and health preservation of workers at industrial enterprises. The analysis was carried out on the database of the Republic of Sakha (Yakutia).

Key words: analysis and control of traumatism, optimization, conditions of work, security.

Введение. Анализ производств последнего десятилетия показывает, что труд стал одной из самых незащищенных сфер жизнедеятельности. Это, безусловно, обусловлено капитализацией, но и вне меньшей степени изменением подхода к анализу безопасности и контроля труда, оптимизацией показателей мониторинга безопасности. Одной из сопутствующих причин неэффективности профилактических мер является ненадлежащий учет случаев производственного травматизма, а так же недостатки, связанные с установлением причин несчастных случаев и мероприятий по их устранению.

Цель исследования. Актуализировать основной постулат управления безопасности труда, основанный на анализе расширенной базы статистических данных.

Для решения проблем:

- выявления истинных причин травматизма и несчастных случаев (НС) на производстве;
- обеспечения объективности принимаемых решений по установлению причин травматизма и НС;
- соблюдения требований охраны труда, как основного права граждан, вне зависимости от вида производства и сферы деятельности.

Материалы и результаты исследований. Изменение социального строя в России привело к капитализации основных производственных сфер не только промышленности, но и других областей жизнедеятельности. Но многие статьи Конституции РФ сохраняют социальную направленность(характер), например, право на труд и его охрану декларируется, как основное право гражданина [1]. Однако анализ статистических данных демонстрирует, что труд стал одной из самых незащищенных сфер жизнедеятельности.

Исследования показывают, что оптимизация показателей мониторинга безопасности последних лет привела к расхождению отчетных данных Фонда социального страхования и Государственной инспекции труда. В качестве примера рассмотрим ежегодные отчетные данные трех ведущих организаций Якутии, которые так или иначе связаны с решением задач уменьшения показателей преждевременной смертности от производственного травматизма и профессиональной заболеваемости (табл. 1) [2-5].

Таблица 1 – Сравнение показаний отчетности за 2018 год

Наименование организации	Количество нечастных случаев на предприятиях РС (Я)/ Количество человек	Травмы легкой степени (ТЛС)	Травмы тяжелой степени (ТТС)	Травмы со смертельным исходом (ТСИ)
РО Фонда социального страхования по РС (Я)	274/293	223	**54**	**19**
Статистика по Республике Саха (Якутия)	*/311	*	*	**19**
Государственная инспекции труда в РС(Я)	*	*	**48**	**16**

(*) - данные не представлены в отчетах

Представленные отчетные данные свиде-тельствуют:

- о наличии расхождений (проблем) в показателях травматизма;
- об относительной достоверности данных;
- об отсутствии единой базы данных.

Учет и анализ различных сфер безопасности – важнейшие факторы, влияющие на оценку состояния производства, выявление проблем и задач безопасности, в том числе планирования профилактических мероприятий. В этой связи искажения отчетности подобные таблице 1 - не допустимы.

Эффективность ведения работы в любой области, в том числе в сфере охраны труда, требует наличие порядка и единства оценки и представления фактических данных. Единство и порядок оценки безопасности определяется законодательной базой страны, в данном случае – Трудовым Кодексом (ТК).

Статьями ТК очерчен порядок расследования несчастных случаев (НС) происшедших на производстве. Основная задача расследования НС – выявление причин и разработка мероприятий для устранения недостатков в сфере охраны труда и сохранения здоровья работающих.

Вернемся к таблице 1 и увидим, что она обнажает проблему отсутствия или недостаточности аналитической работы по проблеме учета (мониторинга) всех видов НС. Заметим, что для реализации политики по профилактике НС и сохранение здоровья трудящихся Государственная инспекции труда РС(Я) наделена соответствующими полномочиями. Она может выполнять полный и глубокий анализ состояния и причин производственного травматизма для разработки предложений. Однако табличные данные констатируют - инспекция труда не рассматривает травматизм легкой степени. Это при том, что происшествий с легким исходом, приблизительно в 4 раза больше количества НС с тяжелыми последствиями [6-13]. Анализ практики последнего десятилетия показывает, что именно при расследовании несчастных случаев с легким исходом часто допускаются нарушения установленного порядка.

Рассмотрим данные Государственной инспекции труда Якутии по мониторингу соблюдения законодательства о труде на производственных предприятиях (рис. 1).

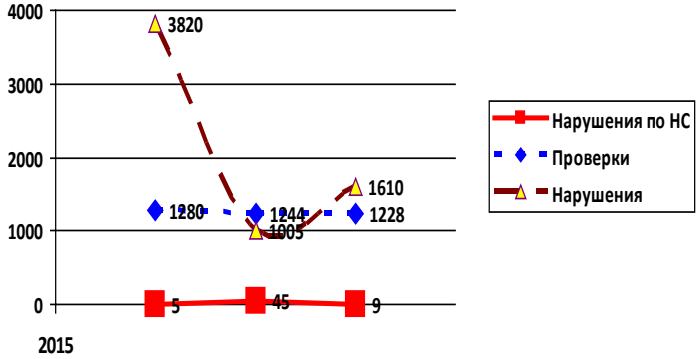


Рисунок 1 – Мониторинг соблюдения законодательства (2016-2018 гг.)

Диаграмма отражает низкий уровень качества выявленных нарушений по вопросам расследования, оформления и учета НС на производстве. В 2017 году мониторинг показал снижение нарушений до 1005, но при этом в разы возросли нарушения по вопросам расследования НС (с 5 до 45). Приведенный факт говорит о том, что отсутствует показатель, который бы демонстрировал причинно-следственную связь, характеризующую истинное положение дел по соблюдению законодательства на производственных предприятиях региона.

По региону в целом просматриваемая нестабильная динамика изменения количества несчастных случаев с тяжелыми последствиями. Это указывает на недостаточность проводимой в организациях республики профилактической работы по предупреждению производственного травматизма, профилактике неудовлетворительной организации работ, нарушений трудовой и производственной дисциплины, а так же не эффективности или отсутствии оценочных средств качества обучения работников и т.д..

В ходе работ с материалами расследований НС с тяжелыми последствиями, представленными Федерацией профсоюзов республики, обнару-жено, что на отдельных листах приобщены аргументированные мнения членов комиссий несогласных с принятыми решениями при оформлении актов о несчастном случае на производстве (форма Н-1). На дополнительных листах выражены особые мнения.

Считаем, что возникшие разногласия должны быть рассмотрены вышестоящим руководством, направившим их для участия в расследовании. Однако ни одно особое мнение члена комиссии, в нарушении процедуры разрешения разногласий предусмотренного статьей 231 Трудового кодекса РФ и пункта 24 «Положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях» (утв. постановлением Минтруда России от 24 октября 2002 г. №73) не было рассмотрено.

Игнорирование мнений всех членов комиссии нарушает непредвзятость и демократичность принимаемых решений по установлению истинных причин происшедшего, так как не учитывает разногласия при расследовании НС.

Диаграмма еще раз подтверждает недостаточность работы по учету всех видов НС. Как следствие подобное положение дел так же не позволяет принимать объективные решения для выработки профилактических мер, направленных на устранение причин.

Анализ данных Фонда социального страхования по Якутии (ФСС) за 2018 год демонстрирует, что основными причинами происшествий, приведших к несчастному случаю, являются:

- 15% неудовлетворительная организация производства работ;
- 10% нарушение технологического процесса;
- 14% нарушение правил дорожного движения;
- 6% недостатки в организации и проведении подготовки работников по охране труда;
- 55% прочие причины (квалифицированные материалами расследования НС).

Данные ФСС констатируют, что более чем в 50% НС коренные причины, приведшие к трагедии, комиссиями по расследованию неопределенны. Отсутствие определения коренных причин, чревато тем, что:

- не разрабатываются конкретные превентивные меры;
- не устанавливаются лица, работа которых привела к трагедии.

Оптимизация показателей мониторинга и аналитической работы не позволяет добиться основной цели расследования НС на производстве – устранение потенциальной опасности.

Управление ситуациями в области безопасности труда основано на анализе рисков, который носит вероятностно-ориентированный подход и требует расширенной базы статистических данных. Многолетний опыт работы авторов статьи доказал, что отсутствие контроля и анализа причин всех видов НС, в том числе с легким исходом, как правило, приводит к тяжелым последствиям.

Выводы. Оптимизация параметров мониторинга безопас-ности и аналитической работы по охране

труда без определения последствий - недопустимы.

Для устранения искажений в отчетности нужна единая база, сформированная на данных Минздрава, МВД, ФСС, Федерации Профсоюзов и Росстата.

Требуются научные исследования для разработки и обоснования единой методологии расследования травматизма, которая включает отбор факторов, событий и установление взаимосвязей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Российская Федерация Конституция. Конституция Российской Федерации официальный текст с изменениями от 30.12.2008 №6-ФКЗ, №7- ФКЗ, от 05.02.2014 №2-ФКЗ. ¬ М.: Норма, 2014. ¬ 93 с.
2. Доклад о состоянии условий и охраны труда в Республике Саха (Якутия) за 2018 год (с приложениями). Министерство труда и социального развития РС (Я). ¬ Якутск, 2019. ¬ 96 с.
3. https://mintrud.sakha.gov.ru/deyatelnost/ohrana-truda3/gosudarstvennaja-ekspertiza-uslovij-truda2/infografika-itogi-gosudarstvennoj-ekspertizy-uslovij-truda-v-respublike-saha-jakutija-za-2018-g Инфографика. Итоги государственной экспертизы условий труда в Республике Саха (Якутия) за 2018 г. (дата обращения 20.10.2019);
4. Материалы Федерации профсоюзов Республики Саха (Якутия) по несчастным случаям с тяжелыми последствиями (Фондодержатель Федерации профсоюзов РС (Я))
5. Материалы Фонда социального страхования Республики Саха (Якутия) (Фондодержатель ГУ РО ФСС по РС (Я))
6. Травматизм на производстве труда в РС (Я) за 2000, 2005, 2008-2015гг.//Статистический бюллетень №8/349. - Якутск, 2016.
7. Сведения об условиях труда и компенсациях за работу во вредных и (или) опасных условиях труда в РС (Я) за 2014г.//Статистический бюллетень №119/234. - Якутск, 2015.
8. Сведения о состоянии условий труда и компенсациях на работах с вредными и (или) опасными условиями труда в РС (Я) за 2015 г.//Статистический бюллетень №240/43. - Якутск, 2016.
9. Сводный годовой доклад о ходе реализации и оценке эффективности государственных программ РС (Я) за 2012 г // URL: https://mineconomic.sakha.gov.ru/gosudarstvennye-programmy-rsja / (дата обращения: 13.12.16).
10. Сводный годовой доклад о ходе реализации и оценке эффективности государственных программ РС (Я) за 2013 г // URL: https://mineconomic.sakha.gov.ru/gosudarstvennye-programmy-rsja / (дата обращения: 14.12.16).
11. Сводный годовой доклад о ходе реализации и оценке эффективности государственных программ РС (Я) за 2014 г // URL: https://mineconomic.sakha.gov.ru/gosudarstvennye-programmy-rsja / (дата обращения: 15.12.16).
12. Сводный годовой доклад о ходе реализации и оценке эффективности государственных программ РС (Я) за 2015 г // URL: https://mineconomic.sakha.gov.ru/gosudarstvennye-programmy-rsja/ (дата обращения: 17.12.16).
13. Сводный годовой доклад о ходе реализации и оценке эффективности государственных программ РС (Я) за 2016 г // URL: https://mineconomic.sakha.gov.ru/gosudarstvennye-programmy-rsja / (дата обращения: 24.10.17).
14. Российская Федерация Трудовой кодекс. Трудовой кодекс Российской Федерации по состоянию на 01.10.16 с таблицей изменений. ¬ М.: Проспект, 2016. ¬ 773 с.
15. В России необходимо улучшать условия труда // URL: http://er.ru/news/64445 (дата обращения: 19.11.19).
16. Приказ Минтруда РФ от 24 февраля 2000 г. №65 «Об утверждении Положения о государственной инспекции труда в субъекте РФ» (Фондодержатель Министерства труда и социальной защиты РС (Я)
17. A new community strategy on health safety at work 2007-2012/ European Commission, Brussels, 2007.
18. Economic incentives to improve occupational safety and health: a review from European perspective// The European Agency for Safety and Health at Work. - Luxembourg: Publication Office of the European Union, 2010.
19. Estimating the economic costs of occupational injuries and illnesses in developing countries: essential information // Program on safety and health at work and the environment. – Geneva: International Labor Office, 2012.
20. Strengthening the role of employment injury schemes to help prevent occupational accidents and diseases // Program on safety and health at work and the environment. – Geneva: International Labor Office, 2012.

Статья поступила в редакцию 10.12.2019
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 628.9:681.51

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА

© 2020

Кудряшов Алексей Валерьевич, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности»
Южно-Уральский государственный университет
(454080, Россия, г. Челябинск пр. Ленина, 76, e-mail: kudriashovav@susu.ru)
Нестеров Александр Сергеевич, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Автоматизированный электропривод»
Южно-Уральский государственный университет
(454080, Россия, г. Челябинск пр. Ленина, 76, e-mail: nesterovas@susu.ru)
Баранников Максим Юрьевич, студент
Южно-Уральский государственный университет
(454080, Россия, г. Челябинск пр. Ленина, 76, e-mail: barannikov.mu@gmail.com)

Аннотация. На данный момент существует множество реализованных и запатентованных систем управления освещением (СУО), предназначенных для автоматизации освещения в помещении и для экономии электроэнергии, но большинство из них не учитывают требования нормативных документов по внутреннему освещению рабочих мест с дисплеями. В существующих стандартах указано, что необходимо контролировать уровень освещения как на поверхности рабочего места, так и в области монитора. Несоблюдение данных норм может стать причиной зрительного утомления и в целом повлиять на здоровье персонала. Анализ патентных источников и представленных на рынке СУО, продемонстрировал отсутствие подобных систем. Авторами была разработана система управления освещением рабочего места, которая с помощью датчиков учитывает освещение на двух поверхностях и автоматически регулирует уровень искусственного света, создаваемого светодиодным светильником, который поддерживает диммирование по протоколу DALI. Необходимым условием корректной работы созданной авторами СУО является алгоритм, одновременно учитывающий показания двух датчиков освещенности (расположенных на дисплее и на поверхности стола). Программирование алгоритма для ПЛК производилось на языке ST (Structured Text) в среде разработки для промышленной автоматизации CoDeSys. Работоспособность описанного алгоритма подтверждена при эксплуатации опытного образца СУО.

Ключевые слова: освещение, светодиоды, системы управления освещением, автоматизация, зрительное утомление, диммирование, регулирование, DALI, CoDeSys, алгоритм.

AUTOMATED WORKPLACE LIGHTING CONTROL SYSTEM

© 2019

Kudryashov Aleksey Valerievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
of the Department of Life Safety
South Ural State University
(454080, Russia, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 76, e-mail: e-mail: kudriashovav@susu.ru)
Nesterov Alexander Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
of the Department of Automated electric drive
Barannikov Maxim Yurevich, student
South Ural State University
(454080, Russia, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 76, e-mails: kudriashovav@susu.ru, barannikov.mu@gmail.com)

Abstract. At the moment, there are many implemented and patented lighting control systems designed to automate indoor lighting and save energy, but most of them do not take into account the requirements of the regulations for indoor lighting of workplaces with displays. Existing standards state that it is necessary to control the level of lighting both on the worktable surface and in the monitor area. Failure to comply with these standards can lead to visual fatigue and generally affect the health of the worker. Patent Analysis and commercially available lighting control systems demonstrated the absence of such systems. The authors developed a workplace lighting management system that uses sensors to take into account the lighting on two surfaces and automatically adjusts the level of artificial light created by the LED luminaires, which supports DALI dimming. A prerequisite for the correct operation of the lighting control system, created by the authors, is an algorithm that simultaneously takes into account the readings of two light sensors (located on the display and on the table surface). Programming of the algorithm for the PLC was performed in ST (Structured Text) language in the development environment for industrial automation CoDeSys. The operability of the described algorithm is confirmed during operation of the prototype.

Keywords: lighting, LEDs, lighting control systems, automation, visual fatigue, dimming, regulation, DALI, CoDeSys, algorithm.

Введение. Большая часть вырабатываемой электроэнергии расходуется на осветительные приборы. Согласно исследованиям, 19% потребления энергии в мире используется для освещения, и 6% выбросов парниковых газов в мире происходит от той энергии, которая используется для освещения [1]. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности давно и прочно имеет один из самых высоких приоритетов государственной политики в Российской Федерации [2] и других стра-нах. Вследствие этого осветительные энергопотребители часто являются предметом для исследования и экономии энергетических ресурсов [3–5]. Экономия электрической энергии может быть достигнута как за счет уменьшения установленной мощности, так и за счет уменьшения времени наработки за год. Для решения этой задачи используются автоматизированные системы управления освещением, которые позволяют обеспечить нужное количество света, где и когда это необходимо [6].

Кроме того, проектируемая СУО должна удовлетворять светотехническим требованиям к рабочим местам внутри зданий, включая освещение рабочих мест с персональными компьютерами и технологическими мониторами, для обеспечения зрительного комфорта и работоспособности для людей с нормальными функциями зрения.

Цель работы – обеспечение освещения рабочего места с персональными компьютерами согласно требованиям нормативных документов.

Задачей работы является создание эффективной автоматизированной системы освещения рабочих мест. Разработанная система поможет увеличить энергосбережение и создаст комфортные условия труда согласно российским [7] и европейским [8] стандартам.

Материалы и результаты исследований. Перед разработкой собственной СУО необходимо осуществить краткий анализ направленных на экономию электроэнергии методов управления освещением.

Базовое управление освещением. Использование энергосберегающих источников света может помочь снизить расходы на электроэнергию. Главный элемент управления – это выключатель, который управляется вручную, для того чтобы включить или отключить свет. С этим типом управления люди в здании должны не забывать самостоятельно включать свет, когда они входят в комнату и не забывать его отключать, когда они уходят. В качестве энергосберегающих, целесообразно использовать светодиоды (LED) и компактные люминесцентные лампы (CFL) [9].

Светорегулятор (диммирование) - данная технология позволяет индивидуально изменять уровень освещения благодаря чему используется меньше электроэнергии, чем при полном включении либо отключении света [10]. Некоторые светорегуляторы также оснащены радиоприёмником для использования в качестве беспроводного выключателя света, которые могут дистанционно управляться радиопередатчиком[11].

Датчики присутствия для внутреннего освещения. Эти датчики предназначены для включения света, как только персонал входит в комнату и выключается после определенного количества минут без движения. Датчики присутствия отлично подходят для помещений с временным пребыванием работников.

Сетевые системы управления освещением. Наиболее энергоэффективным типом СУО является сетевая система, которая может быть частью системы автоматизации зданий (BAS) или спроектирована как автономная. Такая система может быть полностью автоматизирована и у пользователей не будет необходимости задумываться о ручном управлении и контроле освещения, либо могут быть добавлены удобные панели и программы портативных устройств для более глубокой и точной настройки освещения в помещении. В таких решениях можно задавать таймеры включения/отключения, хранить данные и создавать диаграммы использования, чтобы можно было точно контролировать потребление энергии. Беспроводные системы управления освещением также позволяют снизить затраты на установку и предполагают больше вариантов размещения датчиков и выключателей [12].

Для решения нашей задачи целесообразно использовать светодиодные источники света с возможностью диммирования. Автоматизация осветительной системы позволит упростить контроль со стороны обычных пользователей и использовать датчики видимого света для точного соблюдения требования нормативных документов. Согласно [7,8], для рабочих мест с дисплеями устанавливаются специфические требования к освещению: освещенность на поверхности стола должна входить в диапазон 300–500 лк; освещенность поверхности экрана при этом не должна превышать 300 лк. Соответственно, традиционные системы управления освещением, контролирующие лишь минимальную освещенность на рабочей поверхности, требуют определенной адаптации для удовлетворения этих требований.

В патентных документах описано множество решений, предлагающих разные варианты автоматизированного управления [13-16], которые не могут удовлетворить требования нормативных документов [7-8], так как оценивают лишь освещенность на рабочей поверхности стола и по этой причине не могут использоваться на рабочих местах с дисплеями. Единственный патент, предполагающий оценку освещенности вблизи дисплея, принадлежит компании *Philips* [17]. В нём предлагается управлять светильниками с помощью контролера в соответствии с условиями окружающего освещения, при этом датчик для контроля уровня освещённости закреплён на дисплее. Алгоритм, загруженный в микроконтроллер, сравнивает показание датчика с пользовательской установкой и отправляет на осветительное устройство команду для регулировки

освещения рабочего места. В патенте так же указано, что виды датчиков могут быть самые разные и в некоторых вариантах возможно использование беспроводные технологии. Технический результат – снижение расхода электроэнергии. В некоторых других вариантах выполнения контроллер использует информацию, обеспеченную двумя или более датчиками, но расположение датчиков не уточнено. Но при этом есть информация о сравнение показаний множества датчиков для определения подходящей команды регулировки.

К сожалению, данное решение не уточняет количество датчиков и их размещение. В пояснительной документации изображён датчик, закреплённый только на мониторе, когда по нормативным требованиям необходимо однов-ременно учитывать так же освещенность в зоне расположения клавиатуры. Судя из описания алгоритма работы системы, представленного в данном патенте, использование датчиков освещенности, расположенных на поверхности стола, не предусматривается.

Таким образом, анализ публикаций, патентных источников и представленных на рынке СУО показал, что системы, полностью удовлетворяющей требованиям нормативных документов, на данный момент не существует. Ключевым моментом является число датчиков, контролирующих освещенность в рабочей зоне. Видимо, в целях экономии, создатели СУО, предлагают использовать единственный датчик освещенности (закрепленный на потолке, либо закрепленный непосредственно на экране), а недостающие значения получить расчетным путем. Экспериментальные исследования и статистическая обработка результатов, осуществленные ранее [18], доказали неправомерность такого подхода, установлено, что при управлении освещением рабочих мест с дисплеями, необходимо использовать минимум 2 датчика освещенности, один из них должен располагаться на рабочей поверхности стола, другой, вблизи дисплея.

Далее описаны этапы создания системы, адаптированной для управления освещением рабочих мест с дисплеями.

Выбор необходимых компонентов и монтаж. Так как нормативные документы предписывают контролировать показания уровня освещенности на двух участках, необходимо использовать два датчика видимого света (*BP1, BP2*). Конструкция датчика состоит из плоского фторопластового рассеивателя и несущей печатной платы. Данная конструкция легко крепится на любую ровную поверхность и не мешает при работе. Один из датчиков крепится непосредственно на рамку монитора пользователя, а второй на рабочий стол.

В электрическом шкафу, который может находиться в удалении от рабочих мест, расположены: автоматический выключатель, источник питания шины в системе *DALI*, блок питания, шлюз *DALI GW2*, программируемый логический контроллер.

Над рабочим местом закреплён потолочный светодиодный светильник (*HL1*) с поддержкой функции диммирования.

Осуществление управления освещением по протоколу *DALI* [19] согласно стандарту, *IEC* 62386-101-2014 [20]. Протокол *DALI* позволяет обращаться к устройствам индивидуально, а также позволяет одновременно обращаться к нескольким устройствам с помощью многоадресных и широко-вещательных сообщений [21].

Выбор технологии *DALI* обусловлен её открытостью доступной для всех производителей, лёгкостью монтажа (для формирования шины связи всех устройств одной *DALI* сети требуются лишь два провода, причём нет необходимости соблюдать полярность), простой связи с программируемыми логическими контроллерами через протокол *MODBUS TCP* или *MODBUS RTU* [22]. Один шлюз *DALI GW2* поддерживает на своей шине до 64-х подключенных *DALI* устройств [23]. Это означает, что разработанная нами СУО может управлять уровнем освещения 64 рабочих мест независимо друг от друга. При необходимости данное число можно увеличить.

Настойка протокола *DALI* и связи с ПЛК. Для настройки *DALI* оборудования используется специализированная свободно распространяемая рус-скоязычная программа *DALI Simple Configurator*, позволяющая конфигурировать сеть и настраивать *DALI* оборудование. Физическое подключение к сети *DALI* осуществляется одним из трех способов:

1. С помощью USB-кабеля через адаптер *DALI-USB*
2. Через *Ethernet* кабель с помощью Шлюза *ModBus DALI GW2*
3. Через переходник *USB*-RS485 или *RS232-RS485* с помощью Шлюза *ModBus DALI GW2*

Наиболее простым и надёжным является подключение через *Ethernet*, поэтому дальнейшая настройка будет описываться именно для этого типа подключения.

Для установки соединения по интерфейсу *Ethernet* шлюз *DALI*, ПЛК и ПК должны находится в одной *IP*-подсети, что возможно осуществить изменением имеющегося *IP*-адреса контроллера в соответствии с настройками сети пользователя или заданием ПК дополнительного *IP*-адреса, входящего в подсеть контроллера [24].

После ввода *IP*-адреса и номера порта в *DALI Simple Configurator*, тоже самое необходимо сделать в среде разработки *CoDeSys*. Для настройки интерфейса соединения с контроллером следует выбрать команду «Онлайн | Параметры связи (*Online|Communication parameters*)» главного меню ПО *CoDeSys*. Откроется окно *«Communication parameters»*. Далее в параметре «*Address*» – указать значение *IP*-адреса и в параметре «*Port*» номер порта.

На структурной схеме (рис. 1) изображено подключение для настройки и программирования системы. После настройки, от всех подключений по *Eth-*

ernet можно избавиться. Далее связь ПЛК и шлюза будет происходить с помощью протокола *Modbus RTU* через интерфейс RS-485. Скорость передачи данных 19200 бит/с. После настройки связи *DALI* с ПЛК можно приступать к программированию алгоритма СУО.

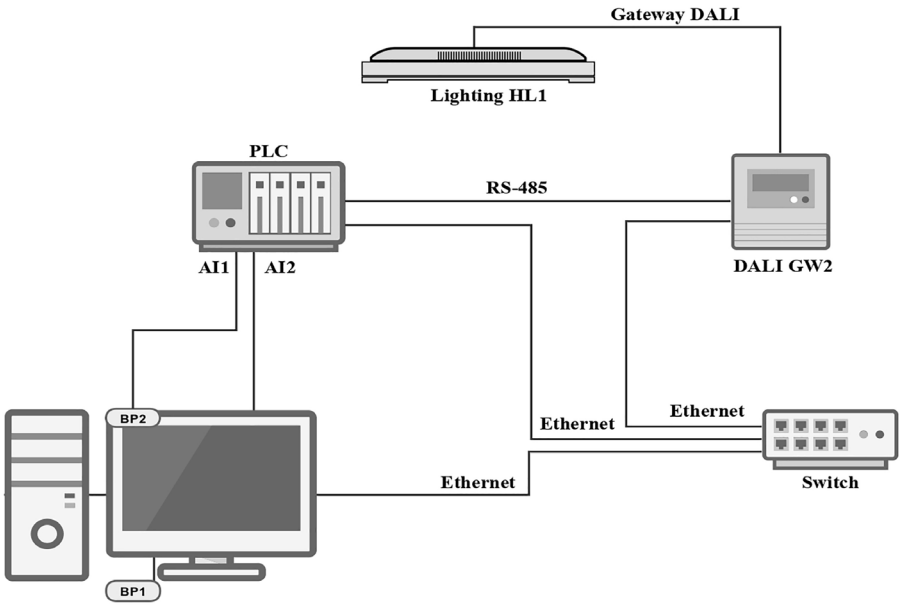


Рисунок 1 – Структурная схема

Разработка оригинального алгоритма работы системы. Необходимым условием корректной работы системы управлением освещением является алгоритм, одновременно учитывающий показания двух датчиков освещенности (расположенных на дисплее и на поверхности стола). Анализ патентных и литературных источников показал отсутствие подобных решений, поэтому авторами был разработан оригинальный алгоритм.

Для управления источником искусственного освещения по шлюзу *DALI* при помощи среды разработки для промышленной автоматизации *CoDeSys*, используя меню «Конфигурация ПЛК» настроить адреса регистров, к которым будет обращаться ПЛК для управления. Все адреса регистров можно узнать из руководства пользователя *DALI GW1* [23]. В нашем случае необходимо указать адреса для установки уровня яркости устройства, присутствия на шине устройства и запроса состояния устройства.

Далее был запрограммирован следующий алгоритм работы СУО (рис. 2):

ПЛК опрашивает токовые фотометрические датчики и переводит их значения выходного сигнала из ампер в удобные для оценки единицы измерения освещенности – люксы. Далее показания датчика, закреплённого на поверхности монитора (*BP2*), сравнивается установленным нормативным значением, и если значение показаний датчика превышает установленное, то вызывается таймер с самосбросом, который отчитывает 1 секунду, прежде чем уменьшит яркость светильника. Так будет происходить до тех пор, пока значение датчика не будет удовлетворять установленному. Также в первом условии должно соблюдаться требование к яркости светильника (должна быть равна или больше единицы). Это необходимо для того, чтобы установка уровня яркости устройства не стала отрицательным числом, так как допустимый диапазон значений составляет от 0 до 255, при выходе за границы этого условия система будет выдавать критическую ошибку, и алгоритм прекратит свою работу.

После того как значение датчика BP2 станет меньше 300 Лк, алгоритм программы начнёт проверку значений следующего датчика, установленного на поверхности рабочего стола (BP1). По требованиям нормативных документов значение освещенности не должно превышать 500Лк. Следовательно, алгоритм будет повышать яркость прибора, пока датчик *BP1* не зафиксирует значение 500Лк. Таким образом, будет достигнут баланс между двумя датчиками и освещение зафиксируется на оптимальном уровне до тех пор, пока не произойдут изменения в естественном уровне освещения помещения. Проверка функционирования опытного образца СУО показала необходимость таймеров в алгоритме работы. Установлено, что при их отсутствии ПЛК изменяет уровень ярости приборов настолько быстро, что датчики видимого света не успевают фиксировать новое значение освещённости, возможно “зацикливание” алгоритма, и баланс так и не будет найден. В алгоритме можно изменять как значение отсчёта времени таймеров, так и изменения уровня яркости светильника. Это позволяет сделать настройку системы более динамичной, но при этом ухудшает плавность изменения яркости.

Работоспособность описанного алгоритма подтверждена при эксплуатации опытного образца СУО.

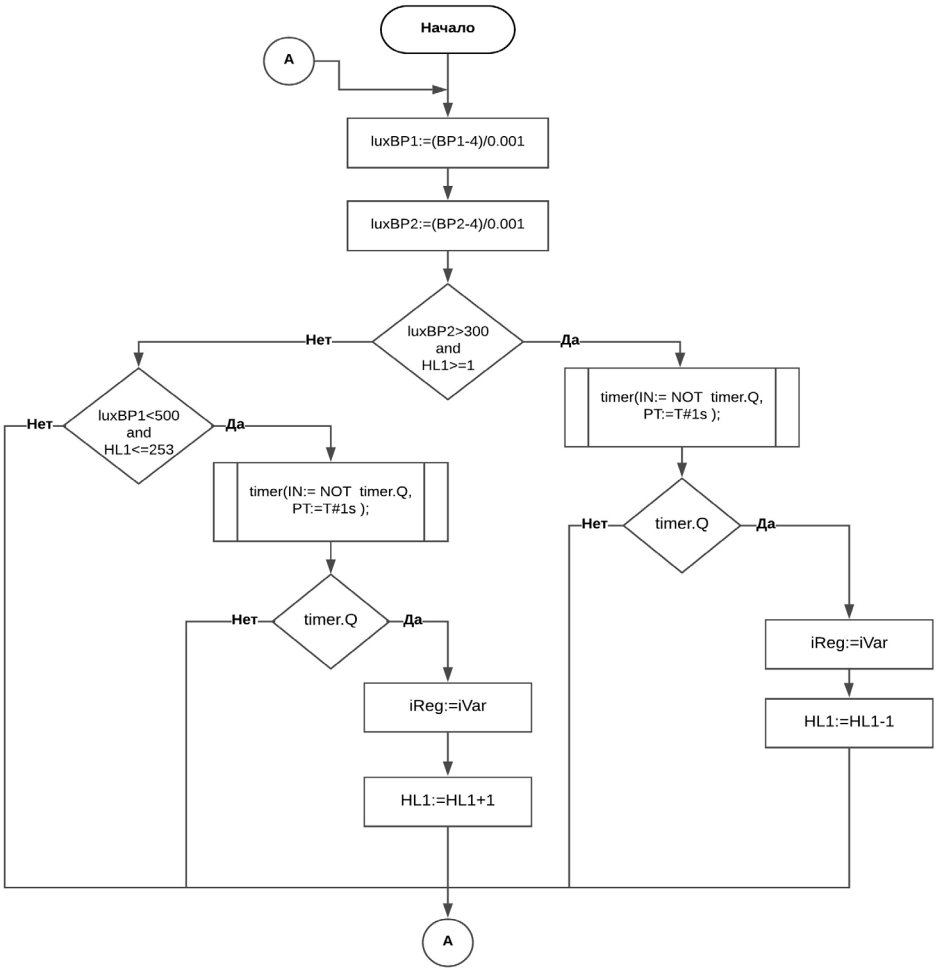


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма программы

Заключение. Современные системы автоматизированного контроля и управления системами электроосвещения позволяют существенно экономить на электроэнергии в помещениях, но производители СУО необоснованно игнорируют требования нормативных документов, касающихся освещения рабочих мест с дисплеями. Разработанная авторами автоматизированная система управления освещением устраняет этот недостаток и построена по принципу предоставления максимального комфорта для работников, строгого соблюдения требований нормативных документов и экономии электроэнергии. Главной особенностью разработанной системы управления освещением рабочего пространства является то, что контроль освещения осуществляется с двух поверхностей рабочего пространства. Настройка освещения происходит таким образом, чтобы обеспечить комфортное освещение, как в области дисплея, так и в области поверхности рабочего стола. Созданная система может легко масштабироваться для управления освещением большого числа рабочих мест, планируется расширение системы за счет включения в её состав дополнительных элементов (светильников местного освещения и светорегулирующих устройств в оконных проемах). Важной особенностью описанной СУО является возможность контроля нормативных требований к освещенности рабочих мест без проведения дополнительной инструментальной оценки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Bahga, A. Internet of Things: A Hands-On Approach / A. Bahga, V. Madisetti. – VPT, 2014. – 446 p. – ISBN 0996025510.

2. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации // Оптимизация освещения. Информационный бюллетень: официальный сайт. – URL:http://ac.gov.ru/files/publication/a/6208 (дата обращения: 22.12.2019)

3. Tweed K. A Boom in Utility Rebates Drives LED Lighting / K. Tweed – Text: electronic // Greentechmedia: [website]. – 2012. – 2 sep. – URL: https://www.greentechmedia.com/articles/read/A-Boom-in-Utility-Rebates-Drives-LED-Lighting (Retrieved: 22.12.2019)

4. Energy efficiency: The elusive negawatt // The Economist: [website]. – 2008. – 8 may. – URL: https://www.economist.com/briefing/2008/05/08/the-elusive-negawatt (Retrieved: 22.12.2019)

5. Bergesen J. Potential Long-Term Global Environmental Implications of Efficient Light-Source Technologies / J. Bergesen, L. Tähkämö, T. Gibon // Journal of Industrial Ecology. – 2016. – Vol. 20. – № 2. – P. 263-275.

6. Dilouie, C. Lighting Controls Handbook/ C. Dilouie: – The Fairmont Press, Inc., 2013. – 225 p. – ISBN 9780881735741.

7. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03(с изменениями на 21.06.16). Гигиенические требования к персональным электронно-

вычислительным машинам и организации работы. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 3 июня 2003 г. № 118. Введены в действие с 30 июня 2003 г. – Москва: Стандартинформ, 2017.

8. DIN EN 12464 – 1: 2011-08 "Light and lighting – Lighting of work places – Part 1: Indoor work places". Date of publication: 01.08.2011.

9. Козловская, В. Б. Электрическое освещение: справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – 2-е изд., стер. – Минск: Техноперспектива, 2008. – 271 с. – ISBN 978-985-6591-39-9

10. Евсеев Ю. А., Крылов С. С. Симисторы и их применение в бытовой электроаппаратуре. — М.: Энергоатомиздат, 1999. — ISBN 5-283-00553-4.

11. Bellman, W.F. Lighting the stage: Art and Practice / W.F. Bellman: – Broadway Press, Inc., 2001. – 288 p. – ISBN 0-911747-40-0.

12. The Value of Wireless Lighting Control // Daintree Networks: [website]. – 2014. –22 Feb. – URL: http://www.daintree.net/wp-content/uploads/2014/02/smart-lighting (Retrieved: 22.12.2019)

13. Патент № 2561494 Российская Федерация, МПК H05B 37/02 (2006.01). Интеллектуальная система управления освещением: № 2011145306: заявл. 29.03.2007: опубл. 27.08.2015 / Класманн Д. Л., Мерфи М. Ш.; заявитель Конинклейке Филипс Электроникс – 32 с.

14. Patent № 9143697B2 USA, Int. Cl. H05B 37/04 (2004.05). Lighting and control systems and methods: № 6731079B2: Application. 23.05.2001: Publish. 28.11.2002 / Andersen B.L.; Assignee General Electric Company – 11 p.

15. Патент № 2556087C2 Российская Федерация, МПК H05B 37/02 (2006.01). Интеллектуальные управляемые сети освещения и схемы для них: № 2011133069: заявл. 29.06.2009: опубл. 10.07.2015 / Лавлэнд Д., Кателарс Л.; заявитель Конинклейке Филипс Электроникс – 70 с.

16. Patent № 231504B1 European Patent Office, Int. Cl. H05B 37/03 (2006.01). A method and a system for controlling a lighting system: № 10196714.9: Application. 05.05.2008: Publish. 26.02.2014 / Feri L., Sekulovski D., Colak S.; Philips Intellectual Property & Standards – 34 p.

17. Patent № 9750114B2 USA, Int. Cl. H05B 37/02 (2006.01). Lighting control system responsive to ambient lighting conditions: № 14334966: Application. 18.01.2014: Publish. 6.11.2014 / Ashdown L.E.; Philips Lighting Holding – 22 p.

18. Кудряшов А. В. Обоснование числа датчиков при управлении энергоэффективным освещением рабочих мест с дисплеями / А.В. Кудряшов, А.С. Калинина, Ю.А. Ярмольчик // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2019. – № 3. – С.22–27. – ISSN 2071–2219.

19. IEC 60929–2011. AC and/or DC-supplied electronic control gear for tubular fluorescent lamps – Performance requirements: International Standard: Publication date 19.05.2011, 82 p.

20. "Communication in building automation". Siemens Building Technologies. URL: http://www.siemens.com/bt/file?soi=A6V10209534 (Retrieved: 22.12.2019).

21. Consumer Energy Center – Incandescent, LED, Fluorescent, Compact Fluorescent and Halogen Bulbs // Commission, California Energy: [website].–2012– 28 Jul. – URL:http://www.consumerenergycenter.org/lighting/bulbs (Retrieved: 22.12.2019)

22. DALI GW2. Шлюз для систем управления освещение DALI GW2. Паспорт DALI GW2. – 2 с

23. Руководство пользователя DALI GW1. Сайт компании Контракт Электроника [Электронный ресурс] –URL:http://www.contractelectronica.ru/pdf/Шлюз%20DALI%20GW1%20-%20Руководство%20пользователя.pdf (дата обращения 22.12.19).

24. Руководство пользователя ОВЕН ПЛК110 и ПЛК160. Сайт компании ОВЕН [Электронный ресурс] –URL: https://owen.ru/uploads/rp_plk110.160.pdf (дата обращения 22.12.19).

