18+

vek21.penzgtu.ru

ISSN 2221-951X

XXI век: ИТОГИ ПРОШЛОГО И ПРОБЛЕМЫ НАСТОЯЩЕГО плюс

2019

№ 3 (47) Т. 8

технические науки

XXI век: ИТОГИ ПРОШЛОГО И ПРОБЛЕМЫ НАСТОЯЩЕГО плюс

№ 3 (47) Т. 8 2019

Основан в 2011 г.

18+

XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего *плюс*

Том 8
№ 3 (47)
2019

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
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
Алексеев Геннадий Валентинович, доктор технических наук, профессор
Алехина Марина Анатольевна, доктор физико-математических наук, профессор
Андреев Юрий Александрович, доктор технических наук
Антипов Сергей Тихонович, доктор технических наук, профессор
Базарнова Юлия Генриховна, доктор технических наук, профессор
Богданов Андрей Владимирович, доктор технических наук, доцент
Бурахта Вера Алексеевна, доктор химических наук, профессор
Васенев Иван Иванович, доктор биологических наук, профессор
Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор
Голуб Ольга Валентиновна, доктор технических наук, профессор
Громов Юрий Юрьевич, доктор технических наук, профессор
Давыденко Наталия Ивановна, доктор технических наук, доцент
Зинкин Сергей Александрович, доктор технических наук, доцент
Квятковская Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор
Косников Юрий Николаевич, доктор технических наук, профессор
Кручинина Наталия Евгеньевна, доктор технических наук, профессор
Мамедова Тарана Аслан кызы, доктор технических наук, доцент
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, доцент
Рыжаков Виктор Васильевич, доктор технических наук, профессор
Стороженко Павел Аркадьевич, член-корреспондент Российской академии наук, доктор химических наук, профессор
Таранцева Клара Рустемовна, доктор технических наук, профессор
Тихомирова Елена Ивановна, доктор биологических наук, профессор
Фатыхов Юрий Адгамович, доктор технических наук, профессор
Шалагин Сергей Викторович, доктор технических наук, доцент
Ципенко Антон Владимирович, доктор технических наук
Школьникова Марина Николаевна, доктор технических наук, доцент

Ответственный секретарь
Жарова Олеся Сергеевна, кандидат философских 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:
О.С. Жарова

Технический редактор:
О.С. Жарова

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

Подписано в печать 26.09.2019.
Выход в свет 04.10.2019.
Формат 60X84 1/8
Печать ризография.
Усл. печ. л. 26,79.
Тираж 100 экз. Заказ № 1.

© ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет, 2019

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, 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 биотехнологии и пищевых технологий
(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт- Петербург, Россия)
Чулков Валерий Александрович, доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Биомедицинская инженерия»
(Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия)

Редакционная коллегия:
Акинин Николай Иванович, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Техносферная безопасность»
(Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия)
Алексеев Геннадий Валентинович, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Процессы и аппараты пищевых производств»
(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, информатики и оптики, г. Санкт- Петербург, Россия)
Алехина Марина Анатольевна, доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Математика и физика»
(Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия)
Андреев Юрий Александрович, доктор технических наук,
профессор кафедры «Пожарная безопасность» *(Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия)*
Антипов Сергей Тихонович, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Машины и аппараты пищевых производств»
(Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж, Россия)
Базарнова Юлия Генриховна, доктор технических наук, профессор,
директор Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий
(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт- Петербург, Россия)
Богданов Андрей Владимирович, доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Переработка сельскохозяйственной продукции и безопасность жизнедеятельности»
(Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск, Россия)
Бурахта Вера Алексеевна, доктор химических наук, профессор, проректор по научной работе
(Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, г.Уральск, Республика Казахстан)
Васенев Иван Иванович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экология»
(РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия)
Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Химическая технология и промышленная экология»
(Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия)
Голуб Ольга Валентиновна, доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры товароведения и экспертизы товаров
(Сибирский университет потребительской кооперации, г. Новосибирск, Россия)
Громов Юрий Юрьевич, доктор технических наук, профессор,
декан факультета «Информационные технологии»
(Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия)
Давыденко Наталия Ивановна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технология и организация общественного питания», начальник отдела подготовки научных кадров
(Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия)

Зинкин Сергей Александрович, доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Вычислительная техника»
(Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия)
Квятковская Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор,
директор института информационных технологий и коммуникаций
(Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия)
Косников Юрий Николаевич, доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Информационно-вычислительные системы»
(Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия)
Кручинина Наталия Евгеньевна, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Промышленная экология»
(Российский государственный химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия)
Мамедова Тарана Аслан кызы, доктор технических наук, профессор, заместитель директора
(Институт Нефтехимических процессов НАН Азербайджана, г. Баку, Азербайджан)
Маскевич Сергей Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, директор
(Международный государственный экологический институт им.А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета, г.Минск, Республика Беларусь)
Махмудова Любовь Ширваниевна, доктор технических наук, профессор, директор
(Институт нефти и газа, Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, г.Грозный, Чеченская Республика)
Михеев Михаил Юрьевич, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Информационные технологии и системы»
(Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия)
Первухина Елена Львовна, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой информационных систем
(Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия)
Петрова Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Системы автоматизированного проектирования»
(Астраханский инженерно-строительный институт, г. Астрахань, Россия)
Прохоров Сергей Антонович, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Информационные системы и технологии»
(Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П. Королева, г. Самара, Россия)
Рыбаков Анатолий Валерьевич, доктор технических наук, доцент
(Академия гражданской защиты МЧС России, г. Москва, Россия)
Рыжаков Виктор Васильевич, доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Техническое управление качеством»
(Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия)
Стороженко Павел Аркадьевич, член-корреспондент Российской академии наук, доктор химических наук, профессор, 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, заведующий кафедрой «Физика»
(Московский авиационный институт, г. Москва, Россия)
Школьникова Марина Николаевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры биотехнологии
(Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Бийск, Россия)

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ АНАЛИЗА ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ
Костин Алексей Владимирович.....12

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИОРИТЕТОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММ КОМБИНАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ЯЗЫКЕ LADDER DIAGRAM
Шкромадо Антон Алексеевич, Шестов Руслан Владимирович, Шумилов Егор Алексеевич.....17

МНОГОПОТОЧНОСТЬ КАК ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА БЫСТРОДЕЙСТВИЕ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОПЕРАЦИЙ СОРТИРОВКИ ДАННЫХ
Пащенко Дмитрий Владимирович, Мартышкин Алексей Иванович, Перекусихина Альбина Николаевна.....23

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПРИХОДОВ КЛИЕНТСКИХ ПЛАТЕЖЕЙ В БАНК
Зайцев Дмитрий Викторович, Шамаева Ольга Юрьевна, Шведов Николай Александрович.....30

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КОСМИЧЕСКОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ВИДОВОЙ РАЗВЕДКИ ИНОСТРАННЫХ ГОСУДАРСТВ
Гусева Александра Олеговна.....36

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ АППАРАТНЫЙ МОДУЛЬ АССОЦИАТИВНОГО СОПРОЦЕССОРА НА БАЗЕ ПЛИС ДЛЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ИЗМЕНЯЕМОЙ СТРУКТУРОЙ
Мартышкин Алексей Иванович, Перекусихина Альбина Николаевна.....42

ОБЗОР ВИРУСОВ-ШИФРОВАЛЬЩИКОВ
Слесарев Юрий Николаевич, Терешин Никита Игоревич.....51

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗЦОВ ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
Коваль Станислав Иванович.....55

КОНЦЕПЦИЯ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ВЕРОЯТНОСТНОГО АВТОМАТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МНОГОСТОРОННЕГО ТЕСТИРОВАНИЯ
Смирнов Дмитрий Сергеевич.....61

РЕАЛИЗАЦИЯ ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ МЕЖДУ ПРОЦЕССАМИ В МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЕ
Мартышкин Алексей Иванович, Воронцов Александр Анатольевич.....65

НЕДОСТАТКИ ИЗВЕСТНЫХ АНТИВИРУСОВ, СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ ВИРУСОВ ШИФРОВАЛЬЩИКОВ
Слесарев Юрий Николаевич, Терешин Никита Игоревич.....72

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СУЩНОСТЕЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ
Мальшаков Григорий Викторович.....80

ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ СИСТЕМ
Мартенс-Атюшев Дмитрий Сергеевич.....84

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОСТИЖЕНИЯ НЕЖЕЛАЕМОЙ ЦЕЛИ ПРИ КОНФЛИКТЕ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ
Бабич Михаил Юрьевич, Бабич Андрей Михайлович.....89

ОБЗОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРОВ
Бондарев Андрей Владимирович.....96

ВЕРИФИКАТОР ОБЪЕДИНЕНИЯ EXPRESS–МОДЕЛЕЙ
Мальшаков Григорий Викторович.....101

ВАРИАЦИОННЫЙ МЕТОД ТРЕХМЕРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ
Беляков Павел Викторович, Никифоров Михаил Борисович, Новиков Анатолий Иванович.....107

ТЕМПОРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ АВТОМАТОВ
Трокоз Дмитрий Анатольевич, Исхаков Никита Валерьевич, Синев Михаил Петрович, Митрохин Максим Александрович, Сивишкина Наталья Олеговна.....113

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СЫРЬЯ БЕРЕЗОВОГО ГРИБА *INONOTUS OBLIGUUS* НА ВЫХОД ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ, ОБЛАДАЮЩИХ АНТИОКСИДАНТНОЙАКТИВНОСТЬЮ
Ли Наталья Гаврошевна, Каленик Татьяна Кузьминична.....118

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБА В ОГРАНИЧЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ КАМБУЗА НАДВОДНОГО КОРАБЛЯ
Безгин Михаил Вячеславович.....123

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МЯСА КОСУЛИ, ОБРАБОТАННОГО ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ
Тимакова Роза Темерьяновна, Тихонов Сергей Леонидович.....128

КОМПЛЕКСНЫЙ АКТИВАТОР БРОЖЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ПИВА
Гернет Марина Васильевна, Борисенко Ольга Алексеевна, Грибкова Ирина Николаевна.....134

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРЕСЕРВОВ ИЗ СЕЛЬДЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОЗАЩИТНЫХ КУЛЬТУР
Базарнова Юлия Генриховна, Озерова Ольга Александровна, Кораблёва Наталья Сергеевна.....139

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МУКИ ИЗ ЗЕРНА ПАЙЗЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ
Садыгова Мадина Карипулловна, Башинская Оксана Сергеевна, Филонова Надежда Николаевна, Яценко Светлана Викторовна, Трофимов Кирилл Андреевич.....146

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ВОДНЫХ СУСПЕНЗИЙ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ
Панкина Илона Анатольевна, Черникова Дарья Алексеевна.....152

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНТИОКСИДАНТНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОНЦЕНТРАТА ЧАЙНОГО НАПИТКА
Пастушкова Екатерина Владимировна, Чугунова Ольга Викторовна.....158

О СВЕРХСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКЕ НЕОДНОРОДНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ
Авроров Валерий Александрович, Авроров Глеб Валерьевич, Сарафанкина Елена Александровна.....165

ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ДРОЖЖЕЙ ПРИ СБРАЖИВАНИИ ПИВНОГО СУСЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ЗЕРНА
Гарькина Полина Константиновна, Блинохватов Антон Александрович, Шабурова Галина Васильевна.....171

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЗНАЧЕНИЙ ТЕМПЕРАТУР В СЛОЕ ОТПРЕССОВАННОГО СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА ПРИ ЕГО СУШКЕ
Мурашкина Оксана Александровна, Фатыхов Юрий Адгамович, Авроров Глеб Валерьевич.....177

БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАБОТНИКОВ НА ПРИМЕРЕ ОАО «ДСК» РС(Я) В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ
Заровняев Александр Петрович.....181

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ АДДИТИВНОЙ ДОЗОВОЙ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ОДНОРОДНОМ ТЕЛЕ ЧЕЛОВЕКА
Закирова Альфия Резавановна.....187

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ УРОВНЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ТЕХНОСФЕРНОЙ И ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
Романенко Александр Иванович, Макаренко Алексей Игоревич, Серёгин Максим Вадимович, Максутов Набиулла Равильевич.....191

АНАЛИЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ВЛИЯНИЯ РИСКА ЗАБОЛЕВАНИЙ У РАБОТНИКОВ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ ПАССАЖИРСКИЙ ПОЕЗД
Королева Анна Михайловна, Пономарев Валентин Михайлович, Сачкова Оксана Сергеевна, Нарусова Елена Юрьевна, Глинчиков Дмитрий Юрьевич.....195

МЕХАНИЗМЫ РОЛЕТНОГО ТИПА КАК ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОТ ПАДЕНИЯ ПАССАЖИРОВ С ПЛАТФОРМ МЕТРОПОЛИТЕНА И ЖД ТРАНСПОРТА
Седов Анатолий Владимирович, Фомина Надежда Борисовна.....199

ОЦЕНКА И МИНИМИЗАЦИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Донцов Сергей Александрович.....205

АНАЛИЗ БИОЛОГО-СОЦИАЛЬНЫХ АСПЕКТОВ СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИЙ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ПОСЛЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД
Левкина Галина Валерьевна, Иванченкова Оксана Андреевна.....211

ВОЗМОЖНОСТИ РЕАКТИВНЫХ ГЛУШИТЕЛЕЙ С ИЗОГНУТЫМИ ПЕРЕГОРОДКАМИ В ВЫТЯЖНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМАХ
Плицына Ольга Витальевна, Рогова Татьяна Николаевна.....217

ПАСПОРТИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ЖИЛИЩНОГО ФОНДА, КАК СРЕДСТВО ОБОСНОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
Рыбаков Анатолий Валерьевич, Иванов Евгений Вячеславович, Кочелаев Алексей Анатольевич, Глотов Евгений Николаевич.....221

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА
Легкий Николай Михайлович.....226

СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ОТ ПРОНИКНОВЕНИЯ ПАССАЖИРОВ НА ОБЪЕКТЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА И МЕТРОПОЛИТЕНА
Седов Анатолий Владимирович, Фомина Надежда Борисовна.....230

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК
Алекина Елена Викторовна, Алекин Дмитрий Юрьевич, Яговкин Герман Николаевич.....236

ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТАЮЩИХ
Заровняев Александр Петрович.....241

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ШУМА В КАБИНЕ ПИЛОТОВ ВОЗДУШНОГО СУДНА НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ПОЛЕТА
Шуреков Владимир Васильевич, Самохина Светлана Сергеевна, Ясько Анатолий Андреевич.....247

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧИМОСТИ ОБЪЕКТОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ОХРАНЫ И ОБОРОНЫ ОБЪЕКТОВ НА ВОЕННО-АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ
Сурмачев Дмитрий Валентинович.....253

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ РИСКОВ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО И ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В ООО «АНТЕЙ»
Янчар Эдуард Владимирович.....258

ИНДИКАТОРНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ДЕЗИНФЕКЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБЪЕКТОВ ВЕЩЕСТВАМИ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ХАРАКТЕРА
Пашинин Валерий Алексеевич, Зубрев Николай Иванович, Панфилова Марина Ивановна, Ефремова Сания Юнусовна, Леонова Данута Амброжьевна.....267

ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ТРУДА НА РУДНИКЕ «ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНЫЙ»
Чемезов Егор Николаевич, Федоров Константин Константинович.....273

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАНОДОБАВОК ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ИНЪЕКЦИОННЫХ КОМПОЗИТНЫХ СМЕСЯХ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
Панфилова Марина Ивановна, Зубрев Николай Иванович, Леонова Данута Амброжьевна, Коростелева Анна Владимировна, Устинова Марина Владимировна.....278

CONTENT

INFORMATION SCIENCE, COMPUTING DEVICES AND CONTROLING

DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM FOR TRANSPORTATION ACCESSIBILITY ANALYSIS
Kostin Aleksey Vladimirovich.....12

IMPLEMENTATION OF PRIORITIES IN DEVELOPMENT OF COMBINATIONAL CONTROL PROGRAMS IN THE LADDER DIAGRAM LANGUAGE
Shkromado Anton Alekseevich, Shestov Ruslan Vladimirovich, Shumilov Egor Alekseevich.....17

MULTITHREADING AS A FACTOR INFLUENCING THE PERFORMANCE AND PERFORMANCE OF PARALLEL COMPUTING SYSTEM IN THE PERFORMANCE OF DATA SORTING OPERATIONS
Pashchenko Dmitry Vladimirovich, Martyshkin Alexey Ivanovich.....23

THE DEFINITION OF THE THEORETICAL DISTRIBUTION FOR THE PROBABILITIES OF CLIENTS' PAYMENTS COMING TO THE BANK
Zaitsev Dmitry Victorovich, Shamaeva Olga Yuryevna, Shvedov Nickolai Alexandrovich.....30

ANALYSIS OF TECHNICAL MEANS SPACE RADAR IMAGERY INTELLIGENCE FOREIGN STATES
Guseva Aleksandra Olegovna.....36

SPECIALIZED HARDWARE MODULE OF THE ASSOCIATIVE COPROCESSOR ON FPGA FOR COMPUTING SYSTEMS WITH VARIABLE STRUCTURE
Martyshkin Alexey Ivanovich, Perekusihina Albina Nikolaevna.....42

ENCRYPTION VIRUS REVIEW
Slesarev Yuri Nikolayevich, Tereshin Nikita Igorevich.....51

CHARACTERISTICS OF NEURAL NETWORKS FOR RECOGNITION OF SAMPLES OF GTE ELEMENTS
Koval Stanislav Ivanovich.....55

CONCEPT OF OBJECT-ORIENTED IMPLEMENTATION OF A PROBABILITY AUTOMATIC MACHINE FOR CARRYING OUT MULTILATERAL TESTING
Smirnov Dmitry Sergeevich.....61

THE IMPLEMENTATION OF MESSAGE PASSING BETWEEN PROCESSES IN A MULTIPROCESSOR SYSTEM
Martyshkin Alexey Ivanovich, Vorontsov Aleksandr Anatolievich.....65

DISADVANTAGES OF KNOWN ANTI-VIRUSES, METHODS OF PROTECTION FROM ENCRYPTING VIRUSES
Slesarev Yuri Nikolayevich, Nikita Tereshin Igorevich.....72

IDENTIFICATION OF DOMAIN ENTITIES BASED ON FREQUENCY DATA ANALYSIS
Malshakov Grigory Viktorovich.....80

EVALUATION AND ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF MATHEMATICAL MODELS OF SPECIALIZED RECONFIGURABLE COMPUTING SYSTEMS
Martens-Atyushev Dmitry Sergeevich.....84

IMITATING MODELING OF UNDESIRABLE GOAL ACHIEVEMENT UNDER CONFLICT OF COMPLEX ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SYSTEMS
Babich Mihail, Babich Andrey.....89

REVIEW OF THE ELEMENT BASE OF QUANTUM COMPUTERS
Bondarev Andrey Vladimirovich.....96

VERIFICATOR OF UNION EXPRESS-MODELS
Malshakov Grigory Viktorovich.....101

VARIATIONAL METHOD FOR THE IMAGE BASED 3D RECONSTRUCTION
Belyakov Pavel Viktorovich, Nikiforov Mikhael Borisovich,
Novikov Anatoliy Ivanovich.....107

TEMPORAL ANALYSIS OF CYBER-PHYSICAL SYSTEMS USING THE AUTOMATA THEORY
Trokoz Dmitrii Anatolevich, Iskhakov Nikita Valerevich, Sinev Mihail Petrovich,
Mitrokhin Maxim Alexandrovich, Sivishkina Natalya Olegovna.....113

FOOD TECHNOLOGY

EFFECT OF THE DEGREE OF CRUSHING THE RAW MATERIAL OF THE CHAGA MUSHROOM INONOTUS OBLIGUUS ON THE OUTPUT OF EXTRACTIVE SUBSTANCES POSSESSING ANTIOXIDANT ACTIVITY
Li Natalia Gavroshevna, Kalenik Tatiana Kuzminichna.....118

ECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF THE INTENSIFICATION OF BREAD PRODUCTION IN A LIMITED SPACE OF A GARBAGE OF A SURFACE SHIP
Bezgin Mikhail Vyacheslavovich.....123

A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF DEER MEAT TREATED BY IONIZING RADIATION
Timakova RozaTemer'janovna, Tikhonov Sergey Leonidovich.....128

MULTIPURPOSE FERMENTATION ACTIVATOR IN BEER TECHNOLOGY
Gernet Marina Vasil'evna, Borisenko Olga Alekseevna, Gribkova Irina Nikolaevna.....134

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF PRESERVES FROM HERRING USING BIOPROTECTIVE CULTURES
Bazarnova Julia Genrikhovna, Ozerova Olga Aleksndrovna, Korablyova Natalya Sergeevna.....139

PROSPECTS FOR THE USE OF FLOUR FROM GRAIN PAISY IN TECHNOLOGY FOODSTUFF
Sadygova Madina Karipullova, Bashinskay Oksana Sergeevna, Filonova Nadezhda Nikolaevna,
Yatsenko Svetlana Victorovna, Trofimov Kirill Andreevich.....146

STUDY OF THE INFLUENCE OF ULTRASONIC TREATMENT OF WATER SUSPENSIONS ON THE PHYSIOLOGICAL ACTIVITY OF BAKERY YEAST
Pankina Ilona Anatolevna, Chernikova Daria Alekseevna.....152

SCIENTIFIC JUSTIFICATION FOR THE USE OF ANTIOXIDANT COMPLEXES IN THE PRODUCTION OF TEA BEVERAGE CONCENTRATE
Pastushkova Ekaterina Vladimirovna, Chugunova Olga Viktorovna.....158

ABOUT ULTRA-FAST PROCESSING OF HETEROGENEOUS DISPERSE SYSTEMS
Avrorov Valeri Alexandrovich, Avrorov Gleb Valerievich, Sarafankina Elena Alexandrovna.....165

LIFE ACTIVITY OF YEARS AT DRAINAGE OF BEER WASTE WITH THE USE OF EXTRUDED GRAIN
Garkina Polina Konstantinovna, Blinokhvatov Anton Alexandrovich, Shaburova Galina Vasilievna.....171

ABOUT DETERMINATION OF VALUES OF TEMPERATURES IN A LAYER OF THE PRESSED BEET PULP AT ITS DRYING
Murashkina Oxana Alexandrovna, Fatyhov Ujri Adgamovich, Avrorov Gleb Valerievich.....177

HUMAN ACTIVITY SAFERY

ANALYSIS OF THE EMERGENCY OF WORKERS ON THE EXAMPLE OF JSC "DSK" RS (Y) DURING THE WINTER TIME
Zarovnyaev Aleksandr Petrovish.....181

THEORETICAL JUSTIFICATION OF ADDITIVE DOSE ASSESSMENT OF ELECTROMAGNETTED FIELDS IN THE HOMOGENEOUS HUMAN BODY
Zakirova Alphia Rezavanovna.....187

TO THE QUESTION OF INCREASING THE LEVEL OF TRAINING OF SPECIALISTS OF TECHNOSPHERE AND FIRE SAFETY
Romanenko Alexander Ivanovich, Makarenko Alexey Igorevich, Seregin Maxim Vadimovich, Maksutov Nabiulla Ravilyevich.....191

ANALYSIS OF THE OCCURRENCE AND IMPACT OF RISK-RELATED DISEASES, ACCOMPANYING A PASSENGER TRAIN
Koroleva Anna Mikhailovna, Ponomarev Valentin Mikhaylovich, Sachkova Oksana Sergeevna, Narusova Elena Yur'yevna, Glinchikov Dmitry Yuryevich.....195

MECHANISMS OF ROLL TYPE AS A PROVISION OF THE MODERN SAFETY LEVEL FROM FALLING OF PASSENGERS FROM METRO PLATFORMS AND RAILWAY TRANSPORT
Sedov Anatoly Vladimirovich, Fomina Nadezhda Borisovna.....199

ASSESSMENT AND MINIMIZATION OF WATER USE BY THE ENTERPRISES OF RAILWAY TRANSPORT
Dontsov Sergey Aleksandrovich.....205

ANALYSIS OF THE BIOLOGICAL-SOCIAL ASPECTS OF THE STATUS OF TERRITORIES CONTAMINATED WITH RADIONUCLIDES AFTER THE CHERNOBYL ACCIDENT IN REMOTE PERIOD
Levkina Galina Valerievna, Ivanchenkova Oksana Andreevna.....211

ABILITIES OF REACTIVE SILENCERS WITH BENT PARTITIONS IN EXHAUST VENTILATION SYSTEMS
Plitsyna Olga Vital'evna, Rogova Tatyana Nikolaevna.....217

CERTIFICATION OF OBJECTS OF THE HOUSING STOCK AS A MEANS OF JUSTIFICATION OF MEASURES TO REDUCE THE CONSEQUENCES OF EMERGENCY SITUATIONS
Rybakov Anatolii Valerevich, Ivanov Evgenii Viacheslavovich, Kochelaev Aleksei Anatollevich, Glotov Evgenii Nikolaevich.....221

ENSURING SAFETY AT EXPOSURE TO RADIO FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS
Ligki Nikolay Mihaylovich.....226

SYSTEM OF PROTECTION AGAINST THE PASSION OF PASSENGERS ON OBJECTS OF INFRASTRUCTURE OF RAILWAY TRANSPORT AND METRO
Sedov Anatoly Vladimirovich, Fomina Nadezhda Borisovna.....230

QUALITY ASSESSMENT OF OPERATIONAL PERSONNEL ACTIVITIES AT TECHNICAL SERVICE OF ELECTRICAL INSTALLATIONS
Alekina Elena Viktorovna, Alekin Dmitry Yuryevich, Yagovkin German Nikolaevich.....236

EFFECTS OF LOW TEMPERATURES ON THE SAFETY OF WORKERS
Zarovnyaev Alexander Petrovich.....241

RESEARCH OF THE NOISE LEVEL IN THE PASSENGER CABIN OF THE AIRCRAFT AT DIFFERENT FLIGHT STAGES
Shurekov Vladimir Vasilyevich, Samokhina Svetlana Sergeevna, Yasko Anatoliy Andreevich.....247

A METHOD OF DETERMINING THE SIGNIFICANCE OF OBJECTS IN THE COURSE OF PROTECTION AND DEFENSE FACILITIES ON MILITARY ROADS
Sumachev Dmitry Valentinovich.....253

APPLICATION OF A PROBABLE METHOD FOR ASSESSING THE RISKS OF ACCIDENTS IN THE ENTERPRISE FOR MANUFACTURING MACHINES AND EQUIPMENT FOR AGRICULTURE AND FORESTRY IN ANTEY LLC
Yanchar Eduard Vladimirovich.....258

EKSPRESS DISPLAY DEVICE-DETECTION OF DISINFECTION QUALITY OF SURFACES OF OBJECTS OF TRANSPORT SUBSTANCES OXIDATIVE NATURE
Pashinin Valeriy Alekseevich, Zubrev Nikolay Ivanovich, Panfilova Marina Ivanovna, Efremova Saniya Yunusovna, Leonova Danuta Ambrogiana.....267

QUESTIONS OF LABOR PROTECTION AT THE MINE "INTERNATIONAL"
Chemezov Egor Nikolaevich, Fedorov Konstantin Konstantinovich.....273

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF NANO-ADDITIVES WHEN USED IN INJECTABLE COMPOSITE MIXTURES IN TRANSPORT CONSTRUCTION
Panfilova Marina Ivanovna, Zubrev Nikolay Ivanovich, Leonova Danuta Ambrogiana, Korosteleva Anna Vladimirovna, Ustinova Marina Vladimirovna.....278

УДК 004.021+519.168

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ АНАЛИЗА ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ

©2019

Костин Алексей Владимирович, начальник
Управление цифрового развития, информационных технологий и связи Пензенской области (440000, Россия, г. Пенза, ул. Московская, 75, e-mail: kostin@obl.penza.net)

Аннотация. В процессе управления регионами для улучшения качества процессов муниципального управления и качества жизни населения требуется выполнять анализ транспортной доступности районных центров, предприятий, объектов здравоохранения и социальной сферы для жителей населенных пунктов. Цель работы – формализация и разработка алгоритма решения задачи формирования данных для анализа транспортной доступности. Предлагается модель транспортной сети в форме смешанного графа G (X, U), множество вершин которого (X) представляет границы участков транспортной сети, а множество ребер и дуг (U) – участки дорог. Множество вершин (X) разделено на три подмножества (R - районные центры, N - населенные пункты, C – узлы дорожной сети); веса ребер и дуг соответствуют протяженности и характеристикам качества участков дорог. Постановка задачи: в графе G (X, U) с заданными весами ребер найти пути минимальной длины между вершинами подмножеств N и R такие, чтобы суммарная длина путей была минимальной. Отличие от классической задачи поиска кратчайшего пути между двумя заданными вершинами в том, что целевая вершина не определена (нужно найти вершину из заданного подмножества вершин R, ближайшую к заданной из подмножества N). Разработанный алгоритм (на основе алгоритма Дейкстры) позволяет найти варианты решения поставленной задачи для выполнения анализа транспортной доступности.

Ключевые слова: административно-территориальное деление, транспортная доступность, модель транспортной сети, неориентированный граф, смешанный граф, алгоритм поиска кратчайших путей, временная сложность.

DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM FOR TRANSPORTATION ACCESSIBILITY ANALYSIS

©2019

Kostin Aleksey Vladimirovich, Head
Administration of digital development, information technologies and communications of the Penza region (440000, Russia, Penza, Moskovskaya St., 75, e-mail: kostin@obl.penza.net)

Abstract. In the process of regions control to improve the quality of the processes of municipal governance and quality of the population life required to perform the analysis of the transport accessibility of regional centres, enterprises, healthcare facilities and social services for inhabitants of the settlements. The purpose of the work is to formalize and develop an algorithm for solving the problem of data formation for the transport accessibility analysis. A model of the transport network in the form of a mixed graph G (X, U), the set of vertices which (X) represents the boundaries of the transport network, and the set of edges and arcs (U) – roads. The set of vertices (X) is divided into three subsets (R – district centers, N – settlements, C – road network nodes); the weights of the edges and arcs correspond to the length and quality characteristics of the road sections. Statement of the problem: in the graph G (X, U) with given weights of edges and arcs, find the paths of minimum length between the vertices of subsets N and R such that the total length of the paths is minimal. The difference from the classical problem of finding the shortest path between two given vertices is that the target vertex is not defined (you need to find the vertex from a given subset of vertices R nearest to the given subset N). The developed algorithm (based on Dijkstra's algorithm) allows us to find solutions to the problem to perform the analysis of transport accessibility.

Keywords: administrative-territorial division, transport accessibility, transport network model, undirected graph, mixed graph, algorithm for finding shortest paths, time complexity.

Введение. Задача анализа транспортной доступности населенных пунктов возникает в процессе управления регионами, в частности, при выработке предложений по изменению административно-территориального деления региона, которое может сопровождаться изменением состава районных центров, сельских советов и населенных пунктов (НП). Указанные изменения могут включать такие мероприятия, как сокращение количества районов и/или других муниципальных образований (МО), что связано с перераспределением НП между планируемыми МО. При этом необходимо обеспечить улучшение качества процессов муниципального управления и качества жизни населения, что связано с необходимостью учета таких факторов, как транспортная доступность районных центров, предприятий, объектов здравоохранения и социальной сферы для жителей НП [1–3]. При выборе НП, которые должны рассматриваться в рамках процесса модернизации административно-территориального деления, как правило, используют показатели, характеризующие качество жизни населения, что связано с

решением многокритериальных задач [4,5].

Транспортная доступность определяется как возможность перемещения от одного объекта к другому с использованием средств транспорта и транспортной сети. В качестве таких объектов в данной работе рассматриваются районные центры и населенные пункты.

В соответствии с [6] «Транспортная сеть – совокупность всех транспортных путей на определенной территории». В рамках данной работы «Транспортная сеть» определяется как совокупность участков транспортных путей, ограниченных конечными и промежуточными объектами, что обусловлено необходимостью последующей формализации данного понятия. Каждый участок может преодолеваться определенным видом транспорта (автомобильным, железнодорожным и др.). В данной работе рассматривается автомобильная транспортная сеть.

Границы участков транспортной сети можно определить, как сочетания названий начала и окончания участка:

– районный центр;

– населенный пункт;

– узел автомобильных дорог [6], который может представлять собой перекресток, «развязку» и др.

Последовательность участков транспортной сети образует путь от одного объекта к другому.

Транспортная доступность характеризуется следующими показателями:

– длина пути в выбранных единицах (как правило, мера длины в км, м и т.п.);

– продолжительность в пути в единицах времени (часов, минут и др.);

– стоимость перемещения (поездки) и др.

При решении конкретного варианта задачи перемещения между заданными объектами к значениям показателей предъявляют определенные требования в форме ограничений (как правило, «не больше») или в форме поиска наименьшего значения.

На значение показателя транспортной доступности влияют свойства транспортной сети, которые должны соответствовать нормативным требованиям [6,7]. Каждый участок транспортной сети характеризуется совокупностью свойств, определенных в [6,7]: соответствие классу или категории автомобильной дороги [7], наличие покрытия, расчетная интенсивность движения (единиц/сутки) [6] и др.

Разработка формальной модели транспортной сети. В качестве формальной модели транспортной сети предлагается использовать граф G (X, U), множество вершин которого (X) представляет границы участков транспортной сети, а множество ребер и/или дуг (U) с весами, соответствующими выбранному показателю транспортной доступности, – участки дорог. При наличии участков дорог с односторонним и двусторонним движением граф транспортной сети G (X, U) будет содержать ребра (для представления участков с двусторонним движением) и дуги (для представления участков с односторонним движением), т.е. в общем случае граф, представляющий транспортную сеть будет смешанным [8]. Если имеются участки дорог, качество которых не соответствует предъявляемым требованиям [6,7], то такие участки не следует включать в состав модели.

В связи с тем, что границы участков дорог определяются, как сочетания указанных выше объектов множество вершин графа G (X, U) должно быть разделено на три подмножества вершин, каждое из которых соответствует одному из названий границ начала и окончания участков дорог. Таким образом, граф G (X, U), представляющий транспортную сеть, содержит вершины с метками $R_i \in R$ (обозначают i-е районные центры или населенные пункты, которые обладают достаточно высоким производственным потенциалом и обеспечивают предоставление необходимых социальных услуг, услуг здравоохранения и т.п.), вершины с метками $N_j \in N$ (обозначают j-е населенные пункты) и вершины с метками $C_k \in C$ (обозначают узлы автомобильных дорог и другие объекты, которые могут определять границу k-го участка дороги; могут использоваться только как промежуточные вершины на пути от $x_i \in N$ до $x_j \in R$); при этом выполняются условия:

$$X = R \cup N \cup C; \quad R \cap N \cap C = \emptyset.$$

Для вычисления или назначения значений весов ребер/дуг графа следует определить показатель, характеризующий транспортную доступность в целом для совокупности НП, на которую влияют свойства участков транспортной сети, составляющих пути от $x_i \in N$ до $x_j \in R$.

Предлагается использовать для каждого i-го ребра/дуги мультипликативный показатель вида

$$W_i = \prod_{j=1}^{n} P_{ij}, \qquad (1)$$

где n – количество частных показателей, характеризующих качество i-го участка транспортной сети;

P_{ij} – показатель, характеризующий j-е свойство i-го участка транспортной сети; при этом числовые значения можно использовать непосредственно в (1), а лингвистические формулировки надо заменить числовыми значениями; например:

$P_{i,1}$ – показатель, характеризующий категорию участка дороги [7],

$$P_{i,1} = \begin{cases} 1, \text{если категория } I \text{ или } II, \\ 1{,}1, \text{если категория } III \text{ или } IV, \\ 1{,}5, \text{если категория } V; \end{cases}$$

$P_{i,2}$ – показатель, характеризующий протяженность участка дороги;

$P_{i,3}$ – показатель, характеризующий состав материала дорожного покрытия участка дороги [6],

$$P_{i,3} = \begin{cases} 1, \text{если покрытие асфальтовое}, \\ 1{,}5, \text{если покрытие щебеночное}, \\ 2, \text{если участок дороги грунтовой}. \end{cases}$$

В терминах определенной выше графовой моде-

ли задача формирования данных для анализа транспортной доступности формулируется следующим образом: в неориентированном (или смешанном) графе G (X, U) с заданными весами ребер найти пути минимальной длины между вершинами подмножества $N \subset X$ и вершинами подмножества $R \subset X$ такие, чтобы суммарная длина путей (S) была минимальной: $S = \sum_{\forall R_i \in R} \sum_{\forall N_{ij} \in N_i} d(R_i, N_{ij}) \rightarrow min$, (2)

где N_i – окрестность вершины R_i или $N_i = \Gamma(R_i)$ [8].

В результате решения поставленной задачи должны быть сформированы $|R|$ подмножеств вершин N_i, для каждого из которых определена ближайшая вершина R_i (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение вершин множества N

R	N
R_1	N_{11}, N_{12}, …
…	…
$R_{\|R\|}$	$N_{\|R\|1}$, $N_{\|R\|, 2}$, …

Представленный в таблице 1 результат интерпретируется следующим образом: в состав района с районным центром R_i следует включить населенные пункты N_{ij}, j=1, 2, … $|N_i|$, где $|N_i|$ - мощность подмножества вершин, ближайших к вершине R_i (количество населенных пунктов или сельских советов, ближайших к районному центру R_i).

В результате решения задачи могут быть получены результаты с одинаковыми значениями длин путей между вершиной $N_m \in N$ и R_i, а также между $N_m \in N$ и R_k. В этом случае необходимо обеспечить формирование и вывод всех подобных результатов для возможности выполнения последующего дополнительного анализа для принятия решения о включении населенного пункта в состав района.

Такая постановка задачи отличается от известных постановок задачи поиска кратчайшего пути:

– между двумя заданными вершинами графа [8–14];

– от одной из вершин графа до всех остальных [8,10];

– между всеми парами вершин графа [11,12,15] и др.

Отличие рассматриваемой постановки задачи от известных заключается в том, что задается подмножество исходных вершин (N), для каждой из которых целевая вершина не определена; и для каждой вершины $N_j \in N$ следует найти вершину $R_i \in R$, ближайшую по критерию (2). Поэтому необходимо выполнить разработку и анализ характеристик алгоритма решения поставленной задачи.

Разработка алгоритма решения задачи. В качестве основы разрабатываемого алгоритма принят алгоритм Дейкстры, позволяющий найти кратчайший путь между двумя заданными вершинами или, после модификации, между одной из вершин графа и всеми остальными [8].