Статья поступила в редакцию 09.01.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 614.841

ПРОБЛЕМЫ ОСВЕЩЕННОСТИ ТЕРРИТОРИЙ ПОВЫШЕННОГО ТЕХНОГЕННОГО РИСКА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

© 2020

Манаева Алина Рамзилевна, кандидат технических наук,
преподаватель кафедры химии и материаловедения
«Академия гражданской защиты МЧС России»
(141435, Россия, Московская область, г. о. Химки, мкр. Новогорск; e-mail: chem88@yandex.ru)
Мартынова Дина Юрьевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры безопасности жизнедеятельности
«Сургутский государственный университет»
(628408, Россия, ХМАО-Югра, г.Сургут, улица Энергетиков, 22, e-mail: martinova@inbox.ru)

Аннотация. Потенциальные чрезвычайные ситуации на автозаправочных станциях (АЗС) характеризуются масштабностью потерь: высоким материальным ущербом, большим числом человеческих жертв. Для минимизации рисков необходимо предусмотреть профилактические меры: соблюдать требования относительно противопожарного разрыва до ближайшего производственного или жилого здания, обеспечивать нормативные значения освещенности на объекте. В условиях северных широт, которые характеризуются коротким световым днем, высокой облачностью и, как следствие, недостаточной естественной освещённостью, вопросы обеспечения нормативного значения освещенности для объекта повышенного техногенного риска, которым является территория АЗС, являются весьма актуальными. Проведены замеры освещенности на поверенном приборе - откалиброванном люксметре Актаком АТЕ-1509 согласно ГОСТ 24940-2016 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности» территорий повышенного техногенного риска на примере АЗС г. Сургута. Проведенное исследование уровня освещенности показало, что оно не соответствует требованиям, обеспечивающим безопасность в специфических климатических условиях. При низких температурах возникающие туманы существенно ухудшают уровень освещенности, действующий норматив ГОСТ 55706-2013 «Освещение наружное утилитарное: классификация и нормы» не обеспечивает необходимую освещенность и безопасность. Сделан вывод, о необходимости внесения дополнений в ГОСТ 55706-2013 в части нормативов обеспечения освещенности на подъездах к местам заправки транспорта в специфических климатических условиях с увеличением нормы освещенности минимум до 30 лк.

Ключевые слова: техногенный риск, освещение, пожарная безопасность, чрезвычайные ситуации, северные условия.

PROBLEMS OF LIGHTING OF THE TERRITORIES OF THE INCREASED TECHNOGENIC RISK IN THE CONDITIONS OF THE NORTH

© 2020

Manaeva Alina Ramzilevna, candidate of technical Sciences,
lecturer of the Department of chemistry and materials science
"Academy of civil protection of EMERCOM of Russia»
(141435, Russia, Moscow region, Khimki, MD. Novogorsk; e-mail: chem88@yandex.ru)
Martynova Dina Yurievna,candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of life safety
" Surgut state University»
(628408, Russia, KHMAO-Yugra, Surgut, Energetikov street, 22, e-mail: martinova@inbox.ru)

Annotation. Potential emergency situations at gas stations (gas stations) are characterized by the scale of losses: high material damage, a large number of human casualties. To minimize risks, it is necessary to provide preventive measures: to comply with the requirements for a fire gap to the nearest industrial or residential building, to ensure standard values of illumination at the facility. In the conditions of northern latitudes, which are characterized by short daylight hours, high cloud cover and, as a result, insufficient natural illumination, the issues of ensuring the standard value of illumination for an object of increased technogenic risk, which is the territory of a gas station, are very relevant. Illumination measurements were carried out on a calibrated instrument - a calibrated Aktak ATE-1509 light meter in accordance with GOST 24940-2016 “Buildings and structures. Methods of measuring the illumination "of areas of increased industrial risk by the example of gas stations in Surgut. A study of the level of illumination showed that it does not meet the requirements that ensure safety in specific climatic conditions. At low temperatures, the arising fogs significantly worsen the level of illumination, the current standard GOST 55706-2013 “External utility lighting: classification and standards” does not provide the necessary illumination and safety. It is concluded that it is necessary to make additions to GOST 55706-2013 in terms of the standards for providing illumination at the entrances to fueling stations in specific climatic conditions with an increase in the illumination rate of at least 30 lux.

Key words: industrial risk, lighting, fire safety, emergency situations, northern conditions

Введение. Случаи аварий с пожарами и взрывами на автозаправочных станциях (АЗС) участились, К сожалению, статистические данные о жертвах и ущербе официально не приводятся. Это безусловно требует усиленного внимания и обеспечения защиты объектов и людей [1]. Следует отметить что одной из масштабных трагедий последнего десятилетия можно считать взрыв на АЗС в центре столицы Ганы в июле 2015 года. По данным ганского издания *My Joy Online*, число жертв при этом перевалило за сотню.

При разливе нефтепродуктов и их воспламенении в зону поражения попадают не только территория самой АЗС, но и находящиеся в непосредственной близости к ней здания, сооружения и объекты городской инфраструктуры [2]. Размещение АЗС непосредственно в городской застройке и свободный доступ на ее территорию, нахождение на одной территории с ней объектов инфраструктуры, может создавать определенные техногенные риски [3,4]. Анализ условий, при которых значение риска будет находиться в области приемлемых значений, позволит сформировать стратегию для обеспечения комплексной безопасности городских агломераций [5]. Приведем некоторые факты, доказывающие принадлежность АЗС к объектам повышенного техногенного риска:

1. На АЗС обращаются легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, сжиженный и/или природный газ. При достижении ими концентрации между нижним концентрационным пределом воспламенения(НКПР) и верхним концентрационным пределом воспламенения (ВКПР) АЗС является взрывопожароопасным объектом.

2. Возможная авария характеризуется существенными потерями из числа персонала и населения; высоким социальным ущербом; масштабностью повреждений (разрушений) зданий, сооружений, коммуникаций как на территории объекта, так и за ее пределами

3. Возможны потери попадающих в зону действия поражающих факторов (теплового излучения, избыточного давления взрыва, ударной волны) соседних объектов.

В условиях северных широт, которые характеризуются коротким световым днем, высокой облачностью, появлением туманов при низких температурах и, как следствие, недостаточной естественной освещённостью, вопросы обеспечения безопасности для объекта повышенного техногенного риска являются весьма актуальными.

Для обеспечения безопасности в неблагоприятных природных условиях необходим достаточный уровень освещения ввиду короткого светового дня и длительного периода устойчивого снежного покрова. В работе [2] было проведено исследование, в ходе которого было получено, что 7 % от общего числа АЗС в г. Сургуте и Сургутском районе не соответствует требованиям СП 156.13130.2014 «Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности» относительно расстояния до ближайшего жилого здания. Отмечена близость АЗС к дошкольному образовательному учреждению (находится на расстоянии 65 м) [6-8].

Проведенным исследованием показана вероятность воздействия поражающих факторов, образующихся в результате аварийной разгерметизации реервуара автомобильной цистерны с бензином на АЗС, на окружающую среду и человека [9]. Возможность развития чрезвычайной ситуации по негативному сценарию при аварии на объекте повышенного техногенного риска увеличивается из-за недостаточной освещенности.

Цель исследования: провести исследования по уровню освещенности территорий повышенного техногенного риска автозаправочных станций (АЗС) и разработать рекомендации с учетом нормативных требований безопасности. Что позволит избежать возникновения негативных последствий в случае развития чрезвычайной ситуации, сократит число жертв и материальный ущерб.

Задачи исследования:

1. Провести замеры освещенности на АЗС г. Сургута в условиях низких температур при появлении туманов, уделяя особое внимание тем АЗС, где не соблюдаются противопожарные расстояния до границ жилых домов.

2. Оценить количественные показатели безопасности АЗС на примере освещенности, соотнести экспериментальные результаты с регламентируемыми показателями, указанными в нормативно-правовых документах.

Материалы и результаты исследования. Для проведения исследований в работе применены следующие методы: методы анализа нормативно-правовой документации по требованиям безопасности, экспериментальные и расчетные методы нахождения параметров освещенности, количественно характеризующих степень опасности среды [12-13].

Замеры освещенности проведены на поверенном приборе – откалиброванном люксметре Актаком АТЕ-1509 согласно ГОСТ 24940-2016 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности» [11].

Схема проведения измерения освещенности на АЗС представлена на рисунке 1. Для идентификации полученных результатов, в таблице 1 представлены нормы и характеристики освещенности на дорожном покрытии на подъездах к местам заправки транспорта. В таблице 2 приведены измеренные значения средней освещенности территорий повышенного техногенного риска в условиях нормальной видимости и при низких температурах в условиях тумана (температура воздуха от -30ºС до -40ºС).

Таким образом, проведенное исследование уровня освещенности на дорожном покрытии на подъездах к местам заправки транспорта, а также на открытых автостоянках согласно ГОСТ 55706-2013 показало, что оно не соответствует требованиям обеспечивающим безопасность в специфических климатических условиях.

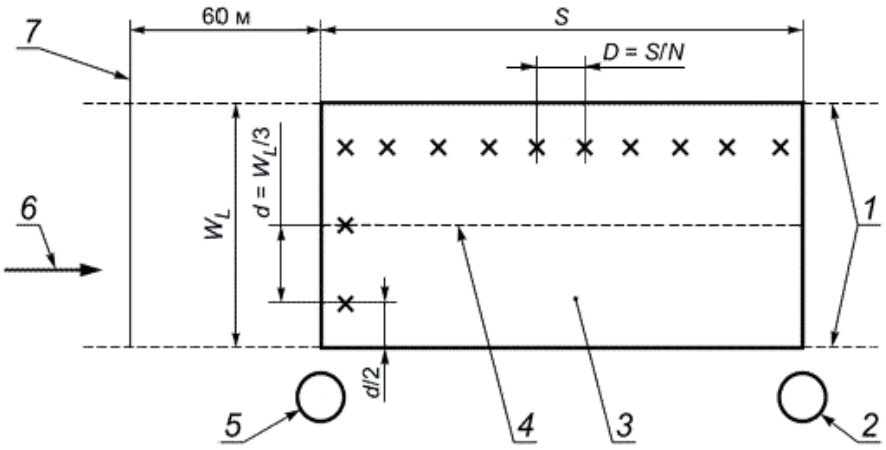


Рисунок 1 – Схема проведения измерений средней освещенности (прямым методом)
1 - границы дороги; 2 - последний источник на контрольном участке; 3 - контрольный участок; 4 - центральная линия дороги; 5 - первый источник на контрольном участке; 6 - направление измерений; 7 - расстояние от контрольного участка до измерительного прибора; - контрольные точки; W- ширина полосы; N- число точек измерения

Таблица 1 – Нормативные значения освещенности на дорожном покрытии на подъездах к местам заправки транспорта, а также на открытых автостоянках согласно ГОСТ 55706-2013 [10]

Категория объекта	Норма освещенности, Е, лк
Поездные пути с улиц и дорог категорий А и Б	15
Категории В	10
Места заправки и слива нефтепродуктов	20
Остальная территория, имеющая проезжую часть	10
Открытые стоянки на улицах всех категорий, а также платные вне улиц, открытые стоянки в микрорайонах, проезды между рядами гаражей боксового типа	6
Магазин при АЗС	400
Касса при АЗС	300

Таблица 2 – Измеренные значения средней освещенности АЗС г.Сургута

Название объекта	Категория объекта по освещенности	$E_{ср}$, лк (нормальная видимость)	$E_{ср}$, лк (низкие температуры, туман)	$E_{н}$, лк	% от нормативного значения (нормальная видимость)	% от нормативного значения (низкие температуры, туман)
Мира 54	Места заправки и слива нефтепродуктов	12,9	8,3	20	64,5	41,5
Игоря Киртбая 10	Места заправки и слива нефтепродуктов	16,9	9,7	20	84,5	48,5
Мира 46	Места заправки и слива нефтепродуктов	11	7,3	20	55	36,5
Гагарина 7	Места заправки и слива нефтепродуктов	17,8	12,4	20	89	62
Геологическая 6	Места заправки и слива нефтепродуктов	14,2	8,5	20	71	42,5
Профсоюзов 47	Места заправки и слива нефтепродуктов	17,3	12,4	20	86,5	62
30 лет Победы 61	Места заправки и слива нефтепродуктов	18,9	13,7	20	94,5	68,5
Крылова 55	Места заправки и слива нефтепродуктов	11,9	8,9	20	59,5	44,5

Достаточной освещенностью на дорожном покрытии на подъездах к местам заправки транспорта, а также на открытых автостоянках при температуре ниже - 30ºС является освещённость не ниже 30 лк.

Выводы. При низких температурах возникающие туманы существенно ухудшают уровень освещенности, а действующий норматив ГОСТ 55706-2013 не обеспечивает необходимую освещенность и безопасность. В связи с этим возникает необходимость модернизировать систему освещения на территориях АЗС для доведения значений до нормативных за счет применения энергосберегающих осветительных систем на базе светодиодных источников света [14-16]. Также считаем необходимым рекомендовать внести дополнения в ГОСТ 55706-2013 в части нормативов обеспечения освещенности на подъездах к местам заправки транспорта в специфических климатических условиях, с увеличением нормы освещенности минимум до 30 лк.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шкрабак, В.С., Панова Т.В., Усанович С.А. Обеспечение пожарной безопасности АЗС посредством применения мобильной противопожарной преграды/ В.С. Шкрабак, Т.В.Панова, С.А. Усанович// Аграрный научный журнал.-2015.-№ 11.-С.55-57.

2. Мартынова, Д.Ю. Проблемы обеспечения противопожарного режима при эксплуатации автозаправочных станций/Мартынова Д.Ю., Букалов Г.К., Манаева А.Р.// Вестник современных исследований.-2019.-№ 3-13 (30).-С.121-123.

3. Манаева, А.Р. Обучение знакам пожарной безопасности в среде Moodle/ А.Р. Манаева// Безопасность труда в промышленности.-2019.-№ 3.-С.65-69.

4. Трейда, А.В. Разработка рекомендаций по повышению пожарной безопасности на АЗС/ А.В. Трейда// В сборнике «Техносферная безопасность»: материалы Второй межвузовской научно-технической конференции с международным участием.- Омск: Омский государственный технический университет, 2015. -С. 121-125.

5. Шарифуллина, Л.Р. Модельные системы в оценке техногенных рисков/ Л.Р. Шарифуллина//Образовательная среда сегодня и завтра: Материалы XI Международной научно-практической конференции. 28-29 ноября 2016 г.– Москва: Негосударственное образовательное учреждение высшего образования Московский технологический инс-титут. –С. 396-398.

6. Клубань, В.С. Пожарная безопасность технологических процессов автозаправочных станций/ В.С. Клубань, А.С. Суслина//Ежегодная международная научно-техническая конференция системы безопасности.-2017.-№26.-С.197-200.

7. Коняев, Н.В. Освещение и безопасность/ Н.В. Коняев, Е.В.Федоров, А.С.Злобина, Д.В.Перцев// В сборнике «Научное обеспечение агропромышленного производства»: материалы международной научно-практической конференции.- Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2018.-С.389-393.

8. Кривчикова Е.В. Влияние микроклиматических параметров на благоприятность условий проживания в урбанизированной среде крупных городов (на примере города Белгорода)/ Е.В. Кривчикова// Стратегия устойчивого развития регионов России.-2014.-№22.- С. 93-97.

9. Манаева, А.Р. Оценка техногенных угроз в городских агломерациях при локализации автозаправочных станций/ //Предотвращение, спасение, помощь: сборник трудов секции № 11 XXIX Международной научно-практической конференции. Химки, 21 марта 2019 г.- Химки: Академия гражданской защиты МЧС России, 2019.- С.54-58.

10. ГОСТ 55706-2013 «Освещение наружное утилитарное: классификация и нормы».- М.: Стандартинформ, 2014.-10с.

11. ГОСТ 24940-2016 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности».- М.: Стандартинформ, 2016.- 24 с.

12. Полосухина, Н.В. Интеллектуальные системы уличного освещения для повышения безопасности движения на пешеходных переходах/ Н.В. Полосухина, Д.А. Красникова// Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика.-2016.-т.4.-№ 5-3 (25-3).-С.133-137.

13. Потуданская, В.Ф. Качество жизни и качество трудовой жизни как среда формирования трудового потенциала/ В.Ф. Потуданская, Д.Н. Шайкин // Экономический анализ: теория и практика.-2010.-№ 25 (190).- С. 33-38.

14. СП 156.13130.2014 «Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности».- М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2014.-100с.

15. Манаева, А.Р. Аспекты негативного воздействия пожаров на полигонах твердых бытовых отходов в регионах с повышенным потенциалом загрязнения атмосферы/ А.Р. Манаева// В сборнике «Безопасный север - чистая Арктика»: сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции.- Сургут: – Сургутский гос. ун-т. – Сургут: ООО «Печатный мир г. Сургут», 2018. – С.33-37.

16. Грициенко, Г.Д. Постановка задач по применению световодов и отражения света для улучшения условий инсоляции и повышения КЕО при реконструкции городской застройки/ Г.Д. Грициенко, В.Ф. Касьянов// Светотехника.-2015.-№3.-С.27-30.

Статья поступила в редакцию 25.12.2019
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 331.451

СНИЖЕНИЕ РИСКОВ ТРАВМАТИЗМА В НОЧНУЮ СМЕНУ В ПУТЕВОМ КОМПЛЕКСЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ЗА СЧЕТ УЧЕТА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА

© 2020

Степанов Андрей Николаевич, аспирант,кафедра «Управление безопасностью в техносфере»
Российский университет транспорта
(127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9, e-mail: an.nik.stepanov@gmail.com)
Нарусова Елена Юрьевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Управление безопасностью в техносфере»
Российский университет транспорта
(127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9, e-mail: e.narusova@ubt-rut-miit.ru)
Стручалин Владимир Гайозович, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Управление безопасностью в техносфере»
Российский университет транспорта
(127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9, e-mail: v.struchalin@ubt-rut-miit.ru)
Королева Анна Михайловна, старший преподаватель
кафедры «Управление безопасностью в техносфере»
Российский университет транспорта
(127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9, e-mail: a.koroleva@ubt-rut-miit.ru)

Аннотация. Производство путевых работ монтерами пути проходит в условиях, приводящих к ухудшению здоровья и зачастую создающих угрозу жизни. Повышению безопасности производства путевых работ, которая, в свою очередь, влияет на безопасность движения поездов, посвящены многие теоретические исследования и дошедшие до практики технические разработки. Однако, как показывает статистика, существенного снижения несчастных случаев не происходит. Основной причиной производственных травм, как и прежде, является «человеческий фактор» [1]. В силу специфических особенностей производства путевых работ вероятность травмирования работников остается высокой. Между тем ночная смена - это время привычного сна, и выполнение производственных задач в этот период связано с изменением установившегося филогенетически и онтогенетически жизненного цикла. Это обстоятельство делает ночную смену особой проблемой физиологии труда, требующей отдельного подхода. Совокупность физиологических реакций человека при работе в ночное и дневное время существенно отличается. Таким образом, производительность труда в ночных сменах ниже, чем в дневных, а случаи производственного травматизма, особенно с тяжелыми последствиями, происходят гораздо чаще [2].

Существующая методика оценки влияния человеческого фактора на возникновение несчастных случаев на производстве и определении доли ответственности причастных работников к этому событию [3], а также нормы времени на работы по текущему содержанию пути [4] не учитывают работу в ночное время. В статье обосновано применение повышающих коэффициентов при планировании работ в ночную смену и показана целесообразность использования повышающих коэффициентов на примере работы бригады монтеров пути.

Ключевые слова: человеческий фактор, охрана труда, работа в ночную смену, нормирование труда, текущее содержание пути.

MITIGATING RISK OF INJURIES DURING THE NIGHT SHIFT IN THE RAILWAY TRACK COMPLEX WITH DUE ACCOUNT FOR THE HUMAN FACTOR

© 2020

Andrei Nikolaevich Stepanov, Graduate Student of the Department “Management of safety in a technosphere”
Russian University of Transport
(127994, Russia, Moscow, Obraztsov St. 9, building 9, e-mail: an.nik.stepanov@gmail.com)
Elena Yurievna Narusova, Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department
“Management of safety in a technosphere”
Russian University of Transport
(127994, Russia, Moscow, Obraztsov St. 9, building 9, e-mail: e.narusova@ubt-rut-miit.ru)
Vladimir Gaiozovich Struchalin, Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department
“Management of safety in a technosphere”
Russian University of Transport
(127994, Russia, Moscow, Obraztsov St. 9, building 9, e-mail: v.struchalin@ubt-rut-miit.ru)
Anna Mikhailovna Koroleva, Senior Lecturer of the Department“Management of safety in a technosphere”
Russian University of Transport
(127994, Russia, Moscow, Obraztsov St. 9, building 9, e-mail: a.koroleva@ubt-rut-miit.ru)

Abstract. Execution of track work by track servicemen takes place under health-deteriorative and life-threatening

conditions. Many theoretical studies and technical developments that have come to practice are devoted to improving the safety of track works, which directly affects the safety of railway traffic. However, statistics show that there is no significant reduction in accidents. The main cause of work-related injuries, as before, is the "human factor" [1]. Due to the specifics of track work, the probability of injury to workers is high. Meanwhile, the night shift is the time of habitual sleep, and the performance of production tasks during this period is associated with a change in the life cycle that has been established phylogenetically and ontogenetically. This circumstance makes night shift a particular problem in the physiology of labor, which requires a separate approach. The set of physiological reactions of a night worker cannot be equated with the same in the daytime. Labor productivity is lower during the night shifts than in day shifts, and industrial injuries, especially with severe consequences, occur much more often [2]. The existing methodology for assessing the impact of the human factor on the industrial accidents and determining the share of responsibility of the workers involved [3], as well as the norms of time required for current track maintenance [4] do not take into account night work. This article substantiates the use of increasing coefficients in the planning of night shift work and shows the feasibility of multiplying coefficients on the example of the work of the track service team.

Keywords: human factor, labor protection, night shift work, labor rationing, current track maintenance.

Введение. Обеспечение безопасных условий труда является неотъемлемым условием обеспечения безопасности работы на железнодорожном транспорте [5, 6]. Политика ОАО «РЖД» в области охраны труда, определяет ряд задач, направленных на улучшение условий и охраны труда и снижение профессиональных рисков работников [7].

В настоящее время месячный и недельный планы работы бригад монтеров пути составляются начальниками участков и мастерами дорожными дистанций пути и инфраструктуры на основании Методики планирования и учета выполнения работ в дистанции пути №1830. Данный документ определяет основные направления, принципы планирования и выполнения ремонтно-путевых работ, выполняемых дистанцией пути при текущем содержании пути, стрелочных переводов и сооружений [8].

Проблема дополнительной сложности работы по обслуживанию воздушных судов в ночную смену по сравнению с дневной рассматривалась Рыбалкиной А.Л. и Семеновым А.С. [9], в сфере морского судоходства - Клименко В.Д. [10]. Вопрос продолжительности нормального ночного сна освещается в работе Карахановой Т.М. [11]. Следует отметить, что в путевом комплексе железных дорог существующая Методика не учитывает влияния человеческого фактора на увеличение фактического времени выполнения запланированного объема работ монтерами пути в ночное время суток.

Целью данного исследования является уменьшение физической и психологической нагрузки на работника железнодорожного пути в ночную смену, обоснование и расчет усредненных поправочных коэффициентов для технологических процессов работы в ночное время.

Материалы и результаты исследований. При планировании работ время на их выполнение рассчитывается путем умножения необходимого объема работ для устранения выявленной неисправности пути на измеритель работы с установленной нормой времени на ее выполнение согласно технологической карте данного вида работ.

Нормами времени учтены следующие категории затрат рабочего времени: оперативное время, подготовительно-заключительное время, время на обслуживание рабочего места, время на отдых и личные потребности [4].

При планировании работ в зимних условиях на открытом воздухе, согласно Нормам времени на работы по текущему содержанию пути, к нормам времени применяются усредненные поправочные коэффициенты. Это позволяет работникам в условиях некомфортных для труда отрицательных температур затратить больше времени на выполнение необходимого объема работ относительно нормы, указанной в технологической карте на данный вид работы. Так, например, в Московском регионе, относящемся к третьей температурной зоне, усредненный коэффициент равен в ноябре – 1.06, в декабре и марте – 1.08, в январе и феврале – 1.13.

Указанные поправочные коэффициенты учитывают следующие факторы, влияющие на производительность труда в зимнее время: работа в плотной одежде и зимних рукавицах, ухудшение видимости в метель и снегопад, обледенение мест работы, воздействие отрицательной температуры на открытые участки кожи.

На Российских железных дорогах в связи с плотностью графика движения поездов днем большой объём работ выполняется бригадами монтеров пути, работающими в ночную смену. Планирование объема работ за ночную смену осуществляется также согласно Методике №1830. Однако, в ней не учитывается человеческий фактор, увеличивающий время, необходимое для выполнения работ ночью.

При планировании работ в ночную смену необходимо учитывать следующие особенности, являющиеся причинами дополнительных затрат рабочего времени по сравнению с дневной сменой:

- ухудшение восприятия окружающей обстановки органами зрения и слуха и замедление анализа этой информации центральной нервной системой;
- сложность работы с мелкими деталями при повышенном напряжении зрительных и слуховых анализаторов в темное время суток;
- сбой физиологических циркадных биоритмов, менее глубокий дневной сон перед рабочей сменой, ухудшение координации движений и снижение

мозговой активности [12].

Результаты многочисленных исследований показывают, что независимо от того спит человек или бодрствует, в ночные часы уровень обмена веществ, температура тела, деятельность сердечно-сосудистой системы, реакции нервно-мышечного аппарата и других систем, и работоспособность в целом, существенно отличаются от дневных показателей. Другими словами, все жизненные процессы ночью протекают на более низком уровне, чем днём [13]. Помимо этого существуют специфические факторы, способствующие повышенной утомляемости путейцев. К таким факторам относятся работа, в условиях дефицита времени и работа на открытом воздухе в любую погоду.

Эксперимент по определению поправочного коэффициента. На экспериментальном участке железной дороги нами были проведены исследования по вычислению повышающего коэффициента для планирования работ в ночное время суток.

Бригада монтеров пути из 6 человек, средний возраст которых составляет 37 лет, за 11 часовую дневную рабочую смену на приемо-отправочном пути станции 2 класса заменила 32 деревянные шпалы со скреплением КД на железобетонные со скреплением КБ на щебеночном балласте, что соответствует установленной норме времени по технологической карте № 2.3/4. Та же бригада, на том же месте работ, но работая в ночную смену с 20 до 08 часов с перерывом один час на отдых и питание, за те же 11 часов смогла заменить только 24 шпалы.

Повышающий коэффициент затраченного времени на установленный объем работ в условиях темного времени суток для данной бригады составил

$$K_{\rho n} = \frac{V_n}{V_v} = \frac{32}{24} = 1,33$$

где:

V_n – объем работы, который должна выполнить бригада за рабочую смену согласно технологической карте;

V_v – объем работы, который бригада выполнила за ночную смену.

Следствием того, что вышеперечисленные причины влияния человеческого фактора на уменьшение объема запланированных работ в ночную смену не учитываются в нормативных документах, является снижение качества работ, невыполнение планового объема, что в свою очередь ведет к лишению пре-мий по результатам оценки работы бригады [14]. Стараясь выполнить установленную норму, бригада вынуждена нарушать правила охраны труда и работать, сокращая предусматриваемое на данный вид работы время на отдых и личные потребности Тотл = 8,63 нормо-минуты на 1 шпалу. Утомляемость путевых рабочих, являющаяся одним из проявлений человеческого фактора, снижает способность работника к выполнению своих обязанностей, что, в свою очередь, влияет на безопасность движения поездов [15].

Утомление является естественной реакцией на труд человека, который, в отличие от любого механизма, не может работать непрерывно длительное время [16,17]. При отсутствии отдыха значительно усиливается нагрузка на опорно-двигательную и кровеносную системы организма работников, что со временем приводит к инвалидности или переводу на другую работу по результатам очередной медкомиссии [6].

Согласно анализу состояния условий и охраны труда в ОАО «РЖД» за 2018 год человеческий фактор является важной причиной производственного травматизма. Утомление организма человека ночью происходит гораздо быстрее и проявляется более выражено, из-за этого работник становиться менее активным. Организм экономит энергию, сокращая физические и умственные действия, оставляя количество моторных действий на прежнем уровне, не реагируя на сигналы опасности, ставя под угрозу жизнь работника и значительно уменьшая качество производимой им работы [18] .

В результате снижается способность работника принять правильное решение и осуществить необходимые действия, чтобы избежать опасности. При повторных ночных сменах риск травмы возрастает в большей степени, чем при повторных дневных сменах.

Исследования состояния организма одних и тех же работников в дневную и ночную смену показали увеличение степени их усталости на 30 – 40% выше ночью, чем днем [19].

Круглосуточный мониторинг показателей сер--дечного ритма людей, работающих в ночную смену, выявил негативные факторы риска заболеваний сердечно – сосудистой системы. Рабо-тая ночью риск получения человеком травмы в 1,5 – 2,4 раза выше, чем днем при любом виде выполняемой работы. Показатели гормона кортизола – демонстрирующие уровень стресса возрастает с такой же закономерностью [19].

А показатели гормона мелатонина – регулирующего циркадный ритм жизни человека при работе в ночью смену и во время дневного сна после работы значительно понижен [20].

Так, в организме человека можно выявить следы короткого периода работы в ночную смену, а влияние долгосрочной работы в ночную смену не выявляется [21].

Заключение. Проведённые исследования работы бригады монтеров пути показывают необходимость учёта влияния человеческого фактора и дальнейшей разработки величин поправочных коэффициентов. Специально созданные рабочие группы инженеров по нормированию труда и распределителей работ должны провести хронометражные исследования выбранных технологических процессов в масштабах хотя бы одной дирекции инфраструктуры. По результатам исследований можно будет предложить усредненные поправочные коэффициенты для работы в ночное время.

Очевидно, что учет влияния человеческого фактора при организации и нормировании труда приведет к повышению качества и снижению уровня производственного травматизма при выполнении работ по текущему содержанию и ремонту железнодорожного пути.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ состояния условий и охраны труда в ОАО «РЖД» за 2018 год.

2. Сибилева, В.М. Руководство по железнодорожной медицине: том 1 / В.М. Сибилева, Ю.Н. Коршунова, А.З. Цфасмана – Москва: ВНИИЖГ, 1990 – 280 с.

3. Методика оценки влияния человеческого фактора на возникновение случая травмы на производстве и определения доли ответственности причастных работников к этому случаю, утвержденная распоряжением ОАО РЖД № 2777р от 28 ноября 2014 г.

4. Нормы времени на работы по текущему содержанию пути, утвержденные распоряжением Начальника Центральной дирекции инфраструктуры №2707/р от 22.12.2017 г.

5. Российская Федерация. Конституция (1993). Конституция Российской Федерации [Текст]: принята всенар. Голосованием 12.12.1993 г. / Российская Федерация. Конституция (1993). — М. : АСТ : Астрель, 2007. – 63 с.

6. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 г. № 197-ФЗ (ред. от 29.07.2017) [Электронный ресурс] / Правовая система Консультант Плюс. – Режим доступа: www.consultant.ru, свободный.

7. Политика ОАО «Российские железные дороги» в области охраны труда, защиты окружающей среды и промышленной безопасности (одобрена решением правления ОАО «РЖД» от 10.10.2008 г., протокол №34, с изм. от 27.12.2011 № 52 и от 25.11.2013 № 39) [Электронный ресурс] // ОАО "РЖД". – Режим доступа: http:// doc.rzd.ru/doc/public/ru%3FSTRUCTURE_ID%3D704%26layer_id%3D5104%26id%3D3861 (дата обращения: 14.11.2019).

8. Методика планирования и учета выполнения работ в дистанции пути, утвержденная распоряжением ОАО РЖД №1830 от 07.09.2016 г.

9. Рыбалкина А.Л., Семенов А.С. Управление рисками, связанными с утомляемостью при техническом обслуживании воздушных судов как аспектом человеческого фактора // XXI Век: Итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2019.Т.8. №1 (45). С. 159-163.

10. Клименко В.Д. дис. Разработка методов количественного учета влияния человеческого фактора на безопасность судна. канд. техн. наук. Гос. Морской Академии им. адм. Макарова, Санкт-Петербург.2003

11. Караханова Т.М. Время сна, питания, ухода за собой как факторы сохранения здоровья // Общество и здоровье: современное состояние и тенденции развития. 2013. С. 554-565.

12. Кельмансон И. А. Экологические и клинико-биологические аспекты нарушений циркадианных ритмов сон-бодрствование // Биосфера: междисциплинарный научный и прикладной журнал. - 2015. - Т. 7, № 1.

13. ICAO Doc 9683-AN/950. Руководство по обучению в области человеческого фактора.

14. Положение о корпоративной системе премирования работников филиалов ОАО "РЖД" (в ред. Распоряжений ОАО "РЖД" от 11.03.2011 N 508р)

15. Бодров В.А. Психология профессиональной пригодности. Учебное пособие для вузов. – М.: ПЕРСЭ, 2001.

16. Рыбалкин В.В., Рыбалкина А.Л. Человеческий фактор и психология безопасности: тексты лекций. – М: МГТУ ГА, 2016.

17. Безопасное взаимодействие человека с техническими системами: Учебное пособие / В.Л. Лапин, В.М. Попов, Ф.Н. Рыжков, В.И. Томаков; Курск, гос. техн. ун-т. Курск, 1995.

18. Корнюшина Т.А., Корж Т.В. Влияние режима труда и отдыха на повышение производительности труда // Уровень жизни населения регионов России. 2008. № 2 (120). С. 22-23.

19. Сорокин Г.А., Фролова Н.М. Физиолого-гигиеническое обоснование длительности смены (8 и 12 часов) при непрерывном производстве // Медицина труда и промышленная экология. 2013. № 8. С. 7–12.

20. Шевчук А.В., Красильникова А.В. Влияние нестандартных трудовых графиков на баланс между работой и жизнью (по данным Европейского социального исследования в России) // Журнал исследований социальной политики. 2019. Т. 17. № 2. С. 223-236.

21. Р 2.2.1766-03. 2.2. Гигиена труда. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки, утвержденные Главным государственным санитарным врачом РФ 24.06.2003.

Статья поступила в редакцию 14.01.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 681.5

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТЕПЛО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

©2020

Андреев Андрей Викторович, кандидат военных наук,
доцент Высшей школы техносферной безопасности
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г.Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: andreev_av@spbstu.ru)
Болтёнкова Елена Александровна, студент Высшей школы техносферной безопасности
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г.Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: boltenkova_ea@spbstu.ru)
Доронин Александр Сергеевич, студент Высшей школы техносферной безопасности
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г.Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: doronin_as@spbstu.ru)

Аннотация. Одним из основных требований, предъявляемых к городской инфраструктуре, является бесперебойное теплоснабжение жилых, производственных и социальных помещений в период отопительного сезона. В работе проанализированы и систематизированы требования к информационной безопасности АСУ технологическими процессами, на основе открытых нормативно-правовых документов (стандартов). Проанализирована модель взаимодействия элементов АСУ котельных установок, на основе которой разработаны сценарии вариантов последствий несанкционированного доступа к SCADA-системе в котельных. Результаты моделирования позволяют сделать вывод, что в результате несанкционированного доступа к АСУ ТКУ возможна аварийная ситуация, следствием которой является возникновение чрезвычайной ситуации (взрыва котла в тротиловом эквиваленте показывает, что мощность взрыва достаточная для частичного разрушения здания котельной и выводу ее из строя) «регионального» масштаба по причине отсутствия теплоснабжения на объектах городской инфраструктуры.

Ключевые слова: информационная безопасность, защита информации в автоматизированных системах управления котельных установок, IT-стандарты, промышленное программирование, SCADA, ПЭВМ, оператор, несанкционированный доступ, взрыв газо-воздушной смеси, пожар-вспышка.

INFORMATION SECURITY PROBLEMS IN HEAT-POWER BOILER PLANTS

© 2019

Andreyev Andrey Viktorovich, Candidate of Military Sciences,
Associate Professor, Higher School of Technosphere Safety
St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(195251, Russia, St. Petersburg, 29 Polytechnicheskaya St., e-mail: andreev_av@spbstu.ru)
Boltenkova Elena Aleksandrovna, student of the Higher School of Technosphere Security
St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(195251, Russia, St. Petersburg, 29 Politekhnicheskaya St., 29, e-mail: boltenkova_ea@spbstu.ru)
Doronin Alexander Sergeevich, student of the Higher School of Technosphere Security
St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(195251, Russia, St. Petersburg, 29 Politekhnicheskaya St., 29, e-mail: doronin_as@spbstu.ru)

Annotation. One of the main requirements for urban infrastructure is the uninterrupted heat supply of residential, industrial and social facilities during the heating season. The paper analyzes and systematizes the requirements for information security of automated control systems by technological processes, based on open regulatory documents (standards). The model of interaction between the ACS elements of boiler plants is analyzed, on the basis of which scenarios are developed for the options for the consequences of unauthorized access to the SCADA system in boiler rooms. The simulation results allow us to conclude that as a result of unauthorized access to the automated control system of the fuel and industrial complex, an emergency is possible, the result of which is an emergency (a boiler explosion in TNT equivalent indicates that the explosion power is sufficient to partially destroy the boiler building and put it out of commission) of the "regional" scale due to lack of heat supply at urban infrastructure.

Key words: information security, information security in automated control systems of boiler plants, IT standards, industrial programming, SCADA, PC, operator, unauthorized access, explosion of gas-air mixture, fire-flash.

Введение. Одним из основных требований, предъявляемых к городской инфраструктуре, является бесперебойное теплоснабжение жилых, производственных и социальных помещений в период отопительного сезона. Одним из элементов системы теплоснабжения являются тепло-энергетические котельные установки (ТКУ). Моделирование аварийных ситуаций ТКУ по причинам некорректной работы автоматизированных систем управления (АСУ) является одной из задач обеспечения безопасности

городской инфраструктуры.

Цель данной работы – анализ нормативно-правовых документов по защите информации в АСУ котельных установок и построение модели для оценки последствий аварий на ТКУ.

Задачи, выносимые для достижения цели: изучить требования, предъявляемые к проектированию и созданию котельных установок, их безопасности и эксплуатационным характеристикам; изучить требования, предъявляемые к автоматизированным системам котельных установок, порядок их применения; выявить недостатки, противоречия и разночтения нормативно-правовой базы в области защиты информации, обрабатываемой в автоматизированных системах управления котельных установок; построить модель нарушителя информационной безопасности на АСУ ТКУ и оценить последствия [4].

Согласно требованиям нормативных документов температура в жилых помещениях должна находиться в диапазоне от 18º до 24º в период отопительного сезона, что обеспечивается безаварийной работой ТКУ, поскольку рабочее вещество, вода или пар находятся под избыточным давлением более 0,07 Мпа, а температура может превышать 115º [1]. В соответствии с положениями приказа МЧС от 28.02.2003 № 105 «Об утверждении требований по предупреждению чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения», ТКУ относятся к потенциально опасным объектам, поскольку аварии могут привести к возникновению чрезвычайной ситуации вследствие прекращения подачи тепла и электроэнергии, исходя из чего оценка рисков возникновения аварийной ситуации на ТКУ является актуальной задачей. Управление современными ТКУ осуществляется автоматизированными системами управления технологическими процессами, включающими в себя: оператора, техническое оборудование, программное обеспечение, которые позволяют автоматизировать управление промышленными объектами (в том числе котельными установками). Нештатная работа программного обеспечения АСУ ТКУ может привести к возникновению чрезвычайной ситуации регионального масштаба [16].

Для моделирования аварийной ситуации выбрана ТКУ ПАО «ТГК-1», использующая для диспетчеризации процесса программную платформу *Master-SCADA,* позволяющую следить за технологическим оборудованием и оповещать оператора об аварийных ситуациях в режиме реального времени [11]. *SCADA* это пакет программ, главным предназначением которого является разработка и обеспечение работы систем: сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга (управления). Данное программное обеспечение устанавливается на компьютеры и связывается с объектом посредством использования драйверов ввода-вывода или *OPC/DDE* серверов. Проведенные исследования свидетельствуют, что *SCADA*-системы изобилуют такими уязвимостями, как неизменяемые учетные данные и отсутствие шифрования [2, 19]. Выше изложенное позволяет аргументировать актуальность задачи обеспечения информационной безопасности АСУ объектов критической инфраструктуры.

Безаварийная и штатная эксплуатация АСУ ТКУ позволяет оптимизировать их функционирование и добиться необходимого уровня регулирования и контроля, что является одной из основных задач промышленной безопасности. В частности, автоматизация системы управления котельными установками способствует повышению рентабельности и надежности технических средств котельных установок, обеспечению необходимого состояния защищенности котельного оборудования, а также интеллектуализацию труда оператора АСУ[5].

Изначально системы управления ТКУ были физически изолированными, поэтому при их проектировании информационная безопасность не учитывалась, т.к. использовался только аналоговый уровень [14]. В настоящее время архитектура информационной автоматизированной системы управления промышленным предприятием состоит из трех уровней: аналоговый, клиентский, серверный. Для синхронизации уровней в АСУ используют как сетевые стандарты из класса промышленных интерфейсов (*Profibus, Modbus, CANbus* и т.д.), так и сетевой протокол *TCP/IP* для отправки данных на сервер. Большая пропускная способность, скорость передачи данных и легкая расширяемость позволяет использовать технологию *Ethernet* и управлять системой в реальном времени, обеспечивая передачу данных [3, 10, 18]. Приемом и обработкой сигналов от датчиков, а также от всех остальных частей системы занимается микроконтроллер, который располагается в щите автоматики котельной. Данный контроллер связан с ПЭВМ, установленным в операторской, по сети RS485. Модель взаимодействия элементов АСУ котельной установки представлена на рисунке 1.

Все существующие взаимодействия и отношения в системе «технологические процессы-микроконтроллер-ПЭВМ-оператор» должны быть организованы и регулироваться в соответствии с установленным законодательством и государственными стандартами требованиями. При работе над статьей был проведен анализ следующих нормативно-правовых документов, регулирующих эксплуатацию автоматизированных систем управления котельных установок: ГОСТ Р 51624; СП 89.13330.2012 [9]; ISO/IEC 27032:2012; ГОСТ Р ИСО/МЭК 10746-3-2001 [6]; приказ ФСТЭК России от 14.03.2014 N 31; ГОСТ Р 51583; международный стандарт IEC 61499 [8]; РД 50-34.698-90 [8].

Обзор нормативно-правовой базы показал отсутствие в открытом доступе документов, регламентирующих защиту информации в АСУ ТКУ. Отсутствие в открытых источниках руководящих документов, регулирующих на защиту информации в

АСУ ТКУ (например, обрабатываемых с помощью ПО *SCADA*) создает условия для несанкционированного доступа к информации управления ТКУ на этапах передачи обработанной информации о состоянии системы и взаимодействия оператора с ПО АСУ. Следовательно, в таких системах существуют уязвимости. Реализация данных уязвимостей может нарушить и (или) прекратить функционирование АСУ котельными установками, привести к аварийным ситуациям.

Для моделирования и прогнозирования последствий несанкционированного доступа к *SCADA*-системе в котельных, составлен граф событий, описывающий возможные состояния системы. Моделирование процесса развития нештатной ситуации работы АСУ представлена на рисунке 2. Из модели следуют два сценария развития ситуации: первый - проблема нейтрализована и система работает в штатном состоянии; второй – нештатная работы АСУ, приводит к повреждению оборудования и является причиной аварии и возможного возникновения чрезвычайной ситуации [12].

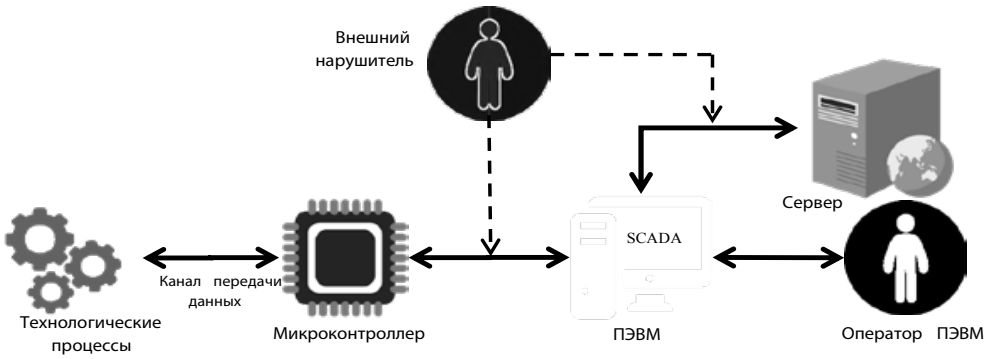


Рисунок 1 – Модель взаимодействия элементов АСУ котельной установки

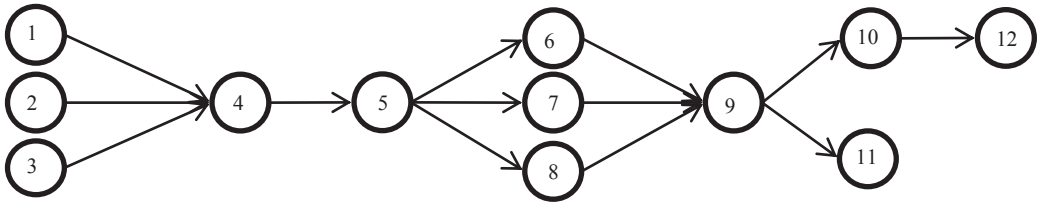


Рисунок 2 – граф состояния системы
1-Заражение компьютеров вирусом[5]; 2-использование нелицензионного (пиратского) ПО; 3-преднамеренная атака на сервер(в том числе и распространение вирусов в СПАМ-рассылке);; 4- проникновение в локальную сеть; 5- получение доступа к SCADA; 6- отключение оборудования (например, горелки котла); 7- некорректное отображение данных с датчиков; 8- блокировка компьютера оператора; 9- переход к внештатному режиму работы котельной; 10- отключение всей системы без причинения вреда; 11- повреждение оборудование, образование чрезвычайной ситуации; 12- штатное функционирование.

Рассмотрим событие, когда потенциальный нарушитель, преодолевая защиту и выявляя уязвимости в коммуникационной сети, получает доступ к АСУ ТКУ. Некорректная работа АСУ ТКУ с определенной вероятностью может привести к отключению горелок котла [3]. Особенностью развития ситуации является сбой в работе автоматической защиты, по причине инерционности системы и как следствие развития аварийной ситуации.

Модель развития аварийной ситуации приведена на рисунке 3.

Из моделирования следует, что наиболее вероятным следствием развития ситуации является взрыв газо-воздушной смеси и пожар-вспышка. Используя для оценки ситуации параметры котла *IGNIS-500,* экспертная оценка энергетического потенциала физического взрыва котла, давление разрушения резервуара и мощность техногенного взрыва котла в тротиловом эквиваленте показывает, что мощность взрыва эквивалентна взрыву 560 г. тринитротолуола, достаточная для частичного разрушения здания котельной и выводу ее из строя.[1]

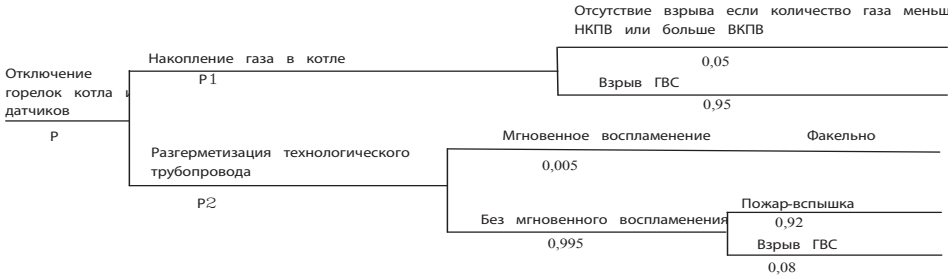


Рисунок 3 – Модель развития аварийной ситуации при отключение горелок

Вывод. Результаты моделирования позволяют сделать вывод, что в результате несанкционированного доступа к АСУ ТКУ возможна аварийная ситуация, следствием которой является возникновение чрезвычайной ситуации «регионального» масштаба по причине отсутствия теплоснабжения на объектах городской инфраструктуры. Увеличение количества внедряемых в системы городского теплоснабжения современных ТКУ и при этом отсутствие общедоступных нормативно-правовых документов, регулирующих безопасность информации, используемой для управления ТКУ, создают сложности при разработке локальных нормативных документов, регламентирующих работу обслуживающего персонала АСУ ТКУ. В дальнейшем планируется разработка рекомендаций по защите информации в АСУ ТКУ для разработки российских стандартов с учетом зарубежного опыта [14, 15, 17].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 29.07.2018) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов"».

2. Интегрированные системы проектирования и управления: SCADA-системы : учебное пособие / И. А. Елизаров, А. А. Третьяков, А. Н. Пчелинцев и др. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 160 с. – 400 экз. – ISBN 978-5-8265-1469-6.

3. Доронин Александр Сергеевич, Андреев Андрей Викторович. Подход к оценке потенциальных нарушителей информационной безопасности ВУЗов РФ // ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕРВИСА . 2018. № 3 (45) . С. 49-51.

4. Доронин Александр Сергеевич, Андреев Андрей Викторович. Усовершенствование математической модели угроз безопасности информации в информационной системе // Неделя науки СПбПУ материалы научной конференции с международным участием. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. 2018. С. 104-107.

5. Андреев А.В., Болтёнкова Е.А. Разработка учебного тренажера в целях моделирования деятельности сотрудников предприятия в кризисных условиях // Современные проблемы гидрометеорологии и устойчивого развития Российской Федерации Сборник тезисов Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 507-509.

6. ГОСТ Р ИСО МЭК10746-3-2001. Управление данными и открытая распределенная обработка. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gostrf.com/normadata/1/4294817/4294817027.pdf (дата обращения: 22.09.2019).

7. Международный стандарт IEC 61499. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://unsorted.wikisort.ru/page/IEC_61499 (дата обращения: 22.09.2019).

8. РД50-34.698 – 90. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200006978 (дата обращения: 22.09.2019).

9. СП89.13330.2012. Котельные установки. Актуализированная редакция СНиПII-35-76. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.minstroyrf.ru/docs/1892/ (дата обращения: 22.09.2019).

10. ISA/IEC 62443 «Security for Industrial Automation and Control Systems». [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.isa.org/intech/201810standards/ (дата обращения: 22.09.2019).

11. NIST SP 800-827. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.altx-soft.ru/ files/groups/ (дата обращения: 22.09.2019).

12. А.А. Лосева, А.В. Андреев. Построение модели угроз информационной безопасности аппаратно-программного комплекса «Безопасный город». [Электронный ресурс]– Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=32877805 (дата обращения: 22.09.2019).

13. Владимир Скляр. Информационная безопасность АСУТП: Дон Кихот в эру кибероружия. [Электронный ресурс]–Режим доступа: https://habr.com/ru/post/316184/ (дата обращения: 13.10.2019).

14. Alekseev A., Mikhailovsky E. (2019). Problems and technologies of re-mote access to unified information space of urban pipeline systems. Paper presented at the E3S Web of Conferences,, 102 doi:10.1051/e3sconf/201910204002.

15. Al-rimy, B.A.S., Maarof, M.A., & Shaid, S.Z.M. (2019). Crypto-ransom ware early detection model using novel incremental bagging with enhanced semi-random subspaces lection. Future Generation Computer Systems, 101,476-491. doi:10.1016/j.future.2019.06.005.

16. Crocetti ,L., Baldanzi, L., Bertolucci, M., Sarti, L., Carnevale,B., &Fanucci,L. (2019). Asimulated approach to evaluate side-channel attack counter measures for the advanced encryption standard. Integration, 68, 80-86. doi:10.1016/j.vlsi.2019.06.005

17. Foglietta, C., Masucci, D., Palazzo, C., Santini, R., Panzieri, S., Rosa, L., Lev, L. (2019). From detecting cyber –attacks to mitigating risk within a hybrid environment. IEEE Systems Journal, 13(1), 424-435. doi:10.1109/JSYST. 2018.2824252

18. Kajati, E., Papcun, P. ,Liu, C., Zhong,R.Y., Koziorek,J., &Zolotova,I. (2019). Cloud based cyber- physical systems: Network evaluation study. Advanced Engineering Informatics, 42 doi:10.1016/j.aei.2019.100988

19. Kalech, M. (2019). Cyber –attack detection in SCADA systems using temporal pattern recognition techniques. Computer sand Security, 84,225-238. doi:10.1016/j.cose. 2019. 03. 007

Статья поступила в редакцию 28.01.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 331.45

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

© 2020

Макаров Павел Вячеславович, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Техносферной безопасности»
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет
(603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65, e-mail: pv-makarov@yandex.ru)

Аннотация. В статье представлены результаты анализа нормативно-правовых актов, касающихся обязанности работодателя внедрять систему управления профессиональными рисками. Государственные стандарты системы ССБТ на данный момент предлагают семнадцать методик оценки риска применительно к сфере охраны труда. Есть трудоемкие методики, требующие аналитическую и дедуктивную работу, а есть основанные на стандартизированном чек-листе. Работодателю необходимо самостоятельно выбрать какую методику использовать применительно к сфере своей деятельности. Была проведена оценка использования некоторых методик применительно к строительной отрасли. Отрабатывались шесть экспертных методик качественной идентификации опасностей и количественной оценки рисков. Исследование проводилось путем формирования нескольких экспертных групп с разной степенью подготовленности к процессу идентификации опасностей и оценки рисков. Необходимо было установить степень расхождения результатов при использовании разных методик и определить наиболее приемлемые с точки зрения объективности оценки и ресурсоемкости процесса оценки риска. В ходе проведения эксперимента были установленные некоторые особенности работы экспертных групп с разной квалификацией. По результатам проведенного исследования сформированы рекомендации по применению методик оценки риска на различных уровнях организации и проведения строительно-монтажных работ. Определены цели и ожидаемый результат от процесса управления профессиональными рисками.

Ключевые слова: Охрана труда в строительстве, управление профессиональными рисками, методики и технологии оценки риска, система управления охраной труда, экспертная оценка риска, законодательные требования.

RISK-BASED SAFETY MANAGEMENT IN A CONSTRUCTION COMPANY

© 2020

Makarov Pavel Vyacheslavovich, candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Technosphernoy Security"
Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
(603950, Russian Federation, Nizhniy Novgorod, Il'inskaya st., 65, e-mail: pv-makarov@yandex.ru)

Abstract. The article presents the results of the analysis of legal acts concerning the employer's obligation to implement a system of professional risk management. The state standards of the SSBT system currently offer seventeen methods of risk assessment in relation to the field of labor protection. There are labor-intensive methods that require analytical and deductive work, and there are those based on a standardized checklist. The employer must choose which method to use in relation to their field of activity. The evaluation was conducted on the use of certain techniques in relation to the construction industry. Six expert methods of qualitative hazard identification and quantitative risk assessment were developed. The study was conducted by forming several expert groups with different degrees of preparedness for the process of hazard identification and risk assessment. It was necessary to determine the degree of discrepancy between the results when using different methods and to determine the most acceptable from the point of view of the objectivity of the assessment and the resource intensity of the risk assessment process. During the experiment, some features of the work of expert groups with different qualifications were identified. Based on the results of the study, recommendations for the use of risk assessment techniques at various levels of organization and implementation of construction and installation works were formed. The goals and expected results of the professional risk management process are defined.

Key words: Labor protection in construction, professional risk management, methods and technologies for risk assessment, labor protection management system, expert risk assessment, legal requirements.

Введение. Строительная отрасль на сегодняшний день остается самой травмоопасной и лидирующей по статистически зафиксированным случаям причинения вреда здоровью работников [1]. Усилия государства по совершенствованию законодательной и методической базы инструментариев обеспечения безопасности не находят должной реализации на предприятиях строительной отрасли в силу особенностей данного вида деятельности и, как следствие, не происходит снижение уровня травматизма. Необходима интеграция имеющихся технологий управления профессиональными рисками в реализуемую систему строительного производства. Успех коллаборации систем менеджмента риска и процесса строительства будет зависеть от ресурсов организации и эффекта от результата управления рисками.

Процесс формирования риск-ориентированного мышления идёт уже несколько десятилетий. Активная реализация данного подхода происходит в сфере финансов, страхования, обеспечении качества, защиты информации и ряде других направлений, связанных с управлением процессами. Отправной точкой перехода к риск-ориентированному управления в сфере обеспечения безопасности труда в России можно считать 2007 год. Концепция демографической политики РФ [2] предусматривает снижение смертности и травматизма в сфере труда за счет перехода к системе управления профессиональными рисками в охране труда к 2025 году. Для реализации этого замысла формируется законодательная база требований и инструментов реализации данных требований.

В условиях переходного периода и смены законодательных требований работодатель задаётся вопросом об обязательности реализации процесса управления профессиональными рисками. Кроме того, встает вопрос о выделении ресурсов на проведения данной работы. Трудовой Кодекс РФ в ст.212 содержит требования знакомить работников с риском причинения вреда здоровью. Так же в ТК имеются определения понятий профессиональный риск и управление профессиональным риском, но при этом отсутствуют прямые указания на необходимость оценивать риски, так же как, например, обязательность проведения специальной оценки условий труда. Управление профессиональным риском [3] является элементом системы управления охраной труда, требования, к содержанию которой определены в подзаконном акте [4]. Таким образом, типовое положение о системе управления охраной труда обязывает работодателей реализовывать проце-дуры управления профессиональным риском. Подго-товленные Минтрудом России поправки в ТК РФ [5] содержат четкие указания на обязанность работодателя вести комплексную работу по управлению профессиональными рисками. В случае принятия данных поправок в ТК потребуется существенно модернизировать действующие сейчас системы управления охраной труда на предприятиях.

Целью нашего исследования было определить эффективность и условия применения различных методик оценки риска и разработать рекомендации по реализации процедуры выявления опасностей и оценки риска для строительных организаций.

Материалы и результаты исследования. Управление профессиональным риском включает этап выявления опасности и оценки риска. В международной практике существуем множество подходов к оценке риска, однако, универсальных нет. Каждая методика содержит некоторые ограничения по использованию. Система управления охраной труда предъявляет свои требования, которые учтены в методиках, предложенных в государственных стандартах [6; 7]. Кроме документов системы стандартов безопасности труда (ССБТ) имеются стандарты серии ИСО и МЭК, которые также содержат методики оценки риска, применимые для охраны труда [8, 9, 10].

Принципы выбора подходящей методики оценки риска подробно описаны и указывают на возможность применения их работодателем самостоятельно или с привлечением специалистов в области оценки риска.

С целью изучения потенциала разных методик оценки риска было сформировано несколько групп, которые использовали принципы и методики, предложенные в государственном стандарте [6]. На первом этапе ставилась задача отработать технологию выявления опасностей и оценки риска в строительном производстве. Выбранные для эксперимента методики носят экспертный характер. Требования к экспертам, осуществляющим оценку риска, также описаны в нормативной литературе [8, 9], но мы исходили из реальных условий среднестатистической строительной организации, в которой отсутствуют эксперты долж-ного уровня. В качестве объективной величины (для дальнейшего сравнения) была создана группа экспертов, сформированная с учетом практических рекомендаций реализации подобного эксперимента [11]. Характеристики экспертных групп: **Э1** (эталонная) – междисциплинарная группа опытных специалистов в области промышленного и гражданского строительства, охраны труда и промышленной безопасности, проектирования и адми-нистрирования в строительстве, с опытом практической деятельности более 15 лет, **Э2** – межотраслевые специалисты по оценке риска и научно-педагогические работники, **Э3** – руководители и специалисты строительной организации (общая численность сотрудников организации 118 человек, опыт практической деятельности экспертов группы 3-5 лет), **Э4** – руководители и специалисты строительной организации (общая численность сотрудников организации 43 человека, опыт практической деятельности экспертов группы 3-5 лет). В качестве объекта оценки риска были предложены типовые технологические карты на разные виды подготовительных и строительно-монтажных работ.

Оценка риска в организации должна носить итеративный характер. Особенность работы строительной организации заключается в большой номенклатуре видов проводимых работ и постоянной смене условий проведения данных работ. Системе управления охраной труда в строительной организации нужна не ресурсоемкая, достоверная и с максимально коротким и простым циклом реализации (по циклу Шухарта-Деминга) процедура оценки риска. В эксперименте нами были использованы шесть экспертных методик оценки риска. Характеристики методик оценки риска представлены в таблице 1.

Экспертные группы анализировали виды работ и связанные с ними опасности и риски на примере двух типовых технологических карт: **ТТК1** – Производство земляных работ по устройству котлованов под фундаменты механизированным способом, **ТТК2** – Бетонирование монолитной железобетонной плиты

фундамента. Результатом работ экспертной группы был реестр опасностей или/и расчетные значения риска, в зависимости от функционала используемой методики оценки риска (количественная или качественная). Сводные данные о работе экспертных групп приведены в таблице 2.

*Таблица 1 – Методики оценки профессионального риска**

Наименование методики	Шифр	Характеристики			
		Ресурсоёмкость	Неопределённость оценки	Сложность реализации	Количественная оценка
Метод Дельфи	**M1**	Высокая	Средняя	Средняя	Нет
Метод исследования опасности и работоспособности HAZOP	**M2**	Средняя	Высокая	Высокая	Нет
Метод идентификации опасностей HAZID	**M3**	Средняя	Средняя	Средняя	Нет
Метод Файна-Кинни	**M4**	Средняя	Средняя	Средняя	Да
Метод предварительного анализа опасностей PHA	**M5**	Низкая	Высокая	Средняя	Нет
Метод логического анализа дерева событий (по ГОСТ 12.0.010)	**M6**	Средняя	Средняя	Средняя	Да

** - на основе данных [6, 7,8, 9,10]*

Таблица 2 – Результаты апробации экспертных методик оценки риска на примере типовых технологически карт на ведение работ в строительном производстве

Методика	Экспертная группа и объект оценки риска							
	Э1		Э2		Э3		Э4	
	ТТК1	ТТК2	ТТК1	ТТК2	ТТК1	ТТК2	ТТК1	ТТК2
	общее количество выявленных опасностей, требующих превентивной коррекции							
M1	18	34	22	39	10	19	12	16
M2	11	26	27	42	8	14	9	10
M3	19	28	25	35	16	26	17	22
M4	серьезный риск	возможный риск	серьезный риск	возможный риск	возможный риск	возможный риск	возможный риск	возможный риск
M5	19	28	25	35	16	26	17	22
M6	высокий риск	умеренный риск	умеренный риск	умеренный риск	умеренный риск	умеренный риск	умеренный риск	умеренный риск

В ходе наблюдения за работой групп экспертов и анализируя результат их работы, нами были установлены некоторые закономерности и особенности. Количество и качество выявленных потенциально опасных ситуаций сильно зависит от практического опыта конкретной профессиональной деятельности экспертов, проводящих оценку. Оценка по методу Дельфи показала существенное расхождение мнений экспертов в группах Э3 и Э4 после первого анонимного анкетирования. В дальнейшем, после обсуждения результатов группа пришла к единому мнению. Эксперты групп Э1 и Э2 имели минимальные расхождения в суждениях. Навык реализации потенциала и функционала техник выявления и оценки риска позволил группе Э2, сформированной из специалистов по оценке риска и научных сотрудников, не имевших практического опыта работы в строительной отрасли, разработать наиболее полный реестр рисков. Особенно сильно это проявилось при оценке по методике HAZOP. Проведённые сессии дедуктивного анализа с использованием управляющих слов позволили идентифицировать большее количество потенциально опасных ситуаций. Однако, при этом существенного вклада в общий уровень риска не было, так как выявленные отклонения от проектной задумки имели низкую вероятность реализации или малую тяжесть возможных последствий. Группы экспертов, впервые использовавшие HAZOP, не смогли эффективно его реализовать по причине неопытности лидера и членной группы оценки. Кроме того, недостаточный уровень декомпозиции объекта оценки не позволил идентифицировать угрозы, связанные с функциональной безопасностью технологического оборудования и связанные с безопасностью электрических (электронных) систем управления. Наибольшую сходимость результатов оценки экспертных групп показали методики M3-M6, в которых предлагался заранее подготовленный типовой перечень опасностей, разработанный на основе нормативных характеристик [4, 10]. Такой анализ опасностей содержит значительную долю неопределенности, зависящую от качества разработки предварительных перечней опасности, и может ограничить фантазию экспертов при определении опасностей. Однако основные и наиболее высокие риски эти методики идентифицировали. К достоинствам можно отнести меньшие временные затраты на оценку.

Все отработанные в эксперименте методики и

экспертные группы определили как характеризующуюся наибольшими рисками типовую технологическую карту ТТК2. Это объясняется большой номенклатурой видов работ и количеством занятого персонала, а так же одновременным характером ведения работ на разных этапах строительного производства. Наблюдается синергетический эффект, порождающий большие риски, что и было отражено в реестрах рисков. При этом использование методик М4 и М6, дающих количественное выражение риска, позволило опытным экспертным группам Э1 и Э2 оценить риск выше, чем менее опытным экспертам. Это связанно с проведением работ повышенной опасности при разработке грунта и возможными опасностями при использовании землеройной техники. Менее опытные эксперты не предали должного значения рискам, сопутствующим работам повышенной опасности.

Риск-ориентированное мышление в вопросах обеспечения безопасности должно быть реализовано на всех этапах жизненного цикла объекта строительства от проектирования до сноса и утилизации. Каждый этап располагает индивидуальным уровнем ресурсов и потенциальной ценой ошибки, связанной с недооценкой опасности. При этом технология оценки риска должна органично вписаться в процесс и не мешать основной деятельности. Проектирование, разработка проектов организации строительства и проектов производства работ должны использовать аналитические и дедуктивные методики подобные HAZOP, «Анализ сценариев», «Анализ видов и последствий отказов и анализ видов, последствий и критичности отказов», логико-графические и ряд других методик, позволяющих минимизировать риски. Реализация строительства также требует постоянного управления рисками, однако ресурсов на это оказывается гораздо меньше. В системе менеджмента охраной труда строительной организации должно быть реализовано управление рисками на уровне всех организаторов и исполнителей с учетом их компетентности в вопросах идентификации опасностей. Задача администрации обеспечить каждого своим инструментом оценки риска. В таблице 3 нами предложено использование методик оценки риска с учетом эффективности их реализации в системе управления охраной труда строительной организации.

Таблица 3 – Методики оценки риска в системе управления охраной труда строительной организации*

Уровень оценки	Методика оценки риска	Цель оценки	Периодичность оценки	Результат оценки
Непосредственный исполнитель (рабочие, специалисты)	Метод Элмери Метод Чек-листа	Оценка опасности проводимых работ. Осознание риска. Первичная идентификация опасностей. Вовлечение в процесс управления риском.	Каждый день и/или перед началом проведения работ, исходя из задания на производство работ.	Перечень опасностей и рисков, сопутствующих работе. Возможность указать на новые опасности. Понимание возможных последствий несоблюдения требований безопасности.
Линейный руководитель (производители работ, мастера строительно-монтажных работ, бригадиры)	Метод Чек-листа Метод Файна и Кинни Метод РНА Метод HAZID	Первичная систематизация опасностей. Безопасная организация и проведение работ повышенной опасности и нестандартных работ.	Каждый день и/или перед началом проведения работ, определенных в проекте производства работ. При работе субподрядных организаций на территории генподрядчика. С учетом календарного графика производства работ.	Оперативный контроль опасностей и рисков. Оценка адекватности принятых мер безопасности, их корректировка и дополнение. Вовлечение субподрядчиков в управление безопасностью.
Администрация (главные специалисты, специалисты по охране труда и промышленной безопасности, линейные руководители)	Метод мозгового штурма Метод «Что будет, если …?» Метод Дельфи Метод HAZOP Метод структурированного или частично структурированного интервью Матричный метод	Обеспечение безопасности строительно-монтажных работ. Снижение издержек. Соблюдение сроков строительства. Управление безопасностью на всех административных уровнях.	Итеративный характер управления риском.	Реестр опасностей и рисков. План реализации превентивных мер по уменьшению и/или предупреждению рисков. Локальные нормативные акты по безопасной организации и проведению работ.

** - методики оценки риска определённые в [6]*

Использование предложенных методов позволяет, во-первых, наиболее полно проводить оценку риска и, во-вторых, в достаточной степени исполнить законодательное требование по реализации процедур оценки риска в рамках системы управления охраной труда. С выходом новых стандартов (ГОСТ Р 58771-2019) возможно расширение технологий оценки риска применительно к охране труда.

Выводы. Проведенное нами исследование позволило определить особенности при реализации системы управления профессиональными рисками в строительной организации:

1. Идентифицированы нормативные требования по реализации процедур управления профессиональ-

ными рисками в системе управления охраной труда в строительной организации [3, 4, 12, 13]. Данный элемент подлежит государственному контролю в рамках проверок надзорными органами [14] и невыполнение требований влечет наказание (ст. 5.27.1 КоАП РФ).

2. Определены условия эффективной реализации экспертных методик оценки риска. Установлено, что объективность оценки сильно зависит от состава группы экспертов, их квалификации и опыта профессиональной деятельности. В среднем высококвалифицированные специалисты смогли с помощью дедуктивных методов и обобщения мнений экспертов идентифицировать на 79 % больше потенциальных опасностей на примере типовых технологических карт проведения строительных работ. При этом эксперты, ранее не имевшие опыта оценки риска, смогли, с помощь некоторых методик, получить результат сопоставимый с эталонной группой экспертов. При этом расхождение в количественном отношении составило 32%.

3. Установлено, что для эффективной работы системы выявления и уменьшения рисков целесообразно привлечение сторонних специалистов по оценке риска. На начальном этапе это позволит задать правильное направление работе всей системы и не превратит её в формальную работу. Членам экспертной группы работодателя целесообразно пройти обучение по применению методик оценки риска.

4. Предложено дифференцировать применение методик оценки риска применительно к ресурсным возможностям пользователя методики. Эволюционный характер применений методик от исполнителя до администратора позволит извлечь максимальную пользу от процесса оценки риска, не превращая его в формальность. Непосредственные исполнители (рабочие) должны руководствоваться подготовленными чек-листами для анализа объекта оценки путем сопоставления. Высший уровень администрирования и стратегического планирования должен использовать дедуктивные и аналитические методики, требующие больших ресурсов, но и позволяющие получить качественную информацию. Промежуточный уровень линейных руководителей в повседневной работе может использовать комплексно несколько методик с учетом качества исходной информации и ресурса по проведению оценки риска.

5. Сделано предположение о сложности разработки высоко унифицированных реестров рисков для строительных организаций. Возможна разработка перечней опасностей с привязкой к типовым технологическим картам. Однако, значительную долю неопределенности в такого рода предварительную работу вносит синергетический эффект одновременной реализации различных видов работ, работа субподрядчиков и человеческий фактор, связанный с высокой скоростью сменяемости кадров в строительной отрасли.

6. Дальнейшего исследования требуют элементы идентификации опасности, связанные с человеческим фактором, так как установлено, что значительная часть возможных нежелательных сценариев развития травмоопасных ситуаций связана с не регламентными действиями исполнителей. Возможным решением может быть проведение анонимного анкетирования среди работников организации и усиление механизмов коррекции климата безопасности в коллективе.

7. На основе проведенного исследования разработана документация в виде элемента системы управления охраной труда. Подготовлен макет СТО, регламентирующий процедуру управления профессиональными рисками в строительной организации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Федеральная служба государственной статистики. Условия труда [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gks.ru/working_conditions?print=1# (дата обра-щения 15.01.2020).

2. Указ Президента РФ от 09.10.2007 N 1351 (ред. от 01.07.2014) "Об утверждении Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года" [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_71673/7a46cb13de731db3333fcd77a4f7887e468287e3/ (дата обращения 15.01.2020).

3. Федеральный закон от 30.12.2001 N 197-ФЗ (с изменениями). Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения 15.01.2020).

4. Приказ Минтруда России от 19.08.2016 N 438н "Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда" (Зарегистрировано в Минюсте России 13.10.2016 N 44037) [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_205968/ (дата обращения 15.01.2020).

5. Проект Федерального закона "О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации (в части совершенствования механизмов предупреждения производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, соблюдения трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права)" [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=PRJ&n=175235#08905860727879755 (дата обращения 15.01.2020).

6. 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.

7. ГОСТ Р 12.0.010-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков. – 2009. – 20 с.

8. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска. – 2011. – 124 с.

9. ГОСТ Р 51901.11-2005 (МЭК 61882:2001) Менеджмент риска. Исследование опасности и рабо-тоспособности. Прикладное руководство. – 2005. – 46 с.

10. ГОСТ Р 54124-2010 Безопасность машин и оборудования. Оценка риска. – 2010. – 102 с.

11. Рыжкин, И.И. Риски строительства и монтажа / И.И. Рыжкин – М.: «Анкил», 2006 – 248 с.

12. 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.

13. ISO 45001-2018 «Occupational health and safety management systems - requirements with guidance for use». – 2018. – 55 с.

14. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской федерации от 10 ноября 2017 года N 655 Об утверждении форм проверочных листов (списков контрольных вопросов) для осуществления федерального государственного надзора за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://base.garant.ru/71810786/ дата обращения 15.01.2020).

Статья поступила в редакцию 02.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 534.6

РАСЧЕТ ЛОКАЛЬНОГО ШУМОЗАЩИТНОГО ОГРАЖДЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ШУМА ОПЕРАТОРА МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО СТАНКА

© 2020

Иванов Николай Игоревич, профессор, доктор технических наук,
заведующий кафедрой «Экология и БЖД»
Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Промышленная 19, лит. Р noise.science@gmail.com)
Шашурин Александр Евгеньевич, доктор технических наук,
профессор кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности»
Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Промышленная 19, лит. Р, shashurin_ae@voenmeh.ru)
Гогуадзе Марат Григорьевич, аспирант Ростовского государственного университета путей и сообщений,
Ростовский государственный университет путей и сообщений
(Россия, Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения 2, maratlex@mail.ru)

Аннотация. Вопрос снижения уровней шума на рабочих местах металлообрабатывающих предприятий носит острый характер. Уровни шума на рабочих местах зачастую превышают норму на 10дБА и более. Уровни звукового давления во всем частотном диапазоне превышают нормируемые значения. Известные средства защиты от шума в помещении, такие как облицовка стен звукопоглощающими конструкциями, подвешивание штучных звукопоглотителей зачастую не доводят уровни звука до нормативных значений. В данной статье рассмотрено применение шумозащитных ограждающих конструкций на металлообрабатывающих станках. В отличие от применяемых конструкций, (металлические короба) предлагается использование прозрачных материалов в металлической раме с применением дополнительной звукопоглощающей части. Для снижения доли переотраженного шума предлагается использовать звукопоглощающий материал, как на самой конструкции, так и на станке. В данной статье показаны расчетные формулы для расчета эффективности ограждающих конструкций с учетом геометрических размеров и акустических характеристик. На основе статистической теории акустики разработаны формулы и показаны зависимости эффективности предлагаемых конструкций от различных параметров. Показана эффективность звукопоглощающих материалов, применяемых в конструкции для снижения доли отраженного шума.

Ключевые слова: шум, снижение шума, шумозащитное ограждение, металлообрабатывающий станок, звукопоглощение, эффективность экрана, дифракция, диффузное поле.

CALCULATION OF A LOCAL NOISE BARRIER TO REDUCE THE NOISE OF THE OPERATOR OF A METALWORKING MACHINE

© 2020

Ivanov Nikolay Igorevich, professor, Phd, head of department ‘Ecology and life safety’,
Baltic State Technical University ‘VOENMEH’ named after D.F. Ustinov, St. Petersburg, Russian Federation
(19 ‘R’ Promyshlennaya street, Saint Peterburg 198099 Russia, noise.science@gmail.com)
Shashurin Alexander Evgenievich, professor, Phd,
Baltic State Technical University ‘VOENMEH’ named after D.F. Ustinov, St. Petersburg, Russian Federation
(19 ‘R’ Promyshlennaya street, Saint Peterburg 198099 Russia, shashurin_ae@voenmeh.ru)
Goguadze Marat Grigorievich, postgraduate,
Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russian Federation,
(2 Square of the Rostov Rifle Regiment of the People's Militia, Rostov-on-don Russia, maratlex@mail.ru)

Abstract. The issue of reducing noise levels in the workplace of Metalworking enterprises is acute. Noise levels in workplaces often exceed the norm by 10 dB or more. Sound pressure levels in the entire frequency range exceed the normalized values. Well-known means of protection against noise in the room, such as wall cladding with sound-absorbing structures, hanging piece sound absorbers often do not bring the sound levels to standard values. This article discusses the use of noise-proof enclosing structures on Metalworking machines. In contrast to the structures used (metal boxes), it is proposed to use transparent materials in a metal frame with the use of an additional sound-absorbing part. To reduce the proportion of re-reflected noise, it is proposed to use a sound-absorbing material, both on the structure itself and on the machine. This article shows the calculation formulas for calculating the efficiency of enclosing structures, taking into account the geometric dimensions and acoustic characteristics. On the basis of the statistical theory of acoustics, formulas are developed and the dependences of the efficiency of the proposed structures on various parameters are shown. The efficiency of sound-absorbing materials used in construction to reduce the proportion of reflected noise is shown.

Keywords: noise, noise reduction, noise barrier, Metalworking machine, sound absorption, screen efficiency, diffraction, diffuse field.

Введение. Вопрос снижения уровней шума на рабочих местах металлообрабатывающих предприятий носит острый характер. Уровни шума на рабочих местах зачастую превышают норму на 10дБА и более и достигают уровней свыше 100дБА. Самым эффективным методом снижения шума при обработке металлов резанием является оснащение станка подвижными кожухами, герметично закрывающими зону резания [1-3].

Проблеме снижения шума на рабочих местах посвящено много трудов. Известные ученые описывали эту проблему в своих работах[4-5]. Обычные кожухи изготавливаются из листового железа, предназначены они только для защиты оператора от попадания эмульсии и стружки. Звукоизолирующий кожух состоит из 2-х слоев листового железа, между которыми находится демпфирующий материал. Места контакта кожуха уплотнены вибропоглощающим материалом.

На сегодняшний момент выбор параметров такого кожуха определяется только экспериментальными данными. Методы расчета таким компоновок и конструкций отсутствуют. Необходимо разработать математическую модель, с помощью которой можно было бы подобрать материалы и геометрические параметры конструкции для достижения наибольшей эффективности.

Результаты исследования. Ввиду того, что при работе оператора зачастую необходимо визуально контролировать работу предлагается устанавливать шумозащитное ограждение из монолитного поликарбоната в раме. Для звукопоглощения необходимо дополнять конструкцию звукопоглощающим материалом. В работе представлен подбор компоновки шумозащитного ограждения с учетом различных площадей звукопоглощения и геометрических размеров ограждения. Расчетная схема ограждения показана на рисунке 1.

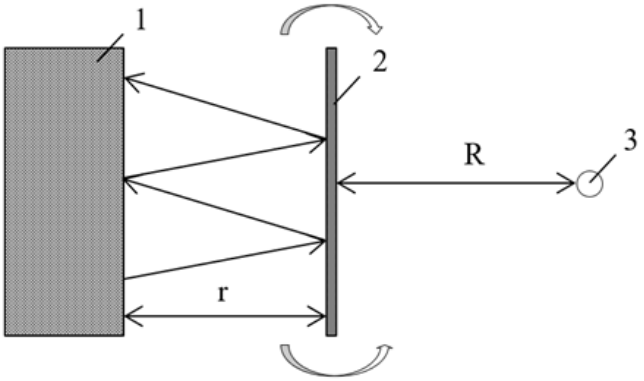


Рисунок 1 – Шумозащитное локальное ограждения для снижения шума на рабочем месте: 1- источник шума (ИШ); 2 – шумозащитное ограждение (ШЗО); 3 – расчетная точка (РТ); → переотражения звука; – дифракция звука.

Для расчета эффективности такого ограждения воспользуемся теорией описанной в источниках [6-7].

Для выведения формулы расчета принято основное допущение о том, что в пространстве между ИШ и ШЗО образуется сплошное звуковое поле, вызванное многочисленными переотражениями звука.

Дополнительные допущения:

1. ШЗО расположено симметрично по отношению ИШ, т.е. на все свободные ребра приходит равномерная звуковая энергия;
2. В РТ звук дифрагирует через 4 свободных ребра ШЗО;
3. ИШ и свободные ребра ШЗО, принятые линейными излучателями шума;
4. Длина ИШ и длина ШЗО приблизительно равны или близки друг к другу;
5. ШЗО составное, где часть конструкции отражает звук, а часть облицована звукопоглощающим материалом (ЗПМ) (рис.2) [8-11].
6. Предполагается использование монолитного поликарбоната толщиной не менее 16мм со звукоизоляцией не менее 34 дБА. Шум, проникающий через перегородку, не учитывается [3-5].

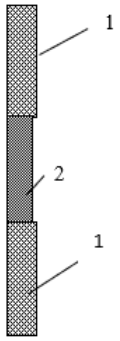


Рисунок 2 – Схема ШЗО: 1 – ЗПМ; 2 – прозрачная отражающая поверхность

Эффективность ШЗО определяется:

$$\Delta L_{\text{ШЗО}} = 10lg\frac{I_{\text{РТ}}^{\text{Б/Ш}}}{I_{\text{РТ}}^{\text{С/ШЗО}}}, \quad \text{дБ} \qquad (1)$$

где: $I_{\text{РТ}}^{\text{Б/Ш}}$ – интенсивность звука в РТ от ИШ без ШЗО;Вт/м^2.

$I_{\text{РТ}}^{\text{С/ШЗО}}$ – тоже с установленным ШЗО, Вт/м^2.

Интенсивность звука в РТ без ШЗО:

$$I_{\text{РТ}}^{\text{Б/Ш}} = \frac{W_{\text{ист}}}{2\pi l_{\text{ист}}(R+r)} arctg\frac{l_{\text{ист}}}{2(R+r)}, \qquad (2)$$

где:

$W_{ист}$ – акустическая мощность ИШ, Вт;

$l_{ист}$ – длина ИШ, м;

r – расстояние от ИШ до ШЗО, м;

R – расстояние от ШЗО до РТ, м.