Предлагается выполнять поиск $|N|$ кратчайших путей поочередно для каждой $N_j \in N$ в произвольном порядке путем повторения модифицированного алгоритма Дейкстры для поиска кратчайшего пути от очередной вершины до любой из $R_i \in R$. Модификация заключается в том, что:

– для каждой вершины $x_i \in N$ выполняется поиск $|R|$ кратчайших путей до каждой вершины $x_k \in R$ в одном цикле, включающем три последующие процедуры;

– для реализации поиска используется процедура формирования «фронтов» вершин: предыдущего (содержащего список вершин, для которых вычислены расстояния от $x_i \in N$) и последующего (содержащего список вершин, смежных с вершинами, включенными в предыдущий фронт);

– используется проверка дополнительных условий в процессе поиска пути от $x_i \in N$: наличие кратчайшего пути от достигнутой промежуточной вершины $x_j \in N$ до $x_k \in R$ и наличие факта вычисления длин путей от $x_i \in N$ до всех $x_k \in R$;

– проверка наличия более одного кратчайшего пути между $x_i \in N$ до $x_k \in R$ и формирование списков таких путей;

– разработана оригинальная структура данных для представления промежуточных данных (см. ниже).

Для решения задачи предлагается структура данных, включающая таблицу распределением вершин по указанным выше подмножествам (таблица 1), массивы данных для трех типов вершин (таблица 2), матрицу смежности (M) и список путей в форме перечисления последовательностей вершин.

После окончания процесса поиска путей от вершины $x_i \in N$ до всех $x_j \in R$ в столбце «Предки» каждой k-й строки значение ячейки должно быть пустым или содержать имя вершины, предшествующей вершине x_k на пути от $x_i \in N$ до какой-либо $x_j \in R$. Кратчайший путь от $x_i \in N$ до $x_j \in R$ в форме списка вершин вида $P = \{x_i, \ldots, R_j\}$ должен формироваться по таблице 2:

– в столбце «Имена R» выбрать вершину R_j с наименьшим значением «Расстояния от N_i до R_j (D_R)»; это будет целевая вершина для $x_i \in N$; записать R_j в список P; если будет найдено m вершин $x_j \in R$ с одинаковым наименьшим значением расстояния, то все шаги данной процедуры надо будет повторить m раз;

– в столбце «Предки» строки R_j выбрать имя (номер) вершины x_k, предшествующей вершине R_j на кратчайшем пути от $x_i \in N$ до $x_j \in R$; добавить x_k в список P;

– найти в столбце «Имена N» или «Имена C» имя (номер) вершины x_k и в столбце «Предки» этой строки выбрать имя (номер) вершины, предшествующей данной вершине на кратчайшем пути от $x_i \in N$ до $x_j \in R$; добавить имя (номер) найденной вершины в список P;

– повторять предыдущий пункт до записи в список P вершины x_i (список будет сформирован в обратном порядке, от $x_j \in R$ к $x_i \in N$).

Таблица 2 – Расстояния от вершины N_i до достигнутых вершин $x_j \in R$ на очередном шаге алгоритма

Данные вершин подмножества *R*			Данные вершин подмножества *N*				Данные вершин подмножества *C*		
Имена *R*	Расстояния от N_i до R_j (D_R)	Предки	Имена *N*	Расстояния от N_i до N_j (D_N)	Предки	Путь найден (0 или 1)	Имена *C*	Расстояния от N_i до C_j (D_C)	Предки
R_1	$d(N_i, R_1)$		N_1	$d(N_i, N_1)$		0	C_1	$d(N_i, C_1)$	
R_2	$d(N_i, R_2)$		N_2	$d(N_i, N_2)$		1	C_2	$d(N_i, C_2)$	
…	…	…	…	…	…		…	…	…
R_j	$d(N_i, R_j)$		i	0	0	0	C_k	$d(N_i, C_k)$	
…	…	…	…	…	…		…	…	…

Разработанный алгоритм решения задачи включает следующие действия:

1. Заполнить значения имен в массивах *R*, *N*, *C* (таблица 2).

2. Заполнить матрицу смежности *M* значениями весов ребер графа, вычисленных по формуле (1), в соответствии с данными участков дорог, получаемых, например, из геоинформационного сервера с региональными данными.

3. Начало цикла по массиву *N*; i=1 – номер вершины, для которой надо найти ближайшую вершину из множества *R* ($R_i \in R$).

4. Обнулить значения массивов предков для всех вершин и признаков в столбце «Путь найден» (таблица 2).

5. Массивы расстояний для всех вершин заполнить значениями d_{max} (числовая константа, значение которой заведомо больше, чем оценка величины *S*) (таблица 2).

6. Переменной N_o присвоить значение очередной вершины (начала пути) из множества *N* ($N_o=N_i$).

7. Инициировать массивы фронтов: $F_1=\varnothing$, $F_2=N_o$.

8. Формирование «предыдущего фронта вершин» ($F_1=F_2$), обнуление следующего фронта F_2.

9. Формирование следующего фронта F_2 (определение соседних вершин для всех $x \in F_1$).

10. Проверка условия: если $F_2=\varnothing$ или установлен факт вычисления длин путей от $x_i \in N$ до всех $x_k \in R$, значит все кратчайшие пути из вершины x_i ко всем вершинам множества *R* найдены, и надо для вершины $N_o=N_i$ выполнить следующие действия:

a) выбрать ближайшую вершину из множества R_o (по наименьшему значению в массиве расстояний D_R);

b) записать N_o в строку для выбранной вершины из множества R_o (таблица 1);

c) в столбце «Путь найден» таблицы 2 установить значение 1;

d) перейти к п. 13.

11. Если условие п. 10 не выполняется, то выполнить вычисление длины пути от N_i до каждой из вершин $x_j \in F_2$:

$$d(N_i, x_j) = d(x_k) + d(x_k, x_j),$$

где $x_k \in F_1$, $d(x_k)$ – расстояние от N_i до x_k (значение из соответствующей ячейки таблицы 2);

$d(x_k, x_j)$ - вес ребра (x_k, x_j), заданный в матрице смежности.

12. Если для какой-либо вершины x_j следующего фронта F_2 имеются альтернативные пути из вершины x_i и, соответственно, определены несколько значений $d(N_i, x_j)$, то из них выбирается наименьшее и оно записывается в массив расстояния: $d(x_j)=d(N_i, x_j)$; имя соответствующей вершины-предка (x_k) записывается в массив предков для x_j. Возможна ситуация, когда получены два или более одинаковых значения $d(N_i, x_j)$, т.е. для вершины x_j должны быть указаны два или более предков; в этом случае надо либо записать всех предков в строку для x_j, либо использовать дополнительные правила, например, первая по списку вершина. Далее выполняется переход к п. 8.

13. Если для выбранной вершины $x_j \in F_2$ признак «Путь найден» установлен в 1, следовательно, и до вершины $x_i \in N$ найден путь минимальной длины до некоторой $x_k \in R$, длина которого равна $d(x_i, x_j) + d(x_j, x_k \in R)$; тогда надо выполнить переход к п. 14.

14. Сформировать путь из вершины x_i до ближайшей вершины $R_j \in R$ (список вершин вида: $\{x_i, \ldots, R_j\}$). Переход к следующей вершине из множества *N*: $i=i+1$.

15. Если $i \le |N|$, то переход к п. 4, иначе – к п. 16.

16. Вывод результатов:

a) список вершин вида: R_i ($N_{i,1}$; $N_{i,2}$; …) с использованием названий объектов, соответствующих вершинам (таблица 1).

b) список путей (для выбранных вершин $N_i \in N$ или, при необходимости, для всех вершин подмножества $N \subset X$).

В алгоритм могут быть включены операции проверки дополнительных условий, например: длина пути из вершины от $x_i \in N$ до вершины $x_k \in R$ должна быть по возможности наименьшей или не должна превышать допустимое значение $d_{jk} \le d_{доп}$. В последнем случае могут быть получены следующие варианты для $x_i \in N$:

– не найдены пути, удовлетворяющие условию $d_{jk} \le d_{доп}$;

– найден один путь, удовлетворяющие условию;

– найдено более одного пути, удовлетворяющего условию $d_{jk} \le d_{доп}$.

Если алгоритм будет использоваться в диалоговом режиме, предусматривающем возможность назначения состава подмножества *R* для отдельных

вершин, то такая процедура должна быть исключена из п. 1 и включена в состав п. 7.

Для оценки временной сложности разработанного алгоритма предлагается общее выражение, позволяющее вычислить количество операций типа сравнения и присвоения значений для произвольного графа $G(X, U)$, в котором значение средней степени вершины равно $\rho_{ср}$:

$$T_{прг} = n\,[k_{ср}(\rho_{ср} + \rho_{ср}^{2}) + (r\text{-}1)],$$

где $n=|N|$, $r=|R|$ – мощность множества N и R, соответственно;

$k_{ср}$ – среднее количество ребер в пути от $x_i \in N$ до $x_j \in R$.

Эта оценка соответствует некоторым вариантам оценок алгоритмов поиска кратчайшего пути, опубликованным в [16]. Экспериментальное исследование разработанного алгоритма не производилось, однако анализ публикаций показывает, что для повышения его производительности можно использовать подходы, учитывающие размерность графа [17] и свойства графов, моделирующих транспортные сети [18–20].

Заключение. На основе поставленной задачи анализа транспортной доступности районных центров, предприятий, объектов здравоохранения и социальной сферы для жителей населенных пунктов сформулирована новая задача поиска путей минимальной длины между вершинами двух подмножеств, разработана структура данных и алгоритм её решения. Выполнена оценка временной сложности разработанного алгоритма.

Результаты разработки предназначены для создания информационного и программного обеспечения, включаемого в состав системы поддержки процессов принятия решений, которая создается для органов регионального управления

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Благов Ю.В. Укрупнение муниципальных образований в новейшее время. Журнал «Правоприменение», 2017, Т.1, №3. – С. 117–124.

2. Диденко А.Н. Эволюция местного самоуправления. Чего ожидать? Журнал «Бюджет», №5 май 2018 г. С. 64. – [Электронный ресурс] – URL: http://bujet.ru/article/344342.php (дата обращения 19.11.2018).

3. Эксперт КГИ о плюсах и минусах укрупнения муниципалитетов. Портал «Бюджет.RU». [Электронный ресурс] – URL: http://bujet.ru/article/356486.php (дата обращения 19.11.2018).

4. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных Странах: Учебник. – М.: Логос, 2000. – 296 с.

5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. ─ М.: Радио и связь, 1993. – 316 с.

6. Свод правил. СП 34.13330.2012. СНиП 2.05.02-85*. Автомобильные дороги. – Москва: Минрегион России, 2012. – 111 с.

7. ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. – М.: Стандартинформ, 2006. – 7 с.

8. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. – М.: Мир, 1978. – 432 с.

9. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Структуры данных и алгоритмы. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 384 с.

10. Иванов Б.Н. Дискретная математика. Алгоритмы и программы. Расширенный курс – Москва: Известия, 2011. – 512 с.

11. Кормен Томас Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. – М.: «Вильямс», 2006. – 1296 с.

12. Кувайскова Ю.Е. Алгоритмы дискретной математики: учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2017. – 99 с.

13. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. – М: Мир, 1981. – 325 с.

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

15. Алгоритм Флойда-Уоршелла нахождения кратчайших путей между всеми парами вершин. [Электронный ресурс] – URL: http://www.e-maxx-ru.1gb.ru/algo/floyd_warshall_algorithm.

16. Cherkassky B.V., Goldberg A.V., Radzik T. Shortest paths algorithms: Theory and experimental evaluation // Math. Prog. – Springer Science+Business Media, 1996. – Vol. 73, Iss. 2. – pp. 129–174.

17. Поляков И.В. Алгоритмы поиска путей на графах большого размера / И. В. Поляков, А.А. Чеповский, А.М. Чеповский // Фундамент. и прикл. матем., 2014, том 19, выпуск 1, С. 165–172.

18. Abraham I.; Fiat A.; Goldberg A.V.; Werneck R.F. Highway Dimension, Shortest Paths, and Provably Efficient Algorithms (PDF) // ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms, 2010. – pp. 782–793.

19. Zhan F.B. Three Fastest Shortest Path Algorithms on Real Road Networks: Data Structures and Procedures // Journal of Geographic Information and Decision Analysis. – 1997, vol.1, no.1, pp. 70–82.

20. Методологические принципы формирования и оптимизации функционирования межрегиональных транспортных систем / Тарарычкин И.А., Слободянюк М.Э., Нечаев Г.И. // Транспорт Российской Федерации. – 2014, № 1 (50). – С. 29–33.

Статья поступила в редакцию 30.05.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 004.42

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИОРИТЕТОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММ КОМБИНАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ЯЗЫКЕ LADDER DIAGRAM

©2019

Шкромадо Антон Алексеевич, старший преподаватель
кафедры «Электромеханика и промышленная автоматика»
Самарский государственный технический университет (филиал в г. Сызрани)
(446001, Россия, г. Сызрань, ул. Советская, 45, e-mail: shkromado@mail.ru)
Шестов Руслан Владимирович, старший преподаватель
кафедры «Электромеханика и промышленная автоматика»
Самарский государственный технический университет (филиал в г. Сызрань)
(446001, Россия, г. Сызрань, улица Советская, 45, e-mail: bimerm3@mail.ru)
Шумилов Егор Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент
кафедры «Электромеханика и промышленная автоматика»
Самарский государственный технический университет (филиал в г. Сызрани)
(446001, Россия, г. Сызрань, ул. Советская, 45, e-mail: shumilov_e_a@mail.ru)

Аннотация. Статья посвящена вопросам разработки программ комбинационного управления на языке релейно-контактных схем *Ladder Diagram* (*LD*) для промышленных систем управления. Рассмотрение ведется на примере конкретной системы управления электроприводом подпитывающего насоса и термоэлектрическим нагревателем в составе технологического оборудования химического реактора. Разработанная программа демонстрирует реализацию логических комбинаций «И» и «ИЛИ», выполненных последовательным и параллельным соединением контактов (технологических датчиков с релейным выходным сигналом), а также выполнение блокировок, отключения и удержания устройств в требуемом состоянии за счет применения простых катушек, катушек установки и сброса, соответствующих исполнительным устройствам. Особое внимание уделяется особенностям реализации приоритетов управления исполнительными устройствами, средствами сигнализации и противоаварийной защиты с учетом порядка выполнения блоков программы и особенностей функционирования промышленных программируемых контроллеров, а именно – исполнения рабочего цикла контроллера. В ходе исследования приводятся и подробно раскрываются аспекты применения некоторых простых блоков *LD*, а также их компоновки для реализации более сложных алгоритмов управления. По итогам исследования сделаны выводы об особенностях и ограничениях реализации приоритетов управляющих сигналов при разработке программ комбинационного управления на языке *Ladder Diagram*.

Ключевые слова: релейно-контактные схемы, комбинационное управление, контакт, катушка, реле, датчик, исполнительное устройство, программируемый логический контроллер, рабочий цикл, электрическая цепь, приоритет.

IMPLEMENTATION OF PRIORITIES IN DEVELOPMENT OF COMBINATIONAL CONTROL PROGRAMS IN THE LADDER DIAGRAM LANGUAGE

©2019

Shkromado Anton Alekseevich, Senior Lecturer at the Department
of Electromechanics and Industrial Automation
Syzran Branch of Samara State Technical University
(446001, Russia, Syzran, Sovetskaya St., 45, e-mail: shkromado@mail.ru)
Shestov Ruslan Vladimirovich, Senior Lecturer at the Department
of Electromechanics and Industrial Automation
Syzran Branch of Samara State Technical University
(446001, Russia, Syzran, Sovetskaya St., 45, e-mail: bimerm3@mail.ru)
Shumilov Egor Alekseevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Electromechanics and Industrial Automation
Syzran Branch of Samara State Technical University
(446001, Russia, Syzran, Sovetskaya St., 45, e-mail: shumilov_e_a@mail.ru)

Abstract. The article is devoted to the development of combinational control programs in the language of relay-contact schemes Ladder Diagram (LD) for industrial control systems. The consideration is conducted on the example of a specific system for controlling the electric drive of the feed pump and the thermoelectric heater as part of the process equipment of the chemical reactor. The developed program demonstrates the implementation of logical combinations “AND” and “OR”, made by serial and parallel connection of contacts (process sensors with relay output signal), as well as the implementation of locks, disconnection and holding devices in the required state by using simple coils, set coils and reset coils for corresponding actuators. Special attention is paid to the

peculiarities of implementing priorities for controlling actuators, signaling and emergency protection, taking into account the order of execution of the program blocks and features of the functioning of industrial programmable controllers, namely the execution of the controller's operating cycle. In the course of the study the aspects of application of some simple LD blocks are presented and disclosed in detail, as well as their arrangement for the implementation of more complex control algorithms. According to the research results the conclusions were made about the peculiarities and limitations of the implementation of the priorities of the control signals when developing programs for combinational control in the Ladder Diagram language.

Keywords: relay-contact circuits, combinational control, contact, coil, relay, sensor, actuator, programmable logic controller, operating cycle, electrical circuit, priority.

Введение. Комбинационное (логическое) управление является одним из самых распространенных в промышленной автоматизации. До середины 70-х годов прошлого столетия данный вид управления реализовывался на базе релейно-контактных схем [1]. Такие системы имели жесткие электрические связи, т.е. в случае изменения алгоритма функционирования требовалась полная перестройка всей системы управления, как правило, выражающаяся в ее замене. Это приводило к высоким экономическим затратам и потерям времени.

В настоящий момент эта проблема решается применением программируемых логических контроллеров (ПЛК), которые имеют физические входные и выходные каналы, связанные с измерительными преобразователями и исполнительными устройствами соответственно, а сам алгоритм управления реализуется исключительно программными средствами [1,2].

Алгоритм управления реализуется в виде программ, которые для ПЛК разрабатываются преимущественно на языках стандарта МЭК 61131-3. Стандарт направлен на повышение скорости и качества разработки программ, а также на снижение сложности процесса написания программ с возможностью его выполнения «не программистом», обеспечение соответствия ПЛК идеологии открытых систем [2,3].

Каждый из пяти языков, описанных в третьей части вышеупомянутого стандарта, ориентирован на определенную целевую аудиторию, что объясняется историческими причинами. Языки стандарта – графические *Ladder Diagram*, *Function Block Diagram*, *Sequential Function Chart* и текстовые *Instruction List*, *Structured Text* [4] – соответствуют наиболее популярным на момент разработки стандарта (1979-1982 г.г.) языкам и способам программирования.

Графический язык релейных диаграмм *Ladder Diagram* (*LD*) реализует структуры электрических цепей в виде релейно-контактных схем (РКС). Благодаря простоте представления РКС и их понятности для обслуживающего электротехнического персонала, язык *LD* заслуженно используется для написания программ комбинационного управления там, где ПЛК применяются в качестве конечного автомата [2,5]. Особенно значительно это проявляется при разработке программ технологических защит и блокировок [5].

Постановка проблемы. При этом ввиду ограниченности функциональных возможностей языка *LD*, к которой можно отнести отсутствие поддержки подпрограмм, функций, инкапсуляции и других средств структурирования программы [6], позволяющим упростить алгоритм управления, определенную сложность представляет реализация приоритетов (очередности) срабатывания исполнительных устройств при комбинационном управлении.

Анализ последних исследований и публикаций. Эта проблема в части ограничений языка *LD* достаточно подробно рассматривается в работах [6–12], наибольшее внимание ей уделяют И.В. Петров и В.В. Денисенко. В контексте иллюстративного рассмотрения влияния ограничений и особенностей языка на реализацию приоритетов исполнения в процессе достижения практического результата можно отметить работу [13]. Однако ни в одной из работ не дается рекомендаций по решению рассматриваемой проблемы по существу.

В данной статье ставится **цель** предложить конкретные решения по реализации приоритетов при комбинационном управлении с использованием языка *LD*, изложить причины их использования и ограничения на применение. Практическая значимость и актуальность исследования обусловлена ответственностью задач, в которых требуется учитывать приоритеты срабатывания (технологические блокировки, противоаварийная защита, сигнализация и т.д.), а также высокой популярностью данного языка программирования для решения подобных задач в целом.

Материалы исследования. Изложение сути удобнее вести на конкретном практическом примере, поэтому рассмотрим применение языка *LD* для комбинационного управления, в т.ч. при реализации защит, технологических блокировок и сигнализации.

На рисунке 1а представлен алгоритм управления исполнительными устройствами – электроприводом подпитывающего насоса, предназначенного для поддержания уровня в емкости не ниже значения «Низкий уровень» («*Level_L*») и не выше «Высокий уровень» («*Level_H*»), а также управления ТЭНом подогрева емкости с целью поддержания необходимой температуры среды в ней. Из емкости непрерывно происходит выпуск продукта с произвольной скоростью.

Сигналы о достижении указанных значений уровней поступают от трехпозиционного (мини-

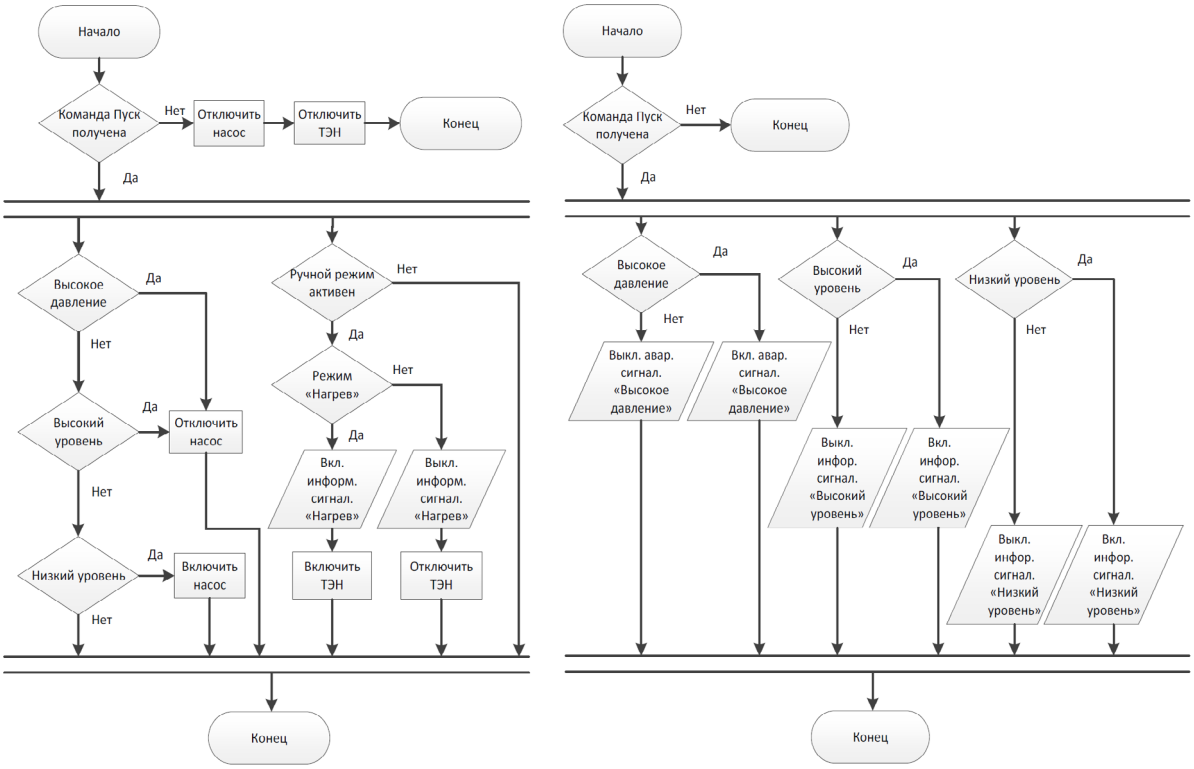
мум, норма, максимум) сигнализатора уровня. Таким образом, при значениях уровня меньших «Низкий уровень» и до достижения значения «Высокий уровень» электропривод насоса («*Motor*») включен, больших уровня «Высокий уровень» – выключен до достижения значения «Низкий уровень». Таким образом реализован гистерезисный принцип действия исполнительного устройства.

Одновременное поступление сигналов «Низкий уровень» и «Высокий уровень» свидетельствует о неисправности сигнализатора уровня (ошибка описана в руководстве сигнализатора), и в рассматриваемой системе должно обрабатываться как сигнал «Высокий уровень», т.е. приводить к отключению электродвигателя насоса.

При получении сигнала от электроконтактного манометра «Высокое давление» («*Pressure_H*»), сигнализирующего о превышении давления в линии подачи среды (засорение фильтра) в емкость, должно происходить отключение электропривода насоса независимо от уровня в емкости.

Управление ТЭНом осуществляется в ручном и автоматическом режиме. Автоматическое регулирование температуры обеспечивается иной программой. Для активации ручного режима предусмотрена соответствующая кнопка интерфейса оператора «Ручной режим» («*Manual*»). В ручном режиме управление ТЭНом («*TEN*») происходит через двухпозиционный переключатель (соответствует двум логическим состояниям переменной «Нагрев» («*Heater*»)).

При включенном в ручном режиме нагреве должна выполняться соответствующая информационная индикация «Нагрев» («*Signal_TEN*»).



а) б)

Рисунок 1 – Алгоритм управления и сигнализации: а – алгоритм управления, б – алгоритм сигнализации

При достижении отметок «Высокий уровень» или «Низкий уровень» должна срабатывать лампа информационной сигнализации (рисунок 1б) – «*Signal_L_L*» или «*Signal_L_H*» соответственно. При превышении давления в магистрали также должна включаться аварийная сигнальная лампа «Высокое давление» («*Alarm_P_H*»).

Прием данных от сигнализаторов, а также включение исполнительных устройств должно происходить только при наличии команды на запуск («*Start*»), выдаваемой оператором.

Результаты и их обсуждение. Приведем пример разработки соответствующей программы управления на базе редактора программ инструментальной системы *SCADA Trace Mode* 6. Процедура разработки программ в различных системах программирования ПЛК на языках МЭК 61131-3, таких как *CoDeSyS*, *ISaGRAF* и др., выполняется аналогично. Переменные в программах в случае *Trace Mode* называются аргументами [14].

Таким образом, согласно алгоритмам на рисунках 1а и 1б, все свои функция система начинает осуществлять только при нажатой кнопке «Пуск», т.е. когда аргумент «*Start*» имеет логическое состояние «*TRUE*». Выполнить проверку данного условия можно с помощью нормально разомкнутого кон-

такта (рисунок 2), пропускающего ток в состоянии «*TRUE*» и обесточивающем всю систему в состоянии «*FALSE*», т.е. реализующем зависимость: если *var*≠0 и *in*≠0, то *out*=1, если *var*≠0, а *in*=0, то *out*=0, если *var*=0, то *out*=0, где *var* – ассоциированный с *LD*-блоком аргумент (он же является его именем), *in* – вход *LD*-блока, *out* – выход *LD*-блока.

Поскольку управление исполнительными устройствами (электроприводом насоса и ТЭНом) и сигнализация (контроль давления, высокого и низкого уровней) выполняются независимо друг от друга («логическое OR»), т.е. могут осуществляться параллельно (рисунок 1а и 1б), в диаграмме *LD* каждая из функций реализуется в виде отдельной цепи, параллельной остальным. Так как условие «*Start*»=*TRUE* является обязательным для работы системы, что соответствует операции «логическое *AND*», на языке *LD* это реализуется последовательным соединением нормально разомкнутого контакта «*Start*» и цепей, реализующих функции системы, через вспомогательную вертикальную шину.

Соединение элементов внутри цепи производится последовательно исходя из этих же соображений, т.к., например, для запуска двигателя при получении сигнала «*Level_L*» (Низкий уровень) от сигнализатора уровня согласно алгоритму на рисунке 1а должно выполниться условие *Motor = Start AND Level_L*, а для отключения двигателя при получении сигнала «*Level_H*» (Высокий уровень) от сигнализатора или «*Pressure_H*» (Высокое давление) от манометра – условие *Motor = Start AND* (*Pressure_H OR Level_H*).

Для проверки срабатывания сигнализатора уровня или электроконтактного манометра в программе аналогично проверке кнопки запуска используются нормально разомкнутые контакты.

LD-диаграмма управления электроприводом подпитывающего насоса и ТЭНом, а также сигнализации, иллюстрирующая вышесказанное, представлена на рисунке 2.

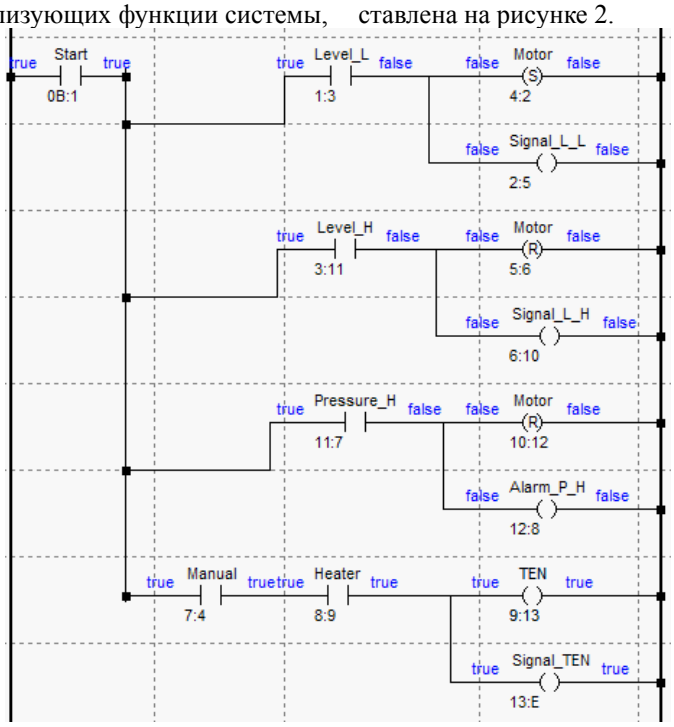


Рисунок 2 – Программа управления и сигнализации на языке LD

Из рисунка 2 видно, что управление исполнительными устройствами и сигнализация, хотя и зависят от одних и тех же событий, выполняются независимо (см. алгоритмы на рисунках 1а и 1б) и в *LD*-диаграмме реализуется за счет параллельного подключения обмоток реле к контактам, соответствующим данным событиям. Например, при получении сигнала «*Level_L*» (Низкий уровень) включится и двигатель («*Motor*»), и сигнализация по данному событию «*Signal_L_L*», но при исчезновении сигнала «*Level_L*» (Низкий уровень), сигнализация «*Signal_L_L*» тоже отключится (примет состояние *FALSE*), а двигатель («*Motor*») – сохранит состояние *TRUE*, т.е. продолжит работать.

В качестве обмоток реле устройств сигнализации («*Signal_L_L*», «*Signal_L_H*», «*Alarm_P_H*», «*Signal_TEN*») и ТЭНа («*TEN*») используется элемент катушка (рисунок 2), реализующий зависимость: если *in*≠0, то *var*=*out*=1; если *in*=0, то *var*=*out*=0.

Для управления электроприводом насоса используются катушка установки (*S*) и катушки сброса (*R*) (рисунок 2). Катушка установки соответствует обмотке установки (*S* – *Set*) поляризованного реле, переключаемого выдачей импульсов тока, что позволяет реализовать запоминание значения аргу-

мента. Катушка установки реализует следующий алгоритм: если *in*≠0, то «*Motor*»=*out*=1; в дальнейшем аргумент «*Motor*» не зависит от значения входа, *out*=1.

Катушка сброса соответствует обмотке сброса (*R – Reset*) поляризованного реле, переключаемого выдачей импульсов тока, что позволяет реализовать сброс запомненного значения аргумента. Реализует следующую логику: если *in*≠0, то «*Motor*»=0, а *out*=1; в дальнейшем аргумент «*Motor*» не зависит от значения входа, *out*=1.

Таким образом, электропривод («*Motor*») будет включен (установлено состояние *TRUE*) при поступлении сигнала «*Level_L*» (Низкий уровень) и отключен (сброшено в состояние *FALSE*) только при поступлении любого из сигналов «*Level_H*» («Высокий уровень») или «*Pressure_H*» («Высокое давление») независимо от состояний контакта «*Level_L*».

Причем пара катушек установки *S* (№4) и сброса *R* (№5) по верхнему и нижнему значениям уровня реализуют гистерезис переключательного элемента исполнительного устройства, а катушка сброса *R* (№10) обеспечивает аварийную защиту (останов двигателя насоса) при превышении давления в магистрали.

Отдельного внимания заслуживает реализация приоритетов в программах на *LD*. Приоритеты следует учитывать при одновременном управлении одним и тем же исполнительным устройством разными цепями, или, в терминологии АСУ, реализации различных функций системы управления через одно и то же исполнительное устройство.

Например, в рассматриваемой системе управления состояние электропривода подпитывающего насоса (аргумент «*Motor*») определяется состоянием трех нормально разомкнутых контактов: «*Level_L*», «*Level_H*» и «*Pressure_H*». Как видно из алгоритма на рисунке 1а, отключение электропривода насоса имеет более высокий приоритет, чем включение, поскольку условия, соответствующие отключению (высокое давление и высокий уровень), проверяются раньше, чем условие включения (низкий уровень). Причем превышение давления имеет более высокий приоритет, чем превышение уровня, но в обоих случаях приводит к отключению двигателя.

Реализовать приоритеты можно за счет особенностей исполнения программы на *LD* [15,16], а также архитектуры ПЛК [17,18]. Дело в том, на результат выполнения программы на языке *LD* влияет также порядок размещения блоков и цепей. Выполнение блоков программы происходит последовательно слева направо и сверху вниз [19]. В каждом цикле выполнения программы происходит пересчет всех цепей, однако следует учесть, что цепи расположенные выше цепи, в которой изменилось состояние контакта, получат новое значение переменной только в следующем цикле, в то время как расположенные ниже – сразу. Это наглядно видно по обозначениям (рисунок 2) вида «номер элемента: следующий пересчитываемый элемент» под элементами диаграммы, где «В» обозначает первый исполняемый элемент диаграммы, а Е – последний.

Функционирование же ПЛК осуществляется циклами как конечного автомата, при котором в каждый момент времени он находится в одном из определенных состояний [20], т.е. непосредственно вывод соответствующих значений аргументов на исполнительные устройства происходит по окончании пересчета всей программы. Отсюда следует, что изменения, происходящие со значением аргумента в процессе исполнения программы, не будут учтены, а на выходе контроллера появится последнее значение, которое принял соответствующий аргумент.

Таким образом, цепь, расположенная в *LD*-диаграмме ниже по сравнению с другими, использующими аналогичное исполнительное устройство (аналогичный аргумент, связанный с катушкой управления) цепями, имеет более высокий приоритет с точки зрения системы управления.

Например, при замкнутых (логическое состояние *TRUE*) контактах «*Level_L*» и «*Pressure_H*» (рисунок 2) аргумент «*Motor*» будет иметь состояние *FALSE*, поскольку именно это логическое значение будет записано в аргумент катушкой сброса *R* (№10) последним и сбросит установленное катушкой установки №4 значение *TRUE*. Соответственно, при значении контакта «*Pressure_H*»=*FALSE* катушка сброса *R* (№10) будет не активна и перезаписи значения аргумента «*Motor*» происходить не будет – после исполнения программы аргумент «*Motor*» будет иметь состояние *TRUE*, т.е. насос будет работать.

Цепь управления ТЭНом имеет другое исполнительное устройство, поэтому под вышеизложенный сценарий не подпадает.

Выводы. При одновременном влиянии на состояние одного и того же исполнительного устройства нескольких независимых друг от друга дискретных (релейных) технологических датчиков, команд или блокировок при комбинационном управлении возникает задача введения приоритетов срабатывания. На языке *Ladder Diagram* реализация приоритетов обеспечивается очередностью размещения катушек управления (со связанным аргументом), соответствующих данному исполнительному устройству, в параллельных электрических цепях, содержащих контролируемые контактные группы, что обеспечивает независимость их функционирования. Более высокому приоритету срабатывания соответствует размещение катушки в цепи, расположенной на *LD*-диаграмме ниже. Для выполнения блокировки срабатывания или удержания исполнительного устройства в требуемом состоянии используются катушки сброса *R* и установки *S*.

Способ подходит для реализации ограниченного числа приоритетов, не превышающих числа возможных состояний исполнительного устройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Олссон Г., Пиани Д. Цифровые системы автоматизации и управления. – СПб.: Невский диалект, 2001. – 556 с.

2. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Под ред. проф. В.П.Дьяконова. – М.: СОЛОН Пресс, 2004. – 256 с.

3. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 606 с.

4. IEC 61131-3(2003). Programmable controllers. Part 3: Programming languages [Электронный ресурс]. – URL: https://www.pdfdrive.com/iec-61131-3-programmable-controllers-programming-languages-e53524179.html (дата обращения: 12.05.19).

5. Lewis R.W. Programming industrial control systems using IEC 113–3. Revised edition. – London, UK. – The Institution of Electrical Engineers, 1998. – 329 p.

6. Системы программирования на языках МЭК 61131-3. Энциклопедия АСУ ТП [Электронный ресурс]. –URL: https://bookasutp.ru/Chapter9_3.aspx (дата обращения: 12.05.19).

7. Петров И.В. CODESYS – повседневный инструмент программиста ПЛК // Автоматизация в промышленности. – 2012. – No 8. – С. 3–8.

8. Lydon B. IEC 61131-3 industrial control programming standard advancements. Сайт ISA. [Электронный ресурс] – URL: https://www.isa.org/standards-publications/isa-publications/intech-magazine/2012/october/system-integration-iec-61131-3-industrial-control-programming-standard-advancements/ (дата обращения: 29.03.19).

9. Минаев И.Г., Самойленко В.В.. Программируемые логические контроллеры: практическое руководство для начинающего инженера – Ставрополь: АРГУС, 2009. – 100 с.

10. Понимание языков программирования IEC61131-3. Про АСУ ТП [Электронный ресурс]. – URL: https://www.proasutp.com/articles/plc/understanding_the_iec61131_3_programming_languages.html (дата обращения: 27.04.19).

11. Вагнер, Р. Программирование систем автоматизации завтрашнего дня / Р. Вагнер // Журнал «ИСУП». – 2014. –№1(49). – С. 103–107.

12. Матул Г.А. Анализ аппаратных и программных решений в программируемых логических контроллерах ведущих мировых производителей / Г.А. Матул, А.С. Семёнов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 7. – С. 32–36.

13. Тамьяров А.В. Разработка программного обеспечения компьютерного динамического имитационного тренажера «Подогреватель нефти с промежуточным теплоносителем» средствами SCADA и Softlogic системы Trace Mode 6 / А.В. Тамьяров, А.А. Шкромадо, Е.А. Булкаева // Вестник ВУиТ. – 2013. – № 2(21). – С.51 – 61.

14. Руководство пользователя Trace Mode 6. Версия 6.07.7. – М.: AdAstra Research Group, Ltd. – 2011.