Звуковая энергия, падающая на ШЗО

$$I_{ПАД}^{С/ШЗО} = \frac{4W_{ИСТ}(1-\bar{\alpha}_{об})}{\varphi_{пр}A_{пр}}, \quad (3)$$

где

$\bar{\alpha}_{об}$ – средний коэффициент звукопоглощения в пространстве между ИШ и ШЗО;

$\varphi_{пр}$ - коэффициент неравномерности звукового поля;

$A_{об}$ – эквивалентная площадь звукопоглощения;

$$A_{пр} = \alpha_{ОТР}^{ШЗО} l_{ШЗО} h_{ОТР} + \alpha_{ПОГЛ}^{ШЗО} l_{ШЗО} h_{ПОГЛ} + \alpha_{ИСТ} l_{ИСТ} h_{ИСТ} + 4l_{ШЗО}, \quad (4)$$

где:

$\alpha_{ОТР}^{ШЗО}$ – коэффициент звукопоглощения отражающей части ШЗО;

$h_{ОТР}$ – высота, м;

$l_{ШЗО}$ – длина, м;

$\alpha_{ПОГЛ}^{ШЗО}$ – коэффициент звукопоглощения поглощающей части ШЗО (ЗПМ);

$h_{ПОГЛ}$ – высота поглощающей части, м;

$\alpha_{ИСТ}$ – коэффициент звукопоглощения ИШ;

$l_{ИСТ}$ – длина ИШ, м;

$h_{ИСТ}$ – высота ИШ, м;

$$h_{ШЗО} = h_{ОТР} + h_{ПОГЛ}, \quad (5)$$

Значение α свободного пространства x=1, принимаем свободное пространства с 4x сторон ШЗО, поэтому последний член в формуле (4) равен $4l_{ШЗО}r$.

Для улучшения в последующих расчетах т.к. первый и третий члены в формуле (4) пренебрежимо малы (α=0,01) формула (4) может быть преобразована: ($l_{ИСТ} \approx l_{ШЗО}$).

$$A_{пр} = l_{ШЗО}(\alpha_{ПОГЛ} h_{ПОГЛ} + 4r), \quad (6)$$

$$\bar{\alpha}_{об} = \frac{A_{об}}{S_{ИШ} + 4S_{св.пр} + S_{ШЗО}}, \quad (7)$$

где:

$S_{ИШ}$ – площади ИШ, м^2;

$S_{(св.об)}$ – площадь свободного пространства между ИШ и ШЗО, м^2;

$S_{ШЗО}$ – площадь ШЗО, м^2.

Акустическая мощность на свободных ребрах ШЗО:

$$W_{ШЗО} = I_{пад}^{С/ШЗО} S_{ШЗО}, \quad (8)$$

где:

$S_{ШЗО}$ – площади ИШ, м^2;

$$S_{ШЗО} = l_{ШЗО}(h_{отр} + h_{пад}), \quad (9)$$

Интенсивность звука в РТ с ШЗО: принимая свободные ребра ШЗО линейными отраженными источниками звука (при этом свободных поверхностей 4).

$$I_{РТ}^{С/ШЗО} = \frac{4W_{ШЗО}\beta_{дифр}}{2\pi l_{ШЗО} R} arctg \frac{l_{экр}}{2R}, \quad (10)$$

где:

$\beta_{дифр}$ – коэффициент дифракции на свободном ребре (принимаем одинаковое значение $\beta_{дифр} = \frac{1}{2\pi}$).

Подставляем в (10) формулы (3), (6), (8) и (9)

$$I_{РТ}^{С/ШЗО} = \frac{4W_{ИСТ}(1-\bar{\alpha}_{об}) l_{ШЗО}(h_{отр}+h_{пад}) 4\beta_{дифр}}{\varphi_{об} l_{ШЗО}(\alpha_{ПОГЛ} h_{ПОГЛ} + 4r)} arctg \frac{l_{экр}}{2R}, \quad (11)$$

После упрощений и приняв второе слагаемое А

$$I_{РТ}^{С/ШЗО} = \frac{8W_{ИСТ}(1-\bar{\alpha}_{об})(h_{отр}+h_{пад}) 4\beta_{дифр}}{\varphi_{пр}(\alpha_{ПОГЛ} h_{ПОГЛ} + 4r) l_{ШЗО} R\pi} A, \quad (12)$$

Подставим (2) и (12) в (1)

$$I_{РТ}^{С/ШЗО} = \frac{4W_{ИСТ}(1-\bar{\alpha}_{об}) l_{ШЗО}(h_{отр}+h_{пад}) 4\beta_{дифр}}{\varphi_{об} l_{ШЗО}(\alpha_{ПОГЛ} h_{ПОГЛ} + 4r)} arctg \frac{l_{экр}}{2R}, \quad (13)$$

Примем $l_{ШЗО} \approx l_{ИСТ}$ и сделаем упрощения,

$$\Delta L_{ШЗО} = 10lg\frac{R}{(R+r)} + 10lg\varphi_{пр} + 10lg\frac{(\alpha_{ПОГЛ} h_{ПОГЛ} + 4r)}{(h_{ПОГЛ} + h_{ОТР})} - 10lg(1-\bar{\alpha}_{об}) - 10lg\frac{1}{\beta_{дифр}} + 10\,lg\left(arctg\frac{l_{ШЗО}}{2R}\right) + 10lg\left(arctg\frac{l_{ШЗО}}{2(R+r)}\right) - 10lg16, \text{ дБ} \quad (14)$$

Выводы. Используя эти формулы, можно выбирать геометрические размеры, характеристики и материал звукопоглощения для применения в шумозащитном ограждения металлообрабатывающих станков.

Сравнительные расчеты экранов с отражающими и отражающе-поглощающими вставками показали, что наличие ЗПМ – важный фактор, увеличивающий акустическую эффективность, которая связана с эквивалентной площадью звукопоглощения, определяемой звукопоглощающими вставками. Изменив эквивалентную площадь звукопоглощения, увеличив ее на ограждающей конструкции и на самом станке можно получить эффективность конструкции до 10дБ в среднечастотном диапазоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Защита от повышенного шума и вибрации: сборник

докладов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 19-21 марта 2019 г., СПб/ Под ред. Н.И. Иванова. – СПб., 2019. – с. 830-833.

2. Зюзликова, Н. В. Снижение шума на рабочих местах в помещениях акустическими экранами: автореферат диссертации на соискание уч. ст. кандидата технических наук: 05.26.01. / Зюзликова Наталья Васильевна. – СПб., 1999. – 24с.

3. Иванов Н.И. Акустические экраны: конструкция, материалы, эффективность // Мир дорог. – 2008. – № 35. – С. 64-66.

4. Улучшение условий труда операторов высокоскоростных прутковых токарных станков за счет снижения шума. Издательский центр ДГТУ, Ростов н/Д. 2012 г. – 140 с.

5. Теория и методы акустических расчетов и проектирования технологических машин для механической обработки. Издательский центр ДГТУ, Ростов н/Д. 2005 г. – 152 с.

6. Шашурин, А. Е Снижение шума стационарного оборудования акустическими экранами / А. Е. Шашурин, Н. Г. Семёнов // Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 50-летию первого полета человека в космос и 75-летию регулярных исследований ионосферы в России. – Томск: Томское университетское издательство, 2011. – с. 199-203.

7. Новые технические и технологические решения для снижения акустического загрязнения шумозащитными экранами. Монография / А. Е. Шашурин (лва 100%). – СПб.: Изд-во Балт. гос. техн. ун-т, 2018. – 134 с.

8. Снижение шума стационарных источников в жилой застройке технологическими шумозащитными экранами. Безопасность жизнедеятельности. М.: Новые технологии. 2018. №6 – с. 16-22. Шашурин А.Е., Иванов Н.И., Светлов В.В.

9. Определение эффективности шумозащитных экранов, установленных на акустически необработанной галерее. Инженерно-строительный журнал, –2018, №6(82) – с. 199-207, А.Е. Шашурин.

10. Иванов, Н. И. Влияние материала на акустическую эффективность шумозащитного экрана / Н. И. Иванов, А. Е. Шашурин, Ю. С. Бойко // Noise Theory and Practice. – 2016. – С. 24-28.

11. Влияние материала на акустическую эффективность шумозащитных экранов. Noise Theory and Practice, 2016, №4 (2) – с. 24-28. Шашурин А.Е., Бойко Ю.С.

12. Журбинский, Л.Ф. Исследование эффективности звукоэкранирования источников шума в помещениях обогатительных фабрик методом акустического моделирования / Л. Ф. Журбинский, А. И. Цукерман, В. В. Бобриков //Совер. техн. и технол. для техн. перевооруж. углеобогат. фабрик – Люберцы, 1988. – С.84-92.

13. Иванов, Н. И. Влияние звукоизоляции на эффективность акустических экранов / Н. И. Иванов, Д. А. Куклин, Н. В. Тюрина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2010. – Т.12, №1(9). – С. 2223-2228.

Статья поступила в редакцию 08.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 614.7

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ И НАДЕЖНОЙ РАБОТЫ ХРАНИЛИЩ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

© 2020

Васильева Елена Викторовна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность »
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова
(346428, Россия, г. Новочеркасск, улица Просвещения, 132, e-mail:karalenka5@yandex.ru)
Фёдоров Виктор Матвеевич, доктор технических наук,
профессор кафедры «Техносферная безопасность и природообустройство»
Новочеркасский инженерно-мелиоративный института им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВПО Донской ГАУ
(346428, Россия, г. Новочеркасск, улица Пушкинская, 111, e-mail:karalenka5@yandex.ru).
Яковенко Елена Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность »
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова
(346428, Россия, г. Новочеркасск, улица Просвещения 132, e-mail: yakovlena80@yandex.ru)

Аннотация. Данная статья посвящена проблеме обеспечения безопасности окружающей среды. Последнее десятилетие прошлого века можно назвать периодом интенсивного роста численности промышленных и энергетических объектов. Наряду с несомненной их пользой для общества возникла необходимость в организации сравнительно опасных хранилищ промышленных отходов – шламонакопителях, хвостохранилищах и других. Проанализировано техническое состояние накопителей, выявлены основные причины аварий, повлекших за собой чрезвычайные ситуации экологического плана. Рекомендован перечень мероприятий, способный продлить безаварийную работу шламонакопителей, тем самым предотвратить возникновение чрезвычайной ситуации. Предложена технология ремонтных работ, отвечающая принципам рациональности (ресурсосбережения) и надежности, позволяющая восстанавливать профиль грунтовых плотин и оградительных дамб в проектное положение. Использование грунтосмеси для восстановления профиля сооружений (досыпке гребня, восстановлении верхового и низового откосов) обеспечит образование жесткой камневидной структуры и увеличение сопротивляемости низконапорных плотин дефектам и повреждениям. Рекомендованная авторами технология ремонта хранилищ промышленных отходов, позволит увеличить срок эксплуатации опасных объектов, а также снизить вероятность наступления чрезвычайной ситуации техногенного характера на низконапорных гидротехнических сооружения промышленного назначения.

Ключевые слова: безопасность, шламонакопитель, промышленные отходы, чрезвычайная ситуация, охрана окружающей среды, загрязнение воды и почвы, грунтосмесь, надежность

ENSURING SAFE AND RELIABLE STORAGE OPERATION WASTE

© 2020

Vasilyeva Elena Viktorovna, candidate of technical Sciences,
associate Professor of the Department "Ecology and industrial safety"
Polytechnic University (NPI). M. I. Platov
(346428, Russia, Novocherkassk, Prosvesheniya street, 132, e-mail:karalenka5@yandex.ru)
Viktor Fedorov, doctor of technical Sciences,
Professor of the Department "Technosphere safety and environmental management"
Novocherkassk engineering-meliorative Institute. A. K. Kortunov FGBOU VPO the don GAU
(346428, Russia, Novocherkassk, street Pushkinskaya, 111, e-mail:karalenka5@yandex.ru).
Yakovenko Elena Aleksandrovna, candidate of agricultural Sciences,
associate Professor of the Department " Ecology and industrial safety "
South Russian state Polytechnic University (NPI). M. I. Platov
(346428, Russia, Novocherkassk, Prosvesheniya street 132, e-mail:karalenka5@yandex.ru)

Annotation. This article is devoted to the problem of environmental safety. The last decade of the last century can be called a period of intensive growth in the number of industrial and energy facilities. Along with their undoubted benefit to society, there was a need for the organization of relatively dangerous storage of industrial waste – sludge accumulators, tailings dumps and others. Analyzed the technical condition of the storage, identified the main causes of accidents that resulted in environmental emergencies. A list of measures is recommended that can prolong the trouble-free operation of sludge collectors, thereby preventing the occurrence of an emergency situation. The technology of repair works meeting the principles of rationality (resource saving) and reliability is offered, allowing to restore a profile of soil dams and protective dams in design position. The use of soil mixture to restore the profile of structures (ridge filling, restoration of the upper and lower slopes) will provide the formation of a rigid stone-like structure and increase the resistance of low-pressure dams to defects and damage. The technology of repair of industrial waste storages recommended by

the authors will increase the life of hazardous facilities, as well as reduce the likelihood of an emergency of technogenic nature on low-pressure hydraulic structures for industrial purposes.

Keywords: safety, sludge collector, industrial waste, emergency, environmental protection, water and soil pollution, soil mixture, reliability.

Введение. Согласно данным Международной комиссии по плотинам в мире насчитывается более 800 тысяч различных плотин. Среди них значительную часть (более 90%) составляют низконапорные, IV класса капитальности, высотой менее 15м.

По данным Ростехнадзора таких гидротехнических сооружений в России несколько десятков тысяч, образуют они небольшие по объему водохранилища, шламонакопители, хвостохранилища и др.

Большую часть гидротехнических сооружений, которые используют промышленные предприятия, составляют шламонакопители и хвостохранилища. Связано это, как с производственной необходимостью, так и с простотой устройства и низкой стоимостью промышленных накопителей [1-10].

Шламонакопители массово устраивали в период 1960-1980гг. Срок эксплуатации таких сооружений, при своевременном обслуживании и ремонте, 50-60лет. Однако, проведенный анализ литературных источников, по результатам обследований такого рода объектов показал, что состояние многих из них следует оценивать как неудовлетворительное и близкое к аварийно-опасному [5-7] .

Согласно Федеральному закону РФ от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» шламонакопители и хвостохранилища как раз и относятся к опасным производственным объектам. При нарушении их эксплуатации в черте населенных пунктов и городов, при повреждении тела плотины, возможно масштабное затопление прилегающих территорий, сельскохозяйственный угодий, объектов культурного и жизнеобеспечивающего значения. Как следствие, подобного рода чрезвычайные ситуаций приводят к загрязнению мест проживания, водоисточников, почвы, воздуха, а в отдельных случаях к массовым заболеваниям и отравлениям людей и животных.

Принимая во внимание, что шламонакопители и хвостохранилища относятся к объектам повышенного риска, необходимо обес-печить качественное проектирование с после-дующим контролем этапов их строительства. Для предотвращения чрезвычайных ситуаций техно-генного характера, которые могут нанести непоп-равимый вред компонентам окружающей среды, особую значимость приобретает постоянный мо-ниторинг работы шламонакопителей и хвостох-ранилищ, а также своевременное выполнение обслу-живающих и ремонтных работ [2-4].

К одной из серьезных аварий на промышленных накопителях следует отнести чрезвычайную ситуацию на хвостохранилище Стебниковского калийного завода. В результате значительной просадки гребня подпорного сооружения (более 4м), образования нескольких крупных поперечных трещин в теле грунтовой плотины, сформировался проран, через который в реку Днепр попало более 5 млн.м^3 токсичных веществ [10-12].Окружающей среде причинен значительный ущерб: отравлены притоки реки, затоплены сельскохозяйственные поля, ближайшие поселки и города остались без водоснабжения.

В Волгоградской области в 2010г. в результате образования прорана за пределы шламонакопителя вытекло более 130 тыс.м^3 осветленной воды и 25 тыс.м^3 фосфогипса, размер причиненного ущерба составил более 10 млн. руб. При расследовании чрезвычайной ситуации комиссией были установлены основные причины аварии, среди которых: отсутствие своевременного контроля за работой объекта, нарушение правил эксплуатации, несвоевременный ремонт, которые и привели к образованию трещин, повышенной фильтрации через тело дамб обвалования.

В результате перелива воды через гребень плотины на хвостохранилище №2 Абагурского филиала ОАО «Евразруда» в сентябре 2010г. образовался проран, который разрушил дамбы обвалования. Из хвостохранилища вытекло около 35 тыс.м^3 токсичных отходов и более 200 тыс.м^3 воды, в результате хвосты попали в р.Кондома, загрязнена прилегающая территория, сильному затоплению на глубину более 1,8м. подверглась насыпь железной дороги, разрушен участок автомагистрали, причиненный ущерб составил около 20 млн.руб.

Анализ различных литературных источников позволяет выделить основные дефекты и повреждения на шламонакопителях в процессе эксплуатации [12-18]:

-перелив токсичных вод через деформированный гребень плотины или дамбы обвалования;

-разуплотнение грунта откосов и их обрушение;

-образование трещин, пустот, просадки;

-повышенная фильтрация, выпор грунта.

Для предотвращения аварийно-опасного состояния на шламонакопителях необходимо:

-осуществлять контроль соответствия параметров сброса отходов запланированным;

-производить мониторинг имеющихся деформаций и повреждений, для своевременного ремонта и восстановления проектного профиля плотин (дамб);

-контролировать заполнение ёмкости шламонакопителя, для предотвращения перелива токсичных отходов через гребень плотин (дамб).

В настоящее время для выполнения ремонтных работ по восстановлению в проектное положение профиля (тела) грунтовых плотин и дамб обвалования используют грунт карьера из которого отсыпано сооружение, либо ремонтируют

привозным глинистым грунтом с добавлением навоза, в ответственных случаях – грунтоцементом, представляющим собой смесь грунта и цемента [17,18]. Однако, по прошествии года или максимум трех, защитные свойства отремонтированных элементов сооружений ослабевают и утрачиваются, а под воздействием ливней, колебаний температур, вредного воздействия землеройных животных, отсутствия надлежащего эксплуатационного контроля и других природно-климатических и антропогенных факторов, восстановленные элементы сооружений постепенно разрушаются вновь [17].

Цель работы. Создание эффективной технологии ремонта по восстановлению тела грунтовых плотин и дамб обвалования хранилищ промышленных отходов.

Предлагаемые технические решения. Предложено ремонтные работы по восстановлению тела грунтовых плотин и дамб шламонакопителей производить грунтовой смесью, включающей грунтоцемент (смесь грунта и цемента) и улучшающие качество смеси добавки, обеспечивающие при затвердевании смеси повышенную прочность, водо- и морозостойкость [19].

В качестве компонентов смеси рекомендованы взятые в процентах от ее массы следующие материалы: грунт (суглинок), цемент (марка 500), зола-унос с электрофильтров ГРЭС (Новочеркасской, например), высевка (отход камнедробления кварцита).

При приготовлении грунтосмеси в предварительно измельченный сухой грунт вносили цемент, смесь перемешивали и доувлажняли (с учетом содержащейся в грунте влаги) до оптимальной влажности.

Затем, добавляли высевку и золу, полученную смесь снова тщательно перемешивали до однородного состояния и при необходимости доувлажняли. Завершив приготовление в специальном байке грунтовой смеси, приступали к изготовлению стандартных образцов, используя для этого полые цилиндрические прессформы (рис. 1) с двумя стальными вкладышами.

Цилиндрические образцы высотой и диаметром 50мм (рис. 2) подвергали испытаниям на прочность после двадцати восьми суток хранения и полного водонасыщения, а также после пятидесяти циклов попеременного замораживания и оттаивания. Изготавливали образцы-цилиндры прессованием, что соответствовало послойному уплотнению грунтовой смеси катками на гребне или откосах плотины (дамбы обвалования) шламонакопителя при выполнении ремонтных работ.

Рисунок 1 – Полая цилиндрическая пресс-форма

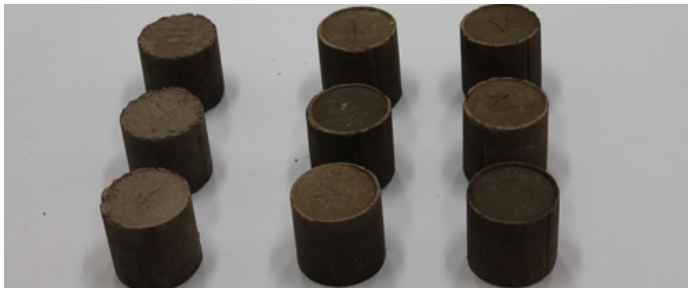


Рисунок 2 – Стандартные образцы-цилиндры

В нижеприведенной таблице представлены результаты испытаний предлагаемых и наиболее близких по эффективности грунтосмесей, включающих грунтоцемент.

Из приведенных в таблице 1 данных видно, что наличие в составе грунтовой смеси 4-6% золы и 20-35% высевки обеспечивает при затвердевании существенное (на 35-40%) повышение прочности, а также водо- и морозостойкости ($R_{мор} \approx R_{28}$).

Увеличение доли цемента свыше 10% не дает существенного прироста прочности и морозостойкости. Прочность затвердевшей грунтовой смеси с 8 и 10 процентами цемента определяют по формулам, соответственно:

$$R_{28\text{-}8\%}=(15{,}9Ц^3-5{,}9В^2+51{,}4ЦВ)\cdot 10^{-3}; \quad (1)$$

$$R_{28\text{-}10\%}=(10{,}4Ц^3-5{,}2В^2+34{,}4ЦВ)\cdot 10^{-3};$$

где R_{28} – прочность смеси через 28 суток твердения и полного водонасыщения, МПа; Ц – доля цемента, % от массы грунтовой смеси; В- доля высевки, % от массы грунтовой смеси.

Использование предложенной грунтосмеси будет способствовать увеличению сопротивляемости реконструированных элементов и тела сооружений дефектообразованиям за счет создания в них (элементах) камневидной структуры, а значит, увеличит и безаварийный период работы сооружения.

Таблица 1 – Результаты испытаний грунтосмесей

Грунтоцемент	Доля цемента, % от массы грунтосмеси	Количество добавки, % от массы грунтосмеси		Прочность, МПа		Коэффициент морозостойкости $R_{мор}/R_{28}$
		Зола	Высевка	Через 28 суток и полного водонасыщения, R_{28}	После 50 циклов замораж.-оттаивания, $R_{мор}$	
Без добавки	8	0	0	10,60	7,74	0,73
	10	0	0	11,35	8,85	0,78
	14	0	0	11,72	9,49	0,81
С добавкой золы и высевки	6	8	20	10,70	9,63	0,90
	6	8	35	11,57	10,76	0,93
	8	6	20	13,97	13,27	0,95
	8	6	35	15,25	14,80	0,97
	10	4	15	14,40	13,39	0,93
	10	4	20	15,20	14,59	0,96
	10	4	30	16,02	15,38	0,96
	10	4	35	16,04	15,58	0,97
	14	0	15	14,91	14,02	0,94
	14	0	20	15,68	15,05	0,96
	14	0	30	16,43	15,94	0,97
	14	0	35	16,37	15,89	0,97

В процессе ремонта выполняют подготовительные и основные работы. К подготовительным относят разработку грунта на гребне и откосах, транспортировку его во временные отвалы, планировку гребня и откосов, доувлажнение грунта верхней части сооружений, вскрышу карьера и доувлажнение в нем грунта до оптимальной влажности. Затем, приступают к основным работам: разрабатывают грунт в карьере, транспортируют его к грунтосмесительной установке (рис.3), доставляют к грунтосмесительной установке цемент, золу и высевку, приготавливают в ней (установке) грунтосмесь, доставляют и укладывают грунтосмесь слоями на гребень и откосы, послойно ее разравнивают и уплотняют до проектной плотности.

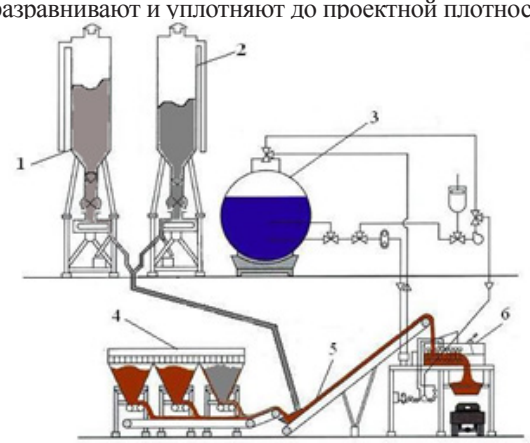


Рисунок 3 – Устройство грунтосмесительной установки ДС-50: 1 – цементный бункер; 2 –зольный бункер; 3 – ёмкость с водой и насосными установками;4 – бункера для грунта и высевки; 5 – ленточный транспортёр; 6 –агрегат для смешивания компонентов

При этом используют технику, имеющуюся на балансе у организации, выполняющей ремонтные работы, а при выборе строительных материалов предпочтение отдают местному сырью.

К грунтосмесительной установке подвозят грунт и высевку автосамосвалами, цемент и золу доставляют автоцементовозами, воду – автоцистернами. При комплектовании автосамосвалов с экскаваторами руководствуются зависимостью:

$$G = (6 \div 8) q_э \cdot \gamma_{рыхл} \cdot K_н, \quad (2)$$

где G – грузоподъёмность автосамосвала, т; $q_э$ – геометрическая вместимость ковша экскаватора, м^3;

$\gamma_{рыхл}$ – плотность разрыхлённого грунта, т/м3;

$K_н$ – коэффициент наполнения кузова автосамосвала, 1,05÷1,1.

Централизованное управление установкой осуществляется оператором с пульта управления. Ввиду крупноблочного способа изготовления элементов установки, повышается степень ее заводской готовности, что существенно сокращает сроки проведения монтажных работ и демонтажа металлических конструкций и электрического оборудования установки во время переезда с объекта на объект.

Также, перемешивание компонентов грунтосмеси может осуществляться и на месте проведения работ (при заложении откосов $m \geq 5$). С этой целью подготавливают основание ремонтируемого элемента (откоса, например) и на него выгружают грунт.

При использовании скрепера набор пригодного грунта ведут на прямолинейных участках, размеры

которых достаточны для размещения длины пути набора грунта, подсчитываемой по формуле:

$$L_н = \frac{q_{ск} \cdot K_н \cdot K_п}{b \cdot h \cdot K_h \cdot K_p}, \quad (3)$$

где $q_{сл}$ – проектный объём ковша скрепера, м3;

K_p – коэффициент, учитывающий разрыхленность грунта;

$K_н$ – коэффициент наполнения ковша;

$K_п$ – коэффициент потерь грунта при наборе, 1,05÷1,1; b – ширина полосы захвата грунта (ширина ковша), м;

h – средняя толщина стружки грунта за время набора, м;

K_h – коэффициент неравномерности толщины стружки, 0,7.

Далее, используя дорожную фрезу (Д-530 или ДС-74, например) осуществляют рыхление и измельчение грунтовых агрегатов лопостями, размещенными на вале фрезерного барабана ротора (таблица 2).

Таблица 2 –Характеристики фрез

Наименование показателей, единица измерения	ДС-74	Д-530
Базовая машина	Тягач колесный Т-158	Трактор гусениный Т-100МГП
Ширина обрабатываемой полосы, мм	2400	2500
Глубина обработки, мм	250	200
Скорость перемещения, км/ч:		
рабочая	0,11-0,97	0,10-0,86
транспортная	40	10
Частота вращения фрезы, об/мин	257	100 и 250
Габаритные размеры, мм		
длина	7550	7775
ширина	2950	3040
высота	2822	3060
Масса, кг	11940	15100

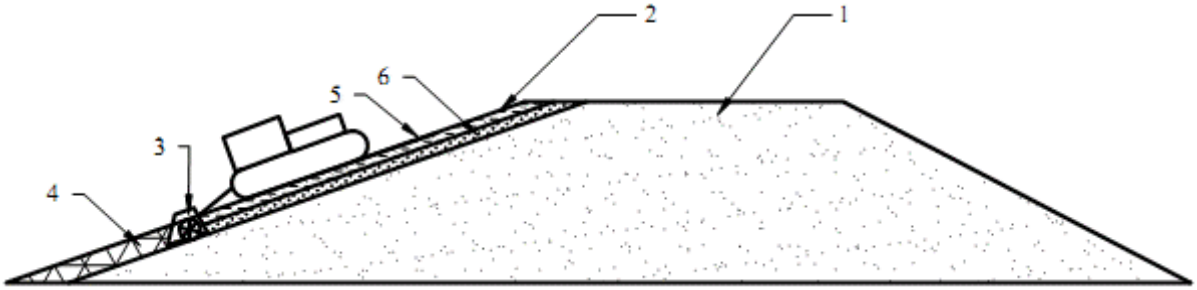


Рисунок 4 – Схема перемешивания высевки с грунтом на откосе дорожной фрезой: 1 –грунтовая плотина; 2 – восстанавливаемый откос; 3 –дорожная фреза; 4 – измельчённая и перемешанная лопостями фрезы смесь высевки с грунтом; 5 – высевка, 6 – грунт

Кожух ротора создает рабочую камеру, где грунт измельчается и смешивается с другими составляющими грутосмеси – высевкой, цементом и золой. С этой целью, доставленную к месту выполнения работ высевку тщательным образом распределяют по предварительно подготовленному (разрыхленному и измельченному) грунту, лопостями фрезы перемешивают с ним (рис. 4), специальными дозаторами или цементовозами распределителями по принятым дозировкам вносят цемент и золу, перемешивают (фрезой), увлажняют до оптимальной влажности, снова перемешивают до однородного состояния, после чего уплотняют.

Вывод. В целях предотвращения чрезвычайных ситуаций экологического плана на хранилищах промышленных отходов разработана технология ремонтных работ по восстановлению тела грунтовых плотин и дамб обвалования, предусматривабщая досыпку гребня, восстановление дефермированных откосов, заделку трещин, нор и пустот грунтосмесями, улучшенных высевкой и золой, способствующих образованию в отремонтированных элементах прочной камневидной структуры, обеспечивающей повышенную сопротивляемость сооружений к дефектообразованиям и увеличение периода их безремонтной работы. Это предотвратит аварийные ситуации на объектах повышенного риска и повысит безопасность окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".

2. Постановление Федерального горного и промышленного надзора России от 28.01.2002 г. № 6 "Об утверждении правил безопасности гидротехнических сооружений накопителей промышленных отходов".

3. Методика определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнических сооружений топливно-энергетического комплекса, утвержденная приказом МЧС и Минэнерго России от 29.12.2003 г. № 776/508.

4. Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера".

5. Муравьева Е.В., Сибгатуллина Д.Ш., Галимова А.И. Риски функционирования гидротехнических сооружений — хранилищ производственных отходов: проблемы и решения //Безопасность жизнедеятельности.2017.№5.С.52-57.

6. Медведева В.М., Пирогов Е.Н., Семеновых В.А. Инновационные технологии очистки воды // Безопасность

жизнедеятельности на транспорте.2015.№1.С.32-38.

7. Комов В.Э. Проблема экологического состояния подземных вод в шахтерских регионах // Российская наука и образование сегодня: Проблемы и перспективы.2016.№3(10). С.61-63.

8. Алексеев С.Е., Алексеева Л.П., Курова Л.В. Оценка эффективности различных реагентов при очистке подземных вод от железа и органических веществ // ВСТ.2016.№1.С.5-14.

9. Мордвинцев М.М. Восстановление рек и водоёмов: учебник для вузов /НГМА, Новочеркасск, 2003.-363 с.

10. Лапшенков В.С. Природоохранная гидротехника: Учебное пособие. Новочеркасск, 2005.-236с.

11. Тяжелые металлы и их соединения. Экология. Справочник. URL: http://ru-ecology.info/ (дата обращения 24.05.2015).

12. Каганов Г.М. Оценка технического состояния небольших (малых) плотин /Г.М. Каганов, В.И. Волков, И.М. Евдокимов, И.А. Секисова // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. - №2. – с.42-45.

13. Шкура В.Н. Мелиорация прудов / В.Н. Шкура, В.А. Белов, Е.В. Васильева и др. – Новочеркасск: Лик,2013. – 370с.

14. Голованов А.И. Природообустройство / А.И. Голованов, Ф.М. Зимин, Д.В. Козлов и др. – М.: КолосС, 2008.-359с.

15. Линник П. Н., Васильчук Т. А., Зубенко И. Б. Роль донных отложений во вторичном загрязнении водной среды водохранилищ органическими веществами и тяжелыми металлами // Химия и технология воды. — 1999. — Т. 21. — № 1. — С. 30—46.

16. Горелышев, Н.В. Материалы и изделия для строительства дорог / Н.В. Горелышев, И.Л. Гурячкова, Э.Р. Пинус. – М.: Транспорт, 1986. – 287 с.

17. Иванов, Е.С. Организация строительства объектов природообустройства: учебное пособие для вузов / Е.С. Иванов – М.: Колос С, 2009. – 415 с.

18. Федоров В.М. Безопасные и надежные сооружения водохозяйственных систем из укатанных бетонов /В.М. Федоров, Е.В. Васильева, Е.А. Яковенко. – Новочеркасск: Лик,2019. - 166с.

19. Патент 2419705, РФ. Способ устранения дефектов в дамбах из однородного грунта / Е.В. Васильева, В.М. Федоров; заявитель и патентообладатель Новочеркасск. гос. мелиор. акад. – 2009147689/09; заявл. 21.12.09; опубл. 27.05.11. – Бюл. № 15.

Статья поступила в редакцию 20.12.2019
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 629.3

ТАКТИЧЕСКАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ В ПОДЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

© 2020

Романенко Александр Иванович, кандидат технических наук, заведующий кафедрой "Холодильные технологии и техносферная безопасность"
МГУТУ им В.Г. Разумовского (Первый казачий университет)
(115419, Россия, г.Москва, ул.Шаболовка, 14, e-mail: rai-52@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)
Шагин Геннадий Владимирович, заместитель начальника ГКУ «ПСЦ», начальник СПТ и АСР по
ТиНАО ГКУ «ПСЦ» (Россия, 119049,г.Москва, ул.Шаболовка, 14, e-mail: rai-52@mail.ru)
Бареева Румия Загимардановна, кандидат исторических наук,
ПКИТ (ф) ФГБОУ ВО «МГУТУ им В.Г. Разумовского (Первый казачий университет)»
(440026, Россия, г.Пенза, улица Володарского, д.6 , e-mail: rimulka058@yandex.ru)
Тертычная Светлана Вячеславовна, кандидат технических наук,
ПКИТ (ф) ФГБОУ ВО «МГУТУ им В.Г. Разумовского (Первый казачий университет)»
(440026, Россия, г.Пенза, улица Володарского, д.6 , e-mail: svetter@mail.ru)

Аннотация. В статье рассмотрен опыт тушения пожара в зарубежном и московском метрополитене. Приведен анализ эффективности применения подвижных средств приточной вентиляции в подземных транспортных сооружениях при тушении пожара. Рассмотрена необходимость использования вентиляции служебных помещений и тоннелей. Изучена эффективность дымоудаления с использованием различных схем проветривания при штатном и аварийном режиме работы средств вентиляции. В результате сложения дополнительной депресии пожара и напорно - расходных характеристик эквивалентного вентилятора получена характеристика источника тяги, действующая при пожаре в эсколаторном тоннеле. Выяснено, что установка мобильных приточных систем на решающем направлении позволит создать условия для эвакуации людей, создавая защиту от опасных факторов пожара в наиболее опасной точке. Проведенные исследования действий пожарно-спасательных подразделений дают возможность оптимизировать действия по тушению пожара и спасению людей в подземной транспортной инфраструктуре.

Ключевые слова. вентиляция, метрополитен, травмы, пожары, опасные факторы, тактическая вентиляция.

TACTICAL VENTILATION IN UNDERGROUND TRANSPORT SYSTEMS

© 2020

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 VG Razumovsky»
(115419, Moscow, Shabolovka street, 14, e-mail: rai-52@mail.ru)
Makarenko Alexey Igorevich, assistant of the operational duty fire extinguishing service at
TINAO GKU "PSC"
Moscow (115419, Moscow, Shabolovka street, 14, e-mail: makarne@list.ru)
Shagin Gennadiy Vladimirovich, deputy Head of the State Public Institution “PSC”, Head of the Specialized
Technical Service and ASR for TINAO of the State Public Institution “PSC”
(115419, Moscow, Shabolovka street, 14, e-mail: rai-52@mail.ru)
Bareeva Rumiya Zagimardanovna, candidate of historical sciences,
Moscow State University of Technology and Management named after VG Razumovsky PKU (branch)
(Penza, Volodarskogo street, 6, e-mail: rimulka058@yandex.ru)
Tertychnaya Svetlana Vyacheslavovna, candidate of technical sciences,
Moscow State University of Technology and Management named after VG Razumovsky PKU (branch)
(Penza, Volodarskogo street, 6, e-mail: svetter@mail.ru)

Annotation. The article discusses the experience of extinguishing a fire in the foreign and Moscow metro. The analysis of the effectiveness of the use of mobile means of supply ventilation in underground transport structures during fire fighting. The necessity of using ventilation of office premises and tunnels is considered. The smoke removal efficiency was studied using various ventilation schemes during normal and emergency operation of ventilation equipment. As a result of the addition of additional fire depression and the pressure - flow characteristics of the equivalent fan, a traction source characteristic was obtained that acts in case of a fire in an escalator tunnel. It was found that the installation of mobile supply systems in the decisive direction will create the conditions for the evacuation of people, creating protection from dangerous fire factors at the most dangerous point. Conducted studies of the actions of fire-rescue units provide an opportunity to optimize actions to extinguish a fire and save people in the underground transport infrastructure.

Keywords. ventilation, underground, injuries, fires, hazards, tactical ventilation.

Введение. Москва – быстроразвивающийся город, где стремительно растущие пассажиропотоки требуют строительства новых транспортных инфраструктур. В условиях плотной застройки современного мегаполиса очевидным выходом из транспортного коллапса является развитие Московского метрополитена. По уровню безопасности Московский метрополитен находится на третьем месте, уступая Пекину и Шанхаю. По соотношению пассажиропотока (2441 млн. человек в год) к количеству происшествий (1454) повлиявших на сбой графика в год, Московский метрополитен может смело носить титул одного из самых безопасных метрополитенов в мире [1].

Постоянно увеличивающееся население мегаполиса должно находиться в зоне безопасности, и обеспечению этой цели служат специальные пожарно-спасательные центры с высококвалифицированными специалистами и проведением соответствующих исследований, направленных на внедрение инновационного оборудования или современных методик по пожаротушению [2-3].

Одновременно с введением новых станций и растущего пассажиропотока, увеличивается пожарная нагрузка на подземные транспортные артерии, что приводит к возрастанию рисков возникновения возгораний, травмирования и гибели людей. Возгорание в подземных транспортных коммуникациях всегда сопряжено с наличием задымления и высокой температуры вблизи источника возгорания. Действующий штатный режим вентиляции способствует распространению опасных факторов пожара на другие части подземной инфраструктуры.

Цель работы. Основной задачей исследования является оптимизация работы пожарных при работе в метрополитене путем использования передвижных вентиляторов.

Материалы и результаты исследований. Штатная система вентиляции, проектируемая для поддержания нормального микроклимата в подзем-ных сооружениях, не рассчитана на работу при пожаре [4]. Залогом быстрого и успешного тушения пожара является перевод системы вентиляции в аварийный режим, что во многом зависит от человеческого фактора и обстановки, сложившейся на пожаре, или создание автономной от станционной системы вентилирования.

Наглядным примером несогласованных действий участников тушения пожара является пожар, который произошел в 1988 в Лондоне, на пересадочном узле King'sCross. Возгорание произошло в смазывающих элементах эскалатора наклонной выработки, соединяющих верхний вестибюль с платформой станционного комплекса. Штатный поток вентиляции способствовал увеличению площади горения, а поршневой эффект, за счет прибывающего поезда, сформировал поток из нагретых продуктов горения, унесший жизни более восьмидесяти человек. Далее, не смотря на случившееся, на станции King'sCross поезда продолжали прибывать на платформу, хотя машинисты были проинструктированы не останавливаться на станции *King'sCross*, тем самым, нарушая схему вентиляции. Следует заметить, что схема аварийного дымоудаления не была задействована.