15. Руководство по программированию контроллеров Delta DVP. Сайт компании Delta Electronics, Inc [Электронный ресурс]. – URL: http://www.deltaelectronics.su/content/files/DVP-ES-EX-SS-SA-SX-SC-SV-EH2_progr_manual_rus.pdf (дата обращения 05.05.19).

16. Руководство по курсу обучения. Программирование в среде GX Developer. Mitsubishi Electric EUROPE B.V. 04/2009. Сайт компании Mitsubishi Electric [Электронный ресурс]. – URL: www.mitsubishi-automation.ru (дата обращения 05.05.19).

17. Siemens Simatic S7. Программируемый контроллер S7-1200. Системное руководство Siemens AG. – Нюрнберг, Германия, 2009. – 397 с.

18. Программирование программируемых логических контроллеров ОВЕН ПЛК110 и ПЛК160. Руководство пользователя. – М.: ОВЕН, 2010. – 197 с.

19. Кузьмин Е.В. Построение и верификация ПЛК-программ по LTL-спецификации / Е.В. Кузьмин, В.А. Соколов, Д.А. Рябухин // Моделирование и анализ информационных систем. – 2013. – Т. 20, № 6. – С. 78–94.

20. Альтерман И.З. Формальные методы программирования логических контроллеров / И.З. Альтерман, А.А. Шалыто // Промышленные АСУ и контроллеры – 2005. – № 11. – С. 49–52.

Статья поступила в редакцию 05.06.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 004.94

МНОГОПОТОЧНОСТЬ КАК ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА БЫСТРОДЕЙСТВИЕ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОПЕРАЦИЙ СОРТИРОВКИ ДАННЫХ

© 2019

Пащенко Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, профессор, ректор
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г.Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 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, г.Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 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, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28)

Аннотация. В статье исследуется многопоточность как фактор, влияющий на быстродействие и производительность параллельной вычислительной системы при выполнении операций сортировки данных. Объектом исследования являются многопоточные методы сортировки данных. Предмет исследования – анализ влияния многопоточных методов сортировки данных на параллельные системы. Целью работы является проведение анализа существующих методов реализации операции многопоточной сортировки данных и на его основании определить временные характеристики некоторых основных функций операционной системы, а также проанализировать нагрузку на процессор. В процессе исследования разработаны программные средства для выполнения различных методов сортировки данных и получения их временных характеристик. В результате проведенного исследования получены данные о времени выполнения сортировки данных различными методами и о нагрузке на процессор, сделаны выводы о производительности рассмотренных методов. Полученные результаты могут применяться при проектировании различных программных продуктов, подразумевающих использование сортировки данных.

Ключевые слова: быстрая сортировка, вычислительная система, многопоточность, мьютекс, операционная система, программное обеспечение, семафор, скрипт, сортировка данных, сортировка слиянием, фреймворк, язык программирования C++, JSON, Linux.

MULTITHREADING AS A FACTOR INFLUENCING THE PERFORMANCE AND PERFORMANCE OF PARALLEL COMPUTING SYSTEM IN THE PERFORMANCE OF DATA SORTING OPERATIONS

© 2019

Pashchenko Dmitry Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, rector
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov proezd/Gagarin St., 1a / 11, e-mail: dmitry.pashcenko@gmail.com)
Martyshkin Alexey Ivanovich, candidate of technical sciences, docent, associate Professor of sub-department «Computers and systems»
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov proezd/Gagarin St., 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 St., 28)

Abstract. The article investigates multithreading as a factor affecting the performance and performance of a parallel computing system when performing data sorting operations. The object of research is multi-threaded methods of sorting data. The subject of the research is the analysis of the influence of multithreaded data sorting methods on parallel systems. The aim of the work is to analyze the existing methods of implementation of multithreaded data sorting operations and on its basis to determine the time characteristics of some of the main functions of the operating system, as well as to analyze the load on the processor. In the course of the study, software tools have been developed to perform various methods of sorting data and obtaining their temporal characteristics. As a result of the study, data on the time of data sorting by different methods and the load on the processor are obtained, conclusions are drawn about the performance of the methods considered. The results can be used in the design of various software products that involve the use of data sorting.

Keywords: quick sorting, computing system, multithreading, mutex, operating system, software, semaphore, script, data sorting, merge sorting, framework, programming language C ++, JSON, Linux.

Введение. Одной из наиболее распространенных задач в информатике и программировании является сортировка данных – процесс перегруппировки заданной последовательности объектов в определенном порядке (например, упорядочение в алфавитном порядке, по возрастанию или убыванию количественных характеристик, по классам, типам и т.п.), который в последовательности объектов необходим для простоты и удобства работы с этим объектом. Существует большое количество алгоритмов, позволяющих проводить операцию сортировки данных. Среди них можно выделить как последовательные методы, так и параллельные, появление которых непосредственно связано с развитием многопоточных вычислительных систем (ВС). Каждый из существующих алгоритмов сортировки данных предлагает свой подход к решению задачи сортировки, однако это различие заключается лишь в методах сравнения элементов в процессе выполнения сортировки. Наиболее простыми методами являются, например, пузырьковая сортировка и сортировка включением. Их трудоемкость может достигать квадратичной зависимости числа операций или же n^2, где n – число элементов в исходном массиве. Для таких алгоритмов, как сортировка слиянием, сортировка Шелла или быстрая сортировка, которые куда более эффективны и быстры, число операций, необходимых для проведения сортировки, будет зависеть от числа элементов неупорядоченного набора данных через логарифм или же $n \cdot \log 2n$. Именно данное выражение принимается минимально возможным числом операций сортировки данных.

Вследствие того, что преодолеть границу в $n \cdot \log 2n$ последовательными алгоритмами не представляется возможным, то для решения задачи по дальнейшему ускорению процесса сортировки данных необходимо применять новые параллельные методы сортировки, которые, в действительности, являются модифицированными методами все тех же последовательных методов сортировки, но с использованием нескольких вычислительных элементов [1–3].

Постановка задачи. На сегодняшний день написано немало не только статей, но и книг, научных работ и других материалов, посвященных способам сортировки данных. В них рассматриваются различные типы алгоритмов сортировки данных, которые могут выполняться как последовательно, так и параллельно [4–6] и [7–9].

В данной работе рассматривается область сортировки данных, поэтому одним из важнейших критериев в выборе языка программирования должна служить скорость [10 – 12]. Исходя требований к языку программирования, необходимого для реализации экспериментальной части статьи, наилучшим образом подходит C++ [13-15].

В процессе подготовки статьи был поставлен ряд конкретных частных задач. На основании анализа существующих методов реализации операции многопоточной сортировки данных следует:

– исследовать способы реализации многопоточной сортировки;

– исследовать способы реализации многопоточности при разработке программного обеспечения;

– исследовать методы синхронизации потоков при работе с многопоточными приложениями.

Разработка средств для проведения экспериментальной части и анализ полученных результатов. Были проведены вычислительные эксперименты по различным методам многопоточной сортировки данных. Выполнена реализация некоторых многопоточных алгоритмов сортировки данных. Для большей точности в процессе проведения экспериментов тест каждого из методов сортировки проводился на одном и том же наборе тестовых значений, генерация которого выполнялась вначале [16–18]. Массив данных хранится в файле в формате JSON, что достаточно удобно для работы с ними [19].

JSON основывается на двух структурах данных:

- Коллекция пар ключ/значение. В разных языках, эта концепция реализована как объект, запись, структура, словарь, хэш, именованный список или ассоциативный массив.
- Упорядоченный список значений. В большинстве языков это реализовано как массив, вектор, список или последовательность.

В нотации JSON это выглядит так [19]. Объект – неупорядоченный набор пар ключ/значение. Объект начинается с ‘{‘ (открывающейся фигурной скобки) и заканчивается ‘}’ (закрывающейся фигурной скобкой). Каждое имя сопровождается ‘:’ (двоеточием), пары ключ/значение разделяются ‘,’ (запятой) (рисунок 1).

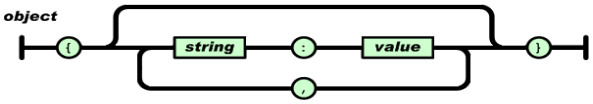


Рисунок 1 – Структура объекта в JSON

Массив – упорядоченная коллекция значений. Массив начинается с ‘[‘ (открывающейся квадратной скобки) и заканчивается ‘]’ (закрывающейся квадратной скобкой). Значения разделены ‘,’ (запятой) (рисунок 2).

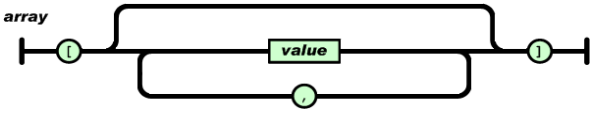


Рисунок 2 – Структура массива в JSON

Пример использования формата JSON для структурирования данных показан на рисунке 3.

Рисунок 3 – Пример использования формата JSON

Перед проведением экспериментов необходимо определить, какие параметры ВС будут анализироваться. Также необходимо определить какие входные параметры ВС будут меняться, и по каким параметрам будет производиться анализ различных методов сортировки данных [20–21]. Проведение тестов происходит по следующим параметрам:

I. Аппаратные характеристики.

1. Количество ядер в процессоре тестовой машины: 2, 4.

2. Частоты процессоров: 3.4 ГГц, 3.1 ГГц, 2.0 ГГц, 1.6 ГГц.

II. Программные характеристики

1. Количество используемых программами потоков: 1, 2, 4.

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

В ходе выполнения экспериментов необходимо собрать данные по времени выполнения сортировки данных с установленными параметрами. Данная характеристика является одной из важнейших при выборе используемого метода сортировки данных. Также в процессе тестов необходимо произвести анализ изменения используемой оперативной памяти, а также определить нагрузку на ядра процессора.

Для проведения вычислительных экспериментов были использованы машины со следующими процессорами:

- Intel(R) Core(TM) i5-7500 CPU @ 3.40GHz,
- Intel(R) Core(TM) i5-4440 CPU @ 3.10GHz,
- Intel(R) Core(TM) i7-3537U CPU @ 2.00GHz,
- Intel(R) Core(TM) i3-4130 CPU @ 3.40GHz.

Объем оперативной памяти, установленный в каждой из используемых машин, равен 8Гб.

Одним из главных факторов анализа производительности работы любого алгоритма, в том числе и алгоритма сортировки данных, является время его работы. Поэтому при анализе различных методов сортировки данных необходимо получать расчетное время выполнения алгоритма. Для выполнения этой задачи использовалась следующая функция:

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

Также немаловажным фактором является использование аппаратных ресурсов ВС, таких как оперативная память и нагрузка на ядра процессора.

Для того, чтобы убедиться в работоспособности алгоритмов сортировки данных, создан массив из 500 случайных элементов в диапазоне от 1 до 1 млн. Для этого была применена стандартная функция языка C++ rand (). Ее использование выглядело следующим образом:

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

После создания исходного массива данных, он был выведен на экран, после чего отсортирован и выведен уже в конечном варианте (рисунок 4). Этой процедуре был подвергнут каждый из алгоритмов, рассматриваемых в экспериментальной части работы.

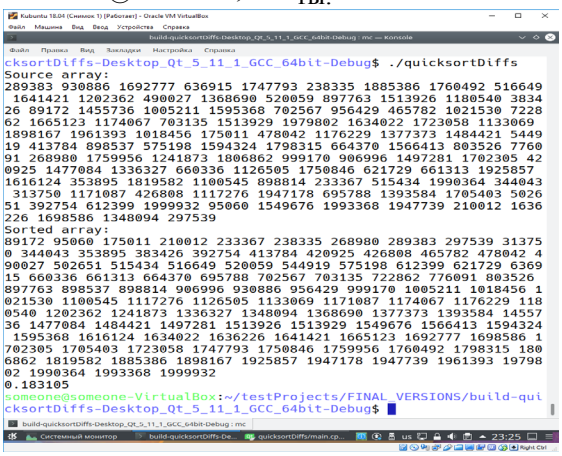


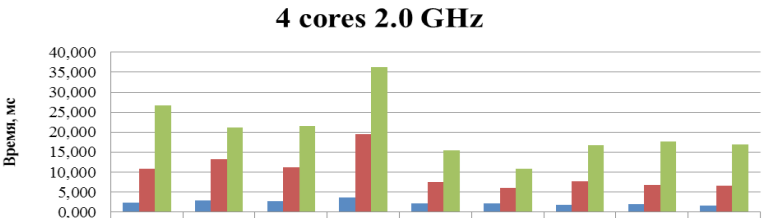
Рисунок 4 – Пример результата выполнения быстрой сортировки

Вследствие того, что количество запланированных экспериментов представляет собой огромное количество колоссальной работы, имеет место быть автоматизация данного процесса или как это еще можно назвать – автоматизированное тестирование – процесс тестирования программного обеспечения, при котором основные функции и шаги теста, такие как запуск, инициализация, выполнение, анализ и выдача результата, производятся автоматически с помощью инструментов для автоматизированного тестирования. Для автоматического выполнения программ сортировки данных с последующим получением данных целесообразно реализовать один из видов скриптов, например, bash-скрипт, который представляет собой сценарий командной строки, написанный для оболочки bash.

На рисунках 5–7, построены графики по результатам проведенных экспериментов. На них сравниваются временные характеристики по методам сортировки для трех вариантов конфигураций тестовых ВС для диапазонов исходных массивов данных от 10 тыс. до 100 тыс. элементов.

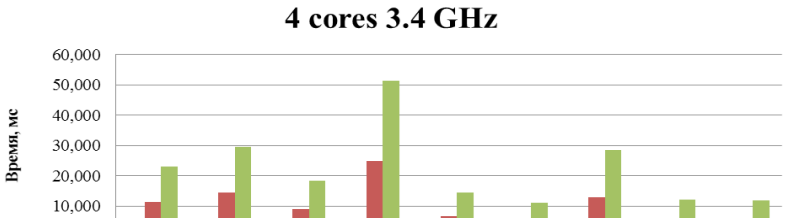
	сортировка слиянием 1 поток	сортировка слиянием 2 потока	сортировка слиянием 4 потока	stg::sort 1 поток	stg::sort 2 потока	stg::sort 4 потока	быстрая сортировка 1 поток	быстрая сортировка 2 потока	быстрая сортировка 4 потока
10000.000	1,953	2,578	2,954	4,363	3,043	1,907	2,314	1,066	1,074
50000.000	11,779	15,259	15,439	26,460	7,956	6,881	13,699	6,443	5,540
100000.000	27,819	32,544	33,226	53,855	15,137	15,203	28,911	12,921	16,215

Рисунок 5 – Результат измерения времени, затраченного на сортировку данных массивов диапазона от 10 тысяч элементов до 100 тысяч элементов на устройстве с 2-х ядерным процессором с частотой в 3.4 ГГц



	сортировка слиянием 1 поток	сортировка слиянием 2 потока	сортировка слиянием 4 потока	stg::sort 1 поток	stg::sort 2 потока	stg::sort 4 потока	быстрая сортировка 1 поток	быстрая сортировка 2 потока	быстрая сортировка 4 потока
10000.000	2,397	2,870	2,770	3,581	2,191	2,114	1,790	2,028	1,674
50000.000	10,873	13,213	11,266	19,493	7,610	5,991	7,794	6,758	6,668
100000.000	26,730	21,198	21,545	36,305	15,418	10,802	16,828	17,660	16,853

Рисунок 6 – Результат измерения времени, затраченного на сортировку данных массивов диапазона от 10 тысяч элементов до 100 тысяч элементов на устройстве с 4-х ядерным процессором с частотой в 2.0 ГГц



	сортировка слиянием 1 поток	сортировка слиянием 2 потока	сортировка слиянием 4 потока	stg::sort 1 поток	stg::sort 2 потока	stg::sort 4 потока	быстрая сортировка 1 поток	быстрая сортировка 2 потока	быстрая сортировка 4 потока
10000.000	2,316	2,841	2,473	4,126	1,663	1,863	2,281	1,115	1,796
50000.000	11,291	14,594	8,994	24,917	6,740	5,799	12,969	5,614	5,604
100000.000	23,182	29,484	18,474	51,317	14,636	11,036	28,587	12,110	11,793

Рисунок 7 – Результат измерения времени, затраченного на сортировку данных массивов диапазона от 10 тысяч элементов до 100 тысяч элементов на устройстве с 4-х ядерным процессором с частотой в 3.4 ГГц

Как видно из представленных графиков для данных диапазонов исходных массивов почти не имеет значение, каким из методов проводится сортировка данных. Разница во времени сортировки между различными методами и между различным количеством используемых потоков крайне мала. В данном случае нет нужды использовать вручную написанные функции сортировки, можно воспользоваться имеющимися библиотечными.

На рисунках 8–9 отображается динамика роста времени выполнения сортировки исходного массива данных от его размера. Почти везде использование четырех потоков для выполнения сортировки данных позволяет выполнить данную операцию за меньшее время. Из этого следует, что без особой надобности для конкретно определенных размеров массивов исходных данных, применение многопоточной сортировки данных не требуется. В тех же случаях, когда размеры массива исходных данных насчитывают несколько миллионов элементов целесообразно применять многопоточный вариант сортировки, т.к. разница во времени сортировки с однопоточным вариантом может существенно отличаться.

	10000,000	50000,000	100000,000	500000,000	1000000,000
1 поток	2,281	12,969	28,587	154,961	336,163
2 потока	1,115	5,614	12,110	42,841	79,515
4 потока	1,796	5,604	11,793	31,275	55,339

Рисунок 8 – Результат измерения времени, затраченного на сортировку с использованием метода быстрой сортировки диапазона от 10 тысяч элементов до 1 млн. элементов с использованием различного числа потоков

	3000000,000	5000000,000	10000000,000	50000000,000	100000000,000
1 поток	1080,545	1840,446	3764,682	20252,470	41800,440
2 потока	260,472	419,936	854,799	4372,267	8847,504
4 потока	160,222	260,754	552,742	2620,001	5387,592

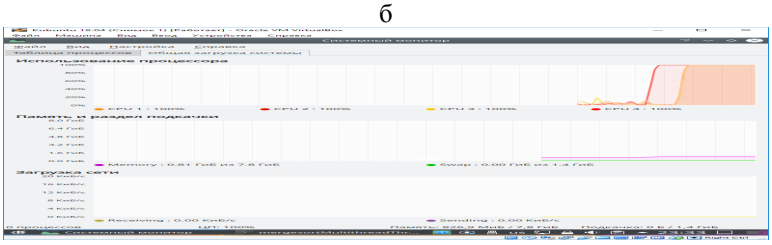
Рисунок 9 – Результат измерения времени, затраченного на сортировку с использованием метода быстрой сортировки диапазона от 3 млн. элементов до 100 млн. элементов с использованием различного числа потоков

Для анализа нагрузки на процессор, которую создают различные методы сортировки, использована утилита «Системный монитор», которая входит в состав дистрибутивов ОС Linux, таких как Ubuntu, Fedora и т.д.

На рисунке 10 представлены графики «Системного монитора» загрузки процессора при выполнении сортировки массива данных из 50 млн. элементов методом слияния с использованием одного, двух и четырех потоков.

а

б



в

Рисунок 10 – Загрузка процессора при выполнении сортировки методом слияния: с использованием одного потока (а), с использованием двух потоков (б), с использованием четырех потоков (в)

Как видно из рисунков, использование нескольких потоков позволяет подключить к использованию другие ядра процессора, за счет чего, можно добиться повышения скорости выполнения сортировки данных.

При проведении последовательного запуска сортировки массивов данных в диапазоне от 10 тыс. до 10 млн. элементов методом быстрой сортировки с использованием одного, двух и четырех потоков были получены следующие графики (рисунок 11).

а

б

в

Рисунок 11 – Сортировка массивов данных в диапазоне от 10 тыс. до 10 млн. элементов методом быстрой сортировки: с использованием одного потока(а), с использованием двух потоков (б), с использованием четырех потоков (в)

Как видно из рисунка 11, а при использовании однопоточного варианта быстрой сортировки почти на протяжении всего эксперимента идет нагрузка только на одно ядро.

В отличие от однопоточного варианта, при использовании многопоточной быстрой сортировки времени требуется значительно меньше, а также за счет того, что нагрузка распределяется на оба ядра, ни одно из них не нагружается на 100%. Однако разницы между использованием двух и четырех потоков практически нет, скорее даже использование четырех потоков больше нагружает ядра процессора (рисунок 11, б и рисунок 11, в).

Заключение. В процессе проведения исследования разработаны средства для выполнения различных видов сортировки данных, среди которых как однопоточные, так и многопоточные. Разработанные средства позволяют получить результаты по затраченному для выполнения сортировки данных времени. Кроме того, разработан скрипт для автоматического выполнения заданного набора тестов.

По полученным данным временных характеристик были построены графики для визуализации зависимостей полученных данных от методов сортировки, размеров исходных массивов данных и аппаратных характеристик используемого вычислительного устройства.

В ходе анализа полученных данных установлено, что рост частоты процессора и числа ядер ВС не всегда дают прирост скорости выполнения сортировки данных. Особенно заметно это проявляется при использовании библиотечных способов сортировки, т.к. их внутренние реализации могут отличаться для разных платформ. Хотя в большинстве результатов прирост частоты процессора гарантировал повышение производительности методов сортировки данных.

В ходе анализа нагрузки, производимой на ядра процессора, были получены следующие результаты:

1. Применением многопоточных методов сортировки данных позволяет распределить нагрузку на ядра процессора, для снижения пиковой загруженности отдельных ядер, в отличие от однопоточных реализаций;

2. За счет включения в работу большего числа ядер повышается скорость выполнения сортировки данных, что наиболее существенно для больших объемов данных;

3. Использование числа потоков, большего, чем число ядер процессора вычислительного устройства, не дает никакого прироста к скорости выполнения операции сортировки.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Дупленко А.Г. Эволюция способов и алгоритмов сортировки данных в массивах // Молодой ученый. – 2013. – №9. – С. 17–19.

2. Иванов К.К. Параллельные методы сортировки / К.К. Иванов, С.А. Раздобудько, Р.И. Ковалев // Молодой ученый. –2017. – №7. – С. 15–16.

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

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

5. Скворцов С.В. Параллельные алгоритмы сортировки данных и их реализация на платформе CUDA / С.В. Скворцов, Т.А. Пюрова // Вестник РГРТУ. – 2016. – №58 – С.42–48.

6. Раздобудов С. А. Исследование и анализ возможности реализации многопоточности при разработке По на языке С++ / С.А. Раздобудов, И.И. Сальников // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 3–2.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

19. Томас Х. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн. Алгоритмы: построение и анализ = INTRODUCTION TO ALGORITHMS. – 2-е изд. – М.: «Вильямс», 2006. – 1296 с.

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

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

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

Статья поступила в редакцию 10.06.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 004

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПРИХОДОВ КЛИЕНТСКИХ ПЛАТЕЖЕЙ В БАНК

© 2019

Зайцев Дмитрий Викторович, доцент, кандидат технических наук
12 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской федерации
(141307, Россия, г. Сергиев Посад, ул. Весенняя, 2б, e-mail: shvedovn@gmail.com)
Шамаева Ольга Юрьевна, доцент, кандидат технических наук
Национальный исследовательский университет «МЭИ»
(111250, Россия, г. Москва, ул. Красноказарменная, 14, e-mail: shvedovn@gmail.com)
Шведов Николай Александрович, аспирант
Национальный исследовательский университет «МЭИ»
(111250, Россия, г. Москва, ул. Красноказарменная, 14, e-mail: shvedovn@gmail.com)

Аннотация. В работе рассмотрены распределения вероятностей приходов клиентских платежей в Банк. По распределению вероятностей определяется минимальный клиентский приход за день, на который можно рассчитывать. Показано, что логнормальное распределение с большой точностью описывает процесс приходов платежей. Найдено, что эта теоретическая кривая аппроксимирует полученное на практике статистическое распределение. Для этого использовался критерий согласия χ^2 Пирсона. Установлено, что расхождение между теоретическим и полученным на практике статистическим распределениями связано с ограниченным числом наблюдений.

Ключевые слова: Логнормальное распределение, клиентские платежи, критерий Пирсона, статистика, вероятность.

THE DEFINITION OF THE THEORETICAL DISTRIBUTION FOR THE PROBABILITIES OF CLIENTS' PAYMENTS COMING TO THE BANK

© 2019

Zaitsev Dmitry Victorovich, Candidate of Technical Sciences
12 Central Institute of Scientific and Research
(141307, Russia, Sergiev Posad, spring St., 2B, e-mail: shvedovn@gmail.com)
Shamaeva Olga Yuryevna, Candidate of Technical Sciences
National Research University "MPEI"
(111250, Russia, Moscow, Krasnokazarmennaya St., 14, e-mail: shvedovn@gmail.com)
Shvedov Nickolai Alexandrovich, post graduate student
National Research University "MPEI"
(111250, Russia, Moscow, Krasnokazarmennaya St., 14, e-mail: shvedovn@gmail.com)

Abstract. The distribution of probabilities of clients' payments coming to the bank is considered in this work. The least client's coming for a day on which it is possible to rely is defined using the distribution of the probabilities. It is shown that lognormal distribution describes the process of payments' coming with great accuracy. It is found that this theoretical curve approximates the statistical distribution obtained in practice. Pearson's chi-squared test has been used for obtaining the confirmation. It is stated that the discrepancy between the theoretical distribution and the statistical distribution obtained in practice is connected with the limited number of observations.

Keywords: Lognormal distribution, clients' payments, Pearson's chi-squared test, statistics, probability

Введение. Одной из проблем, возникающих в Банке, является определение остатков до востребования и дневное регулирование корреспондентского счета. После прекращения Банком приема платежей клиентов в казначействе или в отделе расчетов на корреспондентском счете на конец текущего дня сформировывается расчетная величина денежных средств, на которую Банк должен привлечь средства, если позиция отрицательная, или разместить средства, если позиция положительная [1-6].

В настоящее время алгоритм прогноза прихода клиентских средств следующий: из анализа дневных клиентских приходов определяется минимальный клиентский приход, на который можно рассчитывать как на некую гарантированную сумму. В большинстве случаев Банк оставляет денежные средства на корреспондентском счете. Анализ работы Банка показывает, что клиентские деньги могут прийти и в конце рабочего дня. Тогда возникает необходимость пересмотреть существующий алгоритм расчета прогноза прихода клиентских средств, чтобы оптимизировать остатки денег на рублевом корреспондентском счете банка. Для этого необходимо определить, какому статистическому распределению подчиняются клиентские приходы, и обосновать выбранное теоретическое распределение.

Целью данной работы является установление теоретической кривой распределения для вероятностей приходов клиентских платежей в Банк.

1. Рассмотрение процесса приходов клиентских средств в Банк

Рассмотрим усредненную статистику приходов клиентских платежей по Банкам в сроки 05.04.2018 – 31.01.2018, приведенную на рисунке 1.

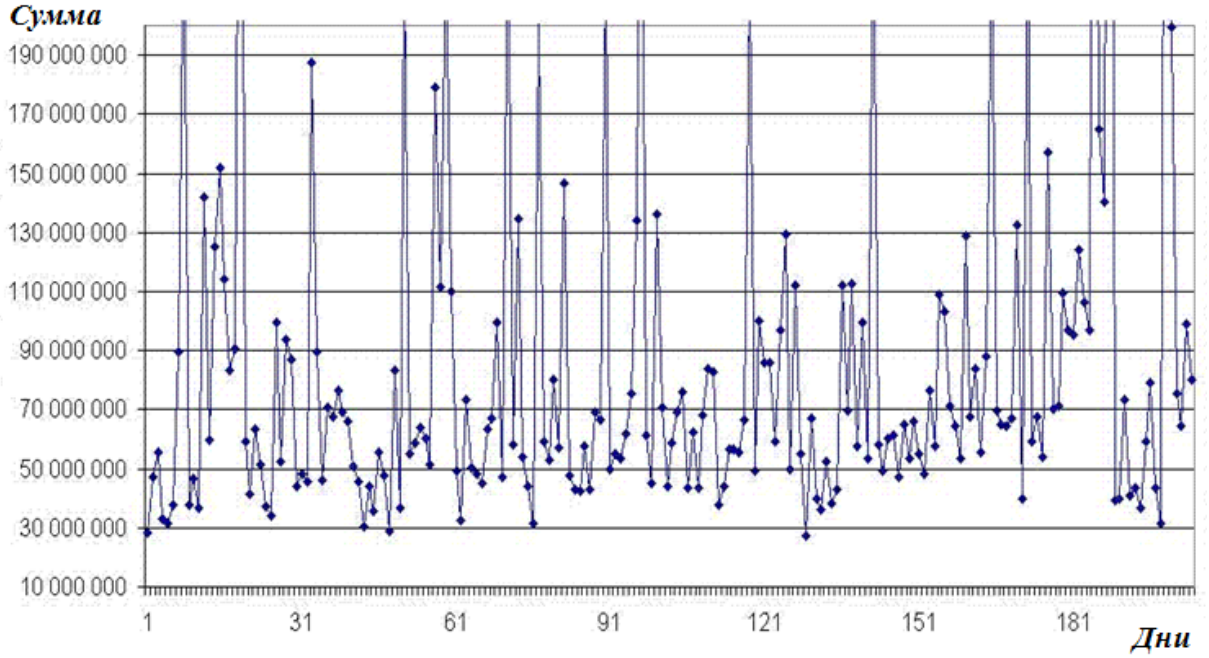


Рисунок 1 – Дневные клиентские приходы в сроки 05.04.2018 – 31.01.2018

Будем исходить из того, что параметры этой статистики (математическое ожидание, дисперсия) за данный период остаются неизменными. Вопрос о том, является ли всплеск в картине клиентских приходов случайным выбросом рассматриваемого процесса, или же это есть факт изменения параметров случайного процесса, рассматривается в работе [7]. В этой работе рассмотрены правила остановки, при которых отклонения статистических данных определяются не всплеском случайного процесса, а изменением параметров распределения. Будем считать параметры статистического распределения постоянными величинами.

Установим вид закона распределения клиентских платежей. Исходя из имеющейся статистики, вначале определим численные характеристики статистического распределения: математическое ожидание, дисперсию и среднее квадратическое отклонение (СКО) [8-12].

Формула для вычисления математического ожидания имеет вид:

$$M[X] = \sum_{i=1}^{n} x_i p_i \quad , \qquad (1)$$

где x_i - значение случайной величины, наблюдаемое в i – ом опыте, n – число опытов (объем выборки), p_i - вероятность того, что случайная величина примет наблюдаемое значение. Основной аналогией для этой характеристики является среднее арифметическое значение

$$M[X] = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \quad , \qquad (2)$$

Дисперсия определяется по формуле

$$D[X] = \sum_{i=1}^{n} (x_i - m_x)^2 p_i \quad , \qquad (3)$$

где m_x - математическое ожидание величины x.

После замены математического ожидания его статистическим аналогом приходим к следующему виду дисперсии:

$$D[X] = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - m_x)^2}{n} \quad , \qquad (4)$$

Среднее квадратическое отклонение связано с дисперсией выражением

$$\sigma_x = \sqrt{D[X]}, \qquad (5)$$

Вычисляя по вышеприведенным формулам числовые характеристики, получим:

$$\grave{I}\ [X] = 72\ 000\ 000,$$
$$D[X] = 2469\ 000\ 000,$$
$$\sigma_x = 49\ 000\ 000.$$

2. Логнормальное распределение вероятностей приходов клиентских платежей в Банк

По статистическим данным построена диаграмма распределения вероятностей приходов клиентских платежей, которая изображена на рисунке 2. Она имеет несимметричный вид. Учитывая распределения вероятностей приходов клиентских платежей, осуществим аппроксимацию статистического распределения теоретической кривой. Вид этой кривой выбирается из соображений, связанных с существом задачи, а также по внешнему виду статистического распределения.

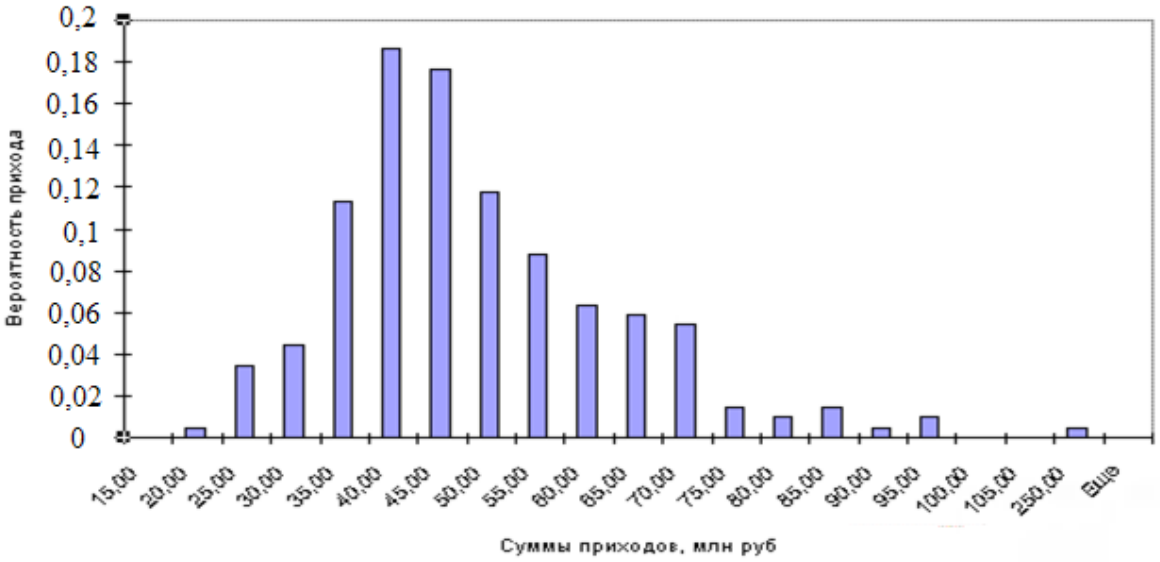


Рисунок 2 – Вероятность приходов клиентских платежей

Параметры распределения выбираются таким образом, чтобы расхождения между теоретическим и статистическим распределениями оказались минимальными. В данной задаче логарифмически-нормальное распределение хорошо описывает используемую статистику клиентских платежей:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}x} \cdot e^{\frac{-(\ln x - \ln a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (6)$$

где a и σ – параметры этого распределения.

Математическое ожидание и дисперсия имеют следующий вид:

$$M[X] = a^{\frac{\sigma^2}{2}};$$
$$D[X] = a^2 e^{\sigma^2}(e^{\sigma^2} - 1), \quad (7)$$

Можно воспользоваться приближением теоретической кривой распределения к полученной на практике статистической, при этом задача приближения сводится к рациональному выбору значений параметров распределения, при которых соответствие между статистическим и теоретическим распределениями окажется наилучшим, с точки зрения расхождений. При решении задачи приближения были проведены расчеты, по результатам которых построена теоретическая кривая распределения вероятностей приходов клиентских платежей в Банк, имеющая минимальное расхождение со статистической (рисунок 3). Также получены соответствующие ей значения безразмерных параметров: $a = 50$; $\sigma = 0{,}774$.

3. Обоснование выбранного теоретического распределения вероятностей приходов клиентских платежей в Банк

Между теоретическим и статистическим распределениями неизбежны некоторые расхождения. Важно понять, являются ли эти расхождения случайными, связанными с ограниченным числом наблюдений, или подобранная кривая плохо описывает данное распределение. Для этого используем критерий согласия. На основе данного статистического материала необходимо проверить гипотезу H, состоящую в том, что случайная величина X подчиняется некоторому закону распределения, заданному или функцией распределения $F(x)$, или плотностью распределения $\varphi(x)$, или совокупностью вероятностей p_i (где p_i – вероятность с которой случайная величина X попадет в i–ый интервал разбиения).

Для проверки гипотезы H, необходимо рассмотреть некоторую величину U, характеризующую степень расхождения теоретического и и полученного на практике статистического распределений. Эта величина может выбираться разными способами.

Например, можно взять сумму квадратов отклонений теоретических вероятностей p_i от соответствующих частот p_i^*, или же сумму тех же квадратов с некоторыми коэффициентами (весами), или максимальное отклонение статистической функции распределения $F^*(x)$ от теоретической $F(x)$ и так далее.

Фактически U – случайная величина, закон распределения которой зависит от закона распределения случайной величины X, исследовавшейся в опытах и от их числа n.

В результате опытов величина U приняла значение, равное u. Оно может быть связано с большим числом опытов или большими отклонениями от предполагаемого закона. Предположим гипотезу H верной и вычислим вероятность того, что мера расхождения U окажется не меньше u ($U \geq u$). Если такая вероятность мала, то гипотеза отвергается, в противном случае она не противоречит опытным данным.

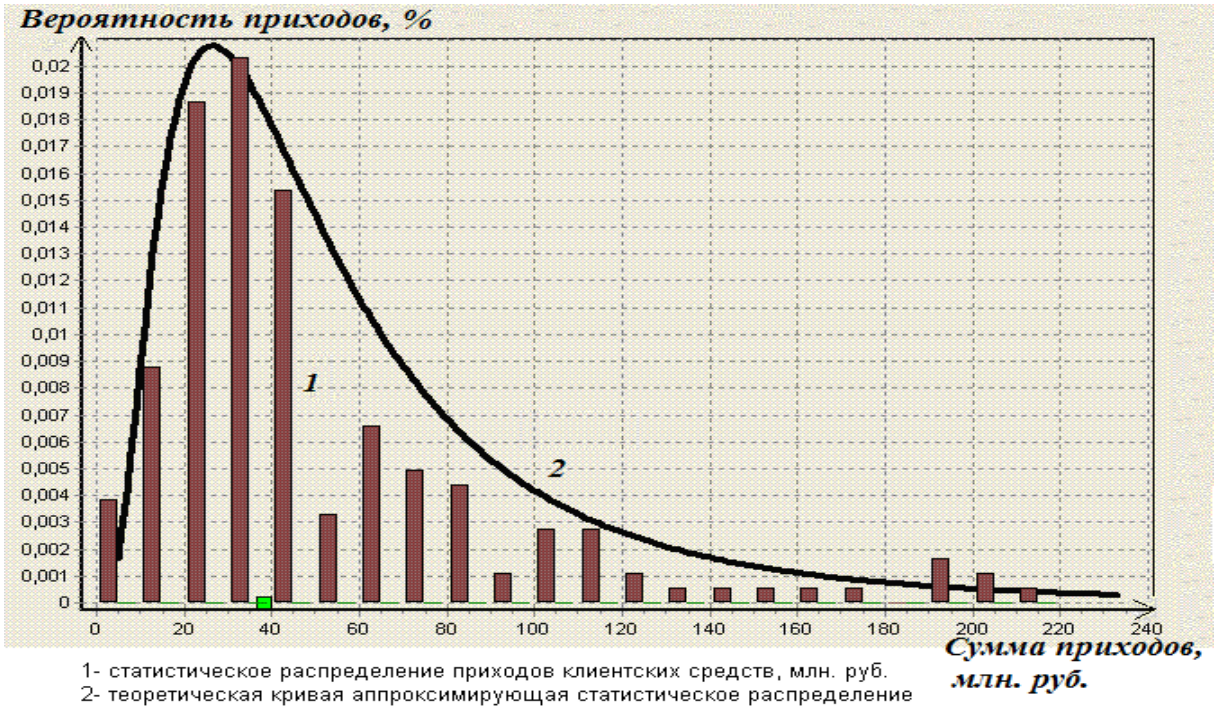


Рисунок 3 – Диаграмма приходов клиентских платежей

При некоторых способах выбора меры расхождения U она обладает некоторыми простыми свойствами – при достаточно больших n она практически не зависит от функции $F(x)$.

4. Применение критерия χ2 Пирсона к статистическому распределению вероятностей приходов клиентских платежей в Банк

Применим к приведенному статистическому распределению критерий «χ2 Пирсона» [13-20].В качестве меры расхождения возьмем величину χ2, равную сумме квадратов отклонений статистических вероятностей от теоретических, полученных по предполагаемому распределению, взятых с некоторыми весами:

$$U = \chi^2 = \sum_{i=1}^{m} c_i (p_i^* - p_i)^2, \quad (8)$$

где p_i^* – статистические вероятности;
p_i – теоретические вероятности;
c_i – некоторые веса.

Возьмем веса таким образом, чтобы при одних и тех же отклонениях $(p_i^* - p_i)^2$ больший вес имели те отклонения, при которых теоретическая вероятность мала, и меньший – при обратном условии. Это можно осуществить, если взять c_i обратно пропорциональными вероятностям p_i.

$$c_i = \frac{n}{p_i}$$

Тогда при и $n \to \infty$ степень расхождения теоретического и полученного на практике статистического распределений будет:

$$U = \chi^2 = \sum_{i=1}^{m} \frac{n}{p_i} (p_i^* - p_i)^2, \quad (9)$$

где n – объем выборки приходов клиентских платежей (число опытов).

Для проверки гипотезы H перепишем формулу (9):

$$U = \chi^2 = \sum_{i=1}^{m} \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}, \quad (10)$$

где: n_i – эмпирические частоты;
np_i – теоретические частоты;
p_i –вероятности теоретических частот np_i (n – объем выборки приходов клиентских платежей);

$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$ – мера расхождения между эмпирическими и теоретическими частотами.

Теперь степень расхождения теоретического и статистического распределений имеет χ^2 распределение с числом степеней свободы $k = m - r - 1$, где m – число интервалов эмпирического распределения; r – число параметров теоретического распределения, вычисленных по экспериментальным данным.

Проведем проверку гипотезы о согласовании двух распределений по критерию χ^2 при произвольно выбранном уровне значимости $\alpha = 0{,}005$.

Разобьём результаты наблюдений на отдельные интервалы $[x_i, x_{i+1}]$, в каждом из которых подсчитаем число попаданий случайной величины X.

По сделанному предположению о виде закона распределения, примем гипотезу H о том, что на-

блюдаемая нами статистика приходов клиентских платежей подчиняется логнормальному закону распределения с $a = 50$ и $\sigma = 0{,}774$.

Так как логнормальное распределение – это такое распределение, при котором логарифм случайной величины X подчиняется нормальному закону распределения, то сделаем следующее заключение: для расчета вероятности p_i попадания случайной величины X в интервал $[x_i, x_{i+1}]$ можно воспользоваться тем, что функция логнормального распределения этой случайной величины совпадает с функцией нормального распределения случайной величины $\ln X$.

Для определения этой вероятности используем свойство нормального распределения:

$$p_i(x_i \le X \le x_{i+1}) = \frac{1}{2}\left[\Phi\left(\frac{\ln x_{i+1} - \ln a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\ln x_i - \ln a}{\sigma}\right)\right], \quad (11)$$

где x_i – начало интервала разбиения, x_{i+1} – конец интервала разбиения

$$\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}}\int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}}dt \quad (12)$$

Значение статистики χ^2 приведены в таблице 1, в которую внесены интервалы разбиения $[x_i, x_{i+1}]$, эмпирические частоты n_i, вероятности p_i, теоретические частоты np_i и собственно сама мера расхождения $\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$.

Таблица 1 – Значение критерия χ2 Пирсона

i	Интервал $[x_i, x_{i+1}]$	Эмпирические частоты n_i	Вероятности теоретических частот p_i	Теоретические частоты np_i	Квадрат разности пирических и теоретических частот $(n_i-p_i)^2$	Мера расхождения $(n_i-p_i)^2/np_i$
1	21,52 - 33,52	8	0,0806	14,6692	44,47822	3,032082
2	33,52 - 45,52	28	0,14515	26,4173	2,504939	0,09482
3	45,52 - 57,52	40	0,1555	28,301	136,866	4,83610
4	57,52 - 69,52	39	0,13445	24,4699	211,1238	8,627898
5	69,52 - 81,52	13	0,1235	22,477	89,8135	3,995796
6	81,52 - 93,52	12	0,09315	16,9533	24,5351	1,44722
7	93,52 - 105,52	10	0,0674	12,2668	5,13838	0,418885
8	105,52 -117,52	9	0,05055	9,2001	0,040040	0,0043521
9	117,52 - 129,52	4	0,03495	6,3609	5,573848	0,87626
10	129,52 - 141,52	5	0,025	4,55	0,202499	0,04450
11	141,52 - 153,52	3	0,02095	3,8129	0,660806	0,17330
12	153,52 - 165,52	2	0,0134	2,438799	0,19254	0,07895
13	165,52 - 177,52	0	0,00980	1,7836	3,18122	1,7836
14	177,52 - 189,52	2	0,007699	1,4014	0,35832	0,25568
15	189,52 - 201,52	1	0,0055	1,001	0	0
16	201,52 - 213,52	0	0,004	0,7280	0,52998	0,728
17	213,52 - 225,52	4	0,002799	0,50959	12,1828	23,906774
18	225,52 - 237,52	2	0,002250	0,40950	2,52969	6,177509

Поскольку статистика (10) имеет χ2 распределение только при стремлении числа наблюдений к бесконечности, то необходимо чтобы в каждом интервале было достаточное число наблюдений (по крайней мере, 5 наблюдений). Если в каких-то интервалах число наблюдений меньше 5, тогда объединим соседние интервалы, чтобы в объединенных интервалах было не менее 5 наблюдений. Результаты объединения представлены в итоговой таблице 2.

Фактически наблюдаемое значение статистики $\chi2 = 12{,}97$.

Так как новое число интервалов, как видно из таблицы $m = 10$, и число параметров в логнормальном законе $r=2$, то, следовательно, число степеней свободы будет равно $k = m – r - 1 = 7$.

Таким образом, $\chi^2_{0,05;7} = 14{,}1$ (при уровне значимости $\alpha = 0{,}05$ и числе степеней свободы $k=7$). Так как $\chi^2 < \chi^2_{0,05;7}$, то гипотеза о выбранном логнормальном распределении согласуется с опытными данными.

Таблица 2 – Значение критерия χ2 Пирсона при достаточном числе наблюдений (не меньше 5)

i	Интервал $[x_i, x_{i+1}]$	Эмпирические частоты n_i	Вероятности p_i	Теоретические частоты np_i	Квадрат разности эмпирических и теоретических частот $(n_i-p_i)^2$	Мера расхождения $(n_i-p_i)^2/ np_i$
1	21,52 - 33,52	8	0,0806	14,6692	44,47822	3,032082
2	33,52 - 45,52	28	0,14515	26,4173	2,504939	0,09482
3	45,52 - 57,52	40	0,1555	28,301	136,866	4,83610
4	57,52 - 81,52	52	0,25795	46,9469	25,5338	0,5438872
5	81,52 - 93,52	12	0,09315	16,9533	24,5351	1,44722
6	93,52- 105,52	10	0,0674	12,2668	5,13838	0,418885
7	105,52 -117,52	9	0,05055	9,2001	0,040040	0,0043521
8	117,52 - 141,52	9	0,05995	10,9109	3,65153	0,3346688
9	141,52 -165,52	5	0,03435	6,2517	1,56675	0,25061
10	165,52 - 237,52	9	0,03205	5,8331	10,02925	1,719369
	Сумма	182	0,97825			12,973206

Выводы.

1. Рассмотрена усредненная статистика приходов клиентских платежей в Банк и определены численные значения математического ожидания, дисперсии и среднего квадратического отклонения.

2. Найдено, что логнормальное распределение как аппроксимация статистического распределения с большой точностью описывает приход клиентских платежей в Банк.

3. Проведено обоснование выбранного теоретического распределения.

4. χ^2 Пирсона использовался в качестве критерия согласия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Галанов В.А. Основы банковского дела, М.: Форум, 2017. – 288 с.

2. Мишкин Ф. Экономическая теория денег, банковского дела и финансовых рынков М.: «И.Д. Вильямс», 2013. – 880 с.

3. Лаврушин О., Валенцева Н. Банковские риски. КноРус, 2019. – 292 с.

4. Алексеева Д.Г., Пыхтин С.В., Загиров Р.З. Банковский вклад и банковский счет. Расчеты. М.: Юрайт, 2019. – 243 с.

5. Криничанский К.В. Основы финансовых вычислений. М.: Прометей, 2019. – 392 с.

6. Усоскин В.М. Современный коммерческий банк. Управление и операции М.: Ленанд, 2019. – 328 с.

7. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Введение в математическую статистику – М.: URSS, 2015. – 600 с.

8. Письменный Д.Т. Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам, М.: Айрис – пресс, 2018. – 288 с.

9. Трофимова Е.А., Кисляк Н. В., Гилёв Д. В. Теория вероятностей и математическая статистика Екатеринбург Издательство Уральского университета, 2018. – 160 с.

10. Бондаренко П.С., Горелова Г.В., Кацко И.А. Теория вероятностей и математическая статистика М.: Кнорус, 2019. – 392 с.

11. Гмурман Д.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике М.: Юрайт, 2016. – 404 с.

12. Салин В.Н., Третьякова О.Г. Банковская статистика М.: Юрайт 2019. – 215 с.

13. Фадеев Л.Н., Лебедев А.В. Теория вероятностей и математическая статистика М.: Рид Групп, 2018. – 480 с.

14. Астахова И.С., Кошмак В.К., Лисенков А.В. Теория вероятностей и математическая статистика Псков Псковский государственный университет, 2016. – 40 с.

15. Гусева Е.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. Москва: ФЛИНТА, 2016. – 220 с.

16. Геворкян П.С., Потемкин А.В., Эйсымонт И.М. Теория вероятностей и математическая статистика М: Физматлит, 2016. – 176 с.

17. Аркашов Н.С., Ковалевский А.П. Теория вероятностей и случайные процессы Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 238 с.

18. Севестьянов Б.А. Курс теории вероятностей и математической статистики М.: ЛЕНАНД, 2019. – 256 с.

19. Катасонова Т.А. Статистика М.: Феникс, 2017. – 160 с.

20. Халафян А.А., Боровиков В. П., Калайдина Г.В., Теория вероятностей, математическая статистика и анализ данных М.: ЛЕНАНД, 2017. – 320 с.

Статья поступила в редакцию 03.06.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 623.4.01

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КОСМИЧЕСКОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ВИДОВОЙ РАЗВЕДКИ ИНОСТРАННЫХ ГОСУДАРСТВ

© 2019

Гусева Александра Олеговна, аспирант
Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования
«Научно-образовательный центр воздушно-космической обороны
«Алмаз – Антей» им. академика В.П. Ефремова»
(121471, Россия, г. Москва, ул. Верейская, 41, e-mail: a.alessa@mail.ru)

Аннотация. По взглядам командования вооруженных сил технологически развитых государств, успешное ведение боевых действий в современной войне невозможно без разветвленной, хорошо отлаженной системы разведки, способной в любое время дня и ночи, в любых погодных условиях доставлять командиру интересующие его сведения о противнике. Технические средства космической радиолокационной видовой разведки иностранных государств (РЛР-В) дают возможность оперативного получения информации об объектах системы управления Вооруженных сил. Преимуществом ведения РЛР-В является высокая точность измерения геометрических характеристик наблюдаемой цели, а также обнаружение объектов, невидимых в оптическом диапазоне длин волн, находящихся под маскировочными покрытиями или скрытых снегом и лесными массивами. В данной статье рассмотрен анализ возможностей РЛР-В. Дано описание существующих космических аппаратов ведущих РЛР-В, а также описание вновь разрабатываемых и совершенствуемых систем. Дано подробное описание возможностей технических средств РЛР-В. Показаны актуальность и важность противодействия таким средствам разведки. Особое внимание уделено пространственно-протяженным наземным целям (подвижным пунктам управления соединения (объединения) ВКС) – (далее ПУ). Дано обоснование необходимости разработки методики по оценке вероятности обнаружения средствами РЛР-В ПУ, учитывая такие параметры как: время пребывания в зоне обнаружения, количество объектов пункта управления, ЭПР объекта, а также пространственную протяженность, что обеспечит оптимальный выбор средств противодействия РЛР-В.

Ключевые слова: пространственно-протяженная наземная цель, подвижный пункт управления, технические средства космического радиолокационной видовой разведки.

ANALYSIS OF TECHNICAL MEANS SPACE RADAR IMAGERY INTELLIGENCE FOREIGN STATES

© 2019

Guseva Aleksandra Olegovna, graduate student
Autonomous non-profit organization of additional professional education
"Scientific and educational center of aerospace defense
"Almaz-Antey. academician V.P. Efremov"
(121471, Russia, Moscow, Vereyskaya St., 41, e-mail: a.alessa@mail.ru)

Abstract. According to the views of the command of the armed forces of technologically advanced States, the successful conduct of hostilities in modern warfare is impossible without an extensive, well-established intelligence system, capable at any time of day or night, in any weather conditions, to deliver the commander of his information about the enemy. Technical means of space radar reconnaissance of foreign States (HRD-V) provide an opportunity to quickly obtain information about the objects of the control system of the Armed forces. The advantage of conducting HRD-B is a high accuracy of measurement of the geometric characteristics of the observed target, as well as the detection of objects invisible in the optical wavelength range, under camouflage coatings or hidden by snow and forests. This article discusses the analysis of the capabilities of HRD-B. the description of existing spacecraft leading HRD-B, as well as a description of the newly developed and improved systems. The detailed description of the equipment capabilities HRD-V. the urge ncy and importance of combating such means of intelligence. Special attention is paid to spatially extended ground targets (mobile control points of the VKS connection (Association)) – (hereinafter PU). The rationale for the development of methods to assess the likelihood of detection by means of HRD In the PU, considering parameters such as the residence time in the detection area, the number of objects of control, the EPR of the object, and the spatial extent that will ensure optimal selection of countermeasures HRD-V.

Keywords: spatially extended land target, mobile item management, technical means of satellite radar imagery intelligence.

Введение. Кардинальные перемены, произошедшие в последнее время в мире в целом и в отдельных регионах в частности, возникновение сложных и трудно прогнозируемых ситуаций потребовали от руководств ведущих стран НАТО пересмотра военных доктрин, стратегических концепций и связанных с этим взглядов на военное строительство и применения вооруженных сил [1].

Кроме того, в самом характере вооруженной борьбы произошли существенные изменения, связанные с военно-техническими и информационно-технологическими «прорывами» в военной области. На этом фоне формируются радикально новые стратегические, оперативные и тактические концепции и доктрины, создаются новые виды и типы информационно-зависимых высокоточных систем и средств ведения вооруженной борьбы, внедряются принципиально новые, более совершенные формы и подходы к управлению, происходит широкое заимствование и прикладное использование научных достижений в военной сфере [1].

Эти подходы к развитию систем управления были обобщены в официально принятой в вооруженных силах США концепции «Сопряжение и функциональная интеграция систем управления, вычислительной техники, связи и разведки на поле боя» (Command, Control, Communications, Computers and Intelligence For The Warrior - C^4IFTW) (рисунок 1) [2].

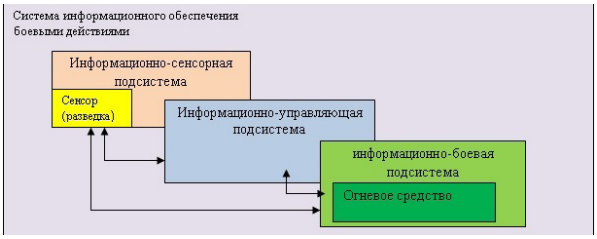


Рисунок 1 – Система информационного обеспечения боевых действий

Концепция определяет единые для всех видов вооруженных сил пути развития систем и средств управления, связи, сбора, обработки и распределения информации с перспективой обеспечения их полной интеграции. Конечной целью ее реализации является создание единой информационно-управляющей структуры, способной обеспечивать централизованное управление в реальном масштабе времени действиями вооруженных сил США, как в крупномасштабных войнах, так и в региональных конфликтах, свободный доступ пользователей к ресурсам системы, а также оптимизацию процессов обмена и обработки данных во всех звеньях управления войсками [2].

Известно, что борьба за достижение информационного превосходства предполагает широкое применение новых методов и средств разведки и радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Поэтому эти средства являются одним из наиболее важных элементов информационных операций [3].

Это обстоятельство в решающей степени повысило роль, и значимость РЛР-В. Тем самым требуется разработка адекватных мер по повышению разведзащищенности наших войск и важнейших объектов, обеспечения защиты от РЛР-В, как в мирное, так и в военное время.

Информационно-сенсорная подсистема разведки (рисунок 2) [2] обеспечивает сбор, обработку, передачу, хранение и защиту информации данных о противнике и своих войсках в реальном, или близком к реальному, масштабе времени.

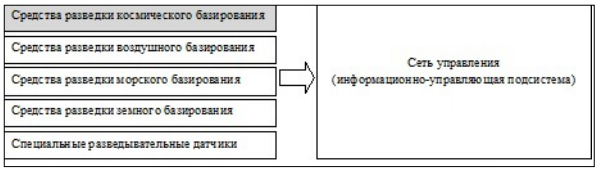


Рисунок 2 – Информационно-управляющая подсистема разведки

Средства РЛР-В дают возможность оперативного получения информации о подвижных пунктах управления соединений ВКС. Преимуществом ведения РЛР-В является высокая точность измерения геометрических характеристик наблюдаемой цели, а также обнаружение и распознавания объектов, невидимых в оптическом диапазоне длин волн, находящихся под маскировочными покрытиями или скрытых снегом и лесными массивами.

Анализ технических средств РЛР-В

РЛР-В в отношении России ведется США, Францией и Китаем с использованием разведывательных космических систем (КС) и КС двойного назначения.

Германия, Италия, Япония, Индия, Канада и Бразилия в целях космической разведки используют КС двойного назначения.

В настоящее время США эксплуатируют низкоорбитальные четыре спутника РЛР-В типа «**Лакросс**» [4]. В орбитальной группировке предусмотрено 2-4 КА «Лакросс» и 6-7 ретрансляторов. Разведывательные данные в реальном масштабе времени передаются по радиоканалам в Центр сбора и обработки информации. Разведка территории России возможна двумя КА при полосе обзора 4000км – более 9 ч/сут и тремя КА – более 14 ч/сут [5].

Средства РЛР-В позволяют вести круглосуточное наблюдение, выявлять факты подготовки к вооруженным конфликтам без проникновения на территории чужих стран, вместе с тем, такие средства повышают успех военных операций, обеспечивая их проведение в темное время суток. Спутником РЛР-В «Радарсат-1» располагает Канада. Этой же страной запущен ИСЗ «Радарсат-2» фирмы «Макдоналд Детуилер»[6].

Американские специалисты разрабатывают перспективную систему космической разведки в радиочастотном диапазоне по программе «Дискавер-2». Эта разработка, выполняемая совместно с управлением перспективных разработок (DARPA) и ВВС США [7]. Известно, что система «Дискавер-2» должна сочетать преимущества средств разведки космического базирования, таких как недосягаемость средств противовоздушной обороны и средств разведки воздушного базирования, таких как большая продолжительность наблюдения и

оперативность доклада разведывательных данных. Система должна состоять из 24 космических аппаратов на низких круговых орбитах высотой 770 км, что обеспечит высокую частоту просмотра театра военных действий и исключит незаметную передислокацию противника [7]. Точных данных о выведении этой системы на орбиту не опубликовано.

В Германии существуют две системы радиолокационной разведки военного назначения SAR-Lupe и двойного назначения на базе КА TerraSAR-X и TanDEM-X. В Италии применяется система военного назначения Cosmo-Skymed (CSK). Европейское космическое агентство использует систему РЛР-В Sentinel-1 для съемки земной поверхности по программе «Коперник» [8].

Немецкие системы РЛР-В находятся в эксплуатации 10 и 11 лет, что указывает на необходимость их замены. Расчетный срок активного существования итальянской системы также завершен. Эксплуатация КА Sentinel-1 ЕКА, начавшаяся в 2014 и 2016 годах, будет продолжаться не менее семи лет. Учитывая завершение срока службы действующих на орбитах спутников, в ведущих странах ведется разработка систем радиолокационной разведки нового поколения.

Перспективными национальными системами космической радиолокационной разведки, планируемыми к вводу в действие до 2020 года, являются системы второго поколения **SARah Германии** (рисунок 3) и CSG Италии. Основой для существенного наращивания их возможностей является увеличение ширины полосы радиосигнала, установленной Международным союзом по электросвязи для работы космических РСА дистанционного зондирования Земли, до значения 1,2 ГГц.

Рисунок 3 – Комплекс космической разведки SARah

Учитывая преимущества РЛР-В, различные страны работают над увеличением состава орбитальных группировок (в целях установления более длительного контакта между средством и объектом разведки), а также совершенствованием методов индикации подвижных целей.

Перспективная система Германии SARah разрабатывается для замены системы из пяти **КА SAR-Lupe** (рисунок 3), срок службы которых составляет 10 лет, после чего прекращается подача топлива и появляется возможность выхода из строя элементов спутника. В целях исключения потери разведывательной информации с помощью спутников, Федеральное ведомство вооружения, информационных технологий и применения бундесвера (BAAINBw) совместно с компанией «OHB System A» в 2013 году подписали договор на разработку и строительство системы с условным названием «SARah». В 2019 году планируется вывести на орбиты три аппарата видовой радиолокационной разведки этой системы, ввод полного функционала системы планируется в 2020 году. В двух из них будет использоваться технология действующих КА SAR-Lupe (рисунок 3) (разработанных корпорацией OHB System AG), а третий создается концерном « Astrium GmbH « на основе опыта разработки **КА TerraSAR-X и TanDEM-X** (рисунок 4;5). В связи с этим не исключено, что по своим характеристикам новый аппарат, разрабатываемый для системы SARah этим концерном, будет аналогичен КА TerraSAR-X NG [8]. Заявленный срок функционирования системы – до 2029 года.

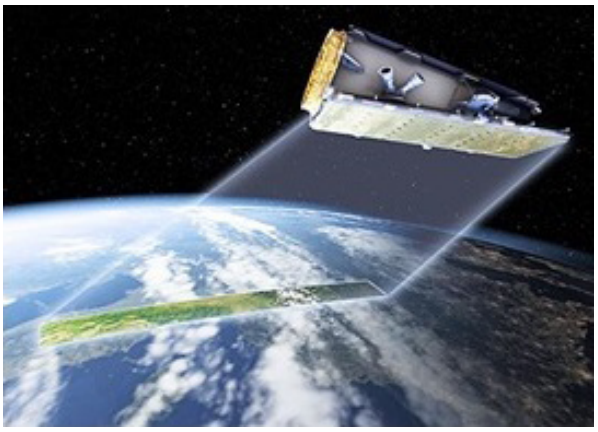


Рисунок 4 – SAR-Lupe

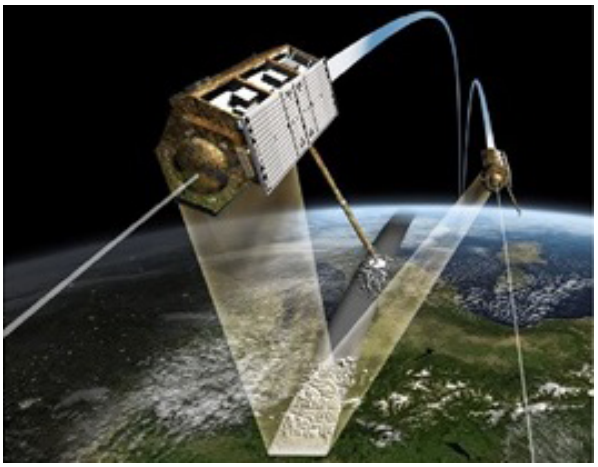


Рисунок 5 – TerraSAR-X и TanDEM-X

Система «SARah» станет дальнейшим совершенствованием пока еще действующих спутников SAR-Lupe, в состав которой помимо трех спутников, войдет дополнительная наземная станция, обеспечивающая связь со спутниками при траектории их полета над Северным полюсом. Учитывая место установки наземной станции, правительства Герма-

нии и Швеции заключили соглашение, которое дает Швеции доступ к системе «SARah». Согласно зарубежным публикациям в состав системы «SARah» станет возможным включать дополнительные спутники, а также спутники нового поколения. Такое развитие радиолокационной разведки космического базирования дает большие возможности бундесверу для ведения глобальной разведки.

Кроме того, в рамках международного сотрудничества изучалась возможность совместного применения действующих и перспективных систем несколькими странами. В частности, ведутся работы по программе «Международная система космического наблюдения» (**MUSIS** – Multinational Space-based Imaging System) (рисунок 6), предусматривающая использование полученных национальными средствами изображений различными странами (Францией, Италией, Испанией, Бельгией, Германией, Грецией, Польшей и Швецией), в том числе не обладающими собственными средствами наблюдения.

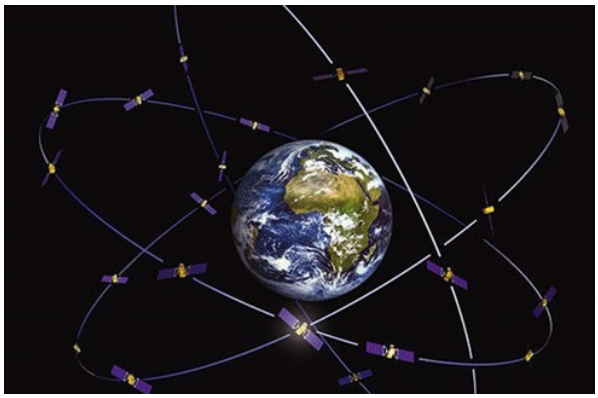


Рисунок 6 – Международная система космического наблюдения

Спутники программы MUSIS являются разведывательными датчиками для французских вооруженных сил и их партнеров. Под надзором французского агентства по оборонным закупкам, они должны преуспеть в системе Helios 2 и помочь укрепить военный потенциал в космической разведке, а также в поддержке и проведении боевых операций.

Еще одной перспективной программой развития сети спутниковой радиолокационной разведки США была начатая в 2002 году научно-исследовательская работа **TechSat 21** (рисунок 7), предполагающая малогабаритные спутники для ведения радиолокационной разведки, которые должны были функционировать в качестве единого объекта, эквивалентного крупному спутнику. Такие спутники относятся к категории наноспутников – их масса от 1 до 10 кг, что позволяет создать распределенную систему радиолокационной разведки [5]. Данный проект был отменен из-за многочисленных перерасходов, и ряда других недостатков, например того, что вероятность повреждения такой системы гораздо выше, вероятности повреждения одного спутника и был освещен как экспериментальный, однако может стать востребован в будущем, при дальнейшем развитии таких программ, т.к. ранее заявлялось, что составная антенна на основе «облака» сверхмалых спутников могла позволить отслеживать цели с большим разрешением, чем антенны на борту одного спутника обычных размеров.

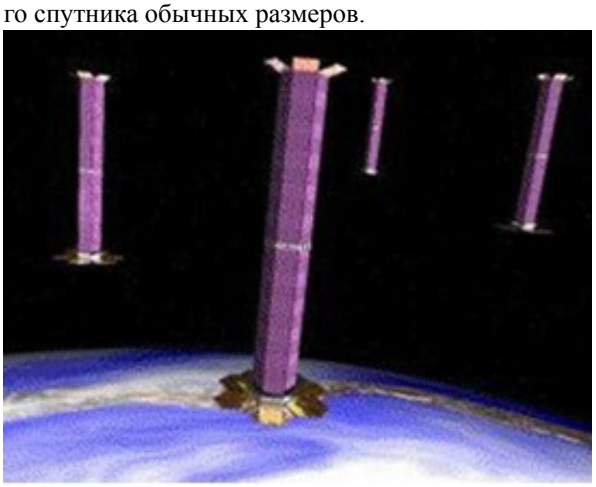


Рисунок 7 – Предполагаемый облик TechSat 21

Выводы. Рассмотрев существующие и перспективные средства РЛР-В, становится понятно, что характеристики этих средств совершенствуются и позволяют обнаруживать и идентифицировать наземные объекты с высокой точностью. Кроме того, средства РЛР-В достигают того уровня, что получают возможность обнаружения замаскированных и перемещающихся по земле целей.

В настоящее время, объекты защиты от средств РЛР рассматриваются как «точенные» и традиционно, вероятность обнаружения рассчитывается по формуле [10]:

$$P = 0{,}5 + 0{,}5\Phi\left\{\sqrt{4Nz/s} - \sqrt{4N-1}\right\},$$

где Ф – интеграл вероятности, s – среднее значение сигнала (мощность) на выходе детектора, N – число независимых отсчетов в элементе разрешения радиолокационной станции.

Такой подход позволяет оценить вероятность обнаружения стационарного пункта управления объекта. Но для оценки вероятности обнаружения подвижных пунктов управления необходим иной подход, учитывающих ряд факторов, таких как пространственная протяженность цели, длительность нахождения подвижного пункта управления на позиции. Подвижный пункт управления характеризуется также протяженностью, ориентацией, конфигурацией, сомкнутостью/разомкнутостью, количеством элементов. У такого пространственно-протяженного объекта выше ЭПР, что увеличивает вероятность его обнаружения, в то время как его перемещения – уменьшают. Очевидно, что чем меньше будет ЭПР, тем меньше вероятность обнаружения объекта.

Под пространственно-протяженной наземной целью понимается группа элементов одного объекта, обладающих собственной ЭПР, самостоятельно перемещающихся и взаимодействующих друг с другом, такими объектами могут быть: зенитно-ракетный полк ПВО-ПРО (рисунок 8, 9) и подвижные пункты управления (рисунок 10).

Рисунок 8 – Полк ПВО С-400

Рисунок 9 – ЗРПК «Панцирь С1»

Рисунок 10 – Подвижные пункты управления

Учитывая развитие технических средств РЛР-В, необходимо совершенствовать способы противодействия этим средствам. Успешное ведение боевых действий в современной войне невозможно без разветвленной, хорошо отлаженной системы разведки, способной в любое время дня и ночи, в любых погодных условиях доставлять командиру интересующие его сведения о противнике.

Развитие средств РЛР-В приведет к обнаружению подвижных пунктов управления с высокой вероятностью. И если от других средств разведки, таких как фото и телевизионных средств разведки применяются маскировочные комплекты, позволяющие скрыть пункт управления от наблюдения, то от РЛР-В защититься сложнее.

В настоящее время существующая методика по оценке вероятности обнаружения объектов защиты от РЛР-В не позволяет оценить возможность вскрытия подвижных пунктов управления, и требует введения в нее дополнительных исходных данных. В связи с этим, опираясь на существующую методику, и на проведенный анализ, необходимо разработать методику оценки вероятности обнаружения подвижного пункта управления РЛР-В с учетом длительности пребывания объекта защиты в зоне обнаружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Купряшкин И.Ф., Лихачев В.П. Космическая радиолокационная съемка земной поверхности в условиях помех: монография. Воронеж: Научная книга, 2014.

2. Artur K. Cebrowski and John J, «Network-Centric Warfare: Its Origin and Future», Naval Institute Proccedings (January 1998) URL: http://www.usni.org/Proccedings/Articles98/PROcebrowski.htm (16.08.2019).

3. Patterson J. «Network-Centric Warfare and Wireless Communications» URL: https://www.meshdynamics.com/documents/MD_MILITARY_MESH.pdf (15.08.2019).

4. Россия опутает «Лианой» всю Землю. URL: https://lenta.ru/news/2019/05/08/liana/ (15.08.2019).

5. Лавров В.Н. Аналитический обзор космических программ ДЗЗ России и зарубежных стран – URL: https://innoter.com/articles/analiticheskiy-obzor-kosmicheskikh-programm-dzz-rossii-i-zarubezhnykh-stran/ (13.08.2019).

6. Верба В.С., Неронский Л.Б., Осипов И.Г., Турук В.Э. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования: монография. – М.: Радиотехника, 2010. – 675 с.

7. Зарубежные военные программы космической видовой разведки // Зарубежное военное обозрение [Электронный ресурс]. 2002. – URL: http://militaryarticle.ru/zarubezhnoe-voennoe-obozrenie/2002-zvo/6892-zarubezhnye-voennye-programmy-kosmicheskoj-vidovoj (15.08.2019).

8. Бабурин А. Состояние и перспективы развития средств космической видовой радиолокационной разведки западноевропейских стран. // [Электронный ресурс]. 2017 – URL: http://factmil.com/publ/strana/germanija/sostojanie_i_perspektivy_razvitija_sredstv_kosmicheskoj_vidovoj_radiolokacionnoj_razvedki_zapadnoevropejskikh_stran_2017/41-1-0-1217 (16.08.2019).

9. Альтман Ю. Военные приложения нанотехнологий: биотехнические гибридные устройства и

миниатюрные космические спутники. Научно-технический журнал. Наноиндустрия // [Электронный ресурс]. 2016 – URL :http://www.nanoindustry.su/journal/article/5355 (14.08.2019).

10. Космической разведке США поставлены новые задачи. // [Электронный ресурс]. 2016 URL: http://zoom.cnews.ru/rnd/news/top/kosmicheskoj_razvedke_ss// ha_postavleny_novye_zadachi (15.08.2019).

11. Кучейко А. С орбиты видно все. Независимое военное обозрение // [Электронный ресурс]. URL: http://nvo.ng.ru/armament/2000-05-26/6_orbit.html (14.08.2019).

12. Топорков А.Г., Калдаров И.С., Иванов С.Г. Совершенствование комплекса методик и моделей для оценки информационных возможностей космических систем. // Молодежный научно-технический вестник // [Электронный ресурс]. 2013, №5. http://sntbul.bmstu.ru/doc/636224.html

13. Военные спутники Соединенных Штатов, Советского Союза, России // [Электронный ресурс].2019 URL: https://militaryarms.ru/novye-texnologii/voennye-sputniki/ (15.08.2019).

14. Афанасьев И., Воронцов Д. Любопытный взгляд из космоса: Фотошпионаж (рус.) // Популярная механика. – 2009. – № 4.

15. Школьный Л.А., Толстов Е.Ф., Детков А.Н., Карпов О.А., Яковлев А.М., Титов М.П., Филатов А.А., Тонких А.Н., Цветков О.Е., Архангельский А.С. Учебник для курсантов. – Москва: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008. – 531 с.

16. Астапенко Ю., Гуменюк А., Менячихин А. РТВ надо иметь дополнительные средства разведки. Бюро военно-политического анализа // [Электронный ресурс]. 17.03.2018 URL: http://bvpa.ru/ртв-надо-иметь-дополнительные-средст/ (дата обращения 17.08.2019).

17. Миддельдорф Э. Русская кампания: тактика и вооружение. – СПб.: Полигон; М.: АСТ, 2000. С. 441.

18. Морозов И., Баушев С., Каминский О. Космос и характер современных военных действий. Воздушно-космическая оборона // [Электронный ресурс]. 11.08.2009 URL http://www.vko.ru/koncepcii/kosmos-i-harakter-sovremennyh-voennyh-deystviy (дата обращения 18.08.2019).

19. Ли Э. Воздушная мощь. – М.: Издательство Иностранной Литературы, 1958. – С. 109.

20. Бояринцев А., Пашенных В. Перспективы радиолокационной разведки. Воздушно-космическая оборона // [Электронный ресурс]. 01.06.2006 URL http://www.vko.ru/koncepcii/perspektivy-radiolokacionnoy-razvedki (дата обращения 17.08.2019).

Статья поступила в редакцию 18.08.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 004.31

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ АППАРАТНЫЙ МОДУЛЬ АССОЦИАТИВНОГО СОПРОЦЕССОРА НА БАЗЕ ПЛИС ДЛЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ИЗМЕНЯЕМОЙ СТРУКТУРОЙ

© 2019

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

Аннотация. В статье описывается возможность реализации специализированного аппаратного модуля ассоциативного сопроцессора на базе ПЛИС для вычислительных систем с изменяемой структурой. Целью проводимого исследования является исследование принципов работы специализированного аппаратного модуля ассоциативного сопроцессора на базе ПЛИС. Объектом исследования и разработки является блок специализированного ассоциативного сопроцессора. Операции поиска и сортировки активно применяются в пользовательских и системных программах. Эта операция по сути является одной из наиболее трудоемких и требует больших затрат времени при реализации традиционным способом. В статье предлагается специализированный модуль сопроцессора, подключаемый к разъему PCI Express системы с изменяемой структурой, обеспечивающий операции поиска и сравнения на “больше-меньше” одновременно по 32-м словам, предварительно загруженным в ассоциативную память. В заключении сделаны соответствующие выводы по работе. Применение языка VHDL как универсального средства описания аппаратуры интегральных схем обеспечивает гибкость проекта и легкость при отладке функционирования устройства. Моделирование работы ассоциативного сопроцессора проводилось в САПР Web pack ISE фирмы Xilinx. Эта процедура проверки позволяет производить оценку правильности работы аппаратного сопроцессора в составе вычислительных систем без построения реальных макетов. Результаты, полученные в статье, могут найти применение в различных поисковых системах, а также для быстрой реализации задач поиска внутри операционных систем.

Ключевые слова: ассоциативная память, сопроцессор, вычислительная система, ячейка памяти, фиксация реакций, анализатор многократного совпадения, аппаратная реализация, приоритетный анализатор, цикл записи, цикл чтения.