В ходе изучения данного пожара был отмечен факт потери персоналом метрополитена драгоценного времени. Первые данные были получены младшим персоналом, которые затем передавали ее старшим сотрудникам, которые тратили время на уточнение сведений и лично смотрели на возгорание. Отмечено также, что система оповещения не была введена в действие, отсутствовала какая-либо информация о маршрутах и направлениях эвакуации для посетителей метрополитена.

Анализ данного пожара представляет интерес тем фактом, что прототипом схемы вентиляции Московского метрополитена является схема вентиляционных решений именно Лондонской подземки [5].

Интересны исследования, проведенные в 1998 на базе Санкт-Петербургского метрополитена по попытке дымоудаления в наклонной выработке. В качестве вентилятора использовался прибор ДП-7, находящийся в верхнем вестибюле станционного комплекса. Результаты данного исследования показали, что на 10-й минуте развития пожара удалось создать зону безопасную для ведения аварийно-спасательных работ (22 метра при длине выработке 60 метров и 28 метров при длине выработке 40 метров)

Выяснено, что эффективным является использование вентиляторов с производительностью на приток, обеспечивающих заданное направление воздуха на пожаре [3]. Из недостатков отмечалось:

– небольшое количество вентиляторов необходимой производительности на вооружении пожарной охраны;

– отсутствие возможности оперативной доставки вентиляторов к месту пожара;

– малая производительность передвижных вентиляторов [3].

Руководством ГКУ «ПСЦ» г. Москвы в целях разработки действий пожарно-спасательных подразделений в случае пожара в подземном станционном комплексе «Аэропорт Внуково» были проведены учения, в ходе которых объем платформенного зала был задымлен искусственным театральным дымом и дымовыми шашками. Так же был проведен эксперимент, целью которого являлось подтверждение расчетов тактической вентиляции в подземном транспортном сооружении.

Место проведения эксперимента: г. Москва, Западный административный округ, Внуково, станционный комплекс «Аэроэкспресс Внуково»

Цели эксперимента:

1. Выяснение времени перевода штатного вентиляционного режима в аварийный (оценка действий обслуживающего персонала);

2. Выяснение максимально эффективных точек установки передвижных вентиляторов, стоящих на вооружении пожарно-спасательных подразделений;

3. Проверить правильность расчетов применения тактической вентиляции, после введения поправок в расчетные данные.

Проведенные исследования действий пожарно-спасательных подразделений дают возможность оптимизировать действия по тушению пожара и спасению людей в подземной транспортной инфраструктуре.

Тактическую вентиляцию в подземных транспортных коммуникациях целесообразно разделять на вентиляцию станционных комплексов, тоннелей, электроподстанций и наклонных эскалаторных выработок (рис. 1).

В свою очередь, вентиляцию станционных комплексов можно разделить на вентиляцию платформы и служебных помещений.

Для оценки эффективности дымоудаления в станционном комплексе были применены комбинированная, раздельная и совместная схема проветривания при штатном и аварийном режиме работы штатных средств вентиляции (рис. 2) [6].

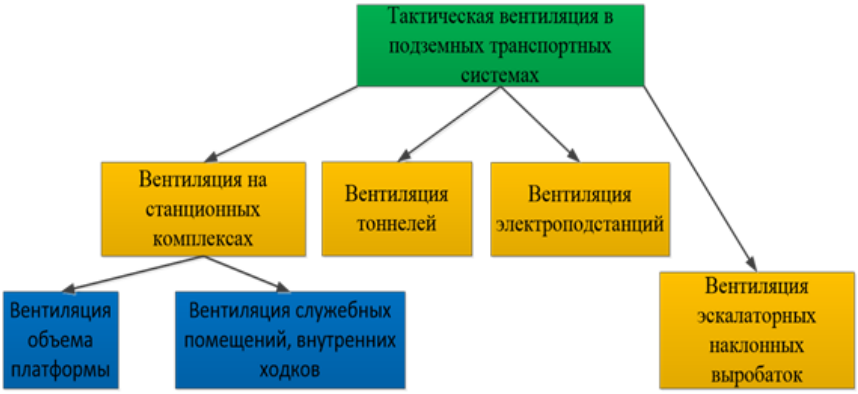


Рисунок 1 – Тактическая вентиляция в подземных транспортных системах

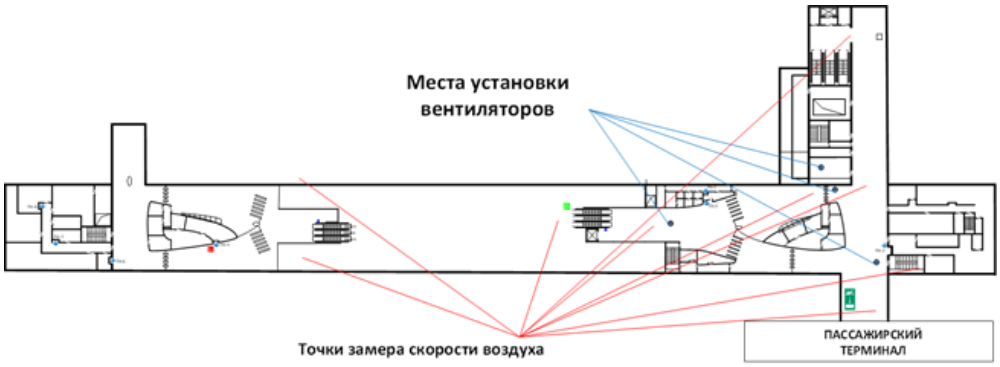


Рисунок 2 – Схема установки вентиляторов и точки замера скорости потоков воздуха при проведении эксперимента на подземном станционном комплексе Внуково.

В ходе эксперимента использовалась техника, стоящая на вооружение ПСО № 206 ГКУ «ПСЦ»: Вентиляторы Буран, производительностью 45 и 15 тысяч м^3 в час и прицеп дымоудаления ПДУ – 125, производительностью 125 тысяч м^3 в час.

Для проведения замеров скорости вентиляционных потоков выбраны точки на путях эвакуации пассажиров станционного комплекса в случае пожара. Наибольший пассажиропоток следует ожидать в наклонной выработке эскалаторного тоннеля, а наименьшая скорость движения пассажиропотока - в точке размещение турникетов верхнего зала тоннеля [7,8].

Тепловая депрессия пожара в эскалаторном тоннеле зависит от глубины заложения и температуры в узловых точках исследуемого контура.

Для установки средств мобильной вентиляции при борьбе с задымлением и загазованностью наиболее эффективно создание приточной системы проветривания наклонного эскалаторного тоннеля при штатной вентиляции, создание потока свежего воздуха на путях эвакуации людей из межстанционных переходов и соединительных тоннелей, не обладающих собственной системой вентиляции [9].

В результате сложения дополнительной депресии пожара и напорно – расходных характеристик эквивалентного вентилятора получена характеристика источника тяги, действующая при пожаре в эсколаторном тоннеле (рис. 3).

Где:

H_{ε} - напорно-расходная характеристика эквивалентной вентиляции;

$h_{п}$ - характеристика тепловой депрессии в эскалаторном тоннеле;

$H_{э}$ - характеристика суммарного источника тяги в эскалаторном тоннеле;

$h_{зд}$ - характеристика эскалаторного тоннеля при закрытых дверях;

$h_{од}$ - характеристика эскалаторного тоннеля при открытых дверях;

A_1 A_2 - рабочие точки при развывшейся тепловой депрессии пожара в эскалаторном тоннеле;

a_1 a_2 - рабочие точки при работе системы тоннельной вентиляции на эскалаторный тоннель без проявления тепловой депрессии.

При рассчитанных расходах мобильных вентиляционных устройств должны создавать напоры, превышающие величину критической депрессии. Для этого характеристика мобильных средств вентиляции должна лежать правее точки A_2.

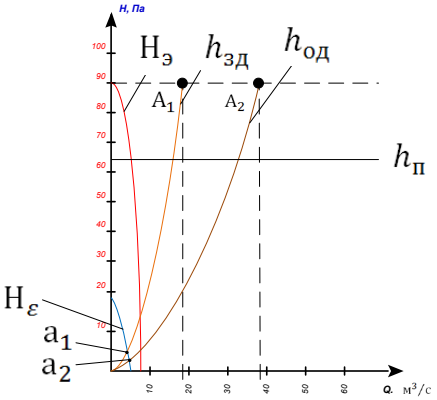


Рисунок 3 – Характеристика источника тяги.

Заключение. Исходя из расчетных данных штатной вентиляционной системы и характеристик мобильных средств вентиляции, для проведения тактической вентиляции необходимо выполнить следующие условия:

1. Депрессия в точки установки вентилятора должна превышать депрессию системы вентиляции;

2. Установка мобильных средств вентиляции, стоящих на вооружении пожарной охраны, должна производиться в расчете режимов работы действующего вентиляционного режима;

3. Установка мобильных средств вентиляции, стоящих на вооружении пожарной охраны, должна выполняться с учетом штатных и аварийных каналов воздухообмена станционного комплекса.

Следует учесть, что при проведении эксперимента выявлена неэффективность тактической вентиляции лестничных маршей эвакуационных выходов.

При этом руководитель тушения пожара должен учесть:

- передвижная установка ПДУ – 125, при ее своевременном включении, может с успехом применяться в аварийных условиях для создания нисходящего воздушного потока по эскалаторным тоннелям при любых схемах вентиляции при ее установке на точке «вестибюль - атмосфера»;

- большинстве случаев установка мобильных вентиляторов на точки «вестибюль- переход» не эффективна, в связи с большой депрессией в данной точке;

- целесообразна установка передвижных вентиляторов на приток в точке «вестибюль – наклонный эскалаторный тоннель».

Проведение вентиляции подземного станционного комплекса целесообразно выделить в отдельный боевой участок, что позволит скоординировать действия администрацией объекта.

Таким образом, установка мобильных приточных систем на решающем направлении позволит создать условия для эвакуации людей, создавая защиту от опасных факторов пожара в наиболее опасной точке (местах прохождение потока с наименьшей скоростью).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Постановление Правительства Москвы № 194-ПП от 04.05.2012 г. «Об утверждении Перечня объектов перспективного строительства Московского метрополитена в 2012–2020 гг.»

2. Виноградов О.С., Виноградова Н.А., Кадакина Н.А., Малюкова И.О. Подготовка специалистов в области «Техносферной безопасности» в высшей школе// В сб.: Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 176-179.

3. 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.

4. Ильин В.В., Белецкий В.П., Чуприян А.П. Проблемы противопожарной защиты и их решение. – СПб: ГТУ, 2000. -247с.

5. Rinkeby. Statens Haverikommission, 2009.

6. Арбузов Г. В. Вентиляция и санитарная техника метрополитенов / Инж. Г. В. Арбузов; Под ред. проф. В. Л. Николаи; Моск. ин-т инж-ров транспорта им. И. В. Сталина. Фак-т тоннелей и метрополитенов. – М.: Трансжелдориздата, 1938. - 232 с.

7. Виноградов Ю.И., Ефимов С.Г. Оценка эффективности применение автомобилей дымоудаление для безопасной эвакуации людей со станций метро. Противопожарная защита подземных сооружений метрополитенов: сборник научных трудов. - М.: ВНИИПО, 2004. с. 47-57.

8. Необходимые параметры передвижных вентиляционных устройств для обеспечения безопасной эвакуации людей при пожарах на станциях метрополитенов. - М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004.

9. Зычков Э.А. Закономерности процессов эвакуации людей при пожарах подвижного состава в тоннеле метро. - Санкт-Петербург 1998. - 184с.

Статья поступила в редакцию 28.01.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 331.4, 624.9

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА. ПРОБЛЕМА РЕАЛИЗАЦИИ И МЕТОДИКА ДЛЯ ЕЕ РЕШЕНИЯ

©2020

Субботина Надежда Андреевна, аспирант
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
(190005, Россия, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, e-mail: subbota_91@mail.ru)

Аннотация. В соответствии с законодательством Российской Федерации, работодатель обязан разрабатывать систему управления охраной труда в организации на базе риск-ориентированного подхода, который направлен на минимизацию и управление рисками. В результате чего необходимо устанавливать порядок проведения мероприятий по управлению рисками – осуществлять идентификацию существующих опасностей, проводить оценку профессиональных рисков, разрабатывать меры, направленные на их снижение. В работе предлагается рассмотреть процесс внедрения риск-ориентированного подхода к системе управления охраной труда в организации, реализованный в соответствии с новыми нормативными документами. Предлагаются формы для последовательной идентификации вредных и опасных факторов, возникающих на рабочем месте сотрудника, и форма для оценки профессионального риска работника от возникающих факторов. Формы объединены в единую методику для внедрения риск-ориентированного подхода в систему управления охраной труда в организации. Данные, полученные в результате применения комплексной методики по идентификации опасностей и оценке риска, послужат опорой для дальнейшего формирования и своевременного обновления документации по системе управления охраной труда, включая документы и программы для обучения сотрудников безопасному выполнению работ, где обязательно должен быть сделан упор на опасности с самыми высокими баллами риска.

Ключевые слова: система управления охраной труда, риск-ориентированный подход, идентификация опасностей, оценка риска, методика.

RISK-BASED APPROACH TO THE OSH MANAGEMENT SYSTEM. PROBLEM OF IMPLEMENTATION AND METHODOLOGY FOR ITS SOLUTION

©2020

Subbotina Nadezhda Andreevna, post-graduate student
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
(190005, Russia, Saint Petersburg, Vtoraya Krasnoarmeiskaya street 4, e-mail: subbota_91@mail.ru)

Abstract. In accordance with the legislation of the Russian Federation, the employer is obliged to develop an OSH management system in the organization based on a risk-based approach, which is aimed at minimizing and managing risks. As a result, it is necessary to establish a procedure for conducting risk management measures - to identify existing hazards, conduct an assessment of occupational risks, and develop measures aimed at reducing them. The paper proposes to consider the process of introducing a risk-based approach to the OSH management system in an organization, implemented in accordance with new regulatory documents. Forms are proposed for the consistent identification of harmful and dangerous factors arising at the employee's workplace, and a form for assessing the employee's professional risk from emerging factors. The forms are combined into a single methodology for introducing a risk-based approach into the OSH management system in the organization. The data obtained as a result of the application of a comprehensive methodology for hazard identification and risk assessment will serve as a support for the further formation and timely update of documentation on the OSH management system, including documents and programs for training employees in safe work performance, where hazard emphasis must be placed on highest risk scores.

Keywords: OSH management system, risk-based approach, hazard identification, risk assessment, methodology.

Введение. В соответствии с законодательством РФ, обязанности по обеспечению безопасных условий выполнения работ и охраны труда в организации возлагаются на работодателя. С 1 января 2014 г. в ключевые обязанности работодателя по охране труда добавилась необходимость создания системы управления охраной труда (СУОТ) и обеспечение ее непрерывной работы (ст. 212 ТК РФ) [1, 2]. Каждый работодатель обязан вне зависимости от формы собственности, размера предприятия и вида экономической деятельности разработать и внедрить систему управления охраной труда. Создание и функционирование СУОТ в организации является и одним из главных требований Федеральной службы по труду и занятости [3].

Также, наличие действующей и корректно функционирующей СУОТ позволяет организациям успешно проходить сертификацию на соответствие требованиям международных стандартов. 12 марта 2018 г. был опубликован новый *ISO* 45001:2018(*E*) «*Occupational health and safety management systems. Requirement with guidance for use*» [4]. Организации должны за три года перейти с требований *OHSAS* 18001 [5] на требования *ISO* 45001 и пройти ресертификацию.

Система управления охраной труда – составляющая часть всей системы управления предприятием, основной задачей которой является обеспечение

процесса управления рисками, связанными с деятельностью предприятия, в области охраны здоровья и безопасности труда. Согласно [6, 7], документация системы управления охраной труда устанавливается и совершенствуется в зависимости от размера, характера и вида деятельности организации. Состав документации системы управления охраной труда, необходимый для каждой организации, представлен на рисунке 1.

Разрабатывать документацию СУОТ работодатель обязан, руководствуясь Типовым положением о системе управления охраной труда [8].

Одной из важнейших и сложнейших задач в области охраны труда в организации является интеграция системы управления профессиональными рисками, которая осуществляется через выявление и минимизацию рисков [9]. Риски могут быть связаны с профессиональной деятельностью работников или обусловлены производственной средой. В последнее десятилетие, при поддержке законодательства, изменяются акценты в работе по охране труда. Все больше провозглашаются приоритеты профилактики травматизма и профессиональных заболеваний, так как на данный момент это ведущий принцип во всем мире [10, 11]. В соответствии с законодательством, работодатель обязан, исходя из своей деятельности, разрабатывать порядок проведения мероприятий по управлению рисками в своей организации и поэтапно реализовывать выполнение этих мероприятий, а именно: осуществлять выявление (идентификацию) существующих опасностей, проводить оценку профессиональных рисков, разрабатывать меры, направленные на их снижение (рис. 2) [12, 13]. Однако единой четкой методики по идентификации и оценке профессиональных рисков, включающей в себя специальные формы для заполнения, не существует.

Рисунок 1 – Состав документации системы управления охраной труда в организации

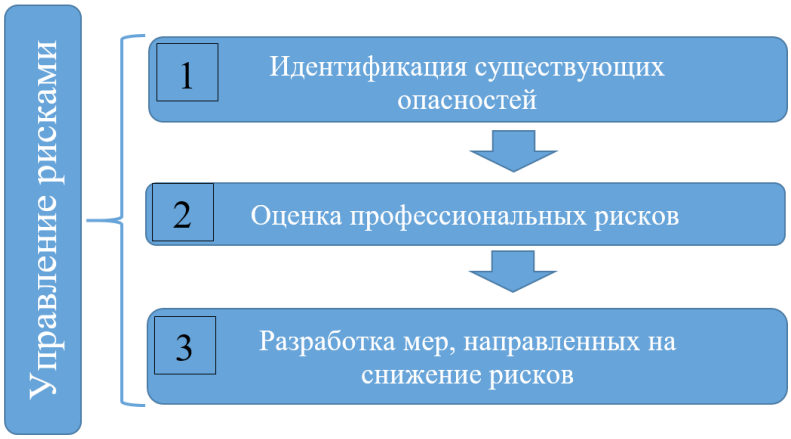


Рисунок 2 – Структура процесса управления рисками

В данной статье предлагается рассмотреть процесс внедрения риск-ориентированного подхода к СУОТ в организации и подготовки соответствующей документации по охране труда в соответствии с новыми нормативными документами.

Целью данной статьи является создание методики и форм по идентификации опасностей на рабочих местах и оценке профессионального риска, которые облегчили бы процесс внедрения документации СУОТ, касающейся управления рис-ками в организации.

Материал и результаты исследований. Результатом выполненной научно-исследовательской рабо-

ты явилась идентификация опасностей и оценка профессиональных рисков на рабочем месте электросварщика, на примере которой предлагается рассмотреть методику, указанную в цели статьи. Формы таблиц являются унифицированными, с их помощью можно анализировать любое рабочее место в организации.

1) Первым шагом в процессе управления рисками является идентификация существующих опасностей на рабочих местах. С 1 июня 2019 г. вступил в силу новый ГОСТ 12.0.230.4-2018 [14], регулирующий процедуру идентификации опасностей на рабочих местах. Согласно [14], на каждом отдельно взятом рабочем месте необходимо выявить следующие виды опасностей:

– опасности, возникающие на рабочем месте при штатном режиме работы;

– опасности, появляющиеся при нештатном режиме работы;

– опасности, появляющиеся при переходе нештатного режима работы в аварийный.

Так, для идентификации опасностей, связанных со штатным режимом работы, достаточно изучения государственных стандартов по безопасности труда при выполнении того или иного вида работ, где описаны вредные и опасные факторы производственной среды и трудового процесса и их влияние. Что касается опасностей, появляющихся при нештатном режиме работы или при переходе нештатного режима в аварийный, то здесь необходимы достаточно глубокие знания производственных процессов и выполнения производственных операций определенного вида работ, что может быть затруднительно для специалиста по охране труда, занимающегося идентификацией опасностей.

С целью облегчения решения данной проблемы, опираясь на требования ГОСТ 12.0.230.4-2018 разработаны формы для документированного оформления исследований по идентификации опасностей. Пример оформления идентификации опасностей для штатного, нештатного и аварийного режимов работы представлен в таблицах 1, 2.

Результатом этапа идентификации опасностей является создание реестра идентифицированных опасностей, который должен охватывать все идентифицированные ранее опасности.«Реестр идентифицированных опасностей» закрепляется локальным нормативным актом по организации и является конечным документом, обобщающим результаты проведения идентификации опасностей. Форма реестра идентифицированных опасностей представлена в таблице 3.

Данная форма представления проделанных исследований по идентификации опасностей позволяет эффективно выявлять вредные и опасные факторы и определять источники их возникновения. Результаты идентификации опасностей, документированные в виде реестра, служат исходными данными в процедурах оценки риска и выработки мероприятий по управлению рисками.

Таблица 1 – Форма для идентификации опасностей на рабочем месте при штатном режиме работы

Технологические процессы	Технологические операции (этапы выполнения работ)	Опасности, источники которых связаны:		
		с производственной средой	с особенностями производственных процессов/операций, включая используемое оборудование, сырье, материалы, инструмент, приспособления и пр.	с трудовым процессом, видами работ, рабочими операциями, включая влияние человеческого фактора
1. Очистка металла		1. Наличие пыли в рабочей зоне (зоне дыхания). 2. Недостаток необходимого естественного и искусственного освещения.	1. Острые кромки и заусенцы.	1. Необходимость много перемещаться в пространстве. 2. Необходимость наклонов корпуса тела работника за смену. 3. Нагрузка на ноги, вызванная необходимостью работать стоя.
2. Подготовка кромок	1. Шлифованием устраняются царапины, риски, задиры. 2. Зачистка металла плоской шлифмашиной	1. Наличие пыли в рабочей зоне (зоне дыхания). 2. Повышенный уровень шума. 3. Недостаток необходимого естественного и искусственного освещения.	1. Движущиеся твердые объекты, которые могут нанести удар по телу работающего (движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы). 2. Острые кромки и заусенцы. 3. Повышенное значение напряжения в электрической цепи. Опасность поражения электрическим током. 4. Опасность возгорания одежды из-за попадания искр. 5. Травмирование, связанное с отскоками осколков металла	1. Необходимость много перемещаться в пространстве. 2. Необходимость наклонов корпуса тела работника за смену. 3. Нагрузка на ноги, вызванная необходимостью работать стоя.
…	…	…	…	…

Таблица 2 – Форма для идентификации опасностей на рабочих местах при нештатном и аварийном режиме работы

Нештатная производственная ситуация	Причина возникновения нештатных ситуаций (технические, организационные, личностные)	Опасности, источники которых связаны с причинами возникновения нештатных производственных ситуаций	Опасности, источники которых связаны с переходом нештатного режима в аварийный режим выполнения (прекращения) работ
Образование скола или надлома на диске угловой шлифмашины.	1. Неправильная эксплуатация. 2. Установка диска неподходящего диаметра. 3. Использование диска не по назначению.	Движущиеся твердые объекты, которые могут нанести удар по телу работающего (движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы);	Травмирование разрывающимися частями диска, воздействующих на работающего при соприкосновении с ними.
Прикосновение к токоведущим частям электросварочного оборудования, находящимся под напряжением.	1. Ошибочные действия при проведении работ. 2. Неисправное состояние защитных средств. 3. Повреждение изоляции токоведущих частей.	Повышенное напряжение в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека	Поражение электрическим током
...	...	...	...

Таблица 3 – Форма реестра идентифицированных опасностей

Опасный фактор	Опасное событие / Причина опасного события	Возможные воздействия и последствия опасных событий
Опасности, источники которых связаны с производственной средой		
Недостаток необходимого естественного и искусственного освещения	Нерациональное искусственное и естественное освещение (несоответствие норм).	1. Утомляемость глаз, снижение функционирования зрительного аппарата. 2. Психические перенапряжения. 3. Воздействие на нервную оптико-вегетативную систему.
Наличие пыли в рабочей зоне (зоне дыхания)	Недостаточная вентиляция/отсутствие вентиляции	1. Травмы слизистой оболочки. 2. Пневмокониоз. 3. Пылевой бронхит и т.д.
…	…	…
Опасности, источники которых связаны с особенностями производственных процессов (производственных операций), включая используемое оборудование, сырье, материалы, инструмент, приспособления и пр.		
Острые кромки и заусенцы	1. Не применение защитных перчаток. 2. Открытые участки кожи работника.	Травмы, порезы.
Движущиеся твердые объекты, которые могут нанести удар по телу работающего (движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы)	1. Неправильная эксплуатация угловой шлифмашины. 2. Установка диска угловой шлифмашины неподходящего диаметра. 3. Использование диска угловой шлифмашины не по назначению.	Травмирование разрывающимися частями диска, воздействующих на работающего при соприкосновении с ними.
…	…	…
Опасности, источники которых связаны с трудовым процессом, видами работ, рабочими операциями, включая влияние человеческого фактора		
Необходимость много перемещаться в пространстве	Необходимо переносить материалы и перемещаться вдоль металлоконструкций для работы.	Утомляемость.
Необходимость наклонов корпуса тела работника за смену	Необходимо накланяться над металлоконструкциями и совершать наклоны за оборудованием и к электросварочному инвертору.	1. Заболевания опорно-двигательного аппарата. 2. Утомляемость.
…	…	…

2) Следующим шагом в управлении профессиональными рисками является последовательная оценка рисков для каждой идентифицированной опасности. На этом этапе трудности связаны с тем, что с 1 марта 2017 года государственный надзор в сфере труда осуществляется на основе риск-ориентированного подхода [15], но на данный момент не существует унифицированной методики оценки профессионального риска.

Выбирая метод оценки профессионального риска, работодателю необходимо учитывать множество факторов, таких как: цели и задачи оценки риска, специфические особенности рассматриваемых рабочих мест и рабочих операций, объектов производственной деятельности, а также наличие или отсутствие исходных данных, которые необходимы для проведения процедуры оценки профессиональных рисков. Согласно системам менеджмента рисков,

для оценки профессионального риска существуют количественные и качественные методы. Работодатель может как использовать различные существующие методики и процедуры, так и вправе разработать собственный порядок проведения оценки рисков на конкретном предприятии в соответствии с требованиями законодательства и закрепить этот порядок локальным нормативным актом [16]. Применение количественных методов оценки профессионального риска, таких как *FMEA* [17], *HAZOP* [18] или *FTA* [19] и т. д., целесообразно только тогда, когда накоплен достаточный массив статистических данных. В том случае, если данных в организации недостаточно для применения статистического анализа, используются качественные методы [20]. Существование качественных методов оценки профессионального риска очень важно для созданных недавно организаций, не обладающих достаточным количеством статистических данных для использования количественных методов оценки. Несмотря на то, что результатом применения качественных методик являются количественные характеристики риска, в основе лежат методы анализа, основанные на балльных экспертных оценках условий труда.

Среди качественных методов оценки профессионального риска наиболее полным и достоверным является метод Файна-Кинни. Данный метод обладает следующими преимуществами:

– Метод приведен в соответствие требованиям международных организаций, проводящих сертификацию по системе *OHSAS*.

– Индекс риска рассчитывается произведением трех составляющих: степень подверженности работника воздействию вредного фактора на рабочем месте, вероятности возникновения угрозы на рабочем месте и последствий для здоровья и безопасности работников в том случае, если угроза осуществится. В методе Файна-Кинни есть возможность дополнительно учесть распространенность(подверженность) риска в организации наряду с традиционными характеристиками профессионального риска.

– Метод Файна-Кинни рекомендуется как один из качественных методов оценки профессионального риска согласно ГОСТ 12.0.230.5 – 2018 [16].

Система оценивания каждой составляющей для вычисления индекса риска по методу Файна-Кинни представлена в таблицах 4, 5. Каждая составляющая определяется экспертами комиссии по оценке риска на основе их опыта.

Таблица 4 – Балльные оценки для проведения оценки риска по методу Файна-Кинни

Вероятность (Вт)	**Балл**	**Подверженность (Пд)**	**Балл**	**Последствия (Пс)**	**Балл**
Скорее всего произойдет	10	Постоянно (чаще 1 раза в день или более 50% времени смены)	10	Катастрофы, много жертв	100
Очень вероятно	6	Регулярно (ежедневно)	6	Разрушения, есть жертвы	40
Нехарактерно, но возможно	3	От случая к случаю (еженедельно – до 6 раз в неделю)	3	Серьезные последствия, есть смертельный случай	15
Маловероятно	1	Иногда (ежемесячно – до 3 раз в месяц)	2	Потеря трудоспособности, тяжелая травма	7
Вряд ли возможно	0,5	Редко (ежегодно – до 11 раз в год)	1	Случаи временной нетрудоспособности	3
Почти невозможно	0,2	Очень редко (до 1 раза в год)	0,5	Легкая травма, оказана первая медицинская помощь	1
Фактически невозможно	0,1				

Таблица 5 – Профилактические работы в зависимости от итогового индекса профессионального риска

Итоговый балл	**Степень риска/ Профилактические работы**
> 400	крайне высокий риск, немедленное прекращение деятельности
200-400	высокий риск, необходимы немедленные усовершенствования
70-200	серьезный риск, необходимы усовершенствования
20-70	возможный риск, необходимо обратить внимание
0-20	малый, подлежит исследованию

Используя данные, полученные в результате идентификации опасностей, проводится оценка профессиональных рисков. Разработана форма для документированного оформления исследований оценки профессиональных рисков.

Оценка риска производится организацией для каждой опасности, указанной в реестре идентифицированных опасностей. При этом организация должна определить, какие идентифицированные опасности требуют углубленного анализа и детальной оценки риска, а какие представляют меньший интерес с позиции надежного обеспечения безопасности труда.Так как травмирование работника происходит в основном по причинам, связанным с особенностями производственных процессов, то целесообразно оценку профессионального риска производить только для опасностей, возникающих в результате выполнения производственных операций, включая используемое оборудование, инструмент, приспособления.

Опасности, возникающие при этом, в определенных условиях, могут привести к травме работающего, в том числе к смертельной, поэтому требуют первоочередного изучения.

Пример оформления оценки профессиональных рисков представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Форма для оценки профессионального риска на рабочем месте

№ п.п	Объект оценки профессиональных рисков	Идентифицированная опасность	Индекс профессионального риска (ИПР) (Вт·Пд·Пс)							Степень риска/ Профилактические работы
			Вероятность		Подверженность		Последствия		**Итог**	
			Оценка	Балл	Оценка	Балл	Оценка	Балл		
1.	Очистка труб. Неровности кромок.	Острые кромки и заусенцы	Очень вероятно	6	От случая к случаю (еженедельно)	3	Легкая травма, оказана первая медицинская помощь	1	**18**	Малый/ Подлежит исследованию
2.	Центрирование стыка и поддержание труб с помощью центратора, трубы	Движущиеся твердые объекты, которые могут нанести удар по телу работающего (движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы);	Нехарактерно, но возможно	3	Иногда (ежемесячно)	2	Потеря трудоспособности, тяжелая травма	7	**42**	Возможный/ Необходимо обратить внимание
3.	…	…								

Выводы. Представленные выше формы идентификации опасностей и оценки профессиональных рисков существенно облегчат процесс выполнения данных обязательных процедур для специалиста по охране труда. Полученные в результате применения описанной выше методики исходные данные в виде реестра идентифицированных опасностей и индексов профессиональных рисков используются в дальнейшем формировании системы управления охраной труда в организации. В частности, эти данные являются исходными для:

– выполнения третьего шага процесса управления рисками – минимизация рисков (появляется возможность выявления угроз заранее и принятия мер по их устранению);

– планирования работ и мероприятий по охране труда;

– организации и координации работ по охране труда;

– организации обучения и проверки знаний по охране труда [8].

На обучение работников следует обратить особое внимание, так как причиной большого количества несчастных случаев на производстве является незнание или несоблюдение работниками требований безопасности на рабочем месте [21]. Акценты в обучении работников безопасному выполнению работ должны быть сделаны на опасности, у которых наиболее высокие индексы профессиональных рисков. Обучение следует проводить по программам, разработанным для соответствующих групп работников с учетом проведенной идентификации опасностей и оценки профессиональных рисков при выполнении конкретного вида работ. Качественно внедренная система управления рисками в организации и обучение работников приведет к снижению числа несчастных случаев на рабочих местах и заболеваемости сотрудников, что позволит сократить издержки и простои.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 02.08.2019) «Трудовой кодекс Российской Федерации».
2. Федеральный закон от 28.12.2013 N 421-ФЗ (ред. от 01.04.2019) «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона «О специальной оценке условий труда».
3. Приказ Федеральной службы по труду и занятости от 21 марта 2019 г. № 77 «Об утверждении Методических рекомендаций по проверке создания и обеспечения функционирования системы управления охраной труда»
4. ISO 45001:2018(E) «Occupational health and safety management systems. Requirement with guidance for use»
5. OHSAS 18001:2007 «Occupational health and safety management systems – Requirements»
6. ГОСТ 12.0.230-2007 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Общие требования (с Изменением N 1).
7. ГОСТ Р 12.0.007-2009. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию [Текст]. – Введ. 2010-07-01. – М. : Стандартинформ, 2010. - 42с
8. Приказ Минтруда России №438н от 19 августа 2016 г. «Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда».
9. Карауш С. А., Герасимова О. О., Ковалев Г. И. К вопросу оценки профессионального риска в строительной отрасли // Вестник ТГАСУ. 2014. №3 (44). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-otsenki-professionalnogo-riska-v-stroitelnoy-otrasli (дата обращения: 15.12.2019).
10. Субботина Н. А., Нам Г. Е. Анализ процесса строительного производства для создания моделей по внедрению BIM технологий в охрану труда / Материалы Всероссийской научно-практической конференции «BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры», СПбГАСУ, СПб 2018 – С. 144-148
11. Пушенко С. Л., Волкова Н. Ю. Повышение эффективности системы управления охраны труда на предприятиях стройиндустрии // ИВД. 2013. №4 (27). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-sistemy-upravleniya-ohrany-truda-na-predpriyatiyah-stroyindustrii (дата обращения: 13.12.2019).

12. Руководство по системам управления охраной труда [Текст] : МОТ - СУОТ 2001 / ILOOSH 2001. - Женева. : МОТ, 2003. - 28 с.

13. Климова Е. В., Рыжиков Е. Н. Снижение производственного травматизма путем совершенствования системы управления охраной труда // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2017. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/snizhenie-proizvodstvennogo-travmatizma-putem-sovershenstvovaniya-sistemy-upravleniya-ohranoy-truda (дата обращения: 13.12.2019).

14. ГОСТ 12.0.230.4-2018 ССБТ. СУОТ. Методы идентификации опасностей на различных этапах выполнения работ.

15. Постановление Правительства РФ от 01.09.2012 N 875 «Положение о федеральном государственном надзоре за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права».

16. ГОСТ 12.0.230.5-2018 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ.

17. ГОСТ Р 51901.5-2005 (МЭК 60300-3-1:2003). Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надёжности.

18. ГОСТ Р 51901.11-2005 (МЭК 61882:2001). Менеджмент риска. Исследование опасности и работоспособности (HAZOP). Руководство по применению.

19. ГОСТ Р 51901.11-2005 (МЭК 61882:2001). Менеджмент риска. Исследование опасности и работоспособности (HAZOP). Руководство по применению.

20. Фёдорович Г. В. Оценка и инструментальный контроль профессионального риска / Мир измерений. – 2011. С. 40-47.

21. Субботина Н. А. Формирование культуры безопасного труда как одна из важнейших составляющих минимизации травматизма в строительстве / Архитектура – строительство – транспорт: материалы 74-й научной конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов университета. 3–5 октября 2018 г.: [в 2 ч.]. Ч. II. Транспортные и инженерно-экологические системы. Экономика и правовое регулирование в архитектуре и строительстве; СПбГАСУ. – СПб., 2018. – С.77-80.

Статья поступила в редакцию 23.12.2019
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК: 504.6:656, 504.6:654

СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВОГРУНТАХ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

©2020

Журавлева Маргарита Анатольевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Высшая математика и естественные науки»
Российский университет транспорта (МИИТ) Российская открытая академия транспорта
(125190, Россия, г. Москва, улица Часовая, 22/2,e-mai :crane_64@mail.ru)
Зубрев Николай Иванович, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Высшая математика и естественные науки »
Российский университет транспорта (МИИТ) Российская открытая академия транспорта
(125190, Россия, г. Москва, улица Часовая, 22/2, e-mail: nzubrev@mail.ru)
Ефремова Сания Юнусовна, доктор биологических наук, профессор,
профессор кафедры «Биотехнологии и техносферная безопасность»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: s_sharkova@mail.ru)
Панфилова Марина Ивановна, кандидат химических наук,
доцент кафедры «Физики и строительной динамики»
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, e-mail:012340@mail.ru)
Захарова Марина Викторовна, кандидат физико-математических наук
доцент кафедры «Высшая математика и естественные науки»
Российский университет транспорта (МИИТ) Российская открытая академия транспорта
(125190, Россия, г. Москва, улица Часовая, 22/2,e-mai : mar-2559@yandex.ru)

Аннотация. В статье рассматривается загрязнение почвогрунтов санитарно-защитной зоны вдоль отрезка железнодорожной линии с высокой интенсивностью движения поездов, тяжелыми металлами. Оценен уровень содержания металлов в технической полосе, полосе отвода и на границах санитарно-защитной зоны с полосой отвода и городскими территориями. На основании суммарного показателя загрязнения почвогрунтов оценена категория каждой части придорожной зоны. Детально рассмотрена степень и уровень загрязнения тяжелыми металлами загрязненного отработанного балласта технической полосы. Представлен анализ по вкладу каждого металла в общем загрязнении мелкой фракции балласта. Сделан вывод о характере распространения тяжелых металлов перпендикулярно полотну железной дороги вглубь санитарно-защитной зоны и городских территорий при прохождении поезда. Представлена рекомендация по снижению распространения пылеватых частиц, поднимаемых с балласта на придорожную зону за счет установки защитных экранов вдоль железной дороги рядом с жилыми массивами в мегаполисе. Рассмотрены виды, конструкции и оптимальность установки экранов для железной дороги. Оценена глубина распространения тяжелых металлов на придорожную зону при установке экранов вдоль полотна

Ключевые слова: тяжелые металлы, железная дорога, балластный слой, техническая полоса, полоса отвода, санитарно-защитная зона, защитные экраны, токсичность загрязнения.

REDUCTION OF HEAVY METALS IN THE SOIL OF RAILWAY SANITARY PROTECTION ZONE

©2020

Zhuravleva Margarita Anatolievna, Candidate of Technical Sciences,
associate Professor at the Department of Higher mathematics and Natural Sciences
Zubrev Nikolay Ivanovich, Candidate of Technical Sciences,
associate Professor at the Department of Higher mathematics and Natural Sciences
Russian University of transport (RUT), Russian open Academy of transport
(125190, Russia, Moscow, Chasovaya St., 22/2, e-mails: crane_64@mail.ru, nZubrev@mail.ru)
Efremova Saniya Yunusovna, Doctor of Biological Sciences, Professor,
Professor at the Department “Biotechnologes and Tehnosphere Safety”
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, proyezd Baydukova/Gagarina St., 1A/11, e-mail: s_sharkova@mail.ru)
Panfilova Marina Ivanovna, Candidate of Chemical Sciences, associate Professor at FISA Department
National research Moscow State University of civil engineering
(129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye Av., 26, e-mail: 012340@mail.ru)
Zakharova Marina Viktorovna, Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
associate Professor at the Department of Higher mathematics and Natural Sciences
Russian University of transport (RUT), Russian open Academy of transport

(125190, Russia, Moscow, Chasovaya St., 22/2, e-mail: mar-2559@yandex.ru)

Absract. The article deals with heavy metals pollution of soil in the sanitary protection zone along a section of a railway line with a high intensity of train traffic. The level of metal content in the technical lane, the diversion lane, and on the borders of the sanitary protection zone with the diversion lane and urban areas is assessed. The category of each part of the roadside zone is estimated, taking into account the total indicator of soil pollution. The degree and quality of heavy metal pollution of the waste ballast in the technical strip is considered in detail. The analysis of the contribution of each metal to the total level of the ballast pollution with small fraction is presented. The conclusion on the nature of the heavy metals distribution is made occurs at the right angle to the railway track into the sanitary protection zone and urban areas while a train passes by. The recommendation suggests reduction of dust, lifted from the ballast to the roadside zone, by installing protective screens along the railway near residential areas in the metropolis. The types, designs and optimality of the installation of screens for the railway are considered. The degree of heavy metals distribution in the roadside zone is estimated, taking into account the installation of screens along the roadbed.