SPECIALIZED HARDWARE MODULE OF THE ASSOCIATIVE COPROCESSOR ON FPGA FOR COMPUTING SYSTEMS WITH VARIABLE STRUCTURE

© 2019

Martyshkin Alexey Ivanovich, candidate of technical sciences, docent,
associate Professor of sub-department «Computers and systems»
Penza state technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: alexey314@yandex.ru)
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 St., 28)

Abstract. The article describes the possibility of implementing a specialized hardware module of an associative coprocessor based on FPGAs for computer systems with a variable structure. The purpose of this study is to study the principles of operation of a specialized hardware module of an associative coprocessor based on FPGA. The object of research and development is a block of specialized associative coprocessor. Search and sort operations are actively used in user and system programs. This operation is in fact one of the most time-consuming and time-consuming in the traditional way. The article proposes a specialized module of the coprocessor connected to the PCI Express connector of the system with a variable structure, which provides search and comparison operations for “more or less” simultaneously by 32 words preloaded into the associative memory. In conclusion, the relevant conclusions on the work. The use of the VHDL language as a universal means of hardware description of integrated circuits provides the flexibility of the project and the ease of debugging the operation of the device. Modeling of the associative coprocessor was carried out in the CAD Web pack ISE Xilinx’s company. This verification procedure allows you to evaluate the correctness of the hardware coprocessor as part of computing systems without building real layouts. The results obtained in the article can be used in various search engines, as well as for the rapid implementation of search tasks within operating systems.

Keywords: associative memory, processor, computing system, memory cell, fixation reactions, analyzer of multiple matches, hardware implementation, priority analyzer, write cycle, read cycle.

Введение. В настоящем времени трудно найти область человеческой деятельности, в которой не была бы использована цифровая обработка сигналов, выполняемая электронными вычислительными машинами (ЭВМ), сфера применения которых постоянно расширяется. Одним из основных этапов развития ЭВМ можно назвать появление микропроцессоров в начале 70-х годов. Микропроцессор (МП) – это большая интегральная схема (БИС) с фиксированной структурой, но с нефиксированным алгоритмом работы, т.е. порядок следования операций выбирает разработчик системы, а не производитель БИС. Обработка сигналов с использованием МП выполняется по командам. Применение МП позволило снизить время и трудозатраты на разработку ЭВМ и повысить их надежность по сравнению с устройствами на аппаратной логике. Конструктивной особенностью МП является работа с памятью. Она осуществляется с использованием двух шин. Шины адреса (ША), на которой МП выставляет адрес ячейки памяти, и шины данных (ШД), с которой он и получает информацию. Эта особенность и обуславливает адресную архитектуру памяти, используемой в современных ЭВМ.

В последние годы мир захлестнула волна информации. Здесь главное – быстрый поиск с последующей операцией выборки. Для ускорения поиска применяют сортировки и хеширование. При ассоциативной архитектуре памяти осуществляется наибыстрейший доступ к данным – доступ по параметру (по ассоциации). Так как, на которое возложены функции специализированного устройства – ассоциативного сопроцессора (АС), необходимо для увеличения скорости доступа при работе с большими объемами данных, предпочтительно реализовать этот модуль в виде независимой платы расширения для компьютера.

Постановка задачи. Предлагаемая статья в целом является исследовательской. При изучении предметной области проведен анализ литературы [1–3] и [4–6] с целью поиска малоизученных задач и проблем. Ряд вопросов, связанных с возможностью аппаратной реализации АС для быстрого поиска данных, не описан должным образом в публикациях, однако отчасти такие вопросы изучены и подробно описаны в работах [7–10] и [11–13].

Целью этой статьи является разработка и исследование специализированного аппаратного модуля ассоциативного сопроцессора на базе ПЛИС для вычислительных систем с изменяемой структурой. Указанный вопрос сегодня актуален из-за глобальной информатизации и практически повсеместном оперировании колоссальными объемами разнотипных данных.

Для достижения поставленной цели в статье решаются задачи по определению принципов функционирования устройства и реализации модуля на ПЛИС. На основе полученных ранее данных [14,15] определим архитектурно-структурные особенности разрабатываемого устройства, сравнив их предварительно с существующими на сегодняшний день средствами. Виртуальная ассоциативная память реализуется программно, что не требует дополнительного оборудования. Однако ее быстродействие зависит от быстродействия центрального процессора (ЦП), к тому же она требует под себя дополнительных системных ресурсов (для операций хеширования необходимо выделять дополнительную память, а операции сортировки требуют большого количества процессорного времени).

Как уже упоминалось в [16–19], все рассмотренные реализации ассоциативного запоминающего устройства (АЗУ) имеют свои достоинства и недостатки. Так, например, параллельное АЗУ превосходит последовательно-поразрядное АЗУ по производительности, но проигрывает ему по объему схемной логики необходимой для выполнения операций сравнения с аргументом поиска. В АЗУ с поиском, параллельным по словам и последовательным по разрядам существует вероятность искажения данных.

Как было упомянуто в [20], при прямом подключении к общей шине (ОШ) ЦП разрабатываемое устройство придется включать в состав устройств системной платы (чипсет), что приведет к увеличению стоимости устройства и его универсальности (устройство будет рассчитано на работу только с определенным классом ЦП и определенной архитектурой системы). При подключении с помощью последовательного интерфейса (USB), устройство будет представлено отдельным блоком, но взаимодействие с ним будет осуществляться последовательно, а это приведет к потерям быстродействия. Сопряжение устройства с одной из шин расширения компьютера (PCI, PCI Express), позволит реализовать его в виде обособленной платы. В этом варианте работа с устройством будет осуществляться по параллельному интерфейсу, что в свою очередь предоставит возможность достичь максимально возможной в рамках аппаратной части производительности.

Проведя обзор и выяснив существующие плюсы и минусы известных способов организации основной части устройства и части сопряжения с системой, принято решение основную часть выполнить в виде параллельного АЗУ, т.к. этот способ обладает максимальной производительностью. Сопряжение же с системой решено осуществить по шине PCI Express, т.к. она обладает высокой пропускной способностью, сопроцессор разместить в адресном пространстве ввода/вывода компьютера.

Функциональная схема специализированного аппаратного модуля ассоциативного сопроцессора представлена на рисунке 1. В аппаратный сопроцессор команды поступают по внутренней шине – шине команд (CMD) (ШК), где они дешифрируются и подаются на блоки устройства. Команды сопроцессора приведены в таблице 1.

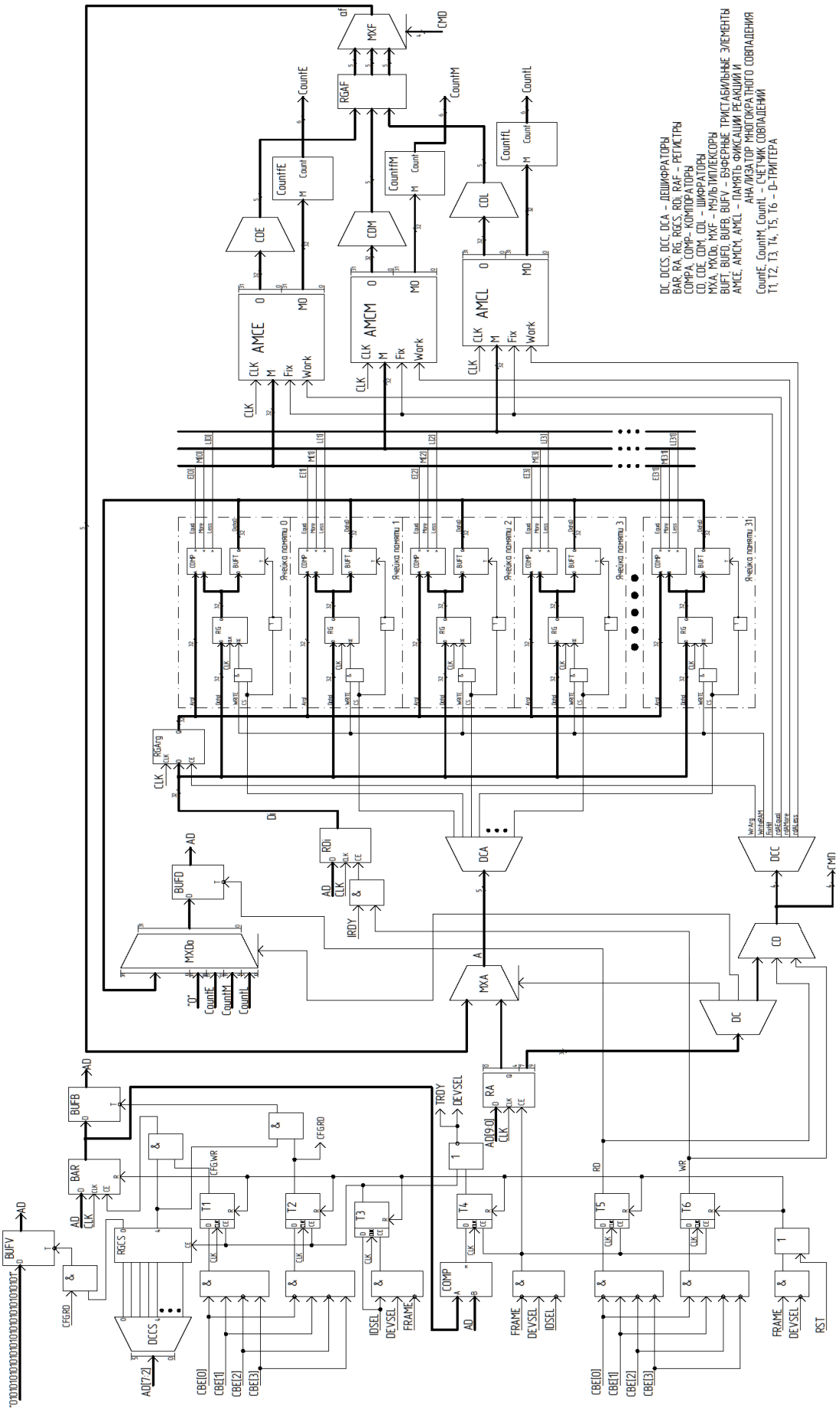


Рисунок 1 – Функциональная схема специализированного аппаратного модуля ассоциативного сопроцессора

Таблица 1 – Команды специализированного аппаратного модуля ассоциативного сопроцессора

Команда	Описание
0000	readRAM – обычное (адресное) чтение
0001	WriteRAM – обычная (адресная) запись
0010	WrArg – запись аргумента поиска в регистр аргумента
0011	FixHit – команда фиксации откликнувшихся ячеек
0100	rdAEqual – трансляция на шину af адреса ячейки, содержимое которой равно аргументу
0101	rdAMore – трансляция на шину af адреса ячейки, содержимое которой больше аргумента
0110	rdALess – трансляция на шину af адреса ячейки, содержимое которой меньше аргумента
0111	зарезервировано
1000	
1001	
1010	
1011	
1100	
1101	
1110	
1111	

При поступлении команды readRAM активируется выполнение функции обычного чтения, т.е. декодируется адрес, который пришел на ША, и на вход CS конкретной ячейки памяти подается логическая единица, а на выходную ШД Do переходит содержимое этой ячейки.

При поступлении команды WriteRAM активируется выполнение функции обычной записи. Декодируется адрес, на вход CS и WRITE соответствующей ячейки памяти подаются логические единицы. Сигналы с входной ШД Di поступают на вход регистра ячейки памяти, т.е. осуществляется запоминание.

По команде WrArg (запись аргумента поиска в регистр аргумента) сигналы с входной ШД Di поступают на вход регистра аргумента.

По команде FixHit (фиксация откликнувшихся ячеек) происходит фиксация сигналов Equal, More и Less в памяти фиксации реакций и на шине выдачи количества ячеек, содержимое которых равно, меньше и больше аргумента появляются сигналы, содержащие информацию о количестве ячеек памяти, содержимое которых равно аргументу (шина countE), больше аргумента (шина countM) и меньше аргумента (шина countL).

По команде rdAEqual анализируется содержимое памяти фиксации реакций и на ША откликнувшейся ячейки (af) выставляется адрес первой ячейки памяти, содержимое которой соответствует заявленному значению аргумента. Затем ячейка в памяти фиксации реакций соответствующей выданному адресу сбрасывается.

По команде rdAMore анализируется содержимое памяти фиксации реакций и на ША откликнувшейся ячейки (af) выставляется адрес первой ячейки памяти, содержимое которой больше аргумента. Затем ячейка в памяти фиксации реакций соответствующей выданному адресу сбрасывается.

По команде rdALess анализируется содержимое памяти фиксации реакций и на ША откликнувшейся ячейки (af) поступает адрес первой ячейки памяти, содержимое которой меньше аргумента. Затем ячейка в памяти фиксации реакций соответствующей выданному адресу сбрасывается.

Блок регистра данных реализован на мультиплексоре MXDo, буферном элементе BUFD и регистре RDi.

Блок регистра адреса выполнен на регистре RA, который, в фазе адреса, фиксирует десять младших разрядов мультиплексированной шины AD. Пять младших разрядов выхода регистра RA (Q [4:0]) подаются на вход мультиплексора MXA блока мультиплексора и дешифратора адреса. Q [9:7] поступают на дешифратор DC блока контроля транзакции.

Блок контроля транзакции выполнен на логических элементах «4И» (декодирующих сигналы командной шины CBE), логических элементах «2И», D–триггерах (T1, T2, T3, T4, T5, T6), используемых в качестве «защелок», дешифратора DC и шифратора CD.

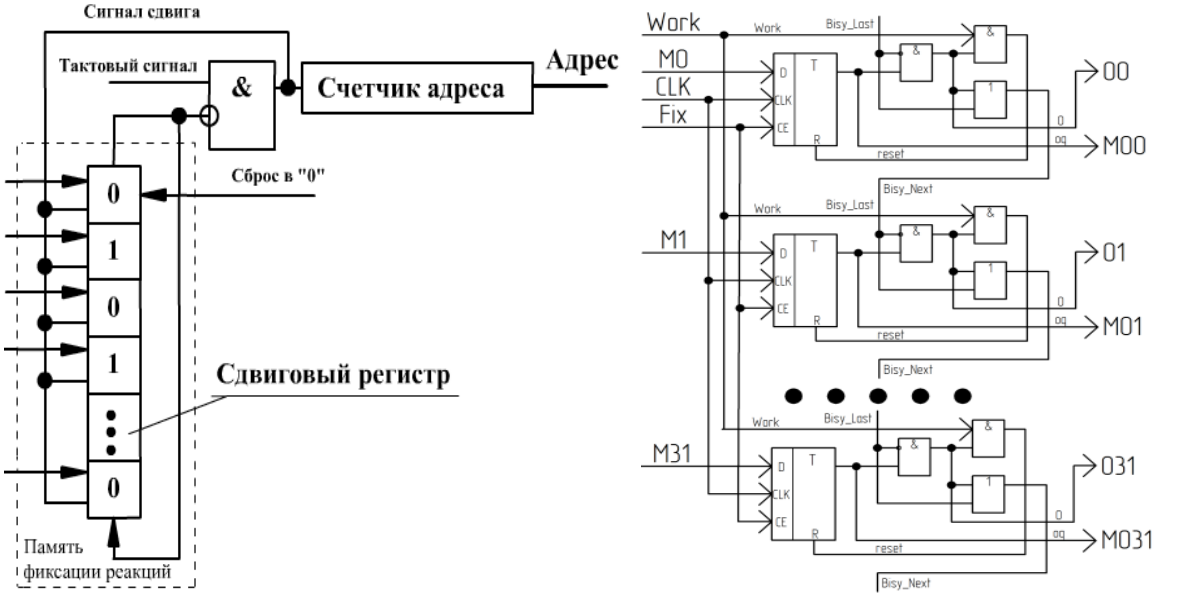
Блок дешифрации реализован на логических элементах «3И», компаратора COMPA и дешифраторе DCCS.

Блок конфигурационной памяти выполнен на регистре BAR, отвечающий за выбор пространства адресов устройства PCI Express, и буферных элементов BUFB и BUFV.

Если на входе FRAME устанавливается логический ноль (начало транзакции), и устройство находиться в состоянии покоя (сигнал DEVSEL=«1», триггеры T4 и T3 сброшены), то адрес с мультиплексированной шины AD на компараторе COMPA сравнивается с базовым адресом области портов ввода/вывода, хранящимся в регистре BAR. Если обращение происходит к сопроцессору (на выходе компаратора COMPA логическая единица), то сигнал DEVSEL сбрасывается в ноль, декодируется команда, поступающая по шине CBE, и на регистре RA фиксируется AD [9:0].

Анализатор многократного совпадения (АМС) можно реализовать на базе регистра сдвига (рисунок 2,а) и на базе приоритетного анализатора (рисунок 2,б).

Главными элементами АМС на базе регистра сдвига являются [15,20] закольцованный регистр сдвига и счетчик адреса.



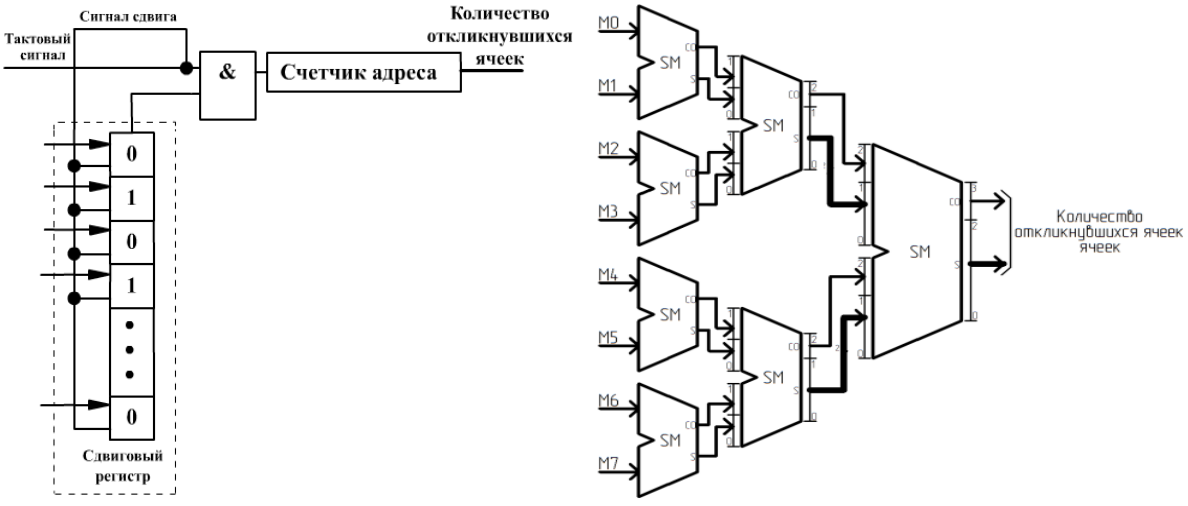
а б

Рисунок 2 – АМС: на базе регистра сдвига (а), на базе приоритетного анализатора (б)

АМС на базе приоритетного анализатора состоит из D–триггеров, которые реализуют функции памяти фиксации реакций и комбинационной логики. Данная схема работает по фронту сигнала CLK. Результаты поиска в ячейках памяти поступают на входы M0…M31, по сигналу Fix они фиксируются на D–триггерах.

Сигнал Work разрешает работу анализатора. Память фиксации реакций и АМС реализованы на базе схемы приоритетного анализатора, т.к. она обладает большим быстродействием, чем схема на базе регистра сдвига.

Блок подсчета совпадений можно реализовать несколькими способами: на базе регистра сдвига и счетчика (рисунок 3,а) и на базе каскадов сумматоров (рисунок 3,б).



а б

Рисунок 3 – Блок подсчета совпадений: на базе регистра сдвига и счетчика (а), на базе каскадов сумматоров (б)

Схема, представленная на рисунке 3, а, состоит из сдвигового регистра, в который загружается последовательность единиц и нулей, соответствующая откликнувшимся и не откликнувшимся ячейкам, счетчика, который и будет подсчитывать количество, и элемента «логическое И», управляющего процессом подсчета. На схему подается тактовый сигнал. Содержимое сдвигового регистра сдвигается на один разряд вверх и в зависимости от значения на выходе сдвигового регистра значение счетчика увеличивается или не увеличивается, т.е. происходит подсчет всех разрядов регистра равных единице. Количество тактовых импульсов необходимых для подсчета всех ячеек равно количеству всех ячеек памяти (в нашем случае это 32 такта). К тому же данная схема требует дополнительного такта для загрузки сдвигового регистра.

Схема, показанная на рисунке 3, б, представляет

собой каскады сумматоров разной разрядности, т.е. входную двоичную последовательность разбиваем на группы по два и подаем эти группы на входы одноразрядных сумматоров. Промежуточные результаты, полученные на одноразрядных сумматорах, так же объединяем в группы по два и подключаем вместе с сигналом переноса на вход двух разрядных сумматоров и так далее. По сравнению с предыдущей схемой эта является более быстродействующей и в принципе может подсчитывать количество ячеек за один такт, то блок подсчета реализуем на базе каскадов сумматоров. На функциональной схеме ассоциативного сопроцессора (рисунок 1) данный узел изображен элементами: CountE (подсчет количества ячеек памяти, содержимое которых равно значению аргумента), CountM (подсчет количества ячеек памяти, содержимое которых больше значения аргумента) и CountL (подсчет количества ячеек памяти, содержимое которых меньше значения аргумента). На вход M подаем друг за другом четыре двоичные последовательности. У первой последовательности количество единиц равно девяти, у второй – пятнадцати, у третей – двум, а четвертая полностью состоит из нулей. Как видно из рисунка 4, подсчет происходит с незначительной задержкой. Эта задержка обуславливается задержкой самих сумматоров.

Временные диаграммы работы специализированного аппаратного модуля ассоциативного сопроцессора приведены на рисунке 5.

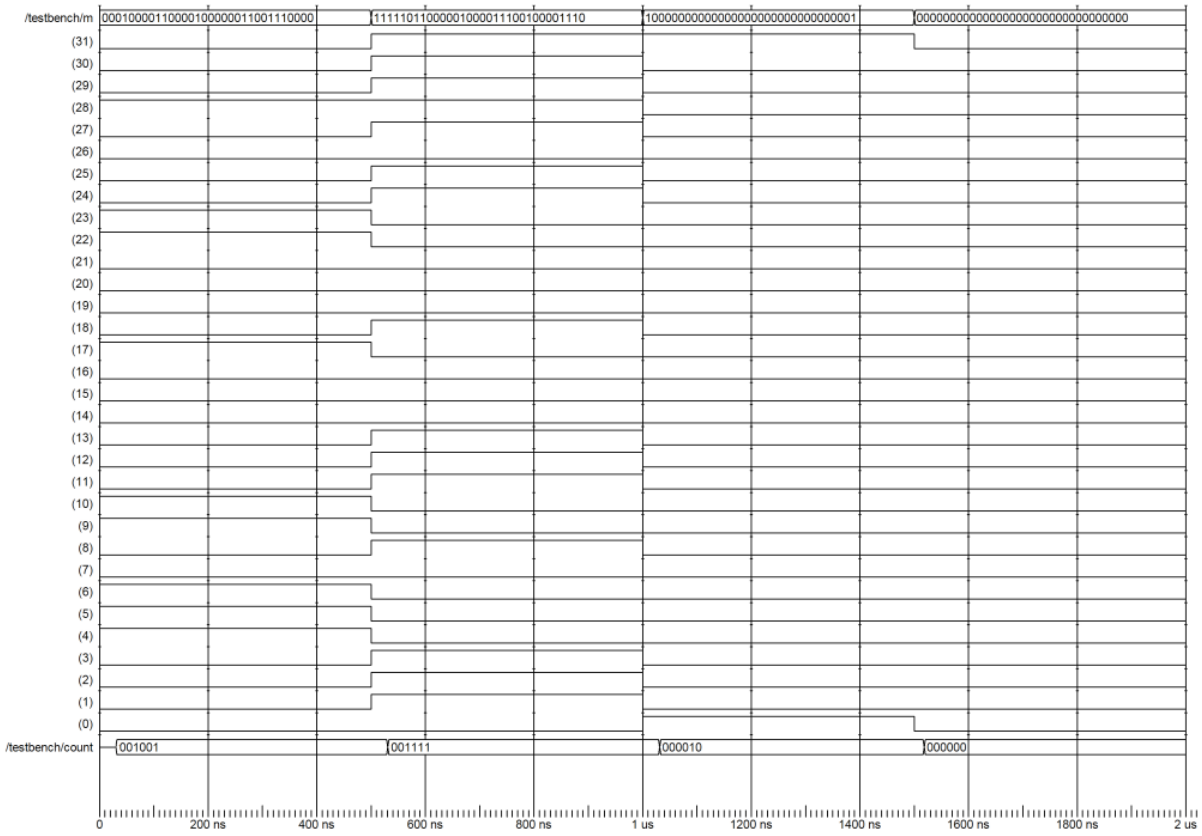


Рисунок 4 – Временные диаграммы работы блока подсчета совпадений

На рисунке 5, а представлены диаграммы конфигурационных циклов. В первом, занимающим 2 такта, цикле, происходит чтение конфигурационной информации из памяти с адресом ячейки 0h. По шине CBE пересылается команда чтения конфигурации «1010» (таблица 1).

С 7 по 2 разряды шины AD передается адрес ячейки конфигурационной памяти («0»). Сигналы DEVSEL и TRDY переводятся в нулевое значение, подтверждая тем самым готовность к работе устройства. С следующем такте начинается фаза данных, и устройство выдает DEVICE ID и VENDOR ID – это «55555555h».

Во втором, занимающим 2 такта, цикле, происходит запись конфигурации в ячейку памяти с адресом 10h. В нее записывается 5C00h. Далее устройство до сброса или записи иного значения в регистр базового адреса области ввода вывода (BAR) будет отвечать на обращение к портам ввода/вывода с определенными адресами 5C00 – 5FFF. Ввиду того, что в качестве базового адреса используется с 31 по 10 разряды, остальные разряды применяются для обращения к узлам устройства.

На рисунке 5, б изображены фрагменты диаграммы записи в ячейки ассоциативной памяти (АП). Непосредственно цикл записи включает в себя фазы адреса и данных. В первом такте, когда активна фаза адреса, с 31 по 10 разряды шины AD транслируется адрес устройства («00000000000000000010111xxxxx xxxxx»).

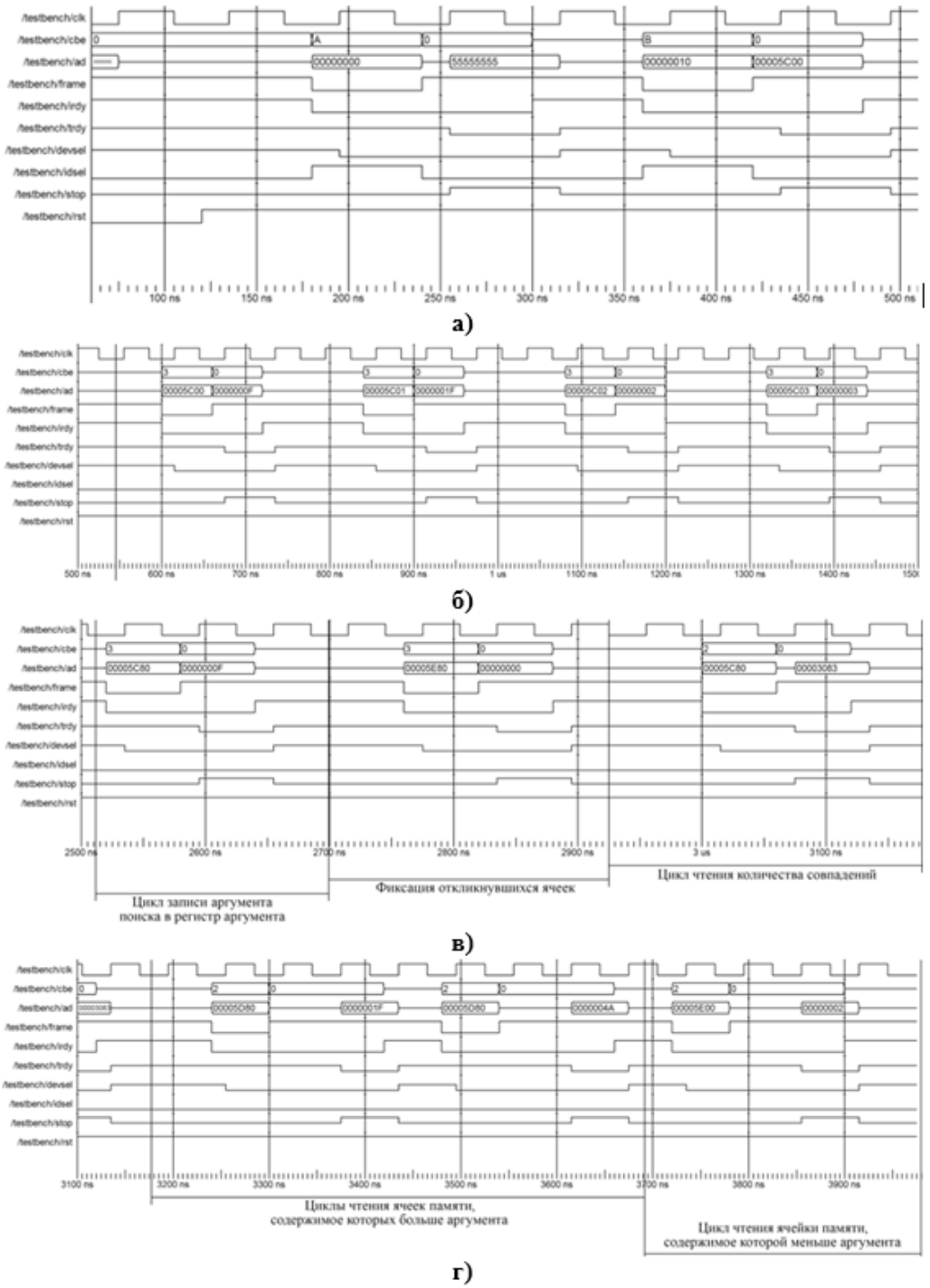


Рисунок 5 – Временные диаграммы работы специализированного аппаратного модуля ассоциативного сопроцессора: а – конфигурирование устройства; б – запись в ячейки памяти; в - запись в аргумент поиска, фиксация совпадений и чтение количества совпадений; г - чтение из ячеек памяти, содержимое которых больше и меньше аргумента

По разрядам с 9 по 7 шины AD транслируется адрес узла устройства («000» – адресное обращение к ячейкам памяти), а по разрядам с 4 по 0 шины AD приходит адрес ячейки АП («00000», «00001», …, «00111»). То есть, для обращения к памяти с адресом ячейки 5h на шине AD должен быть выставлен адрес – «00000000000000000101110000000101». В первом такте по шине CBE так же передается команда записи в порт ввода/вывода («0011»). Во втором такте по шине AD поступают данные. В ячейку с адресом 0h записывается «0000000F», в ячейку с адресом 1h – «0000001F», в ячейку с адресом 2h – «00000002», в ячейку с адресом 3h – «00000003». В ячейку с адресом 4h – «0000004A», в ячейку с адресом 5h – «0000000F», в ячейку с адресом 6h – «0000000F» и в ячейку с адресом 7h – «0000000A».

Рисунок 5, в иллюстрирует циклы записи аргумента, фиксации совпадений и чтение количе-

ства совпадений. Цикл записи аргумента поиска не отличается от записи в ячейку памяти. На него также необходимо два такта. В фазе адреса передается адрес, состоящий из базового адреса («00000000000000000010111xxxxxxxxxx») и адреса узла («001»). Итак, имеем 3 ячейки, содержимое которых равно аргументу, 2 ячейки, содержимое которых больше аргумента и 3 ячейки, содержимое которых меньше аргумента.

Цикл фиксации совпадений начинается с адреса 5E80h. Этот адрес получился в результате объединения базовой части адреса, она, как и во всех остальных случаях, равна «00000000000000000010111xxxx xxxxxx», адреса узла устройства – «101» и адреса ячейки памяти, который не участвует в цикле фиксации совпадений. Фиксация совпадений происходит только по команде записи в порт ввода/вывода («0011»). Значение, передаваемое в фазе данных, не имеет никакого значение, так как ни где не учитывается. Это значение передается по причине того, что транзакция шины PCI Express должна иметь хотя бы одну фазу данных.

Цикл, который отвечает за чтение количества совпадений, стартует с адреса идентичного цикла записи аргумента. Разница состоит лишь в том, что цикл чтения начинается командой чтения из порта ввода/вывода, а цикл записи аргумента начинается командой записи в порт ввода/вывода. В фазе данных читается значение количества элементов равных аргументу (AD[17:12]), больше аргумента (AD[11:6]) и меньше аргумента (AD[5:0]). Согласно эксперимента это значение равно 3083h («000011 000010 000011»), т.е. количество ячеек памяти, содержимое которых равно аргументу, составляет 3. Количество ячеек памяти, содержимое которых больше аргумента равно 2. Количество ячеек памяти, содержимое которых меньше аргумента равно 3.

На рисунке 5, г показаны циклы чтения ячеек памяти, содержимое которых больше и меньше аргумента. На один цикл чтения необходимо три такта. Это связано с тем, что нужен такт на чтение адреса откликнувшейся ячейки. В первом такте передается адрес, состоящий из базового адреса и адреса узла (для чтения ячеек, содержимое которых больше аргумента – это «011», для ячеек, содержимое которых больше аргумента – это «100») сигнал DEVSEL устанавливается в нулевое значение. Во втором такте читается адрес, откликнувшийся ячейки. В третьем такте по считанному адресу читаются данные, и сигнал TRDY устанавливается в нулевое значение, что свидетельствует о готовности целевого устройства выдать данные данных.

Порядок работы с устройством:

1) заполнить ячейки ассоциативной памяти;

2) зафиксировать аргумент поиска в регистре аргумента;

3) зафиксировать совпадения;

4) считать получившееся количество совпадений;

5) работать с откликнувшимися ячейками, т.е. производить операции чтения или записи в эти ячейки.

В работе принято, что элементной базой для описываемого устройства является ПЛИС фирмы Xilinx. Исходя из всех достоинств и недостатков существующих семейств ПЛИС, для реализации разрабатываемого устройства выбираем серию Spartan–IIe. Из этой серии вбираем микросхему XC2S300E-6PQ208C.

Перед размещением разработанной схемы в кристалл ПЛИС необходимо связать выводы, разработанной схемы, с выводами ПЛИС и выбрать стандарт ввода вывода. Выбор выводов ПЛИС осуществляется произвольно, т.е. по выбору разработчика.

Для хранения конфигурационной последовательности выбранной микросхемы ПЛИС выберем перепрограммируемое ПЗУ XC18V02 фирмы XILINX, т.к. объем данной микросхемы равен объему теневого ОЗУ ПЛИС XC2S300E-6PQ208C.

Так как напряжение питания для внутренней логики ПЛИС серии Spartan–IIe должно быть равным 1,8В, необходимо установить преобразователь напряжения. В качестве преобразователя напряжения возьмем OM9553SP в виду его простоты в использовании.

Заключение. В процессе выполнения работ по исследованию и разработке описываемого в статье специализированного устройства был разработан модуль ассоциативного сопроцессора на базе ПЛИС. Указанное спецустройство реализовано в виде платы расширения ЭВМ, подключаемой к нему через разъем PCI Express. Разрядность ШД, предлагаемого сопроцессора – 32 бита (двойное машинное слово). Емкость массива АЗУ – 32 двойных машинных слова. Созданное устройство выполняет трудоемкие операций поиска и сравнения, что обеспечивает разгрузку ЦП и в разы повышает производительность системы в целом.

Предлагаемый аппаратный модуль ассоциативного сопроцессора позволяет решать следующие задачи:

1) адресная запись в АЗУ;

2) адресное чтение из АЗУ;

3) поиск данных равных, больших и меньших аргумента поиска;

4) ассоциативное чтение (чтение элементов больше, меньше или равных аргументу);

5) ассоциативная запись (запись в ячейки памяти, содержимое которых больше, меньше или равно аргументу).

Областью применения аппаратного ассоциативного сопроцессора являются системы, в том числе с изменяемой конфигурацией (реконфигурируемые), где необходим быстрый поиск данных.

Применение в устройстве ПЛИС с большим числом логических вентилей поможет значительно увеличить емкость массива АП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бикташев Р.А., Князьков В.С. Архитектура параллельных вычислительных систем. – Пенза: РИО Упринформпечати, 1993. – 166 с.

2. Кохонен Т. Ассоциативная память. – М.: Мир, 1980. – 240с.

3. Кохонен Т. Ассоциативные запоминающие устройства: Пер. с англ.– М.: Мир, 1982. – 384 с.

4. Smith J.E., Sohi G.S. The Miroarchitecture of Superscalar Processors // Proc. IEEE, Vol. 83, no. 12, pp. 1609-1624, December 1995.

5. Огнев И. В., Борисов В.В. Ассоциативные среды. – М.: Радио и связь, 2000. – 312 с.

6. Bergamaschi R.A., Lee W.R. Designing Systems-on-Chip Using Cores // Proc. 37th Annual Design Automation Conference, pp. 420-425, 2000.

7. Kozyrakis C.E., Patterson D.A. Scalable Vector Processors for Embedded Systems // IEEE Micro, Vol. 23, no. 6, pp. 36-45, 2003.

8. Constantinides G.A., Cheung P.Y.K., Luk W. Synthesis and Optimization of DSP Algorithms // Kluwer Academic Publishers, USA, 162 p., 2004.

9. Kuon I., Rose J. Measuring the gap between FPGAs and ASICs // IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, Vol. 62, no. 2, pp. 203–215, 2007.

10. Mattson T.G., Van der Wijngaart R., Frumkin M. Programming the Intel 80-core network-on-a-chip Terascale Processor // Proc. 2008 ACM/IEEE Conference on Supercomputing (SC'08), Art. 38, 2008.

11. Зубковский П.С., Ивасюк Е.В., Аряшев С.И. Сопроцессор комплексных вычислений // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем – 2010. Сборник трудов / под общ. ред. академика РАН А.Л. Стемпковского. М.: ИППМ РАН, 2010. – С. 356–359.

12. Пантелеев А.Ю., Шагурин И.И. Векторный сопроцессор для реализации DSP-алгоритмов в числах с плавающей точкой // Научная сессия МИФИ 2012: сборник научных трудов, том 1. – М.: МИФИ, 2012. – С. 80–81.

13. Гук М Аппаратные интерфейсы ПК. Энциклопедия. – СПб.: Питер, 2003. – 528 с.

14. 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.

15. Martyshkin, A.I., Salnikov, I.I., Pashchenko, D.V., Trokoz, D.A. Associative Co-processor on the Basis of Programmable Logical Integrated Circuits for Special Purpose Computer Systems. Proceedings – 2018 Global Smart Industry Conference, GloSIC 2018. Chelyabinsk, RUSSIA. NOV 13-15, 2018. South Ural State Univ; Emerson Elect Co.

16. Мартышкин А.И. Блок ассоциативного сопроцессора на базе ПЛИС для специализированных вычислительных систем // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 12–1. – С. 73–79.

17. Мартышкин А.И. Модуль ассоциативного сопроцессора на базе ПЛИС для специализированных вычислительных систем // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2016. – № 58. – С. 75–82.