Keywords: heavy metals, railway, ballast layer, technical strip, diversion strip, sanitary protection zone, soil pollution protection, protective screens, pollution toxicity.

Введение. Загрязнение почв и почвогрунтов промышленных объектов, транспортной инфраструктуры городов обуславливает перемещение поллютантов на прилегающие территории [1]. Транспорт и предприятия транспортной инфраструктуры каждый год наносят ущерб экологии России, который приблизительно составляет 1,4-1,5% валового национального продукта нашей страны [2]. Почти пятая часть почвогрунтов всей длины железнодорожного полотна значительно загрязнена опасными и токсичными химическими веществами [3]. Несомненно, необходимо оценивать ранжирование загрязнения в почвогрунтах предприятий и транспорта, а также основные виды химических веществ и их миграцию в санитарно-защитной зоне и прилегающих к ней урбаноземах [4,5]. Кроме того, на основании оценки степени загрязнения антропогенных источников необходимо предложить пути снижения, как распространения, так и степени воздействия загрязнения, прежде всего на санитарно-защитную зону, тем самым оберегая почвы от токсичного вмешательства на городскую экосистему [6]. Такой подход в дальнейшем даст результаты по сохранению здоровья населения.

В результате работы транспортных систем, где основной вклад относится к железной дороге, санитарно-защитная зона загрязнена тяжелыми металлами, которые обуславливают отклонение в микробиологическом благополучии поверхностного слоя почвогрунтов [7,8,9]. Это объясняется тем что ионы тяжелых металлов подвижной формы, присоединяются к функциональным группам белков и аминокислот, реагируя с сульфгидрильной, аминной, карбоксильной группировками и с пептидным азотом. При этом пыль, образующаяся при ветровой нагрузке на поверхностные слои почв является основным поставщиком тяжелых металлов и патогенных бактерий, проникая в жилые помещения близкорасположенных к железной дороге жилых массивов [10]. В загрязненном воздухе размер большинства частиц относятся к диапазону 0,01-0,1 мкм (10-100нм) [11]. При истирании перевозимых грузов и соприкасающихся металлических поверхностей подвижного состава и рельсов также образуются пыли с микро- и наноразмерными частицами, содержащих различные комбинации металлов. Пылевые аэрозоли подвергаются разложению при воздействии ультрафиолетовых лучей, при этом получаются устойчивые наносистемы [12]. Причем действие наноаэрозолей с содержанием тяжелых металлов представляет больший риск для здоровья людей [13], чем пыль микроразмеров.

Таким образом, **целью** работы является оценка степени загрязнения санитарно-защитной зоны железной дороги в условиях крупного города и на основании этой оценки разработка предложения по снижению, как распространения, так и степени воздействия тяжелых металлов на придорожные территории.

Объектом исследования был выбран отрезок ж.-д. линии с интенсивным движением поездов между остановочными пунктами Московской железной дороги (МЖД) Сортировочная – Выхино (Казанское направление, 10 км) на территории г. Москвы.

Материалы и результаты исследований. Выборка проб поверхностного слоя почвогрунтов (до 20 см глубины) была проведена напротив всех остановочных пунктов вдоль ж.-д. линии со стороны I пути главного хода на расстоянии 3 м от оси крайнего пути и на удалении от нее на расстоянии 50, 100 и 200м при условии незапечатанности территории санитарно-защитной зоны. Наиболее подходящим для придорожной зоны метод отбора проб является «конверт со сторонами 1м». Анализ подготовленных проб проводился атомно-эмиссионным спектральным методом.

На рисунке 1 представлены данные распределения загрязнения почвогрунтов зоны тяжелыми металлами в пределах санитарно-защитной зоны (до 100 м) и на прилегающей к ней городской территории (200м). Оценочными параметрами были выбраны суммарный показатель загрязнения почв ($Zñ = \sum_{i=1}^{n} Kc - (n-1)$ где n – оптимально-выбранное число металлов) и коэффициент концентрации (Kc) каждого металла (отношение концентрации тяжелого металла C к его фоновой концентрации $Cф$).

Выявлено, что наиболее загрязнены почвогрунты в пределах технической полосы (до 14 м от оси крайнего

пути), которые находятся рядом с платформой Сортировочная, относящаяся к сортировочному парку Перово-4 (рис.1), и в Выхино где есть электродепо Московского метрополитена. Установлено, что почвогрунты технической полосы относятся к категории «чрезвычайно опасная» (*Zc*>128).

Рисунок 1 – Уровень общего загрязнения тяжелыми металлами санитарно-защитной зоны отрезка ж.-д. линии Сортировочная – Выхино при удалении от главного хода

При этом было зафиксировано что на границе полоса отвода – санитарно-защитная зона Казанского направления (удаление 50 м от главного хода) самое большое содержание тяжелых металлов находится в почвогрунтах рядом с сортировочным парком Перово-4 пункт Сортировочная (*Zc* = 108), которые относятся к категории «опасная» (*Zc* > 32). В конце санитарно-защитной зоны, которая граничит с территорией города (100м), напротив почти всех остановочных пунктов почвогрунты относятся уже к категории «умеренно опасная» (*Zc* > 16). На территории города (удаление 200 м от главного хода выбранного отрезка ж.-д. линии) сохраняется загрязнение почвогрунтов только в пределах сортировочного парка Перово-4 категории «умеренно опасная». Таким образом, доказано, что общее содержание тяжелых металлов в почвогрунтах придорожной зоны значительно уменьшается при удалении от полотна главного хода дороги.

Причем, наибольший вклад в загрязнение придорожной зоны Казанского направления МЖД (3 м от оси пути) обеспечивается следующим рядом «никель >> медь = хром > молибден > кобальт», металлы которого относятся ко второму классу опасности [14]. Что подтверждается дополнительным исследованием балласта, который был вырезан с поверхности железнодорожной призмы при проведении среднего ремонта вдоль отрезка ж.-д. линии Выхино – Панки и вывезен за пределы г. Москвы на территорию, прилегающую к платформе Люберцы 1 (Казанское направление МЖД). Из него были сформированы три террикона. Для того чтобы проанализировать содержание тяжелых металлов в каждом терриконе провели выборку нескольких проб с фракцией отсева балласта размером частиц не более 7 мм. Причем для каждого террикона готовилась одна объединенная смесь из проб, взятых в различных местах террикона на высоте 2 м от его основания. Затем объединенная проба для каждого террикона просеивалась через металлическое лабораторное сито с размером ячейки 1 мм сетки полотняного переплетения для подготовки к истиранию, квартованию и анализу.

При истирании металлических конструкций и деталей при движении поездов образующаяся металлическая пыль в первую очередь попадает на полотно железной дороги, прикрепляясь и накапливаясь в основном на поверхности балластного камня. Со временем поверхность камня разрушается в зависимости от внешних факторов и переходит в мелкую фракцию межбалластного пространства. Выявлено, что вольфрам, кадмий, ртуть и серебро в мелкой фракции балласта (менее 1 мм) обнаружены в незначительном количестве. Установлено, что наибольший вклад в загрязнение отсева балласта относится к никелю (*Кс*=60-100) и хрому (*Кс*=32,5 - 43,5), а содержание в отсеве балласта молибдена, титана, свинца, олова и ванадия не превышает их фонового содержания в почвогрунах, что соотносится с распределением концентраций металлов вдоль отрезка Сортировочная – Выхино [14]. Содержание в балласте примесей, таких как медь ($Кс_{Cu}$=3,7-7,4), кобальт ($Кс_{Co}$=2,9 - 10,1), цинк ($Кс_{Zn}$=2-4) и марганец ($Кс_{Mn}$=1-1,68) незначительно по сравнению с содержанием в нем никеля и хрома. Во всех терриконах на уровне 2 м от основания, суммарный уровень загрязнения находится в пределах от *Zc*=91 («опасная» категория загрязнения) до *Zc*=158 («чрезвычайно опасная» категория).

Высокий уровень загрязнения проб фракции до 1 мм, который сохраняется во времени, обозначает что основная масса тяжелых металлов, которые находятся на поверхности терриконов относится в основном к нерастворимой валовой форме. Как правило, валовое содержание свидетельствует о том, что эти пылевые частицы образуются при скалывании металлических поверхностей рельсов и деталей подвижного состава в результате взаимодействия трибологических систем. Следовательно, тяжелые металлы прочно закрепляются на поверхности мелкой фракции балласта, и при этом дождевые массы механически захватывают часть этой фракции только на поверхности отвалов, скатываясь с нее и попадая в грунты рядом с жилым микрорайоном. Воздействие ветровой нагрузки обуславливает разнесение и оседание пылевых частиц около первого ряда домов от железной дороги, влияя на здоровье жильцов.

Таким образом, изначально загрязняется полотно, а затем балласт вдоль ж.-д. линии, и далее его фракция частиц менее 1 мм под действием турбулентных потоков поднимается в приземные слои воздуха и, распределяясь по массе, переносится с различными скоростями на разные расстояния по отношению к полотну дороги. Прежде всего, оседает на поверхность технической полосы, где и определена наибольшая концентрация тяжелых металлов – на удалении 3 м от оси крайнего пути главного хода, что согласуется с рисунком 1. Затем металлы распределяются по всей ширине полосы отвода, санитарно-защитной зоне, и в зависимости от интенсивности движения поездов и грузонапряженности участков дороги и распространение продолжается и вглубь городских территории.

Кроме трибологического происхождения металлической пыли другим источником загрязнения почвогрунтов придорожной зоны является выделенная мелкая фракция отделяемой путевой машинной станцией (ПМС) при очистке балласта, и которая часто складируется на откосах [15], что является нарушением регламента проведения работ. При выполнении работ путевой щебнеочистительной машиной ЩОМ-1200, которая входит в состав ПМС и предназначена для очистки от загрязнителей и засорителей щебеночного балласта на различных участках ж.-д. линий магистральных направлений и на станциях. Отслеживается, чтобы отсыпка фракции отсева вместе с загрязнителями только для разрешенного диаметра частиц $d_{Част} < 5$ мм в сторону от пути или в специализированный подвижной состав. На железных дорогах в России ежегодно образуются 1,2-1,5 млн. т отсева балласта или в среднем 15 т/км [16]. Частицы истертого щебня, которые выступают в качестве сорбента, имеют размер менее 5 мм, их масса составляет 21% от общей массы отсева, поэтому эта фракция в большей мере загрязнена тяжелыми металлами, причем максимальное загрязнение никелем, медью, цинком, свинцом, кадмием и марганцем приходится на фракции отсева с диаметром частиц 1-2 мм [16].

Ранее было установлено, что при прохождении поездов с различным весом именно частицы пыли размером от 10 мкм до 0,1 мм каждый раз поднимаются с поверхности балласта в воздушные слои, образуя вихревые трубчатые потоки вдоль всей длины поезда. Они в дальнейшем, постепенно разрушаясь, способствуют образованию веерообразной пульсирующей турбулентной области и перемещению ею вглубь придорожной зоны пылеватых частиц [17]. Причем координата оседания частиц пыли в зависимости от массы происходит на различном расстоянии от полотна железной дороги. При этом выход на фоновое содержание тяжелых металлов спрогнозирован при моделировании на расстоянии 150 м от оси крайнего пути [17], что согласуется с распределением, представленным на рисунке 1.

Для предотвращения распространения частиц пыли, содержащих тяжелые металлы, и уменьшения площади загрязнения санитарно-защитной зоны необходимо организовать ограничение их поступления, прежде всего в техническую полосу. Для этого можно воспользоваться акустическими экранами, которые устанавливаются вдоль железной дороги, прежде всего, на территории городов. Экраны предназначены для снижения шумовой нагрузки [18], в то же время они будут выполнять функцию разрушения вихревых трубок и препятствовать перемещению веерообразной пульсирующей турбулентной области [17], которая перемещается от поезда при его движении, что обеспечивает полноценное и достаточно быстрое соскальзывание пылевидных частиц вниз по экрану со стороны железной дороги. Это в свою очередь будет препятствовать распространению пыли с железнодорожного полотна, содержащей тяжелые металлы и патогенные микроорганизмы, на территорию полосы отвода и санитарно-защитную зону.

Разнообразие акустических экранов по типу действия не велико - в основном представлены отражающий тип и отражающе-поглощающий тип [17]. Для защиты жилых массивов от шумового воздействия часто устанавливают экраны с одной стороны дороги, в случае если с другой стороны железнодорожного полотна находится парковый или лесной объект. При этом как правило используются только звуко-отражающий эффект панелей экрана, не ставя задачи по ограничению переноса поллютантов в придорожные и парковые зоны, прилегающие к железной дороге с противоположной стороны по отношению к экранам. Поэтому размещать экраны со звукопоглощающими панелями необходимо с двух сторон дороги, что соотносится и со стандартом установки [18], где отмечается, что на двухпутных и многопутных перегонах отражающе-поглощающие экраны устанавливаются с обеих сторон крайних железнодорожных путей напротив друг друга. Причем, особо отмечается, что расстояние между этими параллельными экранами должно превышать их среднюю высоту не менее чем в десять раз [19].

Экраны, устанавливаемые вдоль железной дороги должны быть ниже, чем для автодорог, вдоль которых как правило устанавливаются высотой 6 м. Снижение высоты экранов вдоль железнодорожного полотна объясняется более близким расположением их к источнику шума, которым исходит прежде всего от локомотивов. Поэтому, обсуждая дополнительную нагрузку по защите санитарно-защитной зоны, можно рекомендовать высоту экрана H=4,0 - 4,5 м, ориентируя отсчет от верхней части головки рельса и возможном минимальном удалении 1,0 - 1,5 м от крайнего рельса, что только на 0,5 м превышает разрешенную высоту экранов для железной дороги [19]. Следует заметить, что такой размер экрана на 1 - 1,5 м выше высоты поднимающихся над балластом вихревых трубок H=3 м при прохождении поезда [17]. Однако считается, что расстояние менее 2 м от крайнего рельса нарушает

балластную призму [20], поэтому для выполнения различных типов ремонтов на пути предпочтительно размещать экраны за бермой и водоотводными лотками. Вследствие сказанного установка экранов должна быть примерно на расстоянии 5,0 - 6,0 м от оси крайнего пути. Так как наибольшая ширина земляного полотна для двухпутной железной дороги составляет, как правило 15 м [21], то обговоренное расстояние от экранов до крайнего пути соответствует этой норме.

Многослойные шумопоглощающие панели экранов должны быть снабжены перфорацией в металле панели со стороны железной дороги. Эти панели заполняются наполнителями для улавливания и погашения звуковых волн, проникающих через перфорацию. В качестве наполнителей применяются слоистые плиточные материалы (толщиной 75-125 мм), например из минеральной ваты горных базальтовых пород с диаметром волокон примерно 3-5 мкм, из пенополистирола и пенополиуретана [22], которые отделены от перфорированного листа стали пленкой или стеклотканью. Используются также полипропиленовые или высокоплотные полиэтиленовые листы с перфорацией, оформленные рамой из пластика, которая зажимается пластмассовыми кожухами *U*-образного профиля, что не дает снижения жесткости всей конструкции, причем между полимерными листами размещается слой подготовленных минеральных силикатных волокон.

В городах для железной дороги как правило используют металлические панели, выполненные из [23] оцинкованной стали с порошковой окраской, а также алюминия или оцинкованной стали в сочетании с стеклопластиком, в том числе стальных с сочетанным покрытием из цинка и полиуретана. Экраны могут быть изготовлены из пенобетона, в виде стен или ячеистого бетона. Часто для расширения обзора машинистов и снижения запечатанности пространства вдоль платформ или в качестве дополнительных служебных проходов используются ударопрочные прозрачные вставки листового оргстекла из акрила или специального поликарбоната толщиной не менее 12 мм в верхней части экрана. На территории г. Москвы вдоль главного хода железной дороги, где наблюдается наибольшее воздействие шума, применяются только стальные экраны, набранные из поперечных панелей с оцинковкой листа, выполненной горячим способом с толщиной не менее 80 мм [24]. Изначально панель изготавливается из гнутого ребристого профиля холоднокатаного стального листа толщиной 0,6 - 1,2 мм с перфорацией *Rv* 4,0-6,0. Сама панель имеет специфическое сечение «сэндвич» с наполнителем из минеральных волокон.

Необходимо заметить, что изначально установка экранов вдоль железных дорог имела цель снижения шумовой составляющей. При этом не учитывается обязательное закрытие отверстий перфорированных поверхностей из-за попадания в них частиц, отделяющихся от верхнего слоя при истирании различных металлических контактов в трибологических системах подвижного состава. Также частицы, поднятые с поверхности балласта, прилипают к наполнителю в отверстиях, что происходит во время отбивки от экрана при наборе поездом определенной скорости. Если внизу экрана устанавливать наборные панели без перфорации со стороны дороги, а перфорацию делать выше 1,5 м от головки рельса, то снизятся коррозионные процессы в нижней части экранов вследствие ненарушения оцинковки на срезах отверстий. К тому же ребра профиля панели распределяют дождевые массы таким образом, что не происходит очистка отверстий. Так как частицы пыли поляризуются и соединяются с поверхностью аэрозолей смазок и нефтепродуктов, то происходит налипание пыли с тяжелыми металлами на ребрах панели, что приводит к электрохимическому взаимодействию с цинком и преждевременному коррозионному старению внешнего вида экрана. И это недопустимо для экранов, как городским сооружениям [18].

Устройство экранов также различается по разновидности конструкции вершины экрана, т.е. выпускаются без надстройки верхней граничной поверхности и с надстройкой (вершиной). Она может выполнена в виде *Т*- и *Y*-образной формы или *Г*-образной формы с наклоном 12 в сторону железного полотна. Для минимизации возможности перенесения пыли через экран на почвогрунты придорожной зоны подходят все варианты конструкции вершины экрана. И все же только при применении экранов с *Т*- и *Г*-образных вариантов вершины поднявшийся уже разрушенный вихревой пылевой поток после прохождения поезда будет каждый раз направляется вниз на почвогрунты, отбиваясь и скользя по поверхности экранов рядом с железной дорогой.

Заключение. Таким образом, установка экранов на расстоянии 5-6 м от крайнего пути окажет изменение в распре-делении пылевых масс с содержанием тяжелых металлов по поверхности почвогрунтов из-за пре-ждевременного разрушения вихревых трубок в результате удара о стенку экрана. И поднятые с балласта с помощью вихрей частицы пыли будут оседать между полотном железной дороги и экранами практически полностью на расстоянии 4-7 м от оси крайнего пути, не попадая в санитарно-защитную зону и на территорию жилых массивов. Дождевые массы смоют их по поверхности почвогрунтов в сторону водоотводных канав, кюветов и лотков. В технической полосе лотки часто используются с крышками, поэтому часть тяжелых металлов валовой формы будет оставаться на поверхности почвогрунтов, а при наборе определенного скоростного режима поездом каждый раз подниматься вихревыми потоками, оседать и концентрироваться на земле вдоль экранов. Подвижная растворимая часть с дождевой водой будет проникать внутрь лотков с водой или вглубь почвогрунтов при розливе только на горизонтальной технической полосе шириной до 10 м вдоль крайнего пути и не попадать за пределы

технической полосы. Поверхностное загрязнение со временем переместится на глубину больше чем 20 см по порам почвогрунтов за счет дождевых масс, которые будут захватывать мелкие частицы, в том числе тяжелые металлы подвижной и неподвижной форм. Следует отметить, чем чаще меняется или очищается балластный слой, например, во время средних ремонтов, тем меньше тяжелых металлов будет попадать на часть технической полосы между полотном железной дороги и экранами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Олькова А.С., Березин Г.И. Ашихмина Т.Я. Оценка состояния почв городских территорий химическими и эколого-токсикологическими методами // Поволжский экологический журнал. 2016. –№4. –С.411-423.

2. Экология транспорта и устойчивое развитие: учебник / под общей ред. И.В. Карапетянц, Е.И. Павловой. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019. – 370 с.

3. Зубрев Н.И., Журавлева М.А. Предотвращение загрязнения биосферы тяжелыми металлами при эксплуатации высокоскоростного транспорта: монография. – М.: Учебно-методический центр по образованию на ж.-д. транспорте, 2012. – 272 с.

4. Журавлева М.А., Зубрев Н.И., Панфилова М.И., Ефремова С.Ю. Влияние предприятий на распределение тяжелых металлов в санитарно-защитной зоне железнодорожной магистрали// Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 2. С. 52-57.

5. Журавлева М.А., Зубрев Н.И., Панфилова М.И., Новоселова О.В., Ефремова С.Ю. Особенности распределения тяжелых металлов в почвогрунтах железнодорожной сортировочной станции// Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 9. С. 23-27.

6. Шаркова С.Ю. Экологическое состояние природных и техногенных экосистем Среднего Поволжья и их реабилитация// автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / Российский государственный аграрный заочный университет. Москва, 2010.

7. Крошечкина И.Ю., Журавлева М.А., Зиятдинов А.М. Обеспечение безопасности условий труда работников путевого комплекса методом химико-биологической оценки загрязнения отработанных балластов // Вестник НЦ БЖД. – 2018. №4 (38), С. 91-98.

8. Шаркова С.Ю., Надежкина Е.В. Воздействие ТМ на почвенную микрофлору //Плодородие. 2007. № 4 (37). С. 40.

9. Шаркова С.Ю., Полянскова Е.А., Парфенова Е.А.Состояние микробного комплекса почв при нефтезагрязнении //Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2011. № 25. С. 614-617.

10. Янин Е.П. Промышленная пыль в городской среде (геохимические особенности и экологическая оценка).– М.: ИМГРЭ, 2003. – 82с.

11. Защита атмосферы от промышленных загрязнений: Справ. Изд.: Пер. с англ. – М.: Металлургия, 1988. – Т.1. – 760 с.; Т. 2. – 712 с.

12. Андрусишина И.Н. Наночастицы, металлов: способы их получения, физико-химические свойства, методы исследования и оценка токсичности // Сучасні проблеми токсикологіі. – 2001. – №3. – С.3-14

13. ГОСТ Р 54597-2011. Воздух рабочей зоны. Ультрадисперсные аэрозоли и аэрозоли наночастиц. Определение характеристик и оценка воздействия при вдыхании (ISO/TR 27628:2007). – М.: Стандартинформ, 2012. – 39 с.

14. Журавлева М.А., Зубрев Н.И. Загрязнение полосы отвода железной дороги в Юго-восточном округе Москвы // Наука и техника транспорта. – 2012. – №4. – С. 80-87.

15. Теплякова Е. А., Бельков В.М Загрязнение земель инфраструктуры В.М. Бельков // Путь и путевое хозяйство. – 2013, №7. – С.2-4.

16. Сахарова, А. С. Минимизация негативного воздействия ионов тяжелых металлов на объектах железнодорожного транспорта: автореф. дис. …канд. тех. наук: 03.02.08 / Сахарова Антонина Сергеевна. – М., 2013. – 24 с.

17. Бельков В.М., Журавлева М.А. Моделирование загрязнения железнодорожного полотна и технической полосы перегонов пылеватыми частицами// Вестник ВНИИЖТ. 2015. №2. С. 9 -14.

18. ГОСТ Р 54931-2012. Экраны акустические для железнодорожного транспорта. Технические требования – М.: Стандартинформ, 2013. – 20с.

19. Hendriks R.W. Field Evaluation of Acoustical Performance of Parallel Highway Noise Barriers Along Route 99 in Sacramento, California: Report No. FHWA/CA/TL-91/01. - Sacramento, C A: California Department of Transportation, 1991. - January.

20. Альбом типовых решений шумозащитных экранов ООО «СоюзТрансСтрой». – М: 2013. – 70 с.

21. Savelli G., Mhlstein P. // Revue Ginirale des Chemins de Fer. 1998, № 5, P. 25-29.

22. ГОСТ 23499-2009. Материалы и изделия звукоизоляционные и звукопоглощающие строительные. Общие технические условия.– М.: Стандартинформ, 2011. – 30 с.

23. Денисов, С.Н. Шумозащитные экраны на мостах и эстакадах // Мир дорог. – 2011. №55 / август – С.48-50

24. ГОСТ 9.301-86. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. – М.: Стандартинформ, 2010. – 16 с.

Статья поступила в редакцию 18.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 331.1

МОТИВАЦИЯ БЕЗОПАСНОГО ПОВЕДЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

©2020

Каверзнева Татьяна Тимофеевна, кандидат технических наук, доцент ВШТБ
Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: kaverztt@mail.ru)
Румянцева Нина Вячеславовна, кандидат технических наук, доцент ВШТБ
Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: rumyantseva_nina@mail.ru)
Леонова Наталья Алексеевна, кандидат педагогических наук, доцент
Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: n_leonova_72@mail.ru)
Салкуцан Владимир Иванович, кандидат технических наук, доцент ВШТБ
Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: salk-vladimir@yandex.ru)
Скрипник Игорь Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Санкт-Петербургский университет Государственной Противопожарной Службы МЧС России
(196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский, 149, e-mail: ig.skripnick2011@yandex.ru)

Аннотация. Актуальность рассмотрения проблем безопасности обусловлена тем, что основной причиной аварий и несчастных случаев на производстве является «человеческий фактор», поэтому для минимизации производственных рисков на рабочих местах необходимо «настроить» самого человека на создание и поддержание безопасных условий труда. Поскольку травматизм в определенных сферах деятельности, например, в строительстве, остается высоким, можно предположить, что приток молодых кадров в этой отрасли не обеспечивает должного уровня профессионализма при решении задач, связанных с обеспечением норм безопасности на рабочих местах. Следовательно, именно с молодым контингентом необходимо работать, чтобы сформировать в их сознании приоритет соблюдения принципов обеспечения безопасности. В статье показано, во-первых, что прививать культуру безопасного поведения человека нужно в высших учебных заведениях на протяжении всего периода обучения усилением внимания на изучение проблем безопасности во всех дисциплинах; предложены методические рекомендации по созданию условий, при которых преподаватели будут мотивированы на этот процесс и обсуждены квалификационные требования к профессорско-преподавательскому составу. Университеты всего мира ведут жесткую конкурентную борьбу за высокий рейтинг, как в собственной стране, так и на международной арене. Высокие показатели помогают университетам осуществлять набор абитуриентов, которых можно наилучшим образом подготовить к будущей профессиональной деятельности, где им придется в качестве должностных лиц принимать ответственные решения по обеспечению производственной безопасности работников и сохранности их здоровья и жизни. В наше время, характеризующееся техническим перевооружением старого производства, созданием нового оборудования и внедрением новых технологий, создание безопасных условий труда работников является сложной задачей, решать которую способны только высококвалифицированные кадры. Рассмотрены подходы мотивации преподавателей вуза к формированию безопасного поведения человека у студентов, предложены критерии оценки индивидуальной продуктивности творческого труда профессорско-преподавательского состава университетов на примере направления техносферной безопасности. Вторым направлением формирования мировоззрения, отвечающего приоритету сохранения жизни и здоровья человека в процессе трудовой деятельности, может быть усиление ответственности работника за соблюдение безопасности, правил и норм труда при проектировании, строительстве, эксплуатации, монтаже и ремонте объектов, оборудования и инструментов. В процесс реализации системы менеджмента производственной безопасности и здоровья, помимо самой службы охраны труда, должен быть вовлечен весь трудовой коллектив. Мотивировать работника четко следовать правилам безопасности можно введением современных систем контроля за выполнением работ с соблюдением норм безопасности, учитывая нынешнее развитие информационных технологий.

Ключевые слова: безопасное поведение, культура безопасности, стимулирование, техносферная безопасность, системы контроля.

SAFE BEHAVIOR MOTIVATION

©2020

Kaverzneva Tatyana Timofeevna, Ph.D. in Engineering,
Associate Professor of the Higher School of Technosphere Safety
St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya St., 29, e-mail: kaverztt@mail.ru)
Rumyantseva Nina Vyacheslavovna, Ph.D. in Engineering,

Associate Professor of the Higher School of Technosphere Safety
St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya St., 29, e-mail: rumyantseva_nina@mail.ru)
Leonova Natalia Alekseevna, Ph.D. in pedog.sc, Associate Professor
St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya St., 29, e-mail: n_leonova_72@mail.r)
Salkutsan Vladimir Ivanovich, Ph.D. in Engineering,
Associate Professor of the Higher School of Technosphere Safety
St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya St., 29, e-mail: salk-vladimir@yandex.ru)
Skrypnyk Igor Leonidovich, Ph.D. in Engineering,
Associate Professor of the Higher School of Technosphere Safety
St. Petersburg University of state fire service of EMERCOM of Russia, St-Petersburg, Russia
(196105, Russia, St. Petersburg, Moscow Ave., 149, e-mail: ig.skripnick2011@yandex.ru)

Abstract. The urgency of considering safety problems is due to the fact that the main cause of accidents and industrial accidents is the "human factor", therefore, to minimize production risks at workplaces, it is necessary to "tune" the person himself to create and maintain safe working conditions. Since injuries in certain areas of activity, for example, in construction, remain high, it can be assumed that the influx of young personnel in this industry does not provide the necessary level of professionalism in solving problems related to ensuring safety standards in the workplace. Consequently, it is with the young contingent that it is necessary to work with it in order to form in their minds the priority of observing the principles of ensuring security. The article shows, firstly, that it is necessary to instill a culture of safe human behavior in higher education institutions throughout the entire period of study by increasing attention to the study of security problems in all disciplines; methodological recommendations on creating conditions under which teachers will be motivated for this process are proposed and qualification requirements for the teaching staff are discussed. Universities around the world are fiercely competing for a high rating both in their own country and in the international arena. High indicators help universities to recruit the best applicants who can be best prepared for their future professional activities, where they will have to make responsible decisions as officials to ensure the industrial safety of workers and the safety of their health and life. Nowadays, characterized by the technical re-equipment of the old production, the creation of new equipment and the introduction of new technologies, the creation of safe working conditions for workers is a difficult task that only highly qualified personnel can solve. The approaches of motivation of university teachers to the formation of safe human behavior among students are considered, criteria for assessing the individual productivity of the creative work of the university faculty on the example of technosphere safety are proposed. The second direction in the formation of a worldview that meets the priority of preserving human life and health in the course of labor activity may be strengthening the employee's responsibility for observing safety, labor rules and standards in the design, construction, operation, installation and repair of objects, equipment and tools. In addition to the labor protection service itself, the entire labor collective should be involved in the process of implementing the occupational safety and health management system. It is possible to motivate an employee to strictly follow safety rules by introducing modern control systems for the implementation of work in compliance with safety standards, given the current development of information technology.

Key words: safe behavior, safety culture, stimulation, technosphere safety, control systems.

Введение. Статистика свидетельствует, что основной причиной аварий и несчастных случаев на производстве является «человеческий фактор»: в большинстве случаев в неудовлетворительной организации производства работ, нарушении требований техники безопасности и трудовой дисциплины виноват сам человек. В строительстве, например, по данным Минтруда России, в 2017 году произошло 1850 несчастных случаев, из них со смертельным исходом - 377. Чтобы борьба с травматизмом давала результат, необходимо повышать в стране общую культуру безопасности, мотивировать безопасное поведение человека в трудовой деятельности. Так как переучивать человека, не привыкшего к безусловному соблюдению норм безопасности на рабочем месте, и позволяющему себе иногда отступать от общепринятых правил, сложнее, чем научить молодой контингент (без опыта работы) следовать всегда правилам техники безопасности, предлагается прежде всего формировать культуру безопасного поведения в высших учебных заведениях на протяжении всего периода обучения. Чтобы к концу обучения у выпускника университета появилась установка на соблюдение принципов обеспечения безопасности, необходимо обеспечить акцентирование внимания на изучение проблем безопасности во всех дисциплинах, изучаемых в ВУЗе. Решить эту задачу могут только высококвалифицированные кадры. Встает вопрос, как обеспечить мотивацию акцентирования соблюдения норм безопасности во всех преподаваемых дисциплинах? Во-первых, надо осознать, что действительно, обеспечения безопасной эксплуатации любого объекта закладывается соответствующими расчетами, требующими знаний теоретической механики, математики, сопротивления материалов и других дисциплин, а без знаний о влиянии на организм человека разнообразных опасных и вредных производственных факторов нельзя разработать защитные

мероприятия по сохранению здоровья человека в процессе труда.

Во всем мире университеты конкурируют за высокий рейтинг в собственной стране и за рубежом. Высокие рейтинговые показатели помогают университетам осуществлять набор абитуриентов, имеющих самые высокие баллы. Можно предположить, что процесс обучения юношей и девушек, изначально показавших более высокий уровень подготовки, чем основная масса своих сверстников, будет проходить успешней; и после окончания университета такой выпускник окажется более подготовленным к будущей профессиональной деятельности и будет востребован на рынке труда. Стратегия развития высшего образования должна быть направлена не только на готовность выпускаемых кадров к решению задач ближайшей перспективы развития экономики страны, но и на способность решать задачи отдаленной перспективы, поскольку настоящее время характеризуется прорывными открытиями в различных областях науки и техники. Для этого надо, чтобы наши университеты стали центрами инновационного, технического, технологического и социального развития различных регионов страны. Внедрение новых технологий и инновационных продуктов должно обеспечивать безопасность человека на производстве и в бытовых условиях [1], минимизировать техногенное воздействие на экологию [2], сохранять жизнь и здоровье человека за счет использования современных защитных средств, методов контроля и прогнозирования аварийных ситуаций.

Ведущие университеты стали практиковать приглашение известных своими научными достижениями ученых к чтению циклов лекций, поощрение профессорско-преподавательского состава к проведению научных исследований с последующими публикациями в рецензируемых научных изданиях (рекомендованных ВАК) и международных журналах, активное привлечение студентов и молодых преподавателей к научной работе. Ежегодно проводится Неделя науки, лучшие доклады публикуются в сборниках Всероссийских научно-практических конференций и научных конференций с международным участием, где поднимаются, в том числе, актуальные вопросы техносферной безопасности. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого и Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России уделяют большое внимание привлечению студентов к научным исследованиям. Подобная практика, несомненно, повышает инновационный потенциал выпускников университетов, повышает их конкурентоспособность при устройстве на работу. Каждое из многих направлений подготовки, по которым ведет свою образовательную деятельность вуз, вносит свой вклад в общую оценку качественной подготовки выпускников, формируя общий рейтинг университета. Достижение высокого уровня профессиональных компетенций выпускников по направлению техносферной безопасности способствует решению важной общероссийской задачи по повышению общего культурного уровня безопасности в стране. От того, как проблемы безопасности будут решаться на стадии проектирования, строительства, эксплуатации объектов и систем жизнеобеспечения, будет зависеть реализация права работника в нашей стране на безопасный труд и функционирование системы управления охраной труда на каждом предприятии.

Цели исследования. В настоящей статье обозначены пути формирования мировоззрения, отвечающего приоритету сохранения жизни и здоровья человека в процессе трудовой деятельности. Одним направлением может быть соответствующее воспитание молодых кадров в стенах высших учебных заведений, другим – создание мотивационных механизмов на усиление ответственности работника за соблюдение безопасности на своих рабочих местах во всех сферах деятельности, в том числе, разработкой новых систем контроля.

Материалы и методы исследования. Одним из направлений формирования мировоззрения, отвечающего приоритету сохранения жизни и здоровья человека на производстве, может быть соответствующее воспитание молодых кадров в стенах высших учебных заведений. Рейтинг университетов определяется как потенциалом профессорско-преподавательского состава, так и потенциалом выпускников. Молодой специалист, приступая к своей профессиональной деятельности, должен осознавать, что безопасность труда закладывается в решениях должностных лиц, а с ростом по служебной лестнице – растет ответственность за соблюдением безопасности проведения работ, правил и норм охраны труда. Университетам необходимо поддерживать постоянную связь с молодыми специалистами, получать информацию об их карьерном росте, востребованности профессий на рынке труда, проблемных вопросах по обеспечению безопасности. Подобный мониторинг поможет вузам принимать правильные стратегические решения в своей образовательной деятельности в части, например, введения в дисциплины новых методов контроля систем безопасности. Так, Санкт-Петербургскому университету ГПС МЧС России удалось наладить постоянную связь со своими выпускниками, организовав взаимодействие профессорско-преподавательского состава кафедры с выпускниками [3, 4], осуществляющих свою профессиональную деятельность в области пожарной безопасности. Важным представляется при этом иметь как прямые, так и обратные связи профессорско-преподавательского состава подразделений университетов с выпускниками. Подобной информацией о своих выпускниках должен обладать каждый университет, причем, база данных должна регулярно обновляться, отслеживая продвижение по карьерной лестнице.

Чтобы система образования в России удовлетворяла постоянно растущим требованиям, предъявляемым к выпускникам высших учебных заведений в части разработки новых систем безопасности и контроля, необходимо обеспечивать и поддерживать высокий уровень работы профессорско-преподавательского состава (ППС) в повседневной учебно-методической и научной деятельности. Можно пригласить на работу в университет лучших преподавателей страны и зарубежья, но если не создать условия для развития их творческого потенциала, уровень образования выпускников рано или поздно перестанет удовлетворять современным мировым требованиям. Преподаватель, должен донести до студента, что любой инновационный продукт должен удовлетворять, в первую очередь, требованиям безопасности. Одним из возможных рычагов опосредованного управления качеством образования выпускников вузов, отвечающего приоритетным принципам безопасности, может быть стимулирование развития и поддержания высокого уровня методической, учебной и научной деятельности преподавателей [5], разумное использование интерактивных форм обучения [6].

Критерии оценки творческой активности преподавателей, способных дать знания и импульс для развития новых систем безопасности и контроля, должны обладать следующими свойствами:

– быть гибкими, так как с течением времени перед руководством университетов могут быть поставлены иные цели и задачи; новые объекты, инновационные продукты, требующие разработки новых систем обеспечения безопасности

– быть объективными, так как каждый преподаватель должен быть уверен в справедливости оценки своей профессиональной деятельности;

– быть гласными и своевременными, так как, например, планировать свою публикационную деятельность преподавателям нужно заранее, учитывая время рецензирования в научных журналах высокого рейтинга.

Формируя мотивацию к повышению качества образования преподавателей, следует поощрять стремление к совершенствованию научно-педагогической деятельности через научные школы, российское и международное признание. Преподавателей, обладающие научным потенциалом, следует в первую очередь отправлять на всероссийские и международные выставки, симпозиумы, где можно познакомиться с новейшими достижениями науки и техники по разнообразным темам исследований в области техносферной безопасности, защиты окружающей среды от техногенного воздействия, новейших систем обеспечения безопасности и определиться со своими научными интересами. Также следует поощрять стремление преподавателей к расширению сферы научных интересов, желание освоить смежные курсы и проходить профессиональную переподготовку в других университетах, что будет способствовать развитию исследовательских компетенций и повышению культуры безопасности в целом [7]. Уровень подготовки преподавателей должен позволять им использовать инновационные подходы к подготовке инженеров [8-10], методики интерактивного обучения [11], так как в связи с применением *ON-LINE* технологий в учебном процессе выросло требование к качеству проведения самих занятий [12].

Результаты и их обсуждение. Деятельность ППС в современных условиях предполагает в общем учебную, учебно-методическую и научно-исследовательскую (научную и инновационную деятельность) составляющие, которые необходимо учитывать при оценке рейтинга индивидуальной педагогической работы. Каждая составляющая этой деятельности должна содержать элементы, мотивирующие будущих руководителей производства обеспечивать и поддерживать безопасные условия труда.

В учебной деятельности можно выделить:

– аудиторные и дистанционные занятия;

– руководство бакалаврами, магистрами, аспирантами, соискателями при написании соответствующих выпускных квалификационных работ, диссертаций на соискание ученой степени, консультации докторантов, при котором руководитель контролирует качественное обоснование безопасности исследуемых или разработанных объектов; руководство выпускными квалификационными работами по тематикам, предложенным организациями реального сектора экономики;

– занятия по дисциплинам на иностранном языке, поскольку специалист должен быть в курсе международных правил обеспечения безопасности.

В учебно-методической деятельности можно выделить:

– разработку учебно-методического комплекса: тематических планов, рабочих программ дисциплин, программ учебных и производственных практик, фондов оценочных средств, методических рекомендаций самостоятельного изучения дисциплин и др.;

– написание учебников, учебных и методических пособий, лабораторных практикумов и других материалов; разработка онлайн курсов для обучения;

В научно-исследовательской (научной и инновационной) деятельности работников можно выделить:

– участие в НИР (НИОКР); в любой работе НИР присутствует обоснование норм безопасности;

– разработка учебников, учебных пособий, имеющих научную направленность;

– количество монографий (например, за предшествующие 3 календарных года);

– участие в работе научных семинаров, конференций, симпозиумов;

– число публикаций и цитирований в журналах ВАК и РИНЦ, в изданиях *Scopus* и *Web of Science* (например, за предшествующие 3 календарных года); индексы Хирша по *Scopus* и РИНЦ;

– участия в работе диссертационных советов, оппонирование;

– написание рецензий на авторефераты, монографии, пособия;

– работа в качестве эксперта во внешних профессиональных организациях;

– организации и руководства научной работой студентов (например, выступление студентов на Неделе науки или публикация материалов выступлений на Неделе науки);

– участие в конкурсах и номинациях;

– результаты интеллектуальной деятельности (патенты, компьютерные программы).

Одной из форм предъявления результатов образовательного процесса является форма конкурса профессионального мастерства среди выпускников и специалистов разных направлений профессиональной деятельности. Этот формат способствует социальной поддержке специалистов. Например, в 2017-2018 годах в Удмуртской Республике был проведен республиканский конкурс «Лучший специалист по охране труда», целью которого являлось повышение престижа работы молодых специалистов, работа которых направлена на обеспечение безопасных условий труда на рабочих местах [13].

Рейтинг $R_{рпд}$ педагогической деятельности определяется по учебной, учебно-методической, научной и инновационной составляющей как суммарная величина основных видов работ за промежуток времени:

$$R_{рпд} = \left(\sum_{i=1}^{m} A_i + \sum_{j=1}^{n} B_j + \sum_{k=1}^{d} C_k \right) \cdot G \qquad (1)$$

где: G – показатель научной квалификации ППС, первое слагаемое определяется успешным выполнением m пунктов учебной работы и может быть рассчитано по баллам, второе слагаемое определяется успешным выполнением n пунктов учебно-методической работы и может быть рассчитано по баллам, третье слагаемое определяется успешным выполнением d пунктов научной и инновационный деятельности и также может быть рассчитано по баллам. Причем, при суммировании каждой из трех сумм в (1) значимость каждого пункта успешного (или не успешного) исполнения можно усиливать или уменьшать в зависимости от политики университета, вводя соответствующие коэффициенты значимости. При расчете рейтинга показатель G научной квалификации ППС может быть принят, например, равным 0,9 для преподавателя без научной степени и звания, 1,0 - для преподавателя со степенью кандидата наук, 1,15 - для преподавателя со степенью кандидата наук и званием доцента, 1,35 - для преподавателя со степенью доктора наук и званием профессора. Коэффициенты могут быть изменены руководством с учетом финансовых возможностей университетов и законодательной базы.

Число составляющих в каждом из слагаемых при суммарной оценке рейтинга год от года изменяется, вводятся все новые требования, появляется возможность поощрять развитие инновационной деятельности, участие в НИР и НИОКР. Мотивировать, например, участие работников университета в международных конференциях, посвящённых обеспечению техносферной и экологической безопасности, можно, введя при расчете индивидуального рейтинга соответствующие весовые коэффициенты, поднимая значимость соответствующих пунктов. Следует отметить, что требования по публикационной активности должны быть разумными, не приводить к снижению качества научных материалов и не мешать совершенствованию учебного процесса. Рейтинг педагогической деятельности преподавателей вуза по направлению техносферной безопасности, в первую очередь, должен базироваться на формировании культуры безопасности. Выпускники вуза должны обладать компетенциями, позволяющими при создании инновационного продукта обеспечивать безопасность при строительстве, эксплуатации, монтаже, испытаниях, реконструкции объектов; уметь оценивать допустимое антропогенное воздействие на окружающую среду [14, 15], так как во всем мире очень мало экосистем, которые не подвергались разрушительному антропогенному воздействию [16]. Только высококвалифицированный педагогический состав может готовить кадры, способные решать такие задачи.

В оценку рейтинга педагогической деятельности может быть введена оценка участия в общественной жизни университета, в поддержании связей с выпускниками вузов [17], в использовании ролевых онлайновых игр для подготовки населения в области безопасности жизнедеятельности [18], участии в спортивной подготовке студентов, в агитационной работе по привлечению абитуриентов в университеты и многое другое.

Вторым перспективным направлением формирования мировоззрения, отвечающего приоритету сохранения жизни и здоровья человека в процессе трудовой деятельности, является разработка новых форм мотивации работников предприятий к безопасному выполнению работ и к высокой степени ответственности работника за несоблюдение правил безопасности на своих рабочих местах во всех сферах деятельности. С развитием современных информационных технологий появилась возможность создавать новые системы контроля для обеспечения безопасных условий труда во время производства работ, в том числе, контролировать выполнение правил безопасности самими работниками. Например, в строительстве предлагается при контроле безопасности на строительных площадках использовать современные информационные технологии (СП 333.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла», пункт 5.6.5). Применение современных информационных технологий, например, применение камер наблюдения, позволяет создать механизм непрерывного контроля за использованием СИЗ работниками, за границами, где

существуют опасности для жизни и здоровья человека. Современные информационные технологии позволяют осуществлять мониторинг опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах.

Опрос строительно-монтажных работников (17 человек) на строительной площадке показал, что более 60% из них, будучи проинформированы о возможном наблюдении с помощью видеокамер за их работой, не пошли бы ни на какие нарушения правил безопасности при выполнении работ; причем, они сообщили, что если бы они были уверены в отсутствии наблюдения за ними, то в целях ускорения монтажных работ могли бы сделать незначительные, на их взгляд, отступления от правил безопасности. Опрос показал, что в данном случае боязнь получить штрафные санкции при нарушений правил безопасности заставляет работников не нарушать правила безопасного проведения строительно-монтажных работ в полном объеме. Вероятно, нужно время, для которого безоговорочное выполнение правил и норм охраны труда станет привычкой.

Заключение. Поскольку основной причиной аварий и несчастных случаев на производстве является «человеческий фактор», для минимизации производственных рисков на рабочих местах необходимо работать над мотивацией человека на безопасный труд и на повышение общей культуры безопасности во всех сферах деятельности человека. Нужно, прежде всего, обеспечить на производство приток молодых кадров, понимающих приоритетность задач, связанных с обеспечением безопасных условий труда. Для решения этой задачи следует обеспечить акцентирование внимания на изучение проблем безопасности во всех дисциплинах, изучаемых в высших учебных заведениях на протяжении всего периода обучения, потому что именно из выпускников университетов формируется руководство предприятий, призванных обеспечивать приоритет сохранения здоровья и жизни работников.

Чтобы университеты были центрами инновационного, технического, технологического и социального развития различных регионов нашей страны, имели высокий рейтинг в стране и в мировом сообществе, профессорско-преподавательского состав университетов должен обладать высоким научным потенциалом, а уровень полученного образования выпускников должен обеспечивать их способность создавать качественный и безопасный продукт. Молодые инженеры должны уметь оценивать риски, связанные с разработкой новых технологий [19], соблюдать ключевые требования безопасности, владеть основными принципами управления рисками на производстве [20-22]. Практическая реализация подхода к оценке индивидуальной педагогической деятельности преподавателей вузов по направлению техносферной безопасности показала целесообразность поощрения творческой активности работников в целях повышения общего уровня культуры безопасности в стране. Необходимость повышения культуры безопасности обусловлена сокращением объема часов, отводимых на изучение дисциплины безопасности жизнедеятельности, и переводом изучения этой дисциплины на младшие курсы, что не могло не отразиться негативно на подготовку выпускников вузов по инженерным специальностям в части компетенций, связанных с обеспечением безопасности при проектировании, эксплуатации, монтаже, испытаниях, реконструкции установок и оборудования.

Вторым направлением формирования мировоззрения, отвечающего приоритету сохранения жизни и здоровья человека в процессе трудовой деятельности, может быть усиление ответственности работника за соблюдение безопасности, правил и норм труда при проектировании, строительстве, эксплуатации, монтаже и ремонте объектов, оборудования и инструментов. В процесс реализации системы менеджмента производственной безопасности и здоровья, помимо самой службы охраны труда, должен быть вовлечен весь трудовой коллектив. Мотивировать работника четко следовать правилам безопасности можно введением современных систем контроля за выполнением работ с соблюдением норм безопасности, учитывая нынешнее развитие информационных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Долинская Ю.В., Князюк Н.Ф. Концептуальные вопросы управления изменениями в области профессиональной безопасности и охраны здоровья // Безопасность жизнедеятельности. – 2015. – №1 – С. 3.

2. Мартынюк М.Ф. Охрана окружающей среды и экологический риск // Безопасность жизнедеятельности. – 2019. – №6 (222). – С. 10-14.

3. Скрипник И. Л., Воронин С.В. Взаимодействие профессорско-преподавательского состава кафедры с выпускниками // Система обеспечения пожарной безопасности. Состояние, тенденции, пути развития. Сборник статей и докладов научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 25-26 мая 2017 года. Санкт-Петербург, Военный институт (инженерно-технический), 2017, С. 222-227.

4. Скрипник И. Л., Воронин С.В. Прямая и обратные связи профессорско-преподавательского состава кафедры с выпускниками // Подготовка кадров в система предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: материалы международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 1 июня 2017 года. СПб: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2017, С. 253-256.

5. М.С. Лукьяненко Экономическое стимулирование персонала как инструмент совершенствования системы менеджмента качества высшего учебного заведения // Университет им. В.И. Вернадского. 2012. №4(42). С. 269-271.

6. Кругликов В. Н. Интерактивные формы профессионального обучения: учеб. пособие / В.Н. Кругликов, М.В. Оленникова. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 436 с.

7. Cejas Martinez M.F., Mendoza Velazco D.J., Navarro Cejas M., Rogel Villacis J.L., Ortega Ya.M. A PERFORMANCE-CENTRED COMPETENCY-BASED APPROACH TO QUALITY UNIVERSITY TEACHING // Интеграция образования. 2019. Т. 23, №3 (96), С. 350-365. DOI: 10.15507/1991-

9468.096.023.201903.350-365.

8. Подготовка студентов к инновационной деятельности: Обучение студентов вузов технологиям быстрого прототипирования как завершающий этап их подготовки к инновационной деятельности / Н. И. Наумкин [и др.] // Интеграция образования. 2018. Т. 22, № 3. С. 519–534. DOI: 10.15507/1991-9468.092.022.201803.519-534.

9. Interrelation and interference of the competence components in innovative engineering activity / N. I. Naumkin [et al.] // European journal of natural history. 2014. No. 2. Pp. 39–41. URL: http://worldscience. ru/en/article/view?id=33276 (дата обращения: 29.09.2019).

10. Savin I. Machine-building educational cluster. Innovative approach to training of engineers // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2015. No. 2. URL: http://www.science-sd. com/461-24792 (дата обращения: 29.09.2019).

11. Т.Т. Каверзнева, Н.А. Леонова, Н.В. Румянцева, И.Л. Скрипник. Опыт проведения практических занятий в интерактивной форме по направлению “Техносферная безопасность”. Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке. Том 1: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № 4 (5-1), С. 359-364.

12. Каверзнева Т.Т., Леонова Н.А. Проблема перевода учебного процесса в ON-LINE формат в высшей школе // Безопасность жизнедеятельности. 2018. № 4 (208). С. 61-64.

13. Севостьянов Б.В., Лисина Е.Б., Шадрин А.В., Селюнина Н.В., Шаламова А.В. Об опыте проведения республиканского конкурса «Лучший специалист по охране труда Удмуртской Республики» // Безопасность жизнедеятельности. – 2019. – №6 (222). – С. 3-6.

14. Мартынюк М.Ф. Экологический риск антропогенных воздействий // Безопасность жизнедеятельности. – 2017. – №2 (194). – С. 23-27.

15. Тимофеева С.С. Методы и технологии оценки экологических рисков: Практикум. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2017. – 240 с.

16. Харари Ю.Н. Sapiens. Краткая история человечества. – М.: Синдбад. 2016. – 520 с.

17. Скрипник И.Л., Каверзнева Т.Т. Направления взаимодействия профессорско-педагогического состава кафедры с выпускниками // Техносферная безопасность. Техносферная безопасность как комплексная научная и образовательная проблема : материалы всероссийской конференции, 4–6 октября 2018 г. СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. 132 с. (116-122).

18. Лукьянович А.В., Пашков А.А. Многопользовательские ролевые онлайновые игры как инструмент организации подготовки населения в области безопасности жизнедеятельности // Безопасность жизнедеятельности. – 2017. – №1 (193). – С. 36-42.

19. Федорец А.Г., Коваленко М.В. Косвенный метод количественной оценки производственных рисков на основе ключевых требований безопасности // Безопасность в техносфере. – 2017. – Т.6. – №6. – С. 38–46.

20. Долинская Ю.В., Князюк Н.Ф. Концептуальные вопросы управления изменениями в области профессиональной безопасности и охраны здоровья // Безопасность жизнедеятельности. – 2015. – №1 – С. 3.

21. Пушенко С.Л., Страхова Н.А. Принципы, концепция и методология управления рисками применительно к безопасности труда // Безопасность в техносфере – 2012. – №2 – С. 35–40.

22. Silvia Fernández Martínez. Occupational Health and Safety regulation for a changing world of work: the central role of health – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://englishbulletin.adapt.it/wp-content/uploads/2016/10/fernandez_BSC_conference.pdf (дата обращения 20.06.2018 г.).

Статья поступила в редакцию 18.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК: 349.6, 349.415

АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

©2020

Тихомирова Елена Ивановна, доктор биологических наук, профессор,
заведующая кафедрой «Экология» Института урбанистики, архитектуры и строительства
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
(410056, Россия. г. Саратов, ул. Политехническая, 77, e-mail: tichomirova_ei@mail.ru)
Ефремова Сания Юнусовна, доктор биологических наук, профессор,
профессор кафедры «Биотехнологии и техносферная безопасность»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: s_sharkova@mail.ru)
Муравьева Алена Александровна, аспирант
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
(410056, Россия. г. Саратов, ул. Политехническая, 77, e-mail: lukoninaalena2014@yandex.ru)
Шарков Тагир Адэльевич, аспирант
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: s_sharkova@mail.ru)

Аннотация. Для обеспечения безопасности окружающей среды и здоровья человека, в области использования земельных ресурсов, необходимо не только эффективное их использование, но и восстановление, создание условий для получения экологически безопасной продукции. Все это требует правого регулирования. С учетом этого в статье проведен анализ современной законодательной и нормативной базы в области рекультивации земель. Описаны выявленные недостатки и несоответствия, обоснована необходимость уточнения формулировок основных терминов в области рекультивации земель, используемых в законодательных и иных государственных документах. Отмечена необходимость расширения и конкретизации особенностей правового регулирования рекультивации земель, нарушенных вследствие антропогенных и природных факторов. Обосновано приведение к единому образцу структуры проекта рекультивации земель, а также уточнения статуса организаций, осуществляющих рекультивации земель. В работе сформулированы предложения по совершенствованию законодательства и действующей базы стандартов относительно биологического этапа рекультивации земель в части применения биотехнологических подходов.

Ключевые слова: рекультивация нарушенных земель, правовое регулирование рекультивации земель, охрана земель, биотехнологии в рекультивации земель, деградация земель, нарушенные земли.

ANALYSIS OF THE ACTION REGULATORY BASE IN THE REGION OF THE RECLAMATION OF THE LAND

©2020

Tikhomirova Elena Ivanovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Chair Dept. of Ecology
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
(410054, Russia, Saratov, Politechnicheskaya St., 77, e-mail: tichomirova_ei@mail.ru)
Efremova Saniya Yunusovna, Doctor of Biological Sciences, Professor,
Professor at the Department “Biotechnologes and Tehnosphere Safety”
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, proyezd Baydukova/Gagarina St., 1A/11, e-mail: s_sharkova@mail.ru)
Muravyeva Alena Aleksandrovna, graduate student
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
(410054, Russia, Saratov, Politechnicheskaya St., 77, e-mail: lukoninaalena2014@yandex.ru)
Sharkov Tagir Adelevich, graduate student
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, proyezd Baydukova/Gagarina St., 1A/11, e-mail: s_sharkova@mail.ru)

Annotation. The article presents an analysis of the current legislative and regulatory framework in the field of land reclamation. The identified shortcomings and inconsistencies are described; the need to clarify the wording of the main terms in the field of land reclamation used in legislative and other state documents is justified. The need to expand and specify the features of legal regulation of land reclamation, violated due to anthropogenic and natural factors, is noted. It is justified to bring the structure of the land reclamation project to a single model, as well as to clarify the status of organizations engaged in land reclamation. The paper contains proposals for improving the legislation and the current base of standards for the biological stage of land reclamation in terms of applying biotechnological approaches.

Keywords: reclamation of disturbed lands, legal regulation of land reclamation, land protection, biological stage of land reclamation, biotechnologies in land reclamation, land degradation, disturbed lands.

Введение. Земли важнейший компонент окружающей среды и имеют огромное значение для жизнедеятельности населения. Они относятся к трудновосполнимым ресурсам, которые активно эксплуатируются человечеством. Охрана земель представляет важнейшую задачу, которая должна решаться на государственном уровне [1-3]. Использование ресурса в различных целях, напрямую определяет характер и интенсивность антропогенного воздействия, особенности обеспечения безопасности этого воздействия, и в частности, его правового аспекта [2].

Так, согласно земельному законодательству РФ в соответствии с целевым назначением в структуре земельного фонда выделено несколько категорий: земли сельскохозяйственного назначения, населенных пунктов, промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики. Также для обеспечения космической деятельности; обороны, безопасности и земли иного специального назначения; особо охраняемых территорий и объектов; лесного фонда; водного фонда; запаса [3]. В таблице 1, показана структура земельного фонда РФ в разрезе федеральных округов [4].

Таблица 1 – Структура земельного фонда Российской Федерации в 2018 г., %

Федеральный округ РФ	Земли с/х назначения	Земли населенных пунктов	Земли промыш. и др. назначен.	Земли ООТ	Земли лесного фонда	Земли водного фонда	Земли запаса
Центральный	53,57	7,63	2,00	1,08	32,64	1,22	1,86
Северо-Западный	18,17	0,98	3,93	4,23	65,20	2,77	4,72
Южный	77,57	4,22	3,61	1,81	6,67	3,28	2,83
Северо-Кавказский	79,41	4,17	1,07	1,81	10,23	0,63	2,67
Приволжский	55,27	4,21	1,29	1,22	35,18	1,64	1,19
Уральский	27,20	1,46	0,76	1,42	59,84	4,92	4,39
Сибирский	19,59	0,54	0,34	3,24	66,98	0,98	8,34
Дальневосточный	11,00	0,27	0,52	3,27	79,45	0,88	4,61

Структура земельного фонда по категориям земель в различных регионах РФ неодинакова. Так, в Северо-Западном, Уральском, Сибирском и Дальневосточном федеральных округах преобладают земли лесного фонда, а в Центральном, Южном, Северо-Кавказском и Приволжском федеральных округах – земли сельскохозяйственного назначения [4]. В целом наибольшую площадь территории страны – почти 2/3 (65,8%) занимают земли лесного фонда, на втором месте – земли сельскохозяйственного назначения (около ¼ территории или 22,3%). К землям особо охраняемых территорий и объектов относится 2,9% территории страны [4] (рис.1).

Рисунок 1 – Распределение нарушенных земель РФ по категориям земель в 2018 г.

Ежегодно фиксируются случаи нарушения природоохранного законодательства, в частности нормы охраны земель, вследствие чего земельный фонд РФ претерпевает потери. Так за период 2010-2018 гг. площадь нарушенных земель увеличилась на 7,2%, т.е. в среднем на 0,9% в год [5-6].

Нарушение земель происходит под влиянием многих факторов – зарастание сорной растительностью, самовольное снятие плодородного слоя почв; низкий уровень сельскохозяйственных технологий и использование тяжелой техники; неумеренное применение агрохимикатов; захламление земель отходами, в том числе формирование несанкционированных свалок; оседание загрязнений, входящих в состав промышленных выбросов, техногенные аварии и др. [1-3,5].

Отдельной проблемой является химическое загрязнение почв *в результате производственной и сельскохозяйственной деятельности.* Загрязнение почв нефтепродуктами отмечается вблизи объектов их добычи, транспортировки, переработки, а также тяжелыми металлами [4]. По показателю загрязнения почв тяжелыми металлами за период 2010-2018 гг. к категории опасного загрязнения отнесены 1,7% земель обследованных населенных пунктов, к умеренно опасной – 7,8%.

По данным официальных отчетов за 2018 г. отмечено загрязнение почв следующими веществами / элементами:

– *кадмием* в городах Белебей, Кумертау и Давлеканово Республики Башкортостан, Кировград, Владикавказ, Ревда и Реж Свердловской области;

– *марганцем* в г. Нижний Тагил;

– *медью* в городах Верхняя Пышма, Владикавказ, Кировград, Невьянск, Первоуральск, Полевской, Ревда; в пгт. Кавалерово Приморского края;

– *никелем* в городах Асбест, Верхняя Пышма, Владикавказ, Полевской, Реж;

– *свинцом* в городах Березовский Свердловской области, Верхняя Пышма, Владикавказ, Дальнегорск, Зима, Саянск, Иркутск, Каменск-Уральский,

Кировград, Ижевск, Невьянск, Первоуральск, Ревда, Свирск, с. Рудная Пристань; в п. Хрустальный Приморского края;

– *цинком* в городах Верхняя Пышма, Владикавказ, Дальнегорск, Кировград, Невьянск, Ревда, Бор Нижегородской области, Ижевск, в п. Хрустальный, в пгт. Кавалерово.

– *нефтепродуктами* – в городах Казань, Омск;

– *бенз(а)пиреном* – в городах Находка, Партизанск, Сызрань [4].

Важная роль в системе охраны земель РФ, отводится рекультивации нарушенных земель и одним из важнейших ее аспектов является правовое регулирование. В этой связи целью работы являлся анализ действующей законодательной базы в области рекультивации нарушенных земель, выявление в ней недостатков и обоснование необходимости внесения изменений и дополнений.

В ходе анализа нормативных документов и стандартов, определяющих сущность рекультивации земель, регламентирующих порядок ее проведения и т.д., нами был выявлен ряд недочетов [6-7]. Прежде всего, на наш взгляд, необходима корректировка терминологии. Система законодательных актов очень сложна, она постоянно дополняется, совершенствуется, пересматривается, актуализируется. Внесение изменений в одном из документов требует пересмотра целого ряда других, в которых могут быть общие или схожие положения. Нередко это приводит к возникновению расхождений и неточностей. Между тем точность и однозначность формулировок и определений в юридически значимых документах крайне важна. Система определений должна быть корректна, понятна и доступна, не являться противоречивой [8].

Начнем с самого понятия «рекультивация». Одним из основных нормативных документов, непосредственно регулирующих вопросы рекультивации земель, являются Правила проведения рекультивации и консервации земель, далее – Правила. Здесь ***рекультивация земель*** определяется как мероприятия по предотвращению деградации земель и (или) восстановлению их плодородия посредством приведения земель в состояние, пригодное для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, в том числе путем устранения последствий загрязнения почвы, восстановления плодородного слоя почвы и создания защитных лесных насаждений [9].

Кроме того, основная терминология, относящаяся к рекультивации земель, установлена также в ГОСТ 17.5.1.01-83 «Охрана природы (ССОП). Рекультивация земель. Термины и определения». В соответствии с ним, ***рекультивация земель –*** комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества [9].

Правилами и ГОСТ 17.5.1.01-83 даются определения этому понятию, близкие по смыслу, но тем не менее имеющие некоторые отличия. Основным отличием этих формулировок, на которое следует обратить внимание, является то что в определение, которое установлено Правилами, вкладывается не только восстановление нарушенных земель, но и предотвращение их деградации, тогда как определение, которое дается в ГОСТ, упоминается только о восстановлении. Таким образом, Правила устанавливают более конкретизированное и в связи с этим более корректное понятие рекультивации по сравнению с определением в ГОСТ17.5.1.01-83.

Обратимся к терминам «деградация земель», «нарушение земель» и «нарушенные земли». На наш взгляд, в действующих нормативно-правовых и методологических документах наблюдается недостаточно соотнесенность этих формулировок друг с другом.

В Правилах мы сталкиваемся с понятием ***деградации земель*** – ухудшение качества земель в результате негативного воздействия хозяйственной и (или) иной деятельности, природных и (или) антропогенных факторов [9].

В ГОСТ 17.5.1.01-83 вместо термина «деградация земель» используется понятие «нарушение земель», под которым понимается процесс, происходящий при добыче полезных ископаемых, выполнении геологоразведочных, изыскательских, строительных и других работ и приводящий к нарушению почвенного покрова, гидрологического режима местности, образованию техногенного рельефа и другим качественным изменениям состояния земель [10].

Читая определение, данное в ГОСТ, может сложиться впечатление, что рекультивации подлежат земли, которые нарушены в результате хозяйственной деятельности. Однако ухудшение качества земель может происходить не только и не обязательно лишь при осуществлении хозяйственной деятельности, но и при воздействии природных факторов. В формулировке, которая предлагается в Правилах, этот важный аспект учтен.

Кроме того, не совсем ясно, предполагаются ли термины «деградация» и «нарушение» как синонимы или нет. Говоря о «рекультивации земель» необходимо понимать, что рекультивации подлежат любые земли, качество которых ухудшено до непригодного состояния. При этом не важно, какие именно процессы к этому привели – это может быть химическое загрязнение, биологическое загрязнение, радиоактивное загрязнение, засоление, захламление отходами и др., а не только нарушение почвенного покрова, как указано в определении ГОСТ. С этой точки зрения определение деградации земель, которое дается в Правилах, более совершенно.

Таким образом, если в ГОСТ понятие «нарушение» подразумевается как синоним деградации, то необходимо привести его в соответствие с формулировкой данной в Правилах и конкретизировать, что ухудшение качества земель происходит под влиянием не исключительно антропогенных факторов, но и природных, а также то, что к ухудшению состояния

земель относится не только нарушение почвенного покрова. Если же подразумевается, что нарушение земель относится к деградации как частное к общему, тогда необходимо указать оба эти понятия как в ГОСТ, так и в Правилах и четко обозначить разницу между этими понятиями.

Следующим основным понятием, которое используется в обоих документах, является понятие ***«нарушенные земли»***. В данном случае смысловые расхождения отсутствуют, в обоих документах оно подразумевает собой земли, утратившие свою хозяйственную ценность, пригодность.

На наш взгляд, в обоих предложенных определениях есть свои незначительные недостатки. В определении, утвержденном ГОСТ 17.5.1.01-83, имеется не совсем удачная тавтология («нарушенные в связи с нарушением»). Также вызывает сомнение корректность выражения о том, что нарушенные земли являются источником отрицательного воздействия на окружающую среду. Нарушенные земли сами являются частью окружающей среды вследствие того, что воздействие оказывается на них. Нарушение земель уже само по себе является вредом окружающей среде.

В свою очередь, определение, данное в Правилах в отличие от определения в ГОСТ 17.5.1.01-83 не выражает важную мысль о том, что нарушенные земли следует рассматривать не только с точки зрения их непригодности для хозяйственного использования, но и с позиции нарушенного экологического равновесия.

Нами предлагается следующая формулировка понятия ***«нарушенные земли»*** – земли, деградация которых привела к невозможности их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием и/или нарушению экологического состояния территории.

Одним из недостатков терминологии, утвержденной в обоих рассматриваемых документах, является отсутствие достаточной конкретики по такому понятию, как направления **рекультивации земель**. ГОСТ 17.5.1.01-83 определяет его следующим образом: направление рекультивации земель – определенное целевое использование нарушенных земель в народном хозяйстве [10]. Корректность этой формулировки вызывает сомнения, т.к. здесь не отражен смысл, вкладываемый в понятие рекультивации. Грубо говоря, использование нарушенных земель может быть любым, это не раскрывает в полной мере смысл понятия. В Правилах данное понятие не приводится.

Зато указанный выше недостаток исключен в другом документе – ГОСТ Р 57447-2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация земель и земельных участков, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Основные положения» [11]. Здесь ***направление рекультивации*** определяется как комплекс мероприятий, технических, инженерных, агрономических, экологических или иных решений и приемов, разрабатываемых в целях рекультивации земель и земельных участков для каждого конкретного случая с учетом выбранного направления рекультивации. Данное определение составлено более корректно и четко по сравнению с тем, которое прописано в ГОСТ17.5.1.01-83, так как оно объясняет, что направление рекультивации это все-таки не использование земель как таковое, а приведение их в пригодное для использования состояние. Кроме того, в данном документе приводится классификация возможных направлений рекультивации и каждому из них дается подробное определение. В ГОСТ 17.5.1.01-83 такая подробная классификация и ее конкретика отсутствует, что на наш взгляд, также является упущением, ведь это также непосредственно относится к основной терминологии.

Существуют также расхождения в действующих документах относительно ***структуры проекта рекультивации земель***. В Правилах говорится, что проект должен состоять из четырех разделов – «Пояснительная записка»,«Эколого-экономическое обоснование рекультивации земель, консервации земель», «Содержание, объемы и график работ по рекультивации земель, консервации земель», «Сметные расчеты (локальные и сводные) затрат на проведение работ по рекультивации земель».

Если мы посмотрим на структуру проекта рекультивации, рекомендуемую ГОСТ Р 57446-2017 мы видим, что к перечисленным разделам добавляется еще один – «Картографические материалы, отражающие состояние нарушенных земель после проведения рекультивации», в котором необходимо привести чертежи изменения рельефа местности, конфигурации и формы поверхности, план-схему участка рекультивации с представлением границ, размещением технологических и природных объектов, мест нанесения рекультивационного слоя и др. [12]. Таким образом, остается неясным, какого варианта следует придерживаться при составлении проекта, обязательным ли является раздел, который добавляется в соответствии с ГОСТ, и если да, то почему он не внесен в Правила.

Считаем, что данный недостаток необходимо исключить и привести в соответствие описание разделов проекта рекультивации в различных документах. Такие расхождения, пусть даже незначительные, приводят к путанице при составлении отчетных документов, сложностям при их согласовании. Устранение расхождений, приведение форм проектов и отчетов к единому образцу позволит лучше ориентироваться в документации и значительно сократит время на их составление.

Ухудшение состояния земель, которое влечет за собой необходимость проведения мероприятий по рекультивации, может возникать как в результате антропогенных воздействий, так и вследствие природных явлений [13]. Относительно вопросов правового регулирования ***особенностей проведения рекультивации земель, нарушенных вследствие природных явлений***, можно отметить, что в современном законодательстве этот аспект проработан достаточно слабо. Несмотря на то, что в Правилах говорится о разграничении обязанностей по рекультивации для случа-

ев, когда нарушение земель произошло в результате природных явлений, все же отсутствует достаточная конкретика, которая бы позволила четко представлять степень ответственности тех или иных лиц за проведение рекультивации в этих случаях. Считаем, что было бы целесообразно более явно обозначить этот момент, например, в тех же Правилах, обособив его в виде самостоятельного пункта и сопроводив более подробными пояснениями.

Существенным недостатком действующего законодательства является также ***полное отсутствие какой-либо информации о необходимом правовом статусе и компетенции организаций***, к которым могут обращаться лица с поручением проведения работ по рекультивации земель. Не ясно, какими разрешительными документами (лицензиями, сертификатами и пр.) они должны обладать, чтобы иметь право осуществлять работы по рекультивации.

Существующие нормативно-технические документы и стандарты, регламентирующие проведение рекультивационных работ, к настоящему времени довольно подробно описывают требования к техническому этапу рекультивации. Относительно же биологического этапа рекультивации, то он ограничен комплексом агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на улучшение агрофизических, агрохимических, биохимических и других свойств почвы [6, 8].

Между тем, на современном этапе развития технологий защиты окружающей среды все большую актуальность и обоснованность применения завоевывают ***методы биотехнологии***. В частности, с помощью биотехнологий эффективно решается проблема утилизации гербицидов и пестицидов, которые при нерациональном использовании и хранении явились причиной загрязнения сельскохозяйственных земель [14-16]. Методы биотехнологии позволяют бороться и с другими видами загрязнений почв – нефтепродуктами, тяжелыми металлами и др. [17-20]. Эти методы имеют более высокую эффективность по сравнению с фитомелиоративными и агротехническими мероприятиями и должны активно внедряться в комплексе с ними. Однако применение их на практике в этой области требует серьезного совершенствования действующей базы стандартов, формирования целого ряда самостоятельных документов, посвященных нормам применения таких технологий.

Таким образом, при анализе существующей базы законодательных актов и государственных стандартов в области рекультивации нарушенных земель нами предложены следующие направления ее совершенствования:

1 – обоснована необходимость уточнения формулировок основных терминов в области рекультивации земель, используемых в законодательных и иных государственных документах;

2 – требуется расширение и конкретизация особенностей правового регулирования рекультивации земель, нарушенных вследствие природных явлений;

3 – структуру проекта рекультивации земель, в частности, количество его разделов, необходимо привести к единому образцу;

4 – требуется уточнение статуса организаций, с которыми лица, обязанные провести рекультивацию, имеют право заключать договор на проведение этими организациями работ по рекультивации земель;

5 – необходимо совершенствование действующей базы стандартов относительно биологического этапа рекультивации земель в части формирования ряда самостоятельных документов, посвященных нормам применения биотехнологий для рекультивации земель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаркова С.Ю. Экологическое состояние природных и техногенных экосистем Среднего Поволжья и их реабилитация // автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / Российский государственный аграрный заочный университет. Москва, 2010. 40 с.

2. Тютюник, А.С. Отдельные аспекты развития законодательства об охране земли // Аграрное и земельное право. 2016. № 1 (133). С. 19.

3. Ибрагимов, К.Х., Кодзоев, М.М. Предложения по совершенствованию законодательства в области охраны и рационального использования земель сельскохозяйственного назначения//Аграрное и земельное право. 2016. № 3. С. 123.

4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». – М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019. 844 с.

5. Махотлова М.Ш. Негативные воздействия и основные направления регулирования охраны земель /Внедрение результатов инновационных разработок: проблемы и перспективы. Сборник статей междунар. науч.–практ. конф. – Пенза, 18 янв.2016 г. – Пенза, 2016. С. 24-27.

6. Тихомирова Е.И., Макарова А.А., Подольский А.Л., Анохин Е.Н. Анализ нормативно-правовых и методических документов в области рекультивации загрязненных земель в Российской Федерации // ELPIT-2015: сб. тр. Пятого междунар. экологич. конгр. (Седьмой междунар. науч.-техн. конф.) "Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов", Тольятти-Самара, 16-20 сент. 2015 г. – Тольятти, 2015. Т. 2. С. 164-170.

7. Муравьева А.А., Кузьмина М.С., Тихомирова Е.И. Анализ основных терминов и определений в области рекультивации земель, содержащиеся в нормативных правовых актах Российской Федерации// Экологический форсайт: материалы 1 Всероссийского научно-общественного форума. – Саратов, 2019. Т.2. С. 196-200.

8. Самончик О.А., Тютюник А.С. Административная ответственность за нарушение законодательства об охране земель: некоторые аспекты теории и практики //Аграрное и земельное право. 2018. № 10. С. 137-144.

9. Постановление Правительства РФ от 10 июля 2018 г. № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель» [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293736/4293736333.htm

10. ГОСТ 17.5.1.01-83 «Охрана природы (ССОП). Рекультивация земель. Термины и определения» [Элек-

тронный ресурс] – Режим доступа: https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4294851/4294851972.htm

11. ГОСТ Р 57447-2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация земель и земельных участков, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Основные положения» [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293746/4293746172.htm

12. ГОСТ Р 57446-2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия» [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293746/4293746178.htm

13. Ефремова С.Ю. Приемы детоксикации химически загрязненных почв //Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2012. № 29. С. 379-382.

14. Тихомирова Е.И., Макарова А.А., Фомина А.А. Перспективы развития экологической биотехнологии в России // Биотехнология: реальность и перспективы. Материалы междунар. науч.-практ. конф. – Саратов, 2014. С. 268-272.

15. Ксенофонтова О.Ю., Третьякова С.Э., Тихомирова Е.И., Васнецова Е.В. Разработка технологии использования биопрепарата для ремедиации почв, загрязненных пестицидом прометрин, в лабораторных и полевых условиях // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. №2(3). С. 718-722.

16. Vasnetsova E.V, Tikhomirova E.I, Ksenofontova O.Yu, Efremova S.Yu. Study of biological properties of effective pesticides destructor Pseudomonas putida P2 //AgroSMART 2019/ International scientific and practical conference «AgroSMART – Smart solutions for agriculture". Vol. 2019. P. 478-487. DOI 10.18502/kls.v4i14.5635.

17. Галкина Н.А. Экологическая реабилитация нефтезагрязненных земель с использованием эффективного биопрепарата // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. №2(3). С. 663-667.

18. Тихомирова Е.И., Трояновская Е.С., Третьякова С.Э. Оценка эффективности комбинированной сорбционной технологии ремедиации разных типов почв, загрязненных тяжелыми металлами // Фундаментальные исследования. 2013. № 10(14). С. 3134-3139.

19. Ильина Н.А., Тихомирова Е.И., Ксенофонтова О.Ю., Казакова Н.А., Андронова Т.В. Создание биопрепаратов на основе штаммов – деструкторов фенольных соединений и их использование в биоремедиации загрязненных почв // Экологические проблемы промышленных городов: сборник научных трудов по материалам 9-й Международной научно-практической конференции./ Под редакцией профессора Е.И. Тихомировой. – Саратов: изд-во СГТУ, 2019. С. 240-246.

20. Ilina N.A., Tikhomirova E.I, Kazakova N.A., Andronova T.A., Ksenofontova O.Yu. Efficiency Assessment of Biological Samples for Destruction of Phenol Compounds // International Conference on Health and Well-Being in Modern Society (ICHW 2019) – Published by Atlantis Press. Advances in Health Sciences Research, Vol. 16. P. 120-125.

Статья поступила в редакцию 22.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 159.9

УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ СЛУЖБЫ ИСПОЛНЕНИЯ НАКАЗАНИЙ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВАГОНОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ОСУЖДЕННЫХ И ЛИЦ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД СТРАЖЕЙ

© 2020

Сачкова Оксана Сергеевна, доктор технических наук,
профессор кафедры «Техносферная безопасность»
Российский университет транспорта
(127994, Россия, Москва, ГСП-4, улица Образцова, д. 9, стр. 9, e-mail: tu@miit.ru)
Трифонова Екатерина Александровна, старший преподаватель кафедры
«Управление безопасности в техносфере»
Российский университет транспорта
(127994, Россия, Москва, ГСП-4, улица Образцова, д. 9, стр. 9, e-mail: yekaterina.trifonova.1111@mail.ru)

Аннотация. Установлено, что для анализа условий труда работников РФ применяются экспертные или инструментальные методики. С помощью таких методик могут быть успешно идентифицированы потенциально вредные и опасные производственные факторы; данные методы используются в процессе проведения специальной оценки условий труда, которая производится с учетом действующей нормативно-технической документации. Анализ вредных и опасных факторов внутри вагонной среды при перевозке осужденных и лиц, находящихся под стражей показал, что они могут проявляться в виде шума, действия вибрации, химического фактора, воздействия микроклиматических условий труда, присутствием недостаточной искусственной освещенности в вечернее и темное время суток, а также работники службы исполнения наказаний могут подвергаться физическим и эмоционально-психическим нагрузкам при выполнении своих служебных обязанностей, что может быть отнесено к вредным и опасным факторам. В связи с этим, с целью улучшения условий труда работников службы исполнения наказаний, предложено использовать разработанный пассажирский вагон модели 61-4495, в котором предусмотрена установка кондиционирования воздуха и обеззараживания, а также комплект экологически чистого туалета, что приведет к снижению действия вредных и опасных факторов.

Ключевые слова: условия труда, работники службы исполнения наказаний, вагоны для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей, вредные и опасные факторы, служебные обязанности, физические и эмоционально-психические нагрузки, вибрации, химический фактор.

IMPROVING THE WORKING CONDITIONS OF EMPLOYEES OF THE PENITENTIARY SERVICE BY IMPROVING WAGONS FOR THE TRANSPORTATION OF CONVICTS AND PERSONS IN CUSTODY

© 2020

Sachkova Oksana Sergeevna, doctor of technical Sciences,
Professor of the Department "Technosphere security»
Russian University of Transport
(127994, Russia, Moscow, GSP-4, Obraztsova Street 9 building 9, e-mail: tu@miit.ru)
Trifonova Ekaterina Aleksandrovna, senior lecturer
of the Department "security Management in the technosphere»
Russian University of Transport
(127994, Russia, Moscow, GSP-4, Obraztsova Street 9 building 9, e-mail: yekaterina.trifonova.1111@mail.ru)

Abstract. It is established that for the analysis of working conditions of workers of the Russian Federation, expert or instrumental methods are used. Using such techniques, potentially harmful and hazardous production factors can be successfully identified; these methods are used in the process of conducting a special assessment of working conditions, which is made taking into account the current regulatory and technical documentation. The analysis of harmful and dangerous factors inside the wagon environment during the transportation of convicts and persons in custody showed that they can manifest themselves in the form of noise, vibration, chemical factors, exposure to microclimatic working conditions, and the presence of insufficient artificial light in the evening and dark, and also employees of the penitentiary service may be subjected to physical and emotional-psychological stress in the performance of their duties, which can be classified as harmful and dangerous factors. In this regard, in order to improve the working conditions of the penitentiary service employees, it is proposed to use the developed model 61-4495 passenger carriage, which provides for air conditioning and disinfection, as well as an environmentally friendly toilet, which will reduce the effects of harmful and dangerous factors.