18. Мартышкин А.И. Структурная организация блока ассоциативного сопроцессора на базе программируемой логической интегральной схемы для специализированных вычислительных систем // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 4 (20). – С. 128–138.

19. Мартышкин А.И. Функциональная организация модуля ассоциативного сопроцессора для специализированных вычислительных систем // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 3 (19). – С. 157–166.

20. Martyshkin, A., I. Possible Option of Associative Cooprocessor Organization at Functional Level on PLIC Basis for Specialized Computer Systems // AD ALTA-JOURNAL OF INTERDISCIPLINARY RESEARCH. 2018. Vol. 8. Issue 1. Special issue 3. PP. 315–321.

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

Статья поступила в редакцию 20.06.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 004.49

ОБЗОР ВИРУСОВ-ШИФРОВАЛЬЩИКОВ

© 2019

Слесарев Юрий Николаевич, доктор технических наук,
доцент кафедры «Прикладная и бизнес-информатика»
Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Филиал ПКИТ)
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Володарского, 6, e-mail: slesarevun@gmail.com)
Терешин Никита Игоревич, инженер
ООО «СКБТ»
(440039, Россия, г. Пенза, проспект Строителей, 33, e-mail: nexiq1337@gmail.com)

Аннотация. Вредоносное программное обеспечение (ПО), содержащее в себе сетевые атаки, сетевые черви, троянские программы, а также компьютерные вирусы злоумышленников – это то, что составляет уже повседневную практическую опасность не только по отношению к пользователям информационных технологий, но по отношению к компаниям, объединенным корпоративной сетью. В данный момент среди всего разнообразия вирусов особенно выделяется вирус-шифровальщик. Способ проникновения указанного вируса на компьютер крайне прост. Злоумышленник, маскируясь под какое-то конкретное лицо, прикладывает к электронному письму файл с вирусом-шифровальщиком и направляет его получателю. Находящийся в неведении получатель может уверенно открыть данное письмо, полученное им от знакомого лица. После открытия зараженного письма начнется активная фаза по проникновению вируса, которая представляет собой начало шифрования пользовательских данных. Нынешние темпы по развитию шифровальщиков являются серьезной проблемой, на которую невозможно не обращать внимания. Встретившись с шантажом, жертва становится перед выбором – вносить плату или потерять информацию. В связи с этим лучшим решением будет предупредить угрозу, чем заниматься ликвидацией последствий. В статье приводится обзор известных вирусов – шифровальщиков. Рассматриваются следующие аспекты данной проблематики: пути распространения вирусов – шифровальщиков, распространенные средства доставки шифровальщиков и их различия, разновидности схем шифрования (криптосхем), а также существующие алгоритмы шифрования и способы хранения ключей.

Ключевые слова: Вирус-шифровальщик, скрытые атаки, информационная безопасность, вирус-червь, моделирование средств защиты информационной безопасности, атаки разных видов.

ENCRYPTION VIRUS REVIEW

© 2019

Slesarev Yuri Nikolayevich, doctor of technical Sciences,
associate Professor of "Applied and business Informatics"
Moscow State University of technology and management. K. G. Razumovsky
(440026, Russia, Penza, Volodarsky St. 6, e-mail: slesarevun@gmail.com)
Tereshin Nikita Igorevich, engineer
JSC "SKBT"
(440039, Russia, Penza, prospekt Stroiteley, 33, e-mail:nexiq1337@gmail.com)

Abstract. Recently, viruses , cryptographers for selfish purposes began to use a certain part of the criminal community. The attackers have at their disposal a well-developed infrastructure in the hidden part of the global network, which allows to automate the process of receiving criminal funds and issuing keys, in addition, they have seriously thought out the issues of ensuring their own security. Methods the activities of criminals in recent time also undergone significant changes, attacks have become more focused, which gives the opportunity to talk about a more rigorous approach in selecting victims. At the current level of communication development, the creators of cryptographers can actively use the zero-day vulnerability, in other words, to distribute malicious software ,the signatures of which are not in the databases of anti-virus software . Of course, that virus laboratories respond to the emergence of threats quite quickly, but even a few hours of delay can lead to numerous episodes of infection. The article presents the author's research on how successfully anti-viruses from different manufacturers cope with unfamiliar viruses - encoders. According to the results of testing, some modern anti-virus programs will have shortcomings in the methods of protection.

Keywords: Cryptographic virus, hidden attacks, information security, worm virus, modeling of information security protection, attacks of different types.

Введение. Вредоносное программное обеспечение (ПО), содержащее в себе сетевые атаки, сетевые черви, троянские программы, а также компьютерные вирусы злоумышленников – это то, что составляет уже повседневную практическую опасность не только по отношению к пользователям информационных технологий, но по отношению к компаниям, объединенным корпоративной сетью [1].

В данный момент среди всего разнообразия вирусов особенно выделяется вирус–шифровальщик. Способ проникновения указанного вируса на компьютер крайне прост. Злоумышленник, маскируясь под какое-то конкретное лицо, прикладывает к электронному письму файл с вирусом-шифровальщиком и направляет его получателю. Находящийся в неведении получатель может уверенно открыть данное письмо, полученное им от знакомого лица. После открытия зараженного письма начнется активная фаза по проникновению вируса, которая представляет собой начало шифрования пользовательских данных [6,с.74].

Теоретическая часть. У вредоносной программы класса «шифровальщик» имеются аналогичные другим вредоносным программам пути по распространению. Раскроем главные из них.

1. Атака вида «управляемая загрузка» («drive by load»).

В кодовое содержание страниц скомпрометированного сайта производится внедрение сценария, содержащего код вредоносной программы, осуществляющего перенаправление посетительского браузера на сторонний ресурс. При успешном проникновении посредством использования имеющихся на системе посетителя программах слабых мест, на компьютере пользователя без его ведома будет установлена в автоматическом режиме и запущено в работу вредоносное ПО [14].

2. Атака вида «слабое место» («watering hole»).

Киберпреступниками изучается поведение работников интересующей их фирмы с той целью, чтобы узнать информацию о наиболее посещаемых ими интернет-ресурсах. Далее они инфицируют популярный у сотрудников веб-сайт, зачастую такой, который относится к доверенному предприятию и является ценным источником получения информации. В случае классического варианта атаки используется программа по использованию известной уязвимости. После открытия работником страницы данного зараженного сайта, его компьютерная система подвергается заражению [15].

3. Рекламная баннерная сеть («Malvertising»).

Зачастую случается, что безобидная, на первый взгляд, система баннерной рекламы делается мощным инструментарием по распространению вредоносного ПО. К примеру, в 2010 году в баннерных сетях таких серьезных компаний, как Microsoft и Google, был выявлен несколько наборов вредоносных программ, направленных сразу более чем на семь уязвимостей [3,с.49].

4. Электронная почта («Spear-phishing»).

Это целенаправленный вид мошенничества: пользователю направляется электронное письмо, которое вызывает доверие к его отправителю, рассчитывая на то, что адресат вскроет приложение либо ссылку, которые запустят вредононосный исполняемый код. В виде примера приведем шифровальщика Petya, ориентированного на корпоративных пользователей. Рассылаемые письма зачастую содержат резюме соискателей рабочего места [16].

5. Социальные сети.

Они выступают прекрасным инструментом для проведения, как целенаправленного, так и массового заражения посредством опубликования ссылки на инфицированный ресурс, хранящий определенный инструмент для несанкционированного проникновения («Downloader», «Dropper», «Exploit», и т. д.).

6. Рабочий удаленный стол Remote Desktop Protocol (RDP).

Все еще нередкими являются случаи, когда порт TCP 3389 является открытым для доступа из вне для технических целей. К примеру, при обслуживании сторонним учреждением программы «1С-Бухгалтерия», или для нужд администрирования. В отношении портов удаленного доступа все время ведется охота. Хакеры регулярно сканируют публичные сети и выполняют подбор паролей в отношении целевых хостов. Далее злоумышленником вручную выполняется шифрование, отключив предварительно все восстановительные и протоколирующие механизмы от системы (создание копий теневых файлов, журналирование) [18].

Кроме того, при ручном взламывании систем хакерами часто используется утилита Mimikatz, позволяющей увеличить привилегии у доступа для инициации шифровальщика, обладающего административными правами. Mimikatz выступает инструментом для хищения паролей у открытых в операционной системе сессий, использующий набор функций “Credential Editor”. Утилита может извлекать данные аутентификационного характера у пользователя, зарегистрировавшегося в системе, в раскрытом виде.

Представим перечень распространенных средств по доставке шифровальщика и их различия.

1. Dropper.

Принцип его работы содержится в извлечении и расшифровке из тела вируса “шифровальщика” вредоносного кода и его активация в системе у жертвы. Присутствие шифрования ориентировано на усложнение действий по обнаружению вируса средствами по обеспечению безопасности.

2. Загрузчик (downloader).

Принцип деятельности загрузчика содержится в загрузке тела шифровальщика с выбранного веб-сайта. Злоумышленниками решается сразу ряд задач: уменьшение размера вложения, к примеру, электронной почты. Это – простой метод по обновлению “кода” вируса “шифровальщика”, достаточно обновить данную угрозу на сайте, откуда его берут распространяемые загрузчики.

Присутствует распространенное заблуждение о том, что инициация шифровальщика возможна только в ситуации некорректных операций пользователя, а именно присутствия прав доступа администратора во время запуска вредоносной про-

граммы (например, игнорируется предостережение "UAC"(контроль учетных записей)), либо использование макросов в документе Word открытого доступа [17].

В действительности все не так просто. Ситуация изменилась с появлением в 2016 году комбинированных шифровальщиков. Суть их работы такова, что в момент инициализации ключевого вируса-шифровальщика запрашивается доступ в отношении прав администратора; в ситуации бдительности пользователя и выдачи отказа инициируется запасной шифровальщик, исполняющий шифрование файлов на уровне прав обычного пользователя [19].

Зачастую при запуске шифровальщик может иметь следующий набор заданных заранее функций:

– установление географического месторасположения системы в соответствии с адресом IP; некоторые шифровальщики имеют целью заражение систем исключительно в определенных государствах;

– нахождение локальной версии для операционной системы, а также раскладки клавиатуры – это нужно в целях адаптации вывода уведомления на языке пользователя или для того, чтобы не допустить заражения в определенных государствах.

Кроме того, некоторыми видами шифровальщиков используется соединение с командным центром для получения ключа шифрования и других дополнительных функций.

К примеру, шифровальщик Cryptowall применяет командный центр с целью получения ключа для шифрования, а также может исполнять целый ряд дополнительных команд, одна из которых – это команда для загрузки и исполнения файла. Кроме того, он имеет возможность для загрузки автоматической программы для производства рассылки самого себя разнообразным адресатам, полученным от командного центра. А вот шифровальщик TeslaCrypt употребляет командный центр и только для трансляции статистики о числе заражений.

Имеющиеся шифровальщики используют разные схемы по шифрованию (криптосхемы). Под криптосхемой нами понимается схема по взаимодействию криптографических алгоритмов для исполнения определенного рода задачи, в рассматриваемом случае – осуществления шифрования файлов [4,с.56]. Разберем используемые виды шифрования.

1. Асимметричная криптография (гибридная), когда файлы подвергаются шифровке посредством симметричного алгоритма, а ключи - ассиметричного.

2. Симметричные известные шифры: блочные (BlowFish, AES), поточные (RC4) и т.д.

3. Самописные алгоритмы (симметричные), выстроенные на смешении арифметических операций ADD,XOR, MUL, SUB и т.д.

Разберем, откуда берутся ключи. В процессе эволюции шифровальщики употребляли разнообразные способы по хранению ключей и алгоритмов шифрования. Приведем конкретные примеры вариантов, где может храниться ключ.

1. Ключ запрашивается непосредственно у командного сервера. К примеру, вредоносное ПО Locky, Cryptowall и иные запрашивают ключ у командного центра для проведения асимметричного алгоритма, а Aura спрашивает ключ для симметричного шифра.

2. Ключ генерируется при запуске на клиенте вирусом-троянцем. К примеру, вредоносное ПО Enigma образует ключ и шифрует его при помощи асимметричного алгоритма RSA.

3. Ключ находится в теле шифровальщика. К примеру, вредоносное ПО Xorist обладает встроенным ключом для симметричного алгоритма.

Таким образом, на сегодняшний день можно отметить широкое развитие вирусов-шифровальщиков.

Шантаж пользователей проявляется не только в стойком шифровании и широких путях распространения вируса, но также включает:

– автоматическое формирование криптокошелька с целью получения выкупа;

– новоиспеченную форма платежей, в которой ценится криптовалюта (биткоин);

– применение служб Web для Tor, что дает возможность производить взаимодействие жертвы с личным кабинетом, размещенным в сети Tor;

– употребление сети Tor, обеспечивающей полную конфиденциальность злоумышленникам;

– обеспечение посредством системы Bitmessage защищенного общения;

– система защищенной электронной почты, к примеру, служба Riseup.net;

– автоматическая передача ключа для шифрования в случае поступления платежа от жертвы а также автоматическое выдвижение счета;

– автоматическая оценка и классификация зашифрованных файлов для установления величин выкупа [5,с.187].

Все чаще в последнее время наблюдаются вредоносное ПО, где к шифровальщику подключают дополнительную вредоносную нагрузку в форме сети зараженных систем, либо спам-бота, которая обыкновенно используется с целью собственного тиражирования. Используется также модуль Stealer, предназначенный для хищения паролей от электронной почты, сохраненных в браузере, служб VPN, RDP и т. д. В 2018 году предвидится рост многообразия вредоносной нагрузки, в том числе и целенаправленного воздействия.

Были выявлены новые операционные системы, атакуемые данным вирусом: Apple Mac OSX; в 2016 году был раскрыт первый активный шифровальщик osx.keranger, а также мобильная платформа Android, в 2014 году образовался AndroidOS. Kokri, служащий для шифрования личных данных на смартфоне [2,с.171].

Известны эпизоды употребления шифровальщика на завершающем этапе по проведению целенаправленной атаки в отношении крупных компаний. Например, в 2011 году кинокомпания Sony Pictures Entertainment стала жертвой целенаправленной атаки, в течение которой было парализовано и зашифровано более 80% персональных компьютеров данной глобальной корпорации [20].

Выводы. Как мы видим, нынешние темпы по развитию шифровальщиков являются серьезной проблемой, на которую невозможно не обращать внимания. Встретившись с шантажом, жертва становится перед выбором – вносить плату или потерять информацию. В связи с этим лучшим решением будет предупредить угрозу, чем заниматься ликвидацией последствий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Андреева Е.В. Исследование механизма распространения вирусов-шифровальщиков в информационных сетях // научное сообщество студентов: междисциплинарные исследования: сб. ст. по мат. XXXIV междунар. студ. науч.-практ. конф. № 23(34). URL: https://sibac.info/archive/ meghdis/23(34).pdf (дата обращения: 25.02.2018).

2. Аюпова А.Р., Биктимирова Е.Р. Рост распространения вирусов-шифровальщиков в современных условиях В сборнике: Достижения и приложения современной информатики, математики и физики Материалы VI Всероссийской научно-практической заочной конференции. – 2017. – С. 169–172.

3. Безмалый В. Еще раз о вирусах-шифровальщиках // Windows IT Pro/ RE. 2015. – № 7. – С. 49.

4. Безмалый В. Противодействие вирусам-шифровальщикам. Часть 1 / Windows IT Pro/ RE. 2016. № 12. С. 56.

5. Стройкина И.А. Вирусы-шифровальщики – демо-версия кибервойны // В сборнике: Достижения и приложения современной информатики, математики и физики Материалы VI Всероссийской научно-практической заочной конференции. – 2017. – С. 186–189.

6. Ченушкина С.В., Елисеева Д.В., Филиппов И.Е. Вирусы-шифровальщики и рекомендации по защите от них // Наука и образование: сохраняя прошлое, создаём будущее: Сборник статей IX международной научно-практической конференции: в 3 частях. – Издательство: «Наука и просвещение». – 2017. – С. 73–75.

7. Басыров А.Р. Безопасность корпоративной электронной почты // Межотраслевой институт Наука и образование. 2014. № 5. С. 55–59.

Березин С., Шапошников И. Ваш выход в интернет // Секреты эффективной и безопасной работы / Санкт-Петербург, 2004.

8. Волконский В.Ю., Иванов М.А., Ким А.К., Семенихин С.В. Комплекс программных средств антивирусной защиты компьютерных систем, функционирующих под управлением ОС семейства Эльбрус // REDS: Телекоммуникационные устройства и системы. 2015. Т. 5. № 3. С. 282–285.

9. Галах В.П., Лакеев В.А., Егоров В.И., Хотячук В.К., Шкирин В.Г. Автоматизированное рабочее место с защитой от несанкционированного доступа // патент на полезную модель RUS 96435 22.03.2010.

10. Лебедев А.Н. Способ рассылки защищенных данных с регулированием доступа к отдельным их разделам // Вопросы кибербезопасности. 2015. № 5 (13). С. 70–72.

11. Солопов А.И., Лакеев В.А., Хотячук В.К., Тимошкин В.С., Шкирин В.Г. Автоматизированное рабочее место с защитой от утечек информации // патент на полезную модель RUS 98612 09.06.2010.

12. Харитонова Т.А., Рудая А.Г. Тенденции развития современных компьютерных вирусов // В сборнике: Проблемы и перспективы развития экономических систем в исследованиях студентов и молодых ученых Материалы международной научно-практической конференции. 2013. С. 394–397.

13. Бондаренко Е.С. Эволюция вирусов-шифровальщиков // Контентус. – 2016. – № 8 (49). – С. 143–145.

14. Врублевский А. Полоса препятствий для хакеров // Журнал сетевых решений LAN. – 2017. – № 10. – С. 37.

15. Земсков А.И., Карпычев В.Ю. Разработка алгоритма распознавания и подавления действия криптографического вредоносного программного обеспечения // Экономика и менеджмент систем управления. – 2017. – Т. 26. – № 4.3. – С. 355–364.

16. Лабутин Н.Г. Некоторые способы защиты от вирусов-шифровальщиков // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2017. – № 2–2. – С. 56–58.

17. Смирнов Д.В., Лубкин И.А. Исследование особенностей поведения вредоносного программного обеспечения класса крипторов-вымогателей. // Решетневские чтения. – 2016. – Т. 2. – № 20. – С. 271–273.

18. Тепловодских А.Д., Зотов С.С. Аспекты защиты от вирусов-шифровальщиков // Аллея науки. – 2017. – Т. 1. – № 12. – С. 367–371.

19. Ландэ Д.В. Ботнет // Сети и бизнес стр.105. URL: dwl/kiev.ua/art/botnet/botnet.pdf (дата обращения: 6.12.2018).

20. Артемов А.В. Информационная безопасность // Курс лекций. – 2015. – №4 (37). – С. 43–52.

Статья поступила в редакцию 15.06.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 629.7, 681.3, 681.5

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗЦОВ ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

©2019

Коваль Станислав Иванович, аспирант
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)
(197376, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5, email: stasonkoval@yandex.ru)

Аннотация. Целью данной работы является научное обоснование применения нейронных сетей для распознавания образцов элементов газотурбинных двигателей. В статье проводится анализ литературных источников в области использования нейронных сетей для распознавания образцов элементов газотурбинных двигателей. На основе анализа основных типов нейронных сетей, их архитектуры и характеристик показано, что несвойственные для традиционных методов свойства нейронной сети свидетельствуют о целесообразности использования нейронных сетей в задачах диагностики повреждений лопаток газотурбинных двигателей. Проведен структурно – параметрический синтез нейронных сетей для диагностики повреждений лопаток газотурбинных двигателей на основе результатов моделирования и обработки сигналов, излучаемых моделями лопаток газотурбинных двигателей без повреждения и с повреждениями при ударном возбуждении методом свободных колебаний. Проведено моделирование следующих типов нейронных сетей – сеть Кохонена, карта Кохонена, персептрон, линейная нейронная сеть, вероятностная нейронная сеть, двухслойная нейронная сеть. По результатам двухклассового распознавания состояния лопаток определено, что наиболее эффективной нейронной сетью для решения задач распознавания состояния лопаток газотурбинных двигателей является вероятностная нейронная сеть, которая обеспечивает нелинейное разделение пространства признаков на классы.

Ключевые слова: распознавание образцов, газотурбинный двигатель, нейронная сеть, техническое состояние, виброакустическая диагностика, сеть кохонена, карта кохонена, персептрон, линейная сеть, вероятностная сеть, двухслойная сеть.

CHARACTERISTICS OF NEURAL NETWORKS FOR RECOGNITION OF SAMPLES OF GTE ELEMENTS

©2019

Koval Stanislav Ivanovich, Post-Graduate Student
Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI"
(197376, Russia, Saint-Petersburg, Professora Popova St., 5, mail: stasonkoval@yandex.ru)

Abstract. The purpose of this work is the scientific substantiation of the use of neural networks for the recognition of samples of elements of gas turbine engines. The article analyzes literary sources in the field of using neural networks for recognizing samples of elements of gas turbine engines, and based on a review and analysis of the main types of neural networks, their architecture and characteristics, it is shown that such properties of neural networks that are uncharacteristic of traditional methods show that diagnostics of damage to blades of gas turbine engines. A structural parametric synthesis of neural networks was carried out to diagnose damage to gas turbine engine blades based on the results of modeling and processing signals emitted by models of gas turbine engine blades without damage and with damage during shock excitation using the free oscillation method. The following types of neural networks were modeled – Kohonen network, Kohonen map, perceptron, linear neural network, probabilistic neural network, two-layer neural network. According to the results of two-class recognition of the state of the blades, it was determined that the most effective neural network for solving problems of recognizing the state of the blades of gas turbine engines is a probabilistic neural network that provides a non-linear division of feature space into classes.

Keywords: sample recognition, gas turbine engine, neural network, technical condition, vibroacoustic diagnostics, kohonen network, kohonen map, perceptron, linear network, probabilistic network, two-layer network.

Введение. На сегодняшний день сохраняет свою актуальность задача виброакустического мониторинга технического состояния лопаток рабочих колес и диагностики в них начальных трещиноподобных повреждений на стационарных и нестационарных режимах эксплуатации газотурбинного двигателя (ГТД).

Решение этой задачи требует разработки такой системы классификации, которая в общей системе мониторинга могла бы определить переход лопатки от бездефектного состояния к дефектному на как можно ранней стадии развития трещиноподобных повреждения, сохраняла бы гибкость, обеспечивала нелинейное разделение пространства признаков, проводила бы распознавание технического состояния (ТС) лопаток по признакам, определенным на основе использования современных методов обработки диагностической информации, в случаях минимума исходной информации об образах, и ограниченного количества итераций на обучение.

В традиционных методах мониторинга технического состояния лопаток ГТД слабо выражены или вообще отсутствуют следующие качества: самоорганизация, способность к обучению, обобщению, имитирование процессов и явлений, формирование сложных зависимостей в пространстве диагностических признаков и в пространстве классов, эффективность работы с признаками большой размерности. Именно такими свойствами обладают нейронные сети (НС), что свидетельствует о целесообразности их использования в задачах виброакустической диагностики трещиноподобных повреждений лопаток ГТД.

Анализ последних исследований и публикаций. В литературных источниках значительное внимание уделяется исследованию по решению задачи распознавания технического состояния элементов ГТД и по разработке современных диагностических систем с применением современных компьютерных технологий. Но при этом следует отметить отсутствие единой концепции синтеза интеллектуальной системы распознавания ТС элементов ГТД, это обусловлено как сложностью самого объекта диагностики и многообразием проявлений повреждений, так и разрозненностью имеющихся исследований по данному направлению. В основном исследователи сосредотачивают свое внимание на решении задач распознавания отдельных дефектных состояний двигателя и на исследовании эффективности применения нейронных сетей в этих задачах. Чаще всего при распознавании состояний ГТД в процессе функционирования в качестве диагностической информации используется набор относительных отклонений измерительных параметров работы ГТД от нормальных значений (диагностических невязок), как представлено в работах [1,2-4]. Кроме этого, в [2] приведены результаты исследования возможности использования искусственных нейронных сетей (ИНС) для распознавания одиночных дефектов проточной части ГТД. В рамках исследования решались задачи формирования учебных шаблонов (массивов) ИНС и анализа результатов обучения.

Значительным вкладом в теорию и практику распознавания состояния ГТД являются работы А.Г. Кучера [5-8]. В частности, в указанных работах был проведен численный эксперимент с использованием математической модели рабочего процесса ГТД, в результате которого были получены параметры рабочего процесса ГТД, выполнено формирование нейронной сети, предназначенной для классификации входных векторов на базе карт Кохонена, проведено обучение и распознавание сетью ТС ГТД. В качестве диагностических параметров использовались невязки приведенных к стандартным атмосферным условиям и режимам работы параметров. Работа [7] посвящена определению общей архитектуры статической нейронной сети, предназначенной для распознавания класса ГТД. Авторами выполнена постановка задачи создания оптимальной с точки зрения качества классификации сети, разработана методика решения поставленной задачи. Получен набор данных, предназначенный для обучения нейронной сети, которая служит для распознавания единичных и двойных элементов проточной части ГТД, рассмотрены вопросы формирования критериев качества распознавания и создания наборов данных для обучения и тестирования сети. Проблемы выбора метода обучения нейронных сетей (НС), оптимального с точки зрения стабильной работы, скорости обучения и качества распознавания класса ТС ГТД по параметрам его функционирования, рассматриваются в работе [8].

Большое внимание к определению ТС ГТД с помощью нейронных сетей и динамических гибридных экспертных систем (ЭС) уделяется в исследованиях российского ученого С.В. Жернакова [9-11]. В частности, в работе [9] в процессе диагностики ГТД автором был проведен сравнительный анализ работы двух моделей НС одинаковой архитектуры: персептрона и комбинированной НС - радиально-базисной (РБС) НС с персептроном. Обучение сетей проводилось по следующим алгоритмам: back propagation, conjugate gradient, quick propagation, delta bar delta. Работоспособность НС была проверена на примере диагностики (контроль и прогноз) состояния турбовального одноконтурного ГТД с типичным видом отказа (изменение равномерности поля температур перед турбиной). В качестве диагностической информации использовалась таблица диагностических признаков ГТД, которая представляет собой выборку из 20 контролируемых параметров при 47 возможных отказах. В работе [10] решалась задача построения интеллектуальной системы технического контроля и диагностики ГТД на базе гибридной динамической нечеткой ЭС Rtworks 3.5 и гибридных статических нечетких ЭС (Hugin и C-PRIZ) с учетом особенностей этих программных сред и специфики адаптации ГТД в них. В работе [12] формализация методов построения экспертных систем диагностики предполагает наличие формального описания ГТД как объекта эксплуатации (база знаний конкретного типа ГТД по его конструктивными элементами и функциональным схемам) и его поведения в исправном и неисправном состоянии (база данных о текущих значениях параметров ГТД, контролируемых от системы диагностики и интерпретатора вывода решений ЭС диагностики). В этом случае ЭС диагностики представляется как динамическая система, совместимая с системой диагностики ГТД.

Таким образом, проведенные ранее исследования имеют следующие ограничения и недостатки:

- для параметрических методов – это ограниченность количества измеряемых или определенных параметров по сравнению с количеством возможных состояний двигателя в эксплуатации, в том числе и выявление трещиноподобных повреждений лопаток рабочих колес;

- для распознавания состояния лопаток использованы признаки на основе спектров вибрации и шума, полученных методом свободных колебаний, что неприемлемо при функциональном диагностировании в процессе эксплуатации ГТД;

- не проведены исследования по распознаванию состояния лопаток компрессоров и турбин в процессе эксплуатации ГТД на стационарных и нестационарных режимах;

- все проанализированные исследования не касаются повреждений и дефектов на этапе их зарождения и начального развития;

- не проведены исследования по разработке классификатора с использованием информационных технологий для его применения в системе диагностики трещиноподобных повреждений лопаток на стационарных и нестационарных режимах работы.

Таким образом, на основе проведенного обзора существующих методов и средств определения технического состояния газотурбинных двигателей, имеющейся на сегодня актуальной проблемы мониторинга технического состояния лопаток рабочих колес и диагностики в них начальных трещиноподобных повреждений на стационарных и нестационарных режимах эксплуатации, современного состояния и перспектив развития и широкого внедрения в системы диагностики новейших информационных технологий, можно сделать вывод о нерешенности на сегодняшний день актуальной научной задачи распознавания ТС лопаток в процессе виброакустического мониторинга на стационарных и нестационарных режимах эксплуатации ГТД.

Кроме сказанного следует отметить, что в приведенных выше работах не использовались современные методы обработки диагностической информации на стационарных и нестационарных режимах работы ГТД. Сейчас для диагностики элементов ГТД и определения ТС двигателя в целом широко применяются спектры вибраций и шума. Но, согласно приведенным в [13-15,16] результатам исследований, использование обобщенных энергетических спектров вибрации и шума машин и механизмов является неэффективным для выявления дефектов и повреждений, зарождающихся в элементах механизма, которые находятся на стадии начального развития. Такие дефекты вызывают появление в измеряемом сигнале составляющих с малой колебательной энергией и практически не выделяются традиционными методами спектрального анализа.

Использование современных методов цифровой обработки вибрационного и акустического шума ГТД, которые являются эффективными при анализе стационарных и нестационарных сигналов, а также при выделении малых информативных составляющих сигнала, обусловленных появлением и начальным развитием трещины в лопатке, на фоне значительных аддитивных и мультипликативных помех, посвящены работы [13,16]. В частности, это методы многомерного спектрального анализа, традиционные и высших порядков частотно-временные преобразования, вейвлет-преобразования, безразмерные характеристики виброакустических сигналов на основе статистических характеристик высших порядков. Использование таких методов обработки в процессе виброакустической диагностики трещиноподобных повреждений лопаток ГТД устраняет недостатки традиционных методов спектрального анализа при определении диагностических признаков повреждения,

На основе проведенного обзора существующих методов и средств определения технического состояния газотурбинных двигателей, имеющейся на сегодня актуальной проблемы мониторинга технического состояния лопаток рабочих колес и диагностики в них начальных трещиноподобных повреждений в стационарных и нестационарных режимах эксплуатации, современного состояния и перспектив развития и широкого внедрения в системы диагностики новейших информационных технологий, можно сделать вывод о нерешенности на сегодняшний день актуальной научной задачи распознавания ТС лопаток в процессе виброакустического мониторинга на стационарных и нестационарных режимах эксплуатации ГТД.

Целью данной работы является научное обоснование применения нейронных сетей для распознавания образцов элементов ГТД.

Нейронная сеть представляет собой совокупность элементов (нейронов), которые соединены между собой так, что между ними обеспечивается взаимодействие. То есть, в основе НС лежат искусственные нейроны. Способ соединения определяет архитектуру НС, тип нейронных элементов определяет характеристики и свойства нейронных сетей при применении в задачах распознавания.

Наиболее распространенными алгоритмами обучения НС является [17]:

- Алгоритм обратного распространения ошибки;
- Одношаговый алгоритм метода плоскости сечения;
- Метод сопряженного градиента в модификации Флетчера-Ривса;
- Метод квазиньютонова алгоритма;
- Алгоритм Левенберг-Макварда;
- Алгоритм Кохонена;
- Рекуррентное учебное правило наименьших квадратов, или правило Уидроу-Хоффа;
- Алгоритм обучения вероятностной нейронной сети (ВНС);
- Алгоритм обучения сети адаптивной резонансной теории (АРТ).

Нейронным сетям присущи свойства: самоорганизация, способность к обучению, обобщению, имитирование процессов и явлений (линейных и нелинейных), формирование сложных зависимостей в пространстве диагностических признаков и в пространстве классов, эффективность работы с признаками большой размерности. Все вышепере-

численные свойства и возможности НС свидетельствуют о целесообразности их применения в задаче распознавания ТС лопаток рабочих колес ГТД в процессе виброакустического мониторинга.

Материалы и результаты исследования. Структурно-параметрический синтез НС проведен на примерах множеств диагностических признаков трещиноподобных повреждений отдельных лопаток ГТД, которые были получены с использованием метода свободных колебаний (МСК).

На этих примерах проведено исследование свойств нейронных сетей различного типа и архитектуры и приведены их особенности при распознавании ТС лопаток. Имитационное моделирование возбуждения свободных колебаний ГТД и их спектральной обработки проведены в программной среде Matlab Simulink в соответствии со схемой на рисунке 1 [18].

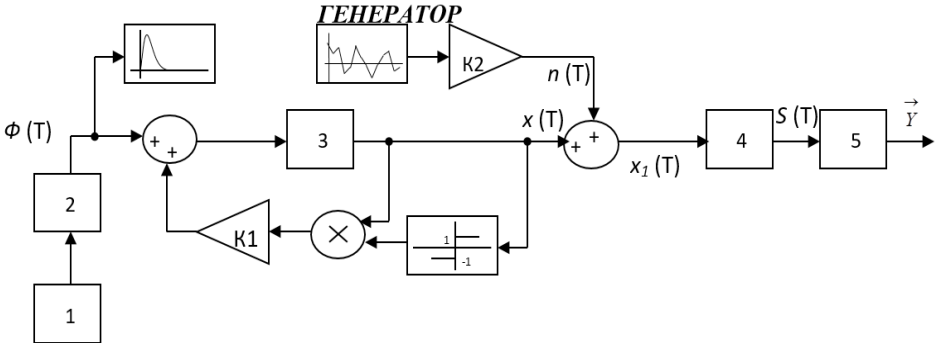


Рисунок 1 – Схема имитационного моделирования процесса диагностики по методу свободных колебаний

Схема содержит следующие функциональные блоки: 1 – элемент задания времени для формирования импульсного возмущения; 2 – блок формирования импульсного возмущения в соответствии с моделью *F(T)* [18]; 3 – модель линейного колебательного звена, охваченного обратной связью через нелинейный и безынерционный $К_1$ элемент. На выходе модели формируется ее реакция *Y(T)* на ударную функцию возмущения *F(T)*. 4 – блок спектральной обработки по методу быстрого преобразования Фурье, где обработке подлежит аддитивная смесь полезного сигнала *x(T)* и гауссовской помехи *n(T),* результатом данной смеси является S-образная функция *S*(*t*). 5 – блок, в котором формируются диагностические признаки. Преграда формируется генератором случайного процесса с соответствующим нормированием его уровня (элемент $К_2$) таким образом, чтобы обеспечить необходимое значение отношения сигнал/шум в интервале 40...100 дБ.

Для исследования использованы следующие типы НС:

- сеть Кохонена;
- Карта Кохонена;
- персептрон;
- линейная сеть;
- вероятностная сеть;
- двухслойная сеть.

На первом этапе проведен выбор функционала ошибки для двухслойной нейронной сети, первый слой которой содержит 30 нейронов с логистической функцией активации, а второй – 2 нейрона с линейной функцией активации. Для таких функционалов как: сумма квадратов ошибок, средняя квадратическая ошибка, средняя абсолютная ошибка – проведено по 10 экспериментов, по которым определялось количество итераций для достижения заданной ошибки обучения, равной 10^{-3}. При моделировании других типов сетей использовался функционал: средняя квадратическая ошибка.

В результате было выяснено, что функционал средняя абсолютная ошибка не пригоден для использования на множестве заданных векторов, так как обучение заканчивается, не достигнув заданного значения ошибки. Поэтому для дальнейших исследований в качестве функционала ошибки выбрана средняя квадратическая ошибка, для обеспечения заданного значения которой нейронной сети требуется наименьшее, по сравнению с другими функционалами, количество итераций (55 итераций для обеспечения значение ошибки 10^{-3} и 70 итераций – для 10^{-5}).

Следующим шагом исследований был выбор алгоритма обучения для двухслойной НС. Было проведено моделирование с использованием следующих 6-ти алгоритмов обучения:

1. Алгоритм градиентного спуска.
2. Пороговый алгоритм обратного распространения ошибки.
3. Одношаговый алгоритм метода плоскости сечения.
4. Метод сопряженного градиента с обратным распространением ошибки в модификации Флетчера-Ривса.
5. Метод квазиньютонова алгоритма.
6. Алгоритм Левенберг-Макварда.

Для каждого алгоритма обучения было проведено 10 экспериментов по определению количества итераций для достижения заданной ошибки 10^{-3}. Как показали результаты, наименьшее среднее количество итераций оказалось при обучении двухслойной НС по алгоритму Левенберга-Макварда (рисунок 2).

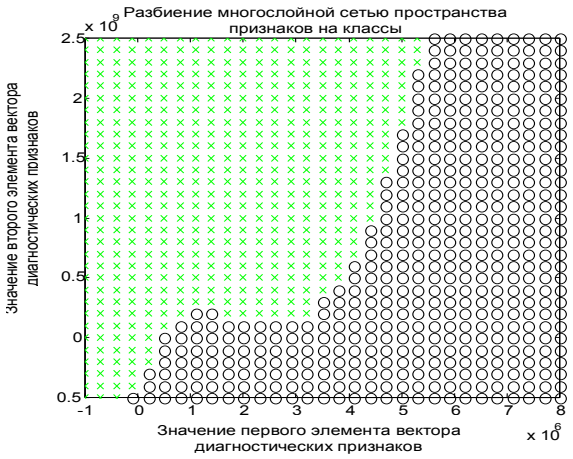


Рисунок 2 – Результаты классификации двухслойной НС с двухмерными векторами диагностических признаков

Для выбранного функционала ошибки и алгоритма обучения было проведено моделирование двухслойной НС и других типов нейронных сетей, в данной работе представлены результаты наиболее эффективного типа – двухслойной НС.

Таким образом, наиболее эффективными для диагностики повреждений являются двухслойные нейронные сети и вероятностная нейронная сеть, первый слой которой содержит 90 нейронов (по количеству учебных объектов), а второй 2 нейрона. В данном случае эффективность проявляется в том, что вышеуказанные сети способны проводить нелинейную классификацию по данным. Такие нейронные сети, как сеть Кохонена, карта Кохонена, персептрон, линейная нейронная сеть способны проводить корректную классификацию только по данным, которые являются линейно разделяемыми.

Выводы. В результате показано, что такие несвойственные для традиционных методов диагностики повреждений (свойства НС, как: самоорганизация, способность к обучению, обобщению, имитирование процессов и явлений, в том числе и нелинейных, формирование сложных зависимостей в пространстве диагностических признаков и в пространстве классов, эффективность работы с признаками большой размерности, свидетельствуют о целесообразности использования НС в задачах виброакустической диагностики трещиноподобных повреждений лопаток ГТД.

Проведен анализ НС для виброакустической диагностики трещиноподобных повреждений лопаток ГТД на основе результатов моделирования и обработки виброакустических сигналов, излучаемых моделями лопаток ГТД без повреждения и с трещиноподобнми повреждениями при ударном возбуждении методом свободных колебаний.