Keywords: working conditions, employees of the punishment service, wagons for transportation of convicts and persons in custody, harmful and dangerous factors, official duties, physical and emotional-mental stress, vibration, chemical factor.

Введение. Условия труда работающих в РФ представляют собой совокупность факторов, проявляющихся в производственной среде и в результате трудового процесса, которые впоследствии оказывают определенное влияние на общее состояние здоровья и характер работоспособности человека во время трудового процесса. Совокупность фактора среды и результата трудового процесса может стать вредным или опасным производственным фактором, если его воздействие приведет к профессиональной патологии (или заболеванию) конкретного работника, к его временному или стойкому характеру снижения трудоспособности и др. [1].

На данный момент известно применение следующих методов оценки условий труда работающих в РФ [2, 3]: экспертная или инструментальная оценка. С помощью таких методов могут быть успешно идентифицированы потенциально вредные и опасные производственные факторы; данные методы используются в процессе проведения специальной оценки условий труда. В связи с этим, в статье, поставлена задача по выявлению условий труда работников службы исполнения наказаний.

Анализ последних исследований и публикаций. Характерные условия труда работающих обычно включают определенный комплекс вредных и опасных факторов, оказывающих негативное воздействие [4,5]. Изучением условий труда и исследованием состояния здоровья работающих занимались многие ученые-гигиенисты, среди которых следует отметить Н.Н. Малинскую, Д.Н. Попову, Т.А. Орлову, Н.Ф. Измерова, П.К. Краськова, Л.Н. Шкаринова, Г.Д. Косуга, Д.И. Головина, О.П. Пастера, Ю.Г. Элланского и многих других; а также ученые-физиологи условий труда, среди которых следует отметить Г.А. Суворова, И.Л. Ласточкина, В.В. Матюхина, К.В. Доброго, В.И. Харитонова, К.Р. Ягодзинского, С.Л. Устьянцева, П.Ю. Онофриенко, И.В. Бухтиярова, и мн. др.

Исследования состояния здоровья работающих и влияние на них вредных и опасных факторов выполнены множеством ученых, среди которых следует отметить Г.Н. Лагутину, К.С. Кривую, П.Н. Любченко, Г.Л. Прокопчука, А.А. Атаманчука, Д.Ю. Скляровскую, Е.Л. Потеряеву, П.С. Доброго, Н.И. Измерову, Г.А. Кузькина, О.С. Васильева, Р.Д. Мирного, Л.П. Кузьмина, А.А. Орлова, Л.В. Прокопенко, К.Д. Борозну, Л.А. Соколову, К.М. Круглову, П.В. Серебрякова и др.

Кроме традиционных вредных и опасных факторов, сравнительно недавно, появились работы, в которых исследуются режимы труда и их влияние на состояние здоровья. Это работы отечественных авторов: И.В. Бухтиярова, Д.В. Лобного, М.Ю. Рубцова, Г.Н. Громаля, Ю.Ю. Горблянского и зарубежных авторов: H. Bogeild, D. Bork, Y. Mokrikana, T. Promik, T. Kobawashi.

Исследования состояния здоровья работающих, связанных с различными отраслями промышленности и производства выполнены в ряде работ отечественных ученых: А.С. Никитина, К.О. Горького, В.А. Синода, К.О. Заможного, Е.Е. Каргина, О.Л. Крутоголова, Л.А. Балабанова и многих других. В работе В.А. Синода приведены основы внедрения «бережливого производства».

В некоторых работах [6, 7], кроме нервно-эмоционального напряжения, учитываются производственные факторы психосоциального характера, которые связаны с напряженностью труда и возможными конфликтами между работающими, с высокими темпами работы и плохими отношениями с руководителями. Данными исследованиями, кроме указанных, также занимались отечественные авторы: С.А. Маничев, А.В. Князев и Е.А. Леонтьева и зарубежные авторы, такие как: I. Niedhammer et al., W. Britt, H. Burr et al. Однако недостаточно-изученными остаются психосоциальные и эмоционально-психические факторы, которые могут действовать на работников службы исполнения наказаний, в том числе проводника и конвоира.

В работах [8,9] влияние образующихся психосоциальных факторов на состояние здоровья работающих связано с последующими сердечно-сосудистыми заболеваниями, а в работе [10] отмечено о нарушении именно психического здоровья людей.

Исследование когнитивной функции было выполнено такими ученными: И.В. Дамулиным, К.Д. Брежным, И.С. Преображенской, О.А. Лортовой, В.Н. Шишковым, Л.Д. Скромным, L. Caixeta et al., K. Kronte, D. Ouellette, B. Grow, K. Lavoie, которые считают что она связана с нарушениями или отклонениями психического здоровья работающих.

Для работающих в производственной сфере, авторами Л.В. Прокопенко, Н.Ю. Полезным и Е.Л. Потеряевой для предотвращения производственно-профессиональной патологии работающих предложена оптимизационная система, включающая комплексные профилактические мероприятия.

Каждый год в РФ фиксируется более 77 тысяч смертей, которые напрямую связаны с выполнением должностных обязанностей. Это ведет к снижению качества имеющихся трудовых ресурсов и к ухудшению производительности труда, что в результате требует пересмотра планов при стратегическом укреплении состояния здоровья [11]. В соответствии с [11], основное направление должно быть связано с внедрением качественных систем оценки условий труда с использованием риск-ориентированных теорий по определению и снижению вредных факторов на производстве.

Основными источниками, раскрывающими теоретические основы улучшения и управления условиями труда, явились работы отечественных авторов: А. Михайлова, Ю.П. Попова, А.Я. Петрова, Е.В. Ураковой, К.Г. Танасюка, И.Г. Переверзева, А.В. Анохина, Г.С. Иванова, А.А. Степанова, О.П. Титова, И.В. Бабайцева, И.М. Фадина, В.Н. Сидорова, М.М. Епанешникова. В данных источниках подробно рассмотрены понятия и принципы улучшения и

управления условиями труда, способы построения системы управления охраной труда в структуре организации.

Однако работы по улучшению условий труда работников службы исполнения наказаний за счет совершенствования вагонов для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей практически отсутствуют.

Целью статьи является улучшение условий труда работников службы исполнения наказаний за счет совершенствования вагонов для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей.

Материалы и результаты исследования. Национальные нормы, существующие для перевозки заключённых, содержатся в Совместном приказе Министерства юстиции и Министерства внутренних дел от 24 мая 2006 года. Данный приказ является внутренним документом вышеприведенных структур, к которому нет доступа общественности, но общее содержание данного приказа присутствует в подробных цитатах, практически во всех судебных решениях. В соответствии с пунктом 167 данного приказа следует, что нормативное количество посадки осуждённых и лиц, содержащихся под стражей, в спецвагон должно быть определено, исходя из расчёта 12 человек для больших и 5 человек для малых камер; в случае времени поездки, составляющей менее четырёх часов, может быть допущена посадка 16 человек в большие камеры и 6 – в малые камеры.

ФСИН осуществляет перевозку заключённых на дальние расстояния, достигающие 6000 километров, которые соответствуют 11 часовым поясам. Такая перевозка осуществляется к объектам пенитенциарных учреждений. Данная задача исполняется специальными подразделениями, предназначенными для конвоирования осужденных, и, входящими в структуру ФСИН. Штат сотрудников таких подразделений составляет более 20 000. В распоряжении данных подразделений вместе с Министерством внутренних дел присутствуют специальные вагоны и автомобили, предназначенные для перевозки осужденных. Работа данных подразделений мало известна, единственное, что может быть найдено, – это информация сайтов региональных управлений ФСИН. Например, на сайте управления по конвоированию УФСИН по Кировской области было написало о том, что в 2015 году было отконвоировано 47752 осужденных по данной области [12].

В связи с докладом (в Европейском суде по правам человека было рассмотрено несколько жалоб наших заключенных на условия конвоирования) Министерство юстиции России сообщило, что правоохранительные органы разрабатывают меры по улучшению условий перевозки заключенных, а конвой должен работать по европейским стандартам [13].

В специальных железнодорожных вагонах для перевозки заключённых есть пять больших камер и от трёх до четырёх малых. Базовая конструкция не изменилась с советских времен – большие камеры размером 3,5 квадратных метров (размер обычных российских пассажирских купе, в которых размещается четыре человека). В камере есть шесть с половиной спальных мест – три полки по каждой стене и седьмая полка, которая короче других и перекидывается между двумя средними. Из-за неё в камере нельзя стоять в полный рост. Малые камеры размером два квадратных метра, в них три полки по одной из стен. В связи с этим внутренние инструкции допускают размещать до 12 заключённых в больших камерах; на каждого человека приходится по 0,29 квадратного метра.

Вредные и опасные факторы внутри вагонной среды при перевозке осужденных и лиц, находящихся под стражей также могут проявляться в виде шума, действия вибрации, химического фактора, воздействия микроклиматических условий труда, присутствием недостаточной искусственной освещенности в вечернее и темное время суток [14, 15]. Кроме того, конвоиры и проводники при перевозке осужденных и лиц, находящихся под стражей подвергаются физическим и эмоционально-психическим нагрузкам при выполнении своих служебных обязанностей. Приведенные вредные и опасные факторы внутри вагонной среды при перевозке осужденных и лиц, находящихся под стражей влияют на состояние здоровья работников службы исполнения наказаний [16, 17]. Неупорядоченный режим разъездной работы работников службы исполнения наказаний при перевозке осужденных и лиц в вагонах, находящихся под стражей, неудовлетворительные бытовые и санитарно-гигиенические условия в вагонах, несоблюдение рациональных режимов труда и отдыха, режимов питания являются довольно частой причиной возникновения у них многих профессиональных заболеваний [18, 19]. Кроме того, следует упомянуть о разъездном характере профессий работников службы исполнения наказаний при перевозке осужденных и лиц в вагонах, находящихся под стражей. В структуре их заболеваемости могут преобладать болезни органов кровообращения, органов дыхания, костно-мышечной системы, травмы и аллергические заболевания [20, 21], а также появление варикозного расширения вен, проявляющаяся на нижних конечностях, ишемической болезни сердца, которая может проявляться вместе с гипертонической болезнью, появление хронических ревматических заболеваний. Наиболее часто у проводников вагонов обнаруживают невриты и невралгии, проявление воспалительных заболеваний глаз и ушей [16, 22]

Воздушная среда внутри вагонного пространства при перевозке осужденных и лиц, находящихся под стражей подвержена деструкции материалов и присутствием в них химически активных примесей, которые составляют определенный класс опасности, т.е. это проявление химического фактора. Такие примеси могут оказывать воздействие на работников службы исполнения наказаний при перевозке осужденных и лиц в вагонах, находящихся

под стражей комбинированного характера и с проявлением аддитивного или кумулятивного эффекта. При этом в работе [23], на основании выполненных исследований сделаны следующие выводы: количество полимерсодержащих материалов, которые используются внутри вагонов, постоянно претерпевает повышение; во время использования вагонов, в которых конструктивно применены полимерсодержащие материалы, в вагонную среду при перевозке осужденных и лиц, находящихся под стражей выделяются вредные вещества, количество которых должно регламентироваться; также результаты санитарно-химических испытаний вагонной среды показали наличие химических веществ, которые превышают установленные гигиенические нормативы: по стиролу – в 200 раз; по формальдегиду – в 30 раз.

Кроме того, в работе [23] при температуре вагонной среды выше 25°С указывается на превышение концентраций бензола, ксилола и толуола, а в случае отключенной вентиляционной системы – превышение концентраций двуокиси углерода более чем в семь раз.

Поэтому разработка новых вагонов, предназначенных для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей с целью обеспечения допустимого уровня концентраций вредных и опасных веществ по химическому фактору вагонной среды является актуальной, что несет за собой научную новизну и практическую ценность исследований.

В связи с этим, авторами выполнена разработка пассажирского вагона модели 61-4495, предназначенного для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей (рис.1). Данный вагон изготовлен на Тверском вагоностроительном заводе. Для снижения действия вредных и опасных факторов, в данном вагоне установлены:

– система кондиционирования воздуха;

– система обеззараживания, находящаяся в одном блоке с кондиционером и в водяном контуре для непитьевой воды, в которой применен пакет ультрафиолетовых ламп;

– комплект экологически чистого туалета (рис.2).

Рисунок 1 – Пассажирский вагон, предназначенный для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей модели 61-4495

Все установленные системы позволяют снизить действие вредных и опасных факторов на работников службы исполнения наказаний.

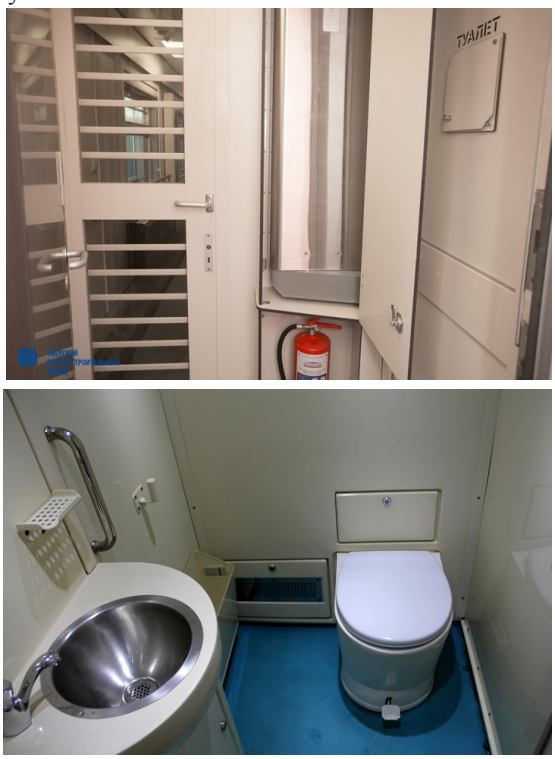


Рисунок 2 – Фото биотуалетов в пассажирском вагоне модели 61-4495,предназначенном для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей

Фотографии внутреннего пространства пассажирского вагона модели 61-4495, предназначенного для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей, приведены на рисунке 3.

Рисунок 3 – Фотографии внутреннего пространства пассажирского вагона модели 61-4495, предназначенного для перевозки осужденных и лиц,находящихся под стражей

Для состава караула в вагоне модели 61-4495 оборудована новая кухня с множеством шкафов, холодильной установкой, электроплитой, микроволновой печью, вытяжным зонтом, душевой (рис. 4).

Рисунок 4 – Фото кухни в пассажирском вагоне модели 61-4495, предназначенном для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей

Выполненные исследования разработанного пассажирского вагона показали наличие химических веществ, которые не превышают установленные гигиенические нормативы, кроме того, концентрация стирола – в 2,5 раза, а формальдегида – в 3,5 раза меньше по сравнению с нормативно-установленными значениями. Такие данные подтверждают возможность улучшения условий труда работников службы исполнения наказаний за счет совершенствования вагонов для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей.

В дальнейших работах будут приведены характеристики разработанного пассажирского вагона модели 61-4495 и результаты дальнейших исследований.

Выводы. При литературном обзоре условий труда работников службы исполнения наказаний при перевозке в вагонах осужденных и лиц, находящихся под стражей установлено следующее. При анализе условий труда работающих в РФ применяются экспертная или инструментальная методика оценки. С помощью таких методов могут быть успешно идентифицированы потенциально вредные и опасные производственные факторы; данные методы используются в процессе проведения специальной оценки условий труда, которая производится с учетом действующей нормативно-технической документации. Проведенный анализ вредных и опасных факторов внутри вагонной среды при перевозке осужденных и лиц, находящихся под стражей показал, что они могут проявляться в виде шума, действия вибрации, химического фактора, воздействия микроклиматических условий труда, присутствием недостаточной искусственной освещенности в вечернее и темное время суток, а также работники службы исполнения наказаний могут подвергаться физическим и эмоционально-психическим нагрузкам при выполнении своих служебных обязанностей, что может быть отнесено к вредным и опасным факторам. Поэтому для улучшения условий труда работников службы исполнения наказаний предложено использовать разработанный пассажирский вагон модели 61-4495, в котором предусмотрена установка кондиционирования воздуха и обеззараживания, а также комплект экологически чистого туалета. В результате использования усовершенствованного пассажирского вагона снижается действие вредных и опасных факторов на работников службы исполнения наказаний, что приводит к улучшению условий их работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Духанина И.В., Хан А.И., Золотарева О.В., Архипов И.В. Анализ условий труда и производственных факторов в аспекте влияния на здоровье работающих // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 9-1. – С. 133-136.
2. Анохин А.В., Иванов Г.С. Специальная оценка условий труда (СОУТ) как социально-экономическая основа улучшения условий труда работников: монография. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 208 с.
3. Переверзев, И.Г. Специальная оценка условий труда: методическое пособие для членов комиссий предприятий по проведению специальной оценки условий труда / И.Г. Переверзев, В.А. Финоченко, Т.А. Финоченко ; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2016. – 83 с.
4. Никитин, А.С. Санитарно-гигиеническая характеристика условий труда и состояние здоровья работников предприятия машиностроения / А.С. Никитин // Рос. мед.-биол. вестн. им. И.П. Павлова. – 2010. – № 4. – С. 78–86.
5. Синода, В.А. Комплексная гигиеническая оценка условий труда и здоровья работающих на Тверском вагоностроительном заводе / В.А. Синода // Здравоохранение Рос. Федерации. – 2012. – № 6. – С. 49–50.
6. Pejtersen, Jan & Kristensen, Tage & Borg, Vilhelm & Bjorner, Jakob. (2010). The second version of the Copenhagen Psychosocial Questionnaire (COPSOQ II). Scandinavian journal of public health. 38. 8-24. 10.1177/1403494809349858.
7. Фатхутдинова, Л.М. Мониторинг рабочего стресса как составная часть системы управления охраной труда / Л.М. Фатхутдинова, Е.А. Леонтьева // Медицина труда и пром. экология. – 2018. – № 1. – С. 28–32.
8. Громова Е.А. Психосоциальные факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний (обзор литературы) / Е.А. Громова // Сиб. мед. журн. – Иркутск. – Т. 27, № 2. – 2012. – С. 22–29.
9. Захаров С.В. Развитие подходов к управлению охраной труда на железнодорожном транспорте: на примере Восточно-Сибирской железной дороги. / диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.26.01 / Дальневост. гос. техн. ун-т. – Иркутск, 2007. – 183 с.
10. Valente, M & Menezes, Paulo & Maria, Pastor-Valero & Lopes, Claudia. (2015). Depressive symptoms and psychosocial aspects of work in bank employees. Occupational medicine

(Oxford, England). 66. 10.1093/occmed/kqv124.

11. Стратегия развития медицинской науки в Российской Федерации на период до 2025 года: утв. распоряжение Правительства Рос. Федерации от 28 дек. 2012 г. № 2580-р.

12. Официальный сайт УФСИН России по Кировской области http://43.fsin.su/news/detail.php?ELEMENT_ID=233013

13. https://www.refworld.org/cgi-bin/texis/vtx/rwmain/opendocpdf.pdf?reldoc=y&docid=59ef06314

14. Клочкова Е.А. Охрана труда на железнодорожном транспорте. – М.: Маршрут, 2004. – 412 с.

15. Самарская Н., Ильин С. (2018). Обеспечение безопасных условий труда и защита здоровья работников железнодорожного транспорта. Russian Journal of Labor Economics. 5. 1329. 10.18334/et.5.4.39519.

16. Вильк М.Ф., Юдаева О.С. и др. Анализ вредных производственных факторов на рабочем месте проводника пассажирского вагона // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 4. – С. 97-107. – doi: 10.21668/health.risk/2017.4.11.

17. Логинова В.А. Гигиеническая оценка условий труда и профессионального риска здоровью работников на объектах железнодорожного транспорта // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 2. – С. 96-101. – doi: 10.21668/health.risk/2017.2.10.

18. Молочная Е.В., Гулимова В.А. Структура профессиональных заболеваний на Дальневосточной железной дороге // Дальневосточный медицинский журнал. – 2015. – № 4. – С. 84-87.

19. Панкова В.Б. Современные проблемы профессиональной патологии на железнодорожном транспорте России. Сборник статей к 90-летию ВНИИЖТ. [Электронный ресурс]. URL: http://www.vniijg.ru/press-centr/sbornik.

20. Долгушева О.В. Гигиеническая и клиническая оценка состояния здоровья проводников на железнодорожном транспорте / автореферат дисс. к.м.н.: 14.00.05 / Перм. гос. мед. акад. им. Акад. Е.А. Вагнера. – Пермь, 2009. – 24 с.

21. Юдаева О.С. Совершенствование системы обеспечения безопасных условий труда проводников пассажирских вагонов / дисс. на соискание ученой степени д.т.н.: 05.26.01/место защиты: Моск. гос. ун-т путей сообщ. – Москва, 2015. – 343 с.

22. Пономаренко А.Н., Лисобей В.А. Факторы формирования хронических заболеваний у железнодорожников // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2010. – № 2(20). – С. 10-15.

23. Юдаева О.С. Совершенствование системы обеспечения безопасных условий труда проводников пассажирских вагонов / дисс. на соискание ученой степени д.т.н.: 05.26.01/место защиты: Моск. гос. ун-т путей сообщ. – Москва, 2015. – 343 с.

Статья поступила в редакцию 27.01.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020

УДК 331.45

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ОТБОР НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННОСТИ ТРУДОВОГО ПРОЦЕССА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

© 2020

Богданов Андрей Владимирович, доктор технических наук,
профессор кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасность жизнедеятельности»
Южно-Уральский государственный аграрный университет
(454080, Россия, г. Челябинск, проспект Ленина, 75, e-mail: bav-64@mail.ru)
Губайдуллин Наиль Мирзаханович, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и технологическое оборудование»
Башкирский государственный аграрный университет
(450001, Россия, г. Уфа, улица 50-летия Октября, 34, e-mail: ngubaidullin@yandex.ru)
Михайлов Виктор Викторович, аспирант кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасность жизнедеятельности»
Южно-Уральский государственный аграрный университет
(454080, Россия, г. Челябинск, проспект Ленина, 75, e-mail: Vick.mikhailov1994@yandex.ru)
Михайлова Сабина Валерьевна, магистр психологии,
младший научный сотрудник
Филиал ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(454015, г. Челябинск, Городок-11, 1, e-mail: Kitchenko27@mail.ru)

Аннотация. В Российской Федерации сельское хозяйство является одной из пяти отраслей, представляющих наибольшую опасность для здоровья и жизни работников. В 2018 году доля погибших на производстве в сельском и лесном хозяйстве от общего количества погибших в опасных отраслях составила около 13%. Это в полной мере относится к операторам мобильных машин, показатели травматизма которых в три раза выше, чем в целом по отрасли. В сельском хозяйстве используются мобильные машины: тракторы, зерноуборочные комбайны, грузовые автомобили и др. Для данной техники характерно наличие множества вредных и опасных производственных факторов, действующих на человека. У операторов таких машин также наблюдается повышенная напряженность трудового процесса. Снизить отрицательное влияние повышенной напряженности на условия труда в целом можно внедрением системы профессионального отбора, что является весьма актуальным. Как показал анализ протоколов по напряженности трудового процесса у операторов мобильных машин достаточно много показателей, которые не соответствуют нормативным значениям, что может привести к повышению производственно-обусловленной заболеваемости работников, включая производственный травматизм. Профессиональный отбор позволит выявить людей, которые по своим индивидуальным личностным качествам (психофизиологическим качествам) будут способны противостоять повышенным факторам напряженности трудового процесса, а значит, будут наиболее пригодны к работе операторами мобильных машин. Поэтому основой создания алгоритма для профессионального отбора операторов мобильных машин могут служить протоколы оценки условий труда по показателям напряженности трудового процесса.

Ключевые слова: профессиональный отбор, напряженность трудового процесса, психофизиологические качества, условия труда, производственный травматизм, оператор, мобильная машина, сельское хозяйство.

PROFESSIONAL SELECTION BASED ON THE ASSESSMENT OF THE INTENSITY OF THE LABOR PROCESS IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

© 2020

Bogdanov Andrey Vladimirovich, doctor of technical sciences,
professor at the department of «Technical service of machinery , equipment and life safety»
South Ural State Agrarian University
(454080, Russia, Chelyabinsk, Lenina Avenue, 75, e-mail: bav-64@mail.ru)
Gubaidullin Nail Mirzahanovich, doctor of agricultural sciences,
professor at the department of «Life safety and technological equipment»
Bashkir state agrarian University
(450001, Russia, Ufa, street 50-letia Oktyabrya, 34, e-mail: ngubaidullin@yandex.ru)
Mikhailov Victor Victorovich,
postgraduate at the department of «Technical service of machinery , equipment and life safety»
South Ural State Agrarian University
(454080, Russia, Chelyabinsk, Lenina Avenue, 75, e-mail: Vick.mikhailov1994@yandex.ru)
Mikhailova Sabina Valeryevna, master of psychology,junior research associate
A branch of Military Training Scientific Center of Military Air Forces «Military Air Academy»
(454015, Russia, Chelyabinsk, Town-11, 1, e-mail: Kitchenko27@mail.ru)

Abstract. In the Russian Federation, agriculture is one of the five sectors that pose the greatest danger to the health and life of workers. In 2018, the share of deaths at work in agriculture and forestry from the total number of deaths in hazardous industries amounted to about 13%. This fully applies to mobile machine operators, whose injury rates are three times higher than in the industry as a whole. In agriculture, mobile machines are used: tractors, combine harvesters, trucks, etc. This technique is characterized by the presence of many harmful and dangerous production factors acting on a person. The operators of such machines also have an increased of the intensity of the labor process. It is possible to reduce the negative impact of increased tension on working conditions in general by introducing a professional selection system, which is very relevant. As the analysis of protocols on the intensity of the labor process has shown, mobile machine operators have a lot of indicators that do not meet the standard values, which can lead to an increase in the production- related morbidity of employees, including occupational traumatism. Professional selection will help identify people who, by their individual personal qualities (psychophysiological qualities), will be able to withstand increased factors of work process tension, which means they will be most suitable for work by mobile machine operators. Therefore, the basis for creating an algorithm for the professional selection of mobile machine operators can be protocols for assessing working conditions by indicators of the intensity of the labor process.

Keywords: professional selection, the intensity of the labor process, psychophysiological qualities, working conditions, occupational traumatism, operator, mobile machine, agriculture.

Введение. По данным федеральной службы по труду и занятости Российской Федерации сельское хозяйство является одной из пяти отраслей, представляющих наибольшую опасность для здоровья и жизни работников. Как показывает статистика в 2018 году доля погибших на производстве в сельском и лесном хозяйстве от общего количества погибших в опасных отраслях составила около 13% [1]. Это в полной мере относится к работающим операторами мобильных машин [2, 3]. Необходимо отметить, что среди этой категории работающих, показатели травматизма в три раза выше, чем в целом по отрасли [4].

Выполнение различных сельскохозяйственных работ сопряжено с использованием мобильной техники: тракторы, зерноуборочные комбайны, грузовые автомобили и др. Для них характерно наличие множества вредных и опасных производственных факторов, действующих на человека во время работы. Как показывает оценка условий труда [5, 6, 7], наряду с неблагоприятными показателями микроклимата на рабочем месте, повышенными вибрацией, шумом, недостаточной освещенностью и т.д. у операторов таких машин также наблюдается повышенная напряженность трудового процесса [8]. Снизить отрицательное влияние повышенной напряженности на человека в целом можно подбором кадров, соответствующих выполняемой работе [9-16]. Следует рассматривать психофизиологические особенности операторов как составную часть мастерства при выполнении трудовых обязанностей и обеспечении безаварийной работы, а также при внедрении на предприятиях системы профессионального отбора [17]. Поэтому проблема проведения профессионального отбора операторов мобильных машин в агропромышленном комплексе весьма актуальна.

Материалы и результаты исследования. В период с 2008 года по 2010 год аккредитованной лабораторией кафедры «Безопасность жизнедеятельности» (сейчас кафедра «Технический сервис машин, оборудования и безопасность жизнедеятельности» Южно-Уральского государственного аграрного университета) проводилась аттестация рабочих мест по условиям труда, в том числе операторов мобильных машин.

При проведении аттестации рабочих мест оценка условий труда проводилась в соответствии с Руководством Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» [18]. Также исследовалась напряженность трудового процесса. В качестве примера в таблицах 1-3 приведены фрагменты протоколов по напряженности труда для машиниста бульдозера, водителя грузового автомобиля и тракториста.

Как видно из протоколов по напряженности труда (табл. 1-3), некоторые показатели трудового процесса соответствуют вредным условиям труда (класс условий труда 3.1 и 3.2). Так, показатель «распределение функций» соответствует классу условий труда 3.1 у машиниста бульдозера и водителя грузового автомобиля. Также у водителя грузового автомобиля из сенсорных нагрузок классу 3.1 соответствуют показатели «длительность сосредоточенного наблюдения» и «плотность сигналов и сообщений». Монотонность нагрузок по показателю «число элементов для реализации простого задания» не соответствует допустимым значениям у операторов бульдозера и тракториста. Режим работы по показателю «продолжительность рабочего дня» не соответствует нормам только у машиниста бульдозера. Что касается эмоциональных нагрузок, то отдельные показатели соответствуют вредным условиям труда второй степени. У всех операторов мобильных машин (машинист бульдозера, водитель грузового автомобиля, тракторист) показатели «степень риска для собственной жизни» и «степень ответственности за безопасность других» соответствуют классу 3.2. Кроме того, у водителя грузового автомобиля классу 3.2 соответствует показатель «степень ответственности, значимость ошибки» и классу 3.1 – показатель «количество конфликтных ситуаций, обусловленных профессиональной деятельностью, за смену».

Как видно из таблиц 1-3, у операторов мобиль-

ных машин достаточно много показателей, которые не соответствуют нормативным значениям по напряженности труда. Это несоответствие может привести к повышению производственно-обусловленной заболеваемости работников, включая производственный травматизм. Также влияние неблагоприятных факторов с течением времени может привести к профессиональной непригодности.

Таблица 1 – Фрагмент протокола оценки условий труда машиниста бульдозера по показателям напряженности трудового процесса

Показатели	Класс условий труда				
	1	2	3.1	3.2	3.3
1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ					
1.1. Содержание работы		+			
1.2. Восприятие сигналов (информации и их оценка)		+			
1.3. Распределение функций			+		
1.4. Характер выполняемой работы		+			
2. СЕНСОРНЫЕ НАГРУЗКИ					
2.1. Длительность сосредоточенного наблюдения		+			
2.2. Плотность сигналов и сообщений	+				
2.3. Число объектов одновременного наблюдения		+			
2.4. Размер объекта различения	+				
2.5. Работа с оптическими приборами	+				
2.6. Наблюдение за экранами видеотерминалов	+				
2.7. Нагрузка на слуховой анализатор	+				
2.8. Нагрузка на голосовой аппарат	+				
3. ЭМОЦИОНАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ					
3.1. Степень ответственности, значимость ошибки	+				
3.2. Степень риска для собственной жизни				+	
3.3. Степень ответственности за безопасность других				+	
3.4. Количество конфликтных ситуаций, обусловленных профессиональной деятельностью, за смену		+			
4. МОНОТОННОСТЬ НАГРУЗОК					
4.1. Число элементов для реализации простого задания			+		
4.2. Продолжительность выполнения заданий		+			
4.3. Время активных действий	+				
4.4. Монотонность производственной обстановки	+				
5. РЕЖИМ РАБОТЫ					
5.1. Продолжительность рабочего дня			+		
5.2. Сменность работы	+				
5.3. Наличие регламентированных перерывов	+				
КОЛИЧЕСТВО ПОКАЗАТЕЛЕЙ В КАЖДОМ КЛАССЕ	11	7	3	2	
ОБЩАЯ ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОСТИ ТРУДА		+			

Таблица 2 – Фрагмент протокола оценки условий труда водителя грузового автомобиля по показателям напряженности трудового процесса

Показатели	Класс условий труда				
	1	2	3.1	3.2	3.3
1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ					
1.1. Содержание работы		+			
1.2. Восприятие сигналов (информации и их оценка)		+			
1.3. Распределение функций			+		
1.4. Характер выполняемой работы		+			
2. СЕНСОРНЫЕ НАГРУЗКИ					
2.1. Длительность сосредоточенного наблюдения			+		
2.2. Плотность сигналов и сообщений			+		
2.3. Число объектов одновременного наблюдения		+			
2.4. Размер объекта различения	+				
2.5. Работа с оптическими приборами	+				
2.6. Наблюдение за экранами видеотерминалов	+				
2.7. Нагрузка на слуховой анализатор	+				
2.8. Нагрузка на голосовой аппарат	+				
3. ЭМОЦИОНАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ					
3.1. Степень ответственности, значимость ошибки				+	
3.2. Степень риска для собственной жизни				+	
3.3. Степень ответственности за безопасность других				+	
3.4. Количество конфликтных ситуаций, обусловленных профессиональной деятельностью, за смену			+		
4. МОНОТОННОСТЬ НАГРУЗОК					
4.1. Число элементов для реализации простого задания		+			
4.2. Продолжительность выполнения заданий	+				
4.3. Время активных действий	+				
4.4. Монотонность производственной обстановки	+				
5. РЕЖИМ РАБОТЫ					
5.1. Продолжительность рабочего дня		+			
5.2. Сменность работы	+				
5.3. Наличие регламентированных перерывов	+				
КОЛИЧЕСТВО ПОКАЗАТЕЛЕЙ В КАЖДОМ КЛАССЕ	10	6	4	3	
ОБЩАЯ ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОСТИ ТРУДА			+		

Таблица 3 – Фрагмент протокола оценки условий труда тракториста по показателям напряженности трудового процесса

Показатели	Класс условий труда				
	1	2	3.1	3.2	3.3
1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ					
1.1. Содержание работы		+			
1.2. Восприятие сигналов (информации и их оценка)		+			
1.3. Распределение функций		+			
1.4. Характер выполняемой работы		+			
2. СЕНСОРНЫЕ НАГРУЗКИ					
2.1. Длительность сосредоточенного наблюдения		+			
2.2. Плотность сигналов и сообщений	+				
2.3. Число объектов одновременного наблюдения		+			
2.4. Размер объекта различения	+				
2.5. Работа с оптическими приборами	+				
2.6. Наблюдение за экранами видеотерминалов	+				
2.7. Нагрузка на слуховой анализатор		+			
2.8. Нагрузка на голосовой аппарат	+				
3. ЭМОЦИОНАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ					
3.1. Степень ответственности, значимость ошибки		+			
3.2. Степень риска для собственной жизни				+	
3.3. Степень ответственности за безопасность других				+	
3.4. Количество конфликтных ситуаций, обусловленных профессиональной деятельностью, за смену		+			
4. МОНОТОННОСТЬ НАГРУЗОК					
4.1. Число элементов для реализации простого задания			+		
4.2. Продолжительность выполнения заданий		+			
4.3. Время активных действий	+				
4.4. Монотонность производственной обстановки	+				
5. РЕЖИМ РАБОТЫ					
5.1. Продолжительность рабочего дня		+			
5.2. Сменность работы	+				
5.3. Наличие регламентированных перерывов	+				
КОЛИЧЕСТВО ПОКАЗАТЕЛЕЙ В КАЖДОМ КЛАССЕ	9	11	1	2	
ОБЩАЯ ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОСТИ ТРУДА		+			

Учитывая, что безопасность производственного процесса, в том числе, зависит от психофизиологических факторов, то снижение их воздействия на организм работника приведет к улучшению условий труда в целом. Но снизить отрицательное воздействие психофизиологических факторов на человека в реальных условиях производства не всегда представляется возможным. Поэтому одним из путей повышения безопасности работника является профессиональный отбор. Это позволит выявить кандидатов способных противостоять повышенным факторам напряженности трудового процесса, по индивидуальным личностным качествам (психофизиологическим качествам), а значит наиболее пригодных к работе операторами мобильных машин.

Выводы исследования. Основой создания алгоритма для профессионального отбора операторов мобильных машин в сельскохозяйственном производстве могут служить протоколы оценки условий труда по показателям напряженности трудового процесса. В протоколах имеется информация, анализ которой позволит выделить необходимые для эффективной и безопасной работы личностные психофизиологические качества человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Отчёт о деятельности Федеральной службы по труду и занятости за 2018 год // Федеральная служба по труду и занятости, 2019. – URL: https://www.rostrud.ru/upload/Doc/Doc-rostrud/otch%202018.pdf (дата обращения: 25.12.2019).

2. Богданов А.В. Повышение безопасности и совершенствование оценки условий труда операторов мобильных колесных машин в агропромышленном производстве: автореферат дис. … доктора технических наук: 05.26.01. – г. Санкт-Петербург, 2010. – 38 с.

3. Горшков Ю.Г., Богданов А.В., Дмитриев М.С., Попова С.Ю. Определение уровня безопасности операторов мобильных средств сельскохозяйственного назначения // Безопасность жизнедеятельности, 2006. – № 5. – С. 2-6.

4. Богданов А.В., Попова С.Ю. Оценка результатов внедрения мероприятий по улучшению условий труда на основе класса безопасности операторов мобильных колесных машин // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии, 2010. – Т. 57. – С. 14-18.

5. Богданов А.В. Определение состояния условий труда на основе методики интегральной оценки //

Вестник Челябинского агроинженерного университета, 2008. – Т. 52. – С. 21-23.

6. Богданов А.В. Улучшение условий и охраны труда на основе использования оценочных показателей уровня безопасности работников // Безопасность жизнедеятельности, 2007. – № 12. – С. 2-3.

7. Дмитриев М.С., Богданов А.В. Обоснование показателя риска системы "оператор – машина – среда" при выполнении транспортно-технологических процессов в сельскохозяйственном производстве // Материалы L международной научно-технической конференции «Достижения науки - агропромышленному производству» / под редакцией Н.С. Сергеева, 2011. – С. 79-84.

8. Горшков Ю.Г., Старунова И.Н., Богданов А.В., Попова С.Ю., Дмитриев М.С. Пути повышения уровня безопасности операторов мобильных машин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2007. – № 4 (16). – С. 77-79.

9. Туча Н.А. Повышение безопасности труда работников горнодобывающих отраслей на основе профотбора и текущего контроля психофизиологического потенциала организма: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.26.01. – г. Санкт-Петербург, 2005. – 22 с.

10. Егоров В.В., Яшин К.Д., Ел-Грейд М. Профессионально важные качества, способствующие безопасности работы операторов // Безопасность в техносфере, 2013. – Т. 2. – № 2. – С. 27-33.

11. Мамырбаев А.А. Особенности психофизиологии трудовой деятельности // Основы медицины труда: учебное пособие. – г. Актобе: Изд-во ЗКГМУ, 2010. – С. 224-232.

12. Вишняков Я.Д. Формы и условия трудовой деятельности человека // Безопасность жизнедеятельности. Теория и практика. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – С. 152-153.

13. Девисилов В.А. Психофизиологические основы безопасности труда // Охрана труда: учебник. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2013. – С. 325-355.

14. Шкрабак В.С. Обеспечение охраны труда в АПК профессиональной ориентацией и профессиональным отбором кадров / Шкрабак В.С., Шкрабак. 15. В.В., Николаенко А.В., Григорьева М.В., Шкрабак Р.В., Сорокин К.Ю., Овчинникова Е.И. – СПб.: Изд-во СПбГАУ, 2005. – 340 с.

15. Петухов И.В. Исследование профпригодности операторов человеко-машинных систем // Управление персоналом, 2009. – № 4. – С. 51-53.

16. Петухов И.В., Стешина Л.А., Петухов А.В. Психофизиологические методы при решении задач профотбора и управления персоналом // Территория науки, 2007. – № 1. – С. 32-36.

17. Кравченко Л.А., Чундышко А.Ю. Повышение уровня надежности работы водителей с учетом психофизиологических функций // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности, 2013. – № 1. – С. 78-85.

18. Гигиена труда // Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200040973 (дата обращения: 15.12.2019).

Статья поступила в редакцию 22.02.2020
Статья принята к публикации 20.03.2020