Проведено моделирование НС следующих типов: сеть Кохонена, карта Кохонена, персептрон, линейная НС, вероятностная НС, двухслойная НС. Для двухслойной нейронной сети, первый слой которой содержит 30 нейронов с логистической функцией активации, а второй – 2 нейрона с линейной функцией активации, в качестве функционала ошибки избрана средняя квадратическая ошибка. Показано, что для обеспечения приемлемого значения погрешности 10^{-3} необходимо 55 итераций обучения. В результате проведенных модельных экспериментов для обучения двухслойной НС избран алгоритм Левенберга-Макварда, для которого имеет место среднее количество итераций для достижения заданной погрешности обучения 10^{-3}.

По результатам двухклассового распознавания состояния лопаток определено, что наиболее эффективной НС для решения задач распознавания состояния лопаток ГТД является вероятностная нейронная сеть, которая обеспечивает нелинейное разделение пространства признаков на классы. Вследствие чего, предлагается дальнейшее исследование в направлении построения классификатора технического состояния лопаток ГТД на основе вероятностных НС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Дубровин В.И. Интегрированные многокласс-ификаторные нейросетевые системы диагностики. // Электроника и электроэнергетика. – 2002. – №1. – С.38–43.

2. А. Г. Концевич. Распознавание неисправностей ГТД искусственной нейронной сетью. // Авиационно-космическая техника и технология. – М, 2003. – № 7 (42). – С.113–117.

3. Епифанов С.В. Исследование алгоритма распознавания неисправностей узлов газотурбинных двигателей по отклонениям регистрируемых динамических параметров // Метематические методы анализа динамических систем: Темы. сб. науч. Тр. – М: МАИ, 1981. – С.67–72.

4. Епифанов С. В. Определение единичных неисправностей ВРД с внедрением линейных термодинамически моделей // Испытания авиа-

ционных двигателей: Межвуз. науч. сб. – Уфа: УАИ, 1979. – С.90–95.

5. Особенности использования FU-GE-NE-SYS алгоритмов в процессе синтеза нейронной модели состояния авиационного двигателя / А.Г. Кучер, С.А. Дмитриев, Л. Журавлева, В.В. Камышин // Авиационно-космическая техника и технология. – М: МАИ, 2000. – Вып. 19. – С.343–346.

6. Кучер А.Г., Дмитриев С.А., Попов А.В. Определение технического состояния ТРДД по данным экспериментальных исследований с внедрением нейронных сетей и методов распознавания образов. // Авиационно - космическая техника и технология. – М, 2007. – Вып. 10. – С.153–164.

7. Кучер А.Г., Якушенко А.С., Сухоруков В.Ю. Распознавания технического состояния авиационных ГТД с использованием нейронных сетей // Вестник двигателестроения. – М: МАИ, 2002. – № 1. – С.101–106.

8. Кучер А.Г., Якушенко А.С., Сухоруков В.Ю. Оптимизация метода обучения нейронной сети для распознавания класса технического состояния ГТД // Авиационно-космическая техника и технология. – М: МАИ, 2004. – №7 (15). – С. 184–188.

9. Жернаков С.В. Распознавание комплексных отказов ГТД комбинированными нейросетями // Авиационно-космическая техника и технология. – М, 1999. – № 9. – С.241–246.

10. Жернаков С.В. Диагностика и контроль параметров ГТД гибриднымы экспертными системами // Авиационно-космическая техника и технология. – М, 1999. – № 9. – С.247–252.

11. Жернаков С.В. Об одной методике построения гибридных экспертных систем и контроля ГТД в условиях неопределенности // Прогресс. Качество. Технология. – М. – 1998. – С.408–412.

12. Дмитриев С.А. Использование експертной системы диагностирования ГТД в процесе его эксплуатации // Авиационно-космическая техника и технология. – М, 2002. – №.31. – С.191–194.

13. Бурау Н.И. Виброакустическая диагностика трещиноподобных повреждений турболопатних машин на сиационарних и нестационарных режимах: Диссертация дис ... д-ра техн. наук: 05.11.13. – М., 2005. – 32 с.

14. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.

15. Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов / Ф.Я. Балицкий, М.А.Иванова, А.Г.Соколова, Е.И.Хомяков. – М.: Наука, 1984. – 119 с.

16. Бурау Н.И. Направления развития диагностики в дефектов в лопатках ГТД // Вибрации в технике и технологии. – 2001. – №4 (20). – С.45–48.

17. Медведев В.С. Потемкин. В. Нейронные сети MATLAB 6. – М.: Диалог МИФИ, 2002. – 488 с.

18. Бурау Н.И., Тяпченко А.Н., Посуховський Д.В. Имитационное моделирование диагностики трещин методом свободных колебаний // Авиационно-космическая техника и технология. – М, 2001. – № 26. – С.151–153.

19. Бурау Н.И. Совершенствование диагностики элементов роторных систем // Акустический вестник. – 2003. – Т.6, №. 3. – С.10–17.

Статья поступила в редакцию 02.07.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 004.094

КОНЦЕПЦИЯ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ВЕРОЯТНОСТНОГО АВТОМАТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МНОГОСТОРОННЕГО ТЕСТИРОВАНИЯ

©2019

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

Аннотация. Существующие инструменты нагрузочного тестирования обеспечивают оценку производительности веб-сервера, но не ставят своей целью проверку корректности работы бизнес процессов, так как предполагается, что система к этому моменту должна быть полностью протестирована и ошибок в ней нет. Из-за этого сохраняется проблема проверки корректности работы бизнес процессов в системе в условиях реальной эксплуатации, так некоторые дефекты могут возникать только в случае работы системы под высокой нагрузкой. Нагрузочное тестирования не нацелено на создание сложных пользовательских сценариев, что также осложняет процесс нахождения таких ошибок. Для преодоления данной проблемы можно использовать многосторонние тестирование. Особенностью многостороннего тестирования является более точное моделирование пользовательского поведения по сравнению с нагрузочным тестированием, что позволяет проверить все бизнес сценарии в системе, создавая при этом достаточную нагрузку на нее. Для моделирования пользовательского поведения необходим вероятностный автомат, который позволяет определять доступные пользователю действия и вероятность их совершения. В статье предлагается одна из возможных реализаций вероятностного автомата для осуществления многостороннего тестирования, а именно его объектно-ориентированная версия. Приводится диаграмма классов UML, а также рассматриваются все компоненты вероятностного автомата. Особенности реализации вероятностного автомата обусловлены самим процессом многостороннего тестирования. В этой связи в статье также уделено внимание окружению, в котором работает автомат, решаемым им задачи и функциональным блокам, с которыми он взаимодействует.

Ключевые слова: многостороннее тестирование, нагрузочное тестирование, вероятностный автомат, моделирование пользовательского поведения, функциональное тестирование, тестирования на основе автомата, AAA-тесты.

CONCEPT OF OBJECT-ORIENTED IMPLEMENTATION OF A PROBABILITY AUTOMATIC MACHINE FOR CARRYING OUT MULTILATERAL TESTING

©2019

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

Abstract. Existing load testing tools provide an assessment of the performance of the web server, but do not set as their goal the verification of the correctness of business processes. It is assumed that the system should be fully tested by this time and there are no errors in it. Because of this, there remains the problem of verifying the correctness of business processes in the system under real load, so some defects can occur only when the system is under load. Load testing is not aimed at creating complex user scripts, which also complicates the process of finding such errors. To solve this problem, you can use multilateral testing. A feature of multilateral testing is a more accurate modeling of user behavior compared to load testing, which allows you to check all business scenarios in the system while creating a sufficient load on the system. A probabilistic automaton is used to model user behavior, which makes it easy to describe the actions available to the user and the likelihood of their occurrence. The article discusses one of the possible implementations of a probabilistic automaton for use in multilateral testing, namely, an object-oriented implementation. A class diagram is given, and all components of a probabilistic automaton are considered. The implementation features of a probabilistic automaton come from the process of multilateral testing itself. In this regard, the article discusses the environment in which the machine works, what tasks it solves, and what other components it interacts with.

Keywords: multilateral testing, load testing, probabilistic automaton, user behavior modeling, functional testing, automaton-based testing, AAA-test.

В статье “Автоматизированное тестирование веб-сайтов на основе вероятностного автомата” [1] поднимается проблема многопользовательского тестирования веб-сайтов, состоящая в том, что тестирование по сценариям не может создать достаточной нагрузки на систему, из-за чего невозможно обнаружить класс дефектов, проявляющийся при работе системы под нагрузкой. Известные автоматизированные средства не предлагают решения данной проблемы. К одним из таких средств можно отнести нагрузочное тестирование, которое в первую очередь направлено на определение производительности системы, а не выявление ошибок [2]. Для решения по-

ставленной задачи предлагается использовать многостороннее тестирование, сочетающее достоинства нагрузочного и функционального тестирования и позволяющие исследовать систему с разных сторон [3]. Одной из его особенностей является моделирование близкого к реальному поведения пользователя и создание необходимой нагрузки на тестируемую систему [4]. В основу реализации модели пользовательского поведения положен вероятностный автомат [5]. Ниже рассматривается одна из возможных объектно-ориентированных реализаций вероятностного автомата. Прежде, чем перейти к ее рассмотрению, стоит кратко остановиться на инструменте проведения многостороннего тестирования, основу которого составляют генераторы пользователей [6]. Задача генератора пользователей – управление виртуальными пользователями с тем, чтобы поддерживать их количество в системе в соответствии с заданными настройками, а именно создавать новых пользователей или удалять прежних.

Каждый виртуальный пользователь располагает экземпляром автомата и временем жизни. Алгоритм работы виртуального пользователя представляет собой цикл, на каждой итерации которого автомат переходит в новое состояние [7]. Завершение работы цикла может быть связано с тем, что автомат достиг терминального состояния, либо закончилось время жизни пользователя, либо с генератора поступил сигнал о завершении работы или во время работы возникла ошибка. Задачей автомата является прямое взаимодействие с тестируемой системой [8,9]. Каждый раз, когда автомат переходит в новое состояние, выполняется ряд инструкций, которые также переводят тестируемую систему в нужное состояние. Необходимо при этом проверить, что тестируемая система перешла в ожидаемое состояние [10]. Если тестируемая система перешла в некоторое иное состояние, то дальнейшая работа автомата невозможна и работа виртуального пользователя должна быть завершена.

Для осуществления перехода тестируемой системы в новое состояние и проверки перехода системы в ожидаемое состояние используются классические AAA-тесты [11]. В блоке действия (act) система переводится в новое состояние, а в блоке проверки (assert) проверяется, что состояние системы соответствует ожидаемому состоянию. Если тест завершается с ошибкой – это значит в бизнес логике допущена ошибка и её стоит отложить для дальнейшего устранения. Чтобы правильно составить тест, необходимо разбить все действия пользователя на отдельные шаги, каждый шаг пользователя — это набор инструкций, которые переводят систему в новое состояние [12]. Результаты взаимодействия с системой описываются в спецификации, и на её основе разрабатываются планы тестирования и тестовые процедуры [13]. Таким образом, такой тест по своей структуре не имеет существенных отличий от обычного теста, за исключением одного условия. Функциональные и модульные тесты строятся таким образом, что сами устанавливают начальное состояние системы, здесь же ситуация обратная и система перед запуском теста уже будет в определённом состоянии [14]. Таким образом, за счет своего сходства с функциональными тестами их можно заново использовать, предварительно разбив на связные шаги и проверки [15].

Инструмент многостороннего тестирования должен уметь обрабатывать различные веб-сайты, поэтому для каждого экземпляра нужны свои автоматы. Для реализации такой возможности необходимо система загрузки модулей, которые хранили бы реализацию необходимого автомата. Автоматы должны реализовать общий интерфейс для обеспечения возможности унифицированного способа работы. Интерфейс для автомата на основе алгоритма работы виртуального пользователя должен реализовывать как минимум два метода: первый метод – переход в новое состояние, второй метод – определение того, находится ли автомат в терминальном состоянии. Такой интерфейс не накладывает на реализацию строгих ограничений и позволяет строить автомат различными способами [16], одним из которых является представление всех элементов автомата в виде объектов. К таким элементам относятся: состояния, слова, переходы. Такой подход позволяет декларативно описывать автомат, он просто может быть построен по диаграмме состояний UML [17]. Такая реализация представлена на рисунке 1.

Состояния представлены классом State, реализующий паттерн Enumeration classes, который позволяет работать с состоянием как с перечислением, что сильно упрощает работу с состояниями [18]. Он также позволяет хранить дополнительные значение (например, читаемое имя человека) и иметь необходимые методы. Слово алфавита представлено классом Symbol, использующим тот же паттерн Enumeration classes с дополнительным обязательным полем Probability, которое хранит значение вероятности срабатывания. Переход представлен классом Transition, который содержит начальное и конечное состояние, слово и тест. Тест определяется классом BaseTest, который содержит единственный метод Execute для запуска теста. Для написания теста необходимо создать наследника от BaseTest и в нем переопределить метод Execute [19]. В случае, если тест завершился неудачно, фиксируется ошибка и работа автомата завершается.

Автомат представлен классом StateMachine. В конструктор передается начальное состояние и массив переходов. Текущее состояние хранится в поле State. Для хранения переходов используется словарь с ключом в виде состояния и массивом переходов.

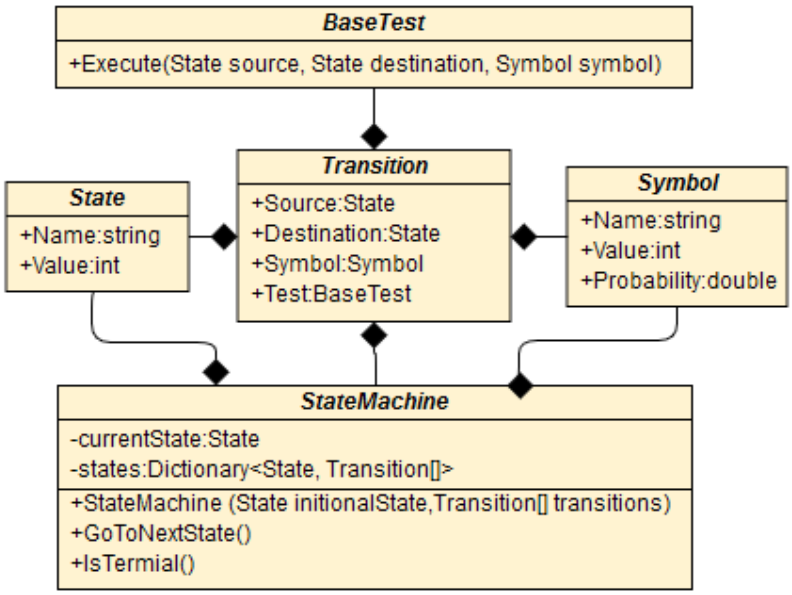


Рисунок 1 – Диаграмма классов вероятностного автомата

Такая структура позволяет сразу получить доступ ко всем возможным переходам для конкретного состояния, благодаря чему очень просто реализовать метод IsTerminal. Если в словаре нет такого состояния, или для него не определен набор переходов — значит автомат достиг терминального состояния. Также упрощается реализация метода GoToNextState. Для текущего состояния необходимо из словаря взять все переходы.В каждом переходе определено слово (Symbol), по которому он должно сработать. В свою очередь слово имеет вероятность его срабатывания. На основе этих вероятностей определяется тот переход, который должен сработать.

Рассмотренная реализация – это минимальный набор, того что нужно сделать, чтобы получить вероятностный автомат для моделирования пользовательского поведения. Данная реализация выбрана, потому что она может быть реализована на любом языке, поддерживающем ООП [20]. Нужно отметить, что реализация для каждого теста отдельного класса является избыточным. В зависимости от возможностей языка реализация может быть изменена. Например, на языке C# можно передавать ссылки на методы, что позволяет не создавать отдельных классов для каждого теста, а ссылаться на нужный тест. Данная реализация не накладывает строгих ограничений и позволяет добавлять дополнительные возможности для решения конкретных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. A. Engel, Verification, Validation and Testing of Engineered Systems, John Wiley & Sons, 2010.

2. I. Molyneaux, The Art of Application Performance Testing: From Strategy to Tools, 2nd Edition, O'Reilly Media, 2014.

3. M. Stephens и D. Rosenberg, Design Driven Testing: Test Smarter, Not Harder, Apress, 2019.

4. Финаев В.И., Аналитические и имитационные модели/ В. И. Финаев, Е. В. Заргарян, Е. Н. Павленко // Таганрог: Технологическоий институт ЮФУ, 2007.

5. M. O. Rabin, «Probabilistic automat,» Information and Control, T. 6, № 3, p. 230–245, 1963.

6. Смирнов Д. С. Реализация автоматизированного тестирования веб-сайтов на основе вероятностного автомата // Новые информационные технологии и системы: сб. науч. ст. XV Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 75-летию Пенз. гос. ун-та (г. Пенза, 20–21ноября 2018г.). – Пенза: Изд-во ПГУ, 2018. – 242 с.

7. Шалыто А.А. Программная реализация управляющих автоматов // Судостроительная промышленность. Сер. «Автоматика и телемеханика». 1991. Вып. 13. С. 41–42.

8. Хопкрофт Д., Мотвани Р., Ульман Д.12. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. М.: Вильямс, 2002.

9. Войнов А.С. Преобразования недетерминированных автоматов на основе графотрансформационного подхода / А.С. Войнов, И.В. Сеноковсов // Вестник пензенского государственного угиверситета. – 2016. – Т.3. – №15. – С. 53–59.

10. Кулямин В.В. Методы верификации программного обеспечения // Конкурс обзорно-аналитических статей по направлению «Информационно-телекоммуникационные системы», 2008.

11. Meszaros G., XUnit Test Patterns: Refactoring Test Code, Addison Wesley, 2007.

12. M. Stephens и D. Rosenberg, Design Driven Testing: Test Smarter, Not Harder, Apress, 2019.

13. G. Bernot M.-C. Gaudel, B. Marre. Software testing based on formal specifications: a theory and a tool. Software Engineering Journal, 6 (6) (1991), pp. 387-405.

14. Andy Hunt, Dave Thomas, Matt Hargett Unit Testing in C# with NUnit, Pragmatic Bookshelf, 2007.

15. N. Lakshmi, The Art and the Science of Test Case Writing: A Guide to be a Better Software Tester!, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2012.

16. Поликарпов Н. Автоматное программирование / Н. Поликарпов, А. Шалыто. Спб.: Питер. – 2011.

17. D. Drusinsky, Modeling and Verification Using UML Statecharts, Elsevier, 2006.

18. Cesar de la Torre, Bill Wagner, Mike Rousos,. Net Microservices: Architecture for Containerized.Net Applications, Microsoft, 2019.

19. Lee D., Yannakakis M., Principles and methods of testing finite state machines – A survey // Proceedings of the IEEE, Vol 84, No. 8(1996), Pages 1090–1123.

Статья поступила в редакцию 02.08.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 004.94

РЕАЛИЗАЦИЯ ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ МЕЖДУ ПРОЦЕССАМИ В МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЕ

© 2019

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

Аннотация. В статье описываются способы реализации передачи сообщений между процессами в многопроцессорной системе. Целью проводимого исследования является исследование методов управления взаимодействующими процессами на основе классических задач «читатели-писатели» и «производители-потребители». Представлены возможные решения указанных задач с применением синхронизирующих механизмов монитора и семафора. Кроме того, в статье рассмотрены некоторые методы межпроцессного обмена на примере именованных и неименованных каналов и общей памяти. Во второй половине работы затронуты вопросы, касающиеся исследования программных средств измерения производительности каналов межпроцессного обмена. Рассмотренные в статье методы межпроцессного обмена обладают разной производительностью, для измерения которой воспользовались программным пакетом lmbench. Полученные основные результаты проведенных тестов отражены на графиках. В завершении работы было проведено сравнение каналов и общей памяти по двум параметрам: полоса пропускания и время задержки. В заключение были сделаны основные выводы по проделанной работе.

Ключевые слова: операционная система, взаимодействие процессов, база данных, транзакция, разделяемая память, процесс-писатель, процесс-читатель, семафор, монитор, общий ресурс.

THE IMPLEMENTATION OF MESSAGE PASSING BETWEEN PROCESSES IN A MULTIPROCESSOR SYSTEM

© 2019

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

Abstract. The article describes how to implement the transfer of messages between processes in a multiprocessor system. The purpose of the research is to study the methods of managing the interacting processes on the basis of the classic tasks of “reader-writers” and “producer-consumers”. The possible solutions to these problems using the monitor and semaphore synchronization mechanisms are presented. In addition, the article discusses some methods of interprocess exchange on the example of named and unnamed channels and shared memory. In the second half of the work, issues related to the study of software tools for measuring the performance of inter-process exchange channels were raised. The interprocess exchange methods considered in the article have different performance, for the measurement of which they used the lmbench software package. The obtained main results of the tests are reflected in the graphs. At the end of the work, a comparison was made between channels and shared memory using two parameters: bandwidth and delay time. In conclusion, the main conclusions were made on the work done.

Keywords: operating system, process interaction, database, transaction, shared memory, writer process, reader process, semaphore, monitor, shared resource.

Введение. В связи с постоянным увеличением объемов обрабатываемой информации и увеличением параллелизма алгоритмов обработки требуется увеличивать производительность систем и повышать скорость обмена между параллельными ветвями алгоритмов. Стандартные средства обмена – IPC, являются программными средствами, а поэтому обладают недостаточными скоростями. Решением проблемы может служить аппаратная реализация средств межпроцессного обмена. Аппаратная реализация различных алгоритмов часто встречается в вычислительной технике и позволяет сильно повысить производительно, а часто и снизить ее себестоимость.

Исследование методов управления взаимодействующими процессами на основе классической задач «читатели-писатели», «производители-потребители» с применением синхронизирующего механизма монитора. В статье рассмотрены методы управления взаимодействия процессов, базирующиеся на принципах классических задач: «читатели-писатели», «производители-потребители» [1–4].

Задача «читатели-писатели». Базу данных делят между собой два типа процессов – читатели, которые выполняют транзакции, просматривающие записи базы данных, и писатели, транзакции которых могут просматривать и изменять записи. Чтобы исключить взаимное влияние транзакций друг на друга процесс-писатель должен иметь первоочередной доступ к базе данных, к которой, в случае отсутствия обращения процессов-писателей, могут обратиться для выполнения транзакций сколько угодно процессов-читателей.

Приведенное выше определение касается разделяемой (общей для всех) базы данных, но ею может быть также и файл, связанный список, таблица и т.д. В простейшем случае представленная задача решается с использованием двух семафоров. Один закрывает доступ в базе данных, второй к переменной, хранящей число активных читателей [5,11].

В проведенных экспериментах параметр nr нужен для подсчета числа активных читателей. В протоколе входа для процессов-читателей сначала значение переменной nr увеличивается на 1, затем проверяется, равно ли оно 1.

В данном решение имеется существенный недостаток. Выражается он в том, что процессы читатели имеют приоритет относительно процессов писателей. Предположим, один из читателей на данный момент использует базу данных. В любой момент может появиться еще один читатель. Из принципов задачи о читателях и писателях одновременная работа двух читателей не запрещается и допустима, второй читатель может обратиться к базе данных. Как только будут появляться другие процессы-читатели, они также могут быть допущены к базе данных без каких-либо ограничений.

Теперь рассмотрим решение этой же задачи, с использование высокоуровневого синхронизационного примитива, называемого монитор [2,6,7]. Есть два типа процессов и по два вида действий на процесс, поэтому получаем четыре процедуры монитора: request_read, release_read, request_write, release_write. Для синхронизации доступа к базе данных необходимо вести учет числа записывающих и читающих процессов.

В ходе эксперимента, соответствующий этой спецификации, определено, что в начале процедуры request_read процесс-читатель должен приостановиться, пока nw не станет равной 0; эта задержка происходит на условной переменной oktoread. Аналогично процесс-писатель вначале процедуры request_write до обнуления переменных nr и nw должен приостановиться на условной переменной oktowrite. В процедуре release_read для процесса-писателя вырабатывается сигнал, когда значение nr равно нулю. Поскольку писатели выполняют перепроверку условия своей задержки, данное решение является правильным, даже если процессы-писатели всегда получают сигнал. Однако это решение будет менее эффективным, поскольку получивший сигнал процесс-писатель при нулевом значении nr должен снова приостановиться. С другой стороны, в конце процедуры release_write точно известно, что значения обеих переменных nr и nw равны нулю. Следовательно, может продолжить работу любой приостановленный процесс. Представленное здесь решение не устанавливает порядок чередования процессов-читателей и процессов-писателей.

Задача «Производители и потребители». Имеется огромное число вариантов постановки и решения такой задачи в рамках конкретных операционных систем (ОС) [1,8–10].

Рассмотрим решение данной задачи с использование описанного выше монитора. Процесс-производитель и процесс-потребитель взаимодействуют с помощью разделяемого буфера, состоящего из n ячеек. Для представления очереди сообщений использованы массив buf и две целочисленные переменные front и rear, которые указывают соответственно на первую заполненную и первую пустую ячейку. В целочисленной переменной count хранится количество сообщений в буфере. Операции с буфером deposit (поместить в буфер) и fetch (извлечь из буфера) становятся процедурами монитора. Взаимное исключение неявно, поэтому семафорам не нужно защищать критические секции. Условная синхронизация реализована с помощью двух условных переменных [11].

Обрабатывая операцию signal, процесс просто сообщает, что теперь некоторое условие истинно. Поскольку процесс-сигнализатор и, возможно, другие процессы могут выполняться в мониторе до возобновления процесса, запущенного операцией signal, в момент начала его работы условие запуска может уже не выполняться. Например, процесс-производитель был приостановлен в ожидании свободной ячейки, затем процесс-потребитель извлек сообщение и запустил приостановленный процесс. Однако до того, как этому производителю пришла очередь выполняться, другой процесс-производитель мог уже войти в процедуру deposit и занять пустую ячейку. Аналогичная ситуация может возникнуть и с потребителями. Таким образом, условие приостановки необходимо перепроверять.

Операторы signal в процедурах deposit и fetch выполняются безусловно, поскольку в момент их выполнения условие, о котором они сигнализируют, является истинным. В действительности операторы wait находятся в циклах, поэтому операторы signal

могут выполняться в любой момент времени, поскольку они просто дают подсказку приостановленным процессам. Однако программа выполняется более эффективно, когда signal выполняется, только если известно наверняка (или хотя бы с большой вероятностью), что некоторый приостановленный процесс может быть продолжен.

Если данные производятся и потребляются примерно с одинаковой частотой, то процессу не приходится долго ждать доступа к буферу. Однако обычно потребитель и производитель работают неравномерно. Например, производитель может быстро создать сразу несколько элементов, а затем долго вычислять до следующей серии элементов. В таких случаях увеличение емкости буфера может существенно повысить производительность программы, уменьшая число блокировок процессов. (Это пример классического противоречия между временем вычислений и объемом памяти) [5,12–16].

Здесь решается так называемая задача о кольцевом буфере, который используется в качестве многоэлементного коммуникационного буфера. Представим буфер массивом buf(n), где n > 1. Пусть переменная front является индексом первого сообщения очереди, a rear — индексом первой пустой ячейки после сообщения в конце очереди. Вначале переменные front и rear имеют одинаковые значения, скажем, 0.

При таком представлении буфера производитель помещает в него сообщение со значением data, выполнив следующие действия:

buf(rear) = data; rear = (rear+1) % n;

Аналогично потребитель извлекает сообщение в свою локальную переменную result, выполняя действия:

result = buf(front); front = (front+1) % n;

Оператор взятия остатка (%) используется для того, чтобы значения переменных front и rear всегда были в пределах от 0 до n-1. Очередь буферизованных сообщений хранится в ячейках от buf[front] до buf[rear] (не включительно). Переменная buf интерпретируется как кольцевой массив, в котором за buf(n-1) следует buf(0). Вот пример конфигурации массива buf (рисунок 1).

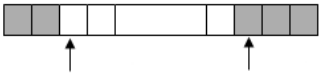


Рисунок 1 – Общее представление кольцевого буфера

Затемненные ячейки заполнены, белые – пусты. Таким образом, можно получить условия пустоты и заполненности буфера: если rear = front, то буфер пуст; если front – 1 = rear, то буфер полон.

Исследование методов межпроцессного обмена в многопроцессорных системах. Межпроцессное взаимодействие (IPC) – набор способов обмена данными между множеством потоков в одном или более процессах, которые могут быть активированы на одном или нескольких компьютерах, объединенных в сеть. В рамках работы рассмотрены три метода межпроцессного обмена: программные каналы, очереди FIFO и разделяемая память.

Именованные (программные) каналы присутствуют во всех известных версиях Unix-систем. Канал создается системным вызовом pipe и предоставляет возможность однонаправленной передачи данных. В этом случае функция возвращает два файловых дескриптора: fd[0] и fd[l], причем первый открыт для чтения, а второй, в свою очередь, открыт для записи.

На рисунке 2 показан канал при занятии его единственным процессом. Хотя канал создается и поддерживается всего одним процессом, он редко используется лишь этим конкретным процессом. Как правило, каналы применяются для связи между родительским и дочерним процессами. В общем, это происходит следующим образом: процесс создает канал, а затем вызывает функцию fork, создавая свою копию – дочерний процесс (рисунок 3). После этого процесс-родитель закрывает открытый для чтения конец канала, а дочерний процесс закрывает открытый на запись конец канала. Это дает возможность обеспечивать одностороннюю передачу данных между процессами, как показано на рисунке 4 [17].

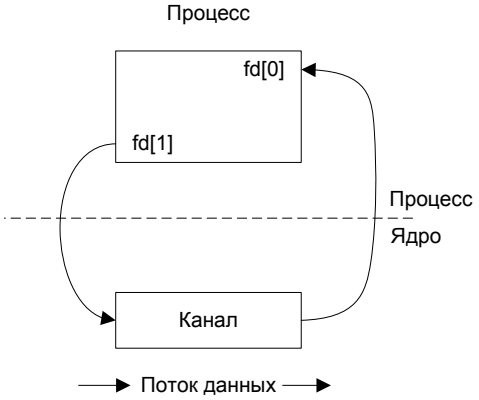


Рисунок 2 – Канал при занятии его единственным процессом

Именованные каналы (FIFO).

FIFO создается функцией mkfifo:

#include <sys/types.h>

#include <sys/stat.h>

int mkfifo(const char **pathname.* mode_t *mode):*

/* Возвращает 0 при успешном выполнении. -1 - при возникновении ошибок */

Здесь *pathname* – обычное для Unix полное имя файла, которое и будет именем FIFO.

Аргумент *mode* указывает битовую маску разрешений доступа к файлу, аналогично второму аргументу команды open.

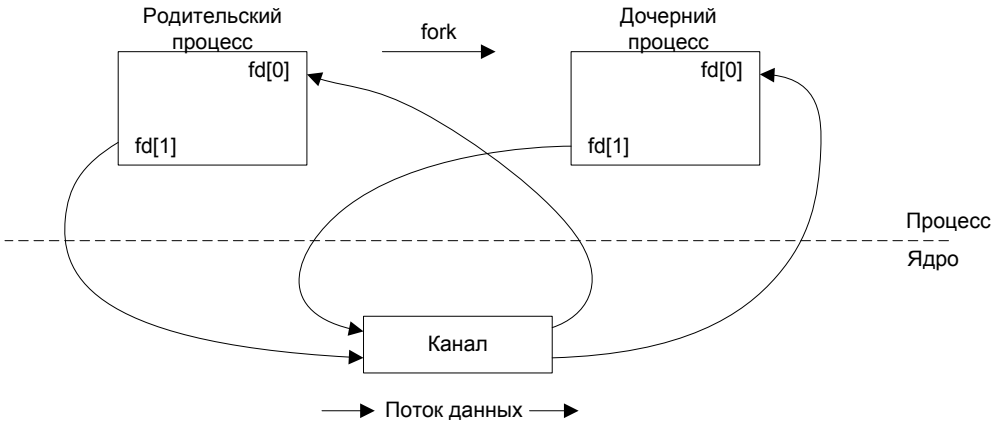


Рисунок 3 – Канал после активизации системного вызова fork

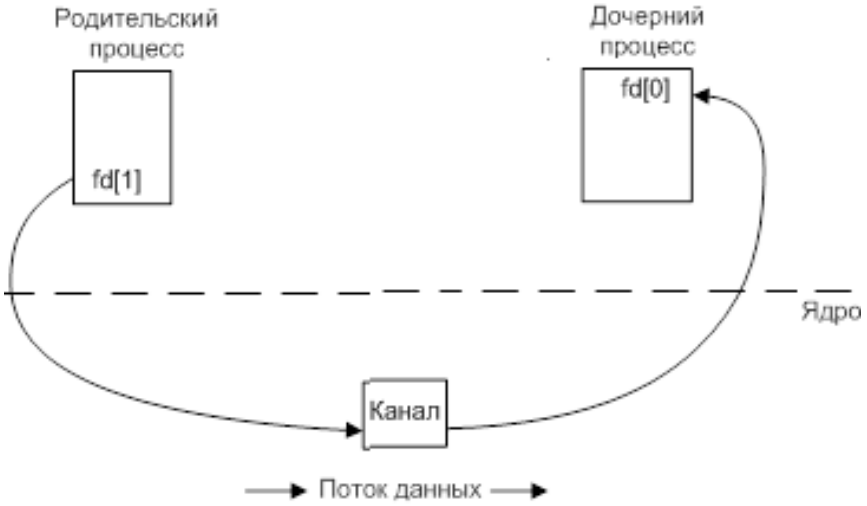


Рисунок 4 – Канал, разделяемый двумя процессами

Разделяемая (общая) память. Является наиболее быстрым средством межпроцессного взаимодействия.

Основной недостаток именованных и неименованных каналов состоит в том, что для передачи между процессами информация обязательно должна пройти через ядро (рисунок 5) [18,19].

Общая память обеспечивает возможность двум процессам обмениваться данными через общий участок памяти (рисунок 6).

На рисунке отражен тот факт, что данные копируются дважды: из исходного входного файла в общую память и наоборот, из памяти в результирующий выходной файл.

Для выделения участка общей памяти возможно применять POSIX функцию shm_open():

#include <sys/mman.h>

int shm_open(const char *name, int oflag, mode_t mode);

Общую память можно создать с помощью вызова функции mmap, основное отличие от shm_open() состоит в том факте, что память будет всё время оставаться выделенной до момента удаления или перезагрузки ЭВМ.

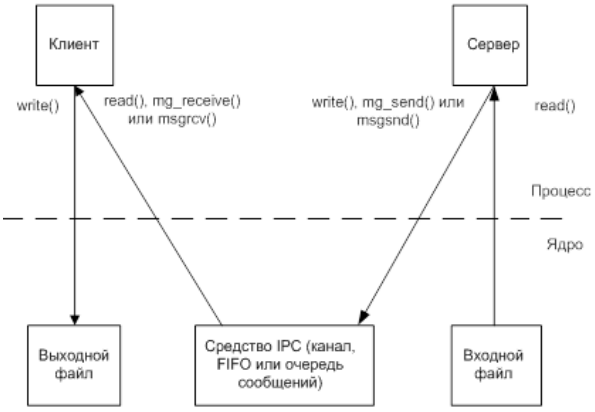


Рисунок 5 – Передача содержимого файла от сервера клиенту

Исследование программных средств измерения производительности каналов межпроцессного обмена. Рассмотренные ранее в статье методы межпроцессного обмена обладают разной производительностью, для измерения которой воспользовались программным пакетом lmbench, который весьма универсален и может работать на подавляющем большинстве ОС семейства Unix [20,21].

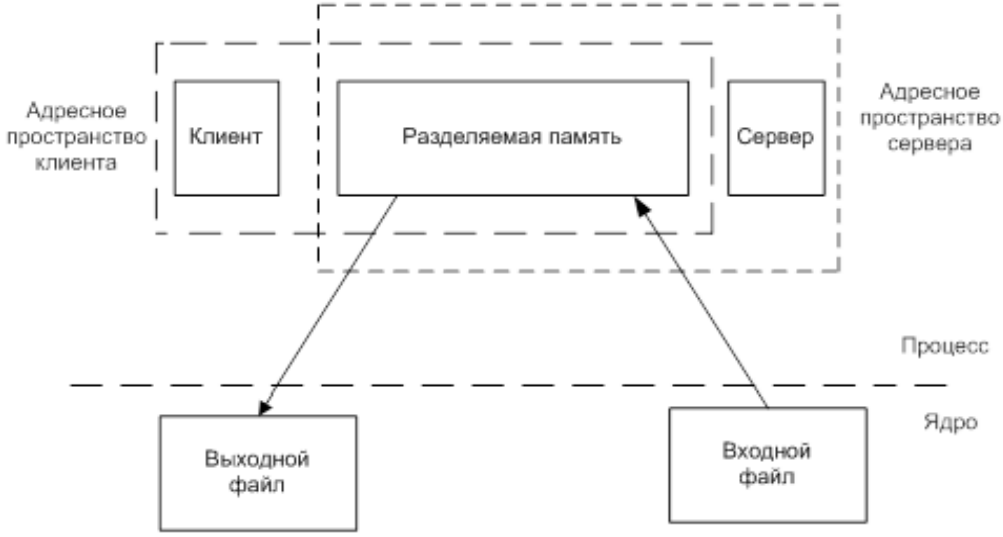


Рисунок 6 – Процесс копирования файла через общую память

Этот программный пакет предоставляет довольно богатые возможности по измерению различных низкоуровневых аспектов производительности ядра ОС [18].

Его тесты можно разбить на две большие группы: тесты пропускной способности и латентности.

В рамках работы прежде всего будут интересовать результаты следующих тестов: измерение полосы пропускания общей памяти при чтении; измерение полосы пропускания программных каналов; измерение времени задержки общей памяти; измерение времени задержки программных каналов.

Результаты тестирования. Тестирование проводилось на машине под управлением операционной системы FreeBSD 8.0.

Полоса пропускания общей памяти при чтении. Результаты измерения полосы пропускания представлены на рисунке 7.

Рисунок 7 – Результаты измерения полосы пропускания общей памяти

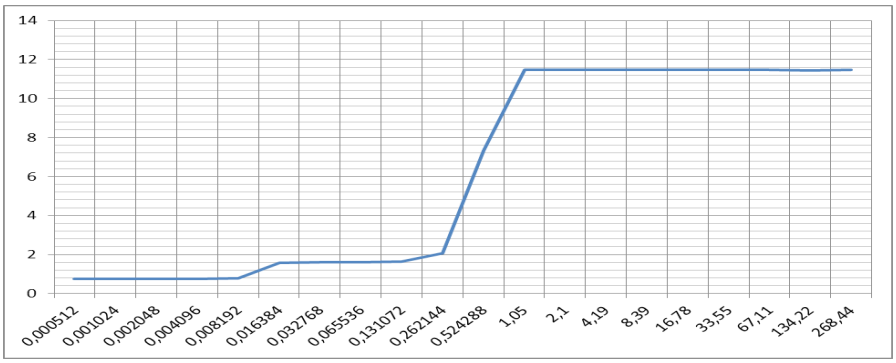


Рисунок 8 – Результат измерения времени задержки при работе общей памяти

По оси X отложен объем передаваемой информации в мегабайтах. По оси Y полоса пропускания в мегабайтах в секунду. Максимальное значение составляет 10433,46 МБ/сек. Среднее значение равно 5064,3 МБ/сек.

Полоса пропускания программных каналов. В отличие от тестов, измеряющих характеристики общей памяти, для программных каналов измеряется только среднее значение полосы пропускания. Оно равняется 1967,03 МБ/сек.

Временя задержки общей памяти. Результат измерения времени задержки при работе общей памяти приведен на рисунке 8. По оси X отложен объем передаваемой информации в мегабайтах. По оси Y время задержки в микросекундах. Минимальное значение составляет 0,761 микросекунды. Среднее значение 6,14445 микросекунды.

Временя задержки программных каналов. Так же, как и при измерении полосы пропускания вычисляется только среднее значение. Оно равняется 12,2546 микросекунд.

По итогам проведенного тестирования можно сделать вывод, что общая память является более быстрым способом передачи данных между процессами, при этом обладающий меньшими задержками.

Заключение. В работе были рассмотрены следующие классические задачи управления взаимодействующими процессами: «писатели-читатели», «производители-потребители». А также были представлены возможные их решения с использованием механизма мониторов. Также рассмотрены некоторые методы межпроцессного обмена на примере именованных и неименованных каналов и общей памяти.

В завершении работы было проведено сравнение каналов и общей памяти по двум параметрам: полоса пропускания и время задержки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Таненбаум Э., Бос Х. Современные операционные системы // 4-е издание, СПБ.: Питер, 2015. – 1120 с.

2. Вашкевич Н.П. Формализация алгоритма управления взаимодействующими параллельными процессами в задаче «производители-потребители» с использованием механизма мониторов / Вашкевич Н.П., Волчихин В.И., Бикташев Р.А. // Вопросы радиоэлектроники, серия ЭВТ. – 2010. – С.3–15.

3. Вашкевич Н.П., Бикташев Р.А. Достоинство использования механизма монитора и языка логики событийных недетерминированных автоматов на примере формализации алгоритма управления взаимодействующими процессами в задаче «Писатели-читатели» // Новые информационные технологии и системы: сборник научных статей XIII Международной научно-технической конференции. – 2016. – С. 78–80.

4. Вашкевич Н.П., Волчихин В.И., Бикташев Р.А. Автоматное представление алгоритмов управления параллельными процессами в задаче «Писатели – читатели» на основе концепции недетерминизма и механизма монитора // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2015. – № 3 (35). – С. 65–76.

5. Стивенс У. UNIX: взаимодействие процессов. Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2003. – 576 с.

6. Бикташев Р.А., Петкилев А.А., Балаев К.А. Разработка устройства синхронизации процессов для многопроцессорных систем // В сборнике: 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. 80–85.

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

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

9. Мартышкин А.И., Карасева Е.А. Анализ процесса управления общими ресурсами в многопроцессорных системах // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. – 2017. – № 7. – С. 368–371.

10. Мартышкин А.И., Карасева Е.А. Разработка и исследование математических моделей управления общими ресурсами в многопроцессорных системах // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 1 (21). – С. 150–158.

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

12. Петкилев А.А., Балаев К.А., Бикташев Р.А. Устройство управления ресурсами в многопроцессорной системе // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы: Сборник научных статей Всероссийской межвузовской научно-практической конференции. Под редакцией Л.Р. Фионовой. – 2018. – С. 12–14.

13. Вашкевич Н.П., Бикташев Р.А. Структурный синтез устройства управления ресурсами в многопроцессорной системе // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации. Распознавание – 2017: Сборник материалов XIII Международной научно-технической конференции. – 2017. – С. 101–103.

14. Бикташев Р.А. Модель управления процессами в многопроцессорных системах на основе стохастических сетей массового обслуживания // Новые

информационные технологии и системы: сборник научных статей XIV Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры «Вычислительная техника» и 30-летию кафедры «Системы автоматизированного проектирования». – 2017. – С. 17–20.

15. Бикташев Р.А., Вашкевич Н.П. Модели событийных недетерминированных автоматов для формального представления основных свойств систем управления параллельными процессами и ресурсами // Инфокоммуникационные технологии. – 2013. – Т. 11. – № 3. – С. 95–98.

16. Волчихин В.И., Вашкевич Н.П., Бикташев Р.А. Модели событийных недетерминированных автоматов представления алгоритмов управления взаимодействующими процессами в многопроцессорных вычислительных системах на основе использования механизма монитора // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2013. – № 2 (26). – С. 5–14.

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

18. Стивенс У.Р. UNIX: разработка сетевых приложений. – СПб.: Питер, 2007. – 1039 с.

19. Родригес К.З., Фишер Г., Смолски С. Linux. Азбука ядра. – М.: Кудиц-пресс. – 2007. – 584 с.

20. Документация к программному комплексу lmbench // lmbench man pages URL: http://lmbench.sourceforge.net/man/index.html (дата обращения: 25.06.2019).

21. Эндрюс Г.Р. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс». – 2003. – 512 с.

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

Статья поступила в редакцию 01.07.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 004.49

НЕДОСТАТКИ ИЗВЕСТНЫХ АНТИВИРУСОВ, СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ ВИРУСОВ ШИФРОВАЛЬЩИКОВ

© 2019

Слесарев Юрий Николаевич, доктор технических наук, доцент кафедры «Автоматизация и управления»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: slesarevun@gmail.com)
Терешин Никита Игоревич, инженер
ООО «СКБТ»
(440039, Россия, г. Пенза, проспект Строителей, 33-93, e-mail:nexiq1337@gmail.com)

Аннотация. За последнее время вирусы – шифровальщики в корыстных целях стала использовать определенная часть преступного сообщества. У злоумышленников в распоряжении имеется развитая инфраструктура в скрытой части глобальной сети, позволяющая автоматизировать процесс приема преступных средств и выдачи ключей, кроме того ими серьезно продуманы вопросы обеспечения собственной безопасности. Методы деятельности злоумышленников за последнее время также претерпели значительные изменения, атаки стали более ориентированными, что дает возможность говорить о более скрупулезном подходе в процессе выбора жертв. На современном уровне развития коммуникаций создатели шифровальщиков могут активно применять уязвимость нулевого дня, иными словами, распространять вредоносное программное обеспечение (ПО), сигнатуры которого нет в базах антивирусного программного обеспечения. Безусловно, что вирусные лаборатории откликаются на появление угроз довольно оперативно, но даже несколько часов задержки способны привести к многочисленным эпизодам заражения. В статье приведено авторское исследование о том, насколько успешно антивирусы различных производителей справляются с незнакомыми вирусами - шифровальщиками. По результатам тестирования будут выявлены недостатки в методах защиты у отдельных современных антивирусных программ.

Ключевые слова: Вирус- шифровальщик, скрытые атаки, информационная безопасность, вирус- червь, моделирование средств защиты информационной безопасности, атаки разных видов.

DISADVANTAGES OF KNOWN ANTI-VIRUSES, METHODS OF PROTECTION FROM ENCRYPTING VIRUSES

© 2019

Slesarev Yuri Nikolayevich, doctor of technical Sciences, associate Professor
Department of automation and control”
Penza State Technological University
(*440039, Russia, Penza, Baydukov Proezd/Gagarin St., 1A/11, e-mail: slesarevun@gmail.com*)
Nikita Tereshin Igorevich, engineer
JSC “SKBT”
(440039, Russia, Penza, Prospekt Stroiteley, 33-93, e-mail: nexiq1337@gmail.com)

Abstract. Recently, viruses, cryptographers for selfish purposes began to use a certain part of the criminal community. The attackers have at their disposal a well-developed infrastructure in the hidden part of the global network, which allows to automate the process of receiving criminal funds and issuing keys, in addition, they have seriously thought out the issues of ensuring their own security. Methods the activities of criminals in recent time also undergone significant changes, attacks have become more focused, which gives the opportunity to talk about a more rigorous approach in selecting victims. At the current level of communication development, the creators of cryptographers can actively use the zero-day vulnerability, in other words, to distribute malicious software ,the signatures of which are not in the databases of anti-virus software . Of course, that virus laboratories respond to the emergence of threats quite quickly, but even a few hours of delay can lead to numerous episodes of infection. The article presents the author’s research on how successfully anti-viruses from different manufacturers cope with unfamiliar viruses – encoders. According to the results of testing, some modern anti-virus programs will have shortcomings in the methods of protection.

Keywords: Cryptographic virus, hidden attacks, information security, worm virus, modeling of information security protection, attacks of different types.

Введение. За последнее время вирусы – шифровальщики в корыстных целях стала использовать определенная часть преступного сообщества. У злоумышленников в распоряжении имеется развитая инфраструктура в скрытой части глобальной сети, позволяющая автоматизировать процесс приема преступных средств и выдачи ключей, кроме того ими серьезно продуманы вопросы обеспечения собственной безопасности. Методы деятельности злоумышленников за последнее время также претерпели значительные изменения, атаки стали более ориентированными, что дает возможность говорить о более скрупулезном подходе в процессе выбора жертв [1].

На современном уровне развития коммуникаций создатели шифровальщиков могут активно применять уязвимость нулевого дня, иными словами, распространять вредоносное программное обеспечение (ПО), сигнатуры которого нет в базах антивирусного программного обеспечения [7,с.368]. Безусловно, что вирусные лаборатории откликаются на появление угроз довольно оперативно, но даже несколько часов задержки способны привести к многочисленным эпизодам заражения [2,с.143].

Еще одной сложностью борьбы с вредоносным ПО является то, что с формальной точки зрения многие из подобных вирусов – шифровальщиков не выступают в роли вредоносного ПО и могут применять вполне законные компоненты, к примеру, утилиту GnuPG. В связи с чем полагаться на то, что антивирус своевременно определит угрозу не приходится, он может просто ее не знать. А, как следствие, на первый план выходят другие механизмы, такие, как поведенческий анализ.

Теоретическая часть. Учитывая все вышесказанное, нами было принято решение о проведении исследования о том, насколько успешно антивирусы разнообразных, наиболее известных и распространенных производителей справляются с незнакомыми шифровальщиками. Обязательное условие данного теста – это отсутствие необходимых сигнатур в актуальной антивирусной базе, при том, что все составляющие антивируса должны функционировать в штатном режиме, чтобы работали все механизмы защиты. Наиболее простой способ для достижения данной цели в условиях организованной нами тестовой лаборатории выступил откат виртуальных машин с тестируемыми антивирусами на “screenshot” приближенно двух-трех месячной давности. В указанной системе выключался Интернет и инициировалось испытание, после чего нами обновлялся антивирус и тест повторялся. Во всех случаях в виде тестовой системы употреблялась Windows 8.1 с настройками по умолчанию. В отношении антивирусных пакетов также не производилось дополнительных настроек, поскольку наша цель – выяснить степень защиты «из коробки», т.е. той, которая с наибольшей долей вероятности будет у рядового пользователя [10].

Оценки проставлялись по элементарной шкале: тест успешно пройден – в случае, если все экземпляры вредоносного ПО удачно заблокированы, и тест не пройден, если был допущен случай заражения.

В форме экземпляров вредоносного ПО нами использовались три образца вредоносного свежего ПО, полученного нами из настоящих «писем счастья».

На рисунке 1 слева направо отображены: два образца Trojan.Packed.62527: данное вредоносное ПО наиболее продумано и даже наружно маскируется под обычный офисный документ, следом за ним показан BackDoor.Andromeda22: указанный экземпляр, судя по его описанию, не относится к шифровальщикам, представляя собой “backdoor-downloader”, но в данном случае он сразу оказался «заряжен» шифрующим модулем, и, наконец, представим Trojan.Encoder.3470, который мимикрировал под Акт сверки от существующего в действительности контрагента [20].

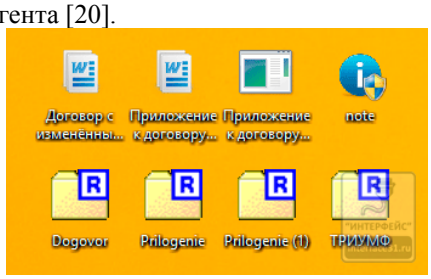


Рисунок 1 – Образцы вредоносного ПО для проведения тестирования

1. Windows Defender. Уровень защиты этого антивирусного решения явно недостаточен. Какие-либо механизмы поведенческого характера в нем отсутствуют, и если вирус-шифровальщик отсутствует в сигнатурной базе, то заражение неизбежно. С обновленными же базами все три вредоносных экземпляра были благополучно выявлены и обезврежены. В результате тест считается не пройденным [12].

2. Avast! Free Antivirus. Существующие угрозы нулевого дня бесплатная версия преодолевает слабо. Без обновлений антивирус не отреагировал на активацию вредоносного ПО, после произведенных обновлений все три вируса были продетектированы и ликвидированы (рисунок 2). В результате тест считается не пройденным.

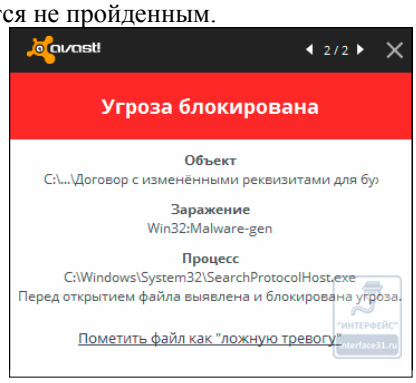


Рисунок 2 – Результаты тестирования Avast! Free Antivirus

3. AVG Free Antivirus. Этот антивирус выступает еще одним популярным бесплатным антивирусом, хотя у нас он существенно уступает куда более популярному avast!, но в отличие от того обладает полноценным поведенческим анализатором. Антивирус с уверенностью произвел блокировку всех трех экземпляров вредоносного ПО согласно данным поведенческого анализа. После обновления в базе сигнатур вредоносное ПО стало обнаруживаться и посредством антивирусного монитора (рисунок 3). В результате тест считается пройденным [13].

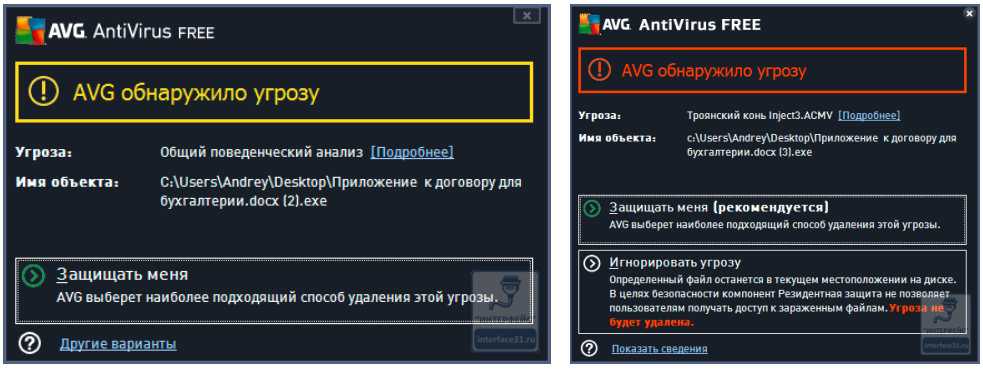


Рисунок 3 – Результаты тестирования AVG Free Antivirus

4. Avira Free Antivirus. Avira сориентировала нас на подозрение в двух случаях из трех (рисунок 4 слева). На запуск Trojan.Encoder.3470 программное антивирусное обеспечение никак не прореагировало и допустило заражение. После произведенного нами обновления в сигнатурах все вредоносные ПО были обнаружены и обезврежены (рисунок 4 справа). В результате тест считается не пройденным.

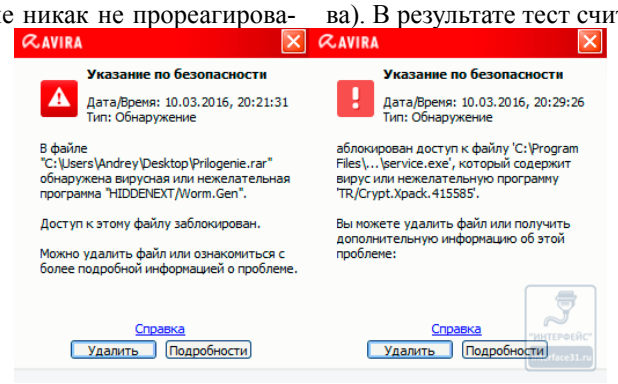


Рисунок 4 – Результаты тестирования Avira Free Antivirus

5. Comodo Antivirus. В ходе реализации тестовых мероприятий Trojan.Packed.62527 с уверенностью отправился в песочницу и было весьма интересно отмечать его активность в ней.

Туда же был направлен и BackDoor.Andromeda22, в соответствии со списком процессов несложно отметить, что оба вредоносных ПО обладают одинаковым шифровальным модулем.

А вот в отношении Trojan.Encoder.3470 имела место неопределенность: антивирусная программа предложила пользователю самостоятельно избрать действие (рисунок 5).

Четких рекомендаций или указаний на вредоносность здесь не видно, и пользователь с немалой долей вероятности может нажать на зеленую яркую кнопку, что в итоге вызовет заражение и потерю данных.

После проведенного нами обновления вирусных баз антивирусная программа успешно определила все угрозы, а при наличии Интернет-соединения в дело вступал облачный сервис, который дает дополнительную защиту от злободневных угроз [15].

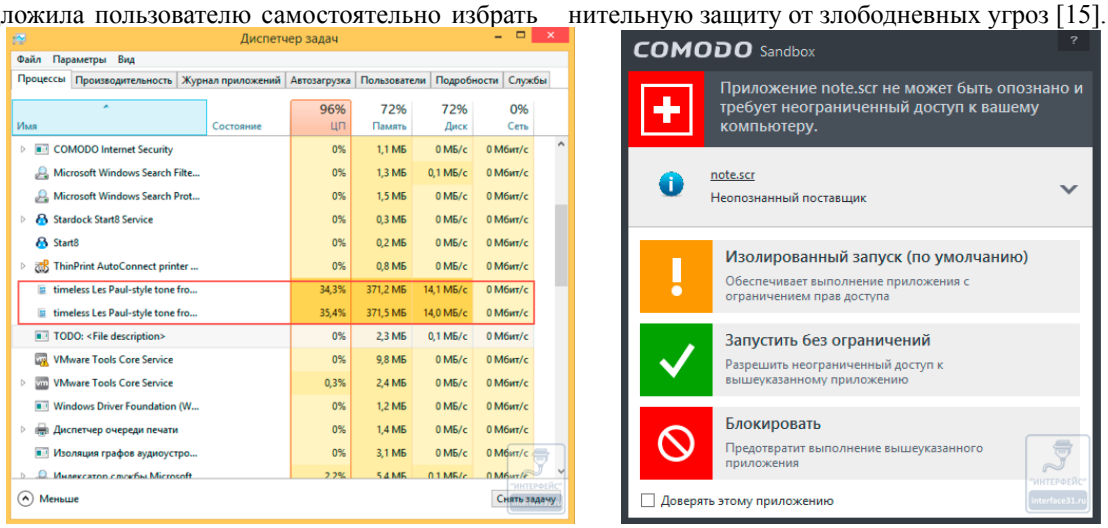


Рисунок 5 – Результаты тестирования Comodo Antivirus

С Comodo мы оказались в затруднительной ситуации: если делать выводы формально, то тестирование необходимо признать проваленным. С иной стороны, в профессиональных руках из Comodo можно сделать практически непробиваемый продукт, притом именно в отношении угроз нулевого дня, благо в нем присутствуют все инструменты [5,с.57]. Однако настройки по умолчанию далеки от идеала, поскольку среднестатистический пользователь, наверняка, выключит все «мешающие» механизмы по защите, поскольку в ту же песочницу отправляется практически каждый второй файл, и компьютер, таким образом, окажется совершенно незащищенным перед новейшими угрозами. Результат таков: тест пройден условно.

6. Bitdefender Antivirus Free Edition.

Еще одним достаточно популярным продуктом, интересным главным образом тем, что заключает в себе крайне неплохой антивирусный коммерческий «движок».

Однако на бесплатную версию наложены ограничения производителем во всем, в чем только возможно: минимальное количество возможностей и настроек. В связи с чем, итог предсказуем – с обновленными нами базами бесплатный Bitdefender явственно реагирует на вредоносные ПО, без сигнатур же он совершенно бесполезен.

Данный пример еще раз подтверждает, что для удачного отражения нынешних угроз антивирус должен представлять собой комплексный продукт, поскольку отличный антивирусный «движок» – это, безусловно, хорошо, но явно недостаточно для обнаружения (рисунок 6). В результате тест считается не пройденным.

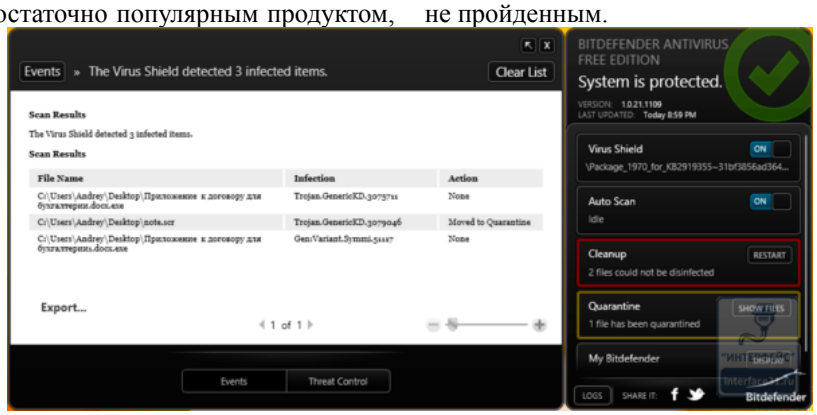


Рисунок 6 – Результаты тестирования Bitdefender Antivirus Free Edition

7. NANO Антивирус. Мы заключили в тестирование бесплатную вариацию довольно интересного и неплохого российского продукта. По степени сигнатурного обнаружения NANO отвечает многим иным бесплатным антивирусам, представив в нашем тестировании результат 94%, против 98% у Касперского и DrWeb. Однако с поведенческим анализом дела обстоят неважно: какой-либо реакции на запуск неизвестного вредоносного ПО не было. После обновления нами сигнатур все вредоносное ПО были удачно обезврежено (рисунок 7).

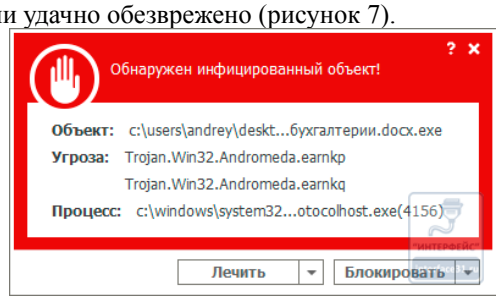


Рисунок 7 – Результаты тестирования AVG Free Antivirus

Нами не проводилось тестирование коммерческой версии антивируса, однако мы намерены предполагать, что итог окажется тождественным. Как вытекает из данных официальных источников, в Pro-версии не содержатся дополнительные инструменты по поведенческому анализу, а практический модуль не присутствует в бесплатной версии [6,с.272]. В результате тест считается не пройденным.

8. 360 Total Security. По умолчанию 360 Total поставляется со своим «движком» QVMII AI, однако можно дополнительно подключить движки от BitDefender и Avira. Если эффективность последних мы уже рассматривали выше, то с родным «движком» все плохо, даже будучи обновлен он не справился с защитой от шифровальщиков, обнаружив только Trojan.Packed.62527 и пропустив остальные угрозы. При присутствии Интернета немного помогает облачный «движок» 360 Cloud, в данной ситуации начинает функционировать эвристики и заражения получается избежать. Однако доверять облачным технологиям явно не следует, тем более что блокировать серверы у антивирусных компаний умеют большинство вредононосных ПО, также возможна ситуация, когда файл во вложении будет запущен при отсутствии Интернета.

При подключении дополнительных движков ситуация в корне меняется, как мы уже видели выше и BitDefender, и Avira уверенно справляются с представленными экземплярами шифровальщиков. Однако в силу слабого модуля поведенческого анализа в случае появления свежего экземпляра вредоносного ПО они окажутся бессильны (рисунок 8). Результат: тест не пройден.

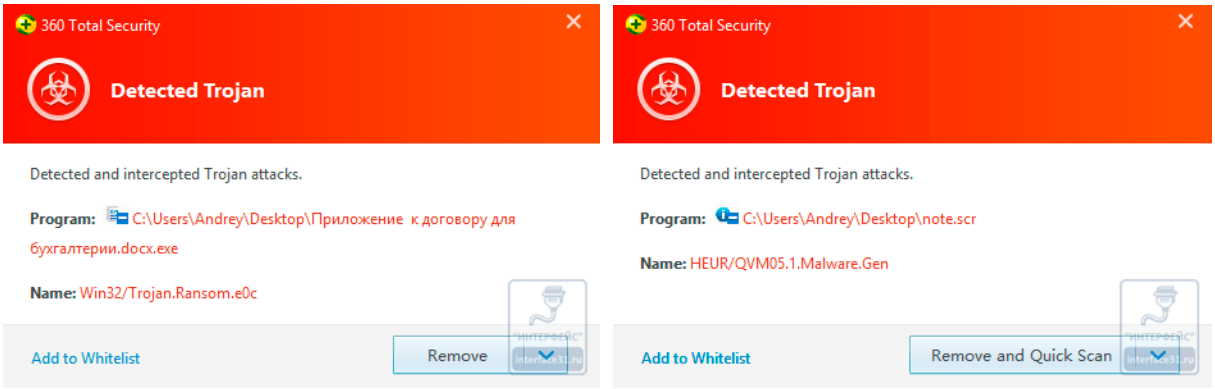


Рисунок 8 – Результаты тестирования 360 Total Security

9. Panda Antivirus Pro. Panda использует инновационные «облачные» технологии «коллективного интеллекта» (цитата с сайта производителя), а проще говоря, основывается на облачном антивирусном движке и поведенческом анализаторе. Минус очевиден - эффективная работа зависит от активного интернет-соединения. Мы согласны, что сегодня подавляющую часть времени системы находятся онлайн [4,с.361], но полностью надеяться на облачный сервис, на наш взгляд, опрометчиво [14].

В отсутствии Интернет-соединения Panda обнаружила Trojan.Packed.62527 (рисунок 9), удалила как подозрительный Trojan.Encoder.3470.

Но программа пропустила BackDoor. Andromeda22, допустив заражение системы. При наличии доступа в сеть все три угрозы были успешно отражены.

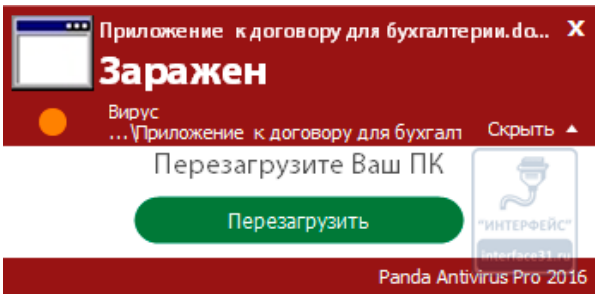


Рисунок 9 – Результаты тестирования Panda Antivirus Pro

Как рассматривать полученные результаты? На наш взгляд – тест не пройден, так как скачанный вредоносный архив (а по умолчанию Panda не проверяет архивы) может быть открыт в иное время, когда компьютер окажется не подключен к сети.

10. McAfee Internet Security. Довольно неплохой в прошлом продукт сегодня вызывает противоречивые впечатления, с одной стороны довольно неплохой антивирусный движок, с другой – полное отсутствие внятного поведенческого анализа. Без обновлений базы сигнатур все три образца вирусов были успешно пропущены.

После обновления все угрозы были устранены (рисунок 10). Результат: тест не пройден.

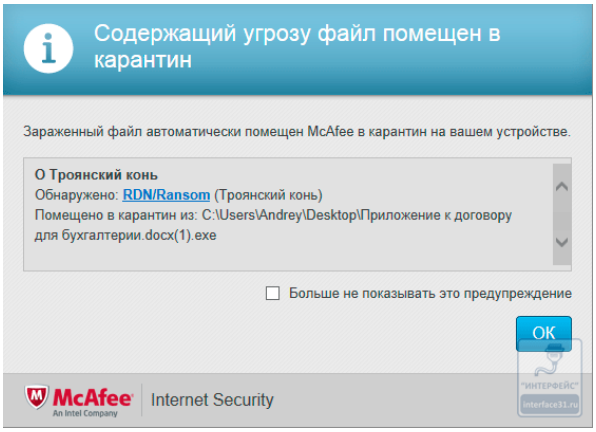


Рисунок 10 – Результаты тестирования McAfee Internet Security

11. Norton Security. Проактивная защита в Norton Security работает на «отлично», не оставляя шифровальщикам ни одной лазейки.

После обновления сигнатур все угрозы начали успешно детектироваться антивирусным сканером (рисунок 11). Результат: тест пройден.

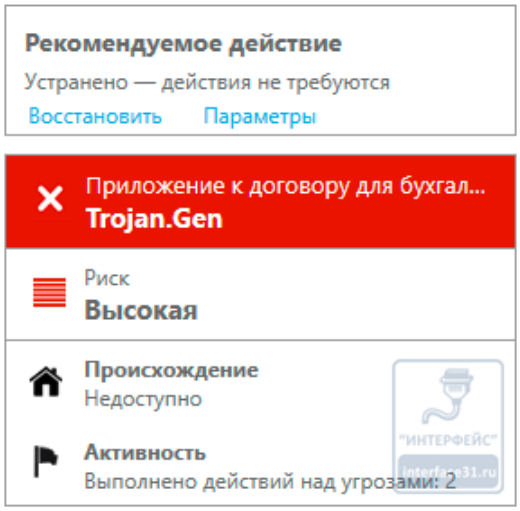


Рисунок 11 – Результаты тестирования Norton Security

12. ESET NOD32 Smart Security. Несмотря на отсутствие записей в базе сигнатур NOD32 оперативно пресек запуск всех трех экземпляров вредоносного ПО (рисунок 12). Результат: тест пройден.

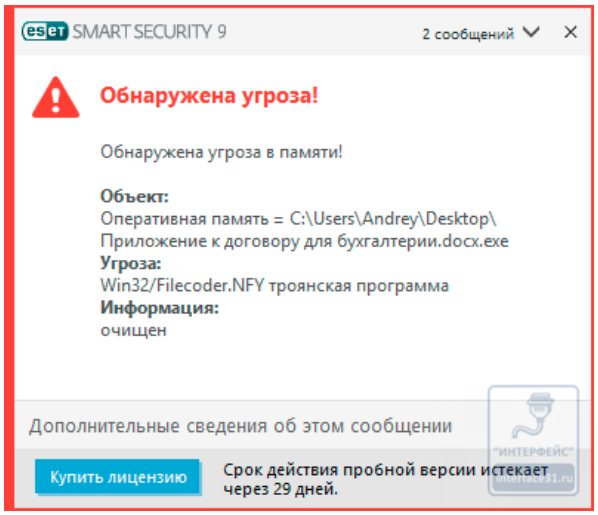


Рисунок 12 – Результаты тестирования ESET NOD32 Smart Security

13. Kaspersky Anti-Virus. Несмотря на тот факт, что сам производитель сообщает о том, что данный продукт в линейке - базовый и не гарантирует полной защиты, в итоге тестирования поведенческий анализатор действовал четко, а Лаборатория Касперского еще раз удостоверила свой статус одного из лидеров антивирусного рынка (рисунок 13). В результате тест считается пройденным [17].

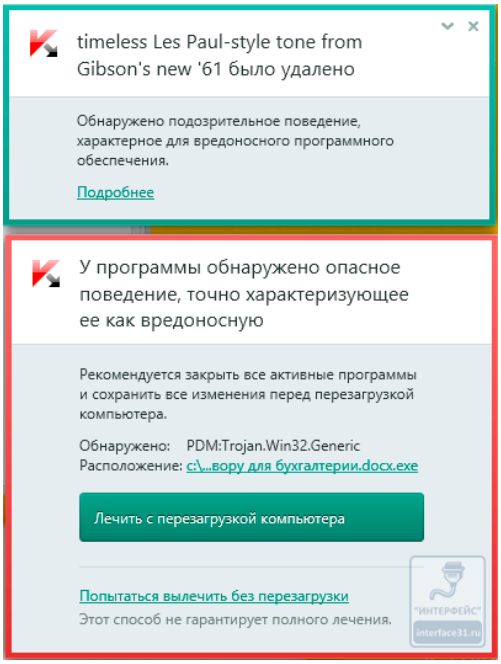


Рисунок 13 – Результаты тестирования Kaspersky Anti-Virus

14. Dr.Web Security Space. Следует отметить большой вклад сотрудников поддержки Dr.Web в борьбу с шифровальщиками и предоставлении помощи в расшифровке [3,с.37].

Технологии поведенческого анализа можно смело назвать одним из серьезных преимуществ продукта, все три вредоносных образца были успешно обезврежены именно поведенческим модулем (рисунок 14).

Также мы не смогли пройти мимо нового продукта компании, несигнатурного антивируса Dr.Web Katana, который не имеет антивирусных баз и, по сути, представляет поведенческий сканэр и сканэр эвристик. Результат получился аналогичным. Результат: тест пройден [19].

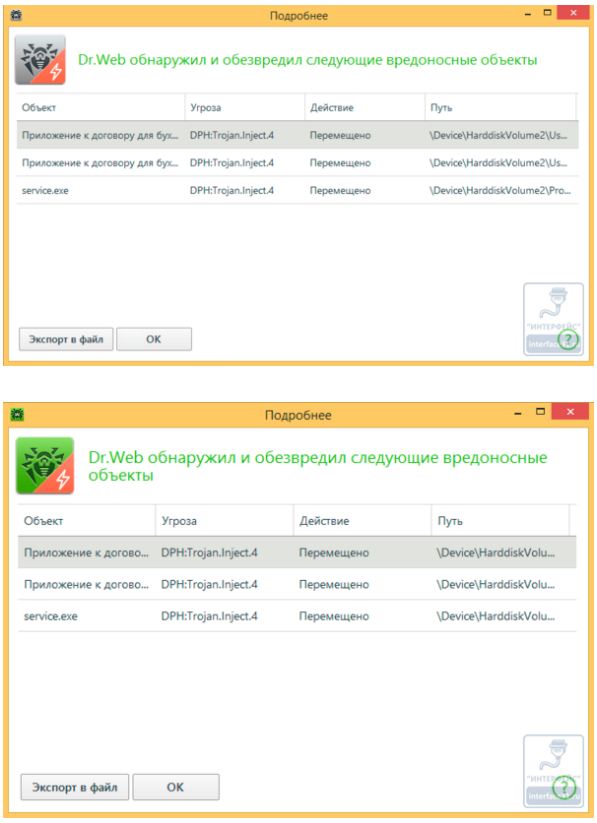


Рисунок 14 – Результаты тестирования Dr.Web Security Space

15. Emsisoft Anti-Malware. Сочетание антивирусного «движка» Bitdefender с собственными технологиями показывают замечательный результат. Во всяком случае, к работе поведенческого анализатора претензий нет, все три образца шифровальщиков были успешно заблокированы.

Несмотря на то, что для пользователя доступны все варианты действий, имеется рекомендуемое действие – карантин, да и оформление окна выполнено в стиле сообщения об угрозе и не располагает к разрешающим действиям.

После обновления антивирусных баз все угрозы начинают определятся антивирусным монитором (рисунок 15).

Результат: тест пройден [18].

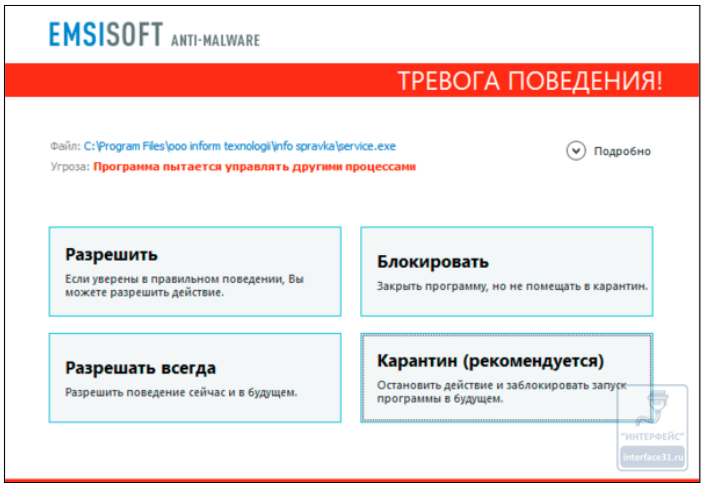


Рисунок 15 – Результаты тестирования Emsisoft Anti-Malware

4) оформление окна, сообщающего об обнаружении вируса, выполнено в стиле сообщения об угрозе с предоставлением пользователю выбора действия: удалить найденную угрозу или разрешить вредоносному ПО действия в системе, при том, что явных рекомендаций или указаний на опасность нет и существует большая вероятность, что пользователь совершит разрешительное действие, что приведет к заражению;

5) настройки по умолчанию несовершенны и обычный пользователь, скорее всего, отключит все «мешающие» механизмы защиты, что в несколько раз может увеличить риск заражения;

6) встроенный модуль, отвечающий за проверку объектов и обнаружение вредоносных программ (так называемый антивирусный «движок») может не справиться с защитой от шифровальщиков без поддержки со стороны дополнительных «движков», работа которых возможна лишь при активном Интернет-соединении,

7) наличие слабого модуля поведенческого анализа, что в случае появления свежего экземпляра вредоносного ПО, может допустить заражение вирусом-шифровальщиком.

Практически все бесплатные антивирусные решения не обеспечивают достаточного уровня защиты. Единственным исключением стал AVG, имеющий работоспособный модуль поведенческого анализа. Comodo, несмотря на все богатые возможности, также нельзя однозначно рекомендовать к применению, ведь только при грамотной настройке он способен стать неплохим рубежом защиты.

Из коммерческих продуктов ожидаемо высокие результаты показала тройка: ESET, Dr.Web и Kaspersky, также отлично выглядят продукты Norton и Emsisoft.

McAfee уже традиционно показывает недостаточный уровень защиты, а Panda сильно зависима от облачных технологий и наличия Интернета.

Таким образом, надежную защиту от современных угроз предоставляют только коммерческие решения лидеров рынка, с другой стороны стоимость годовой лицензии невелика и в любом случае значительно меньше суммы возможного ущерба.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Андреева Е.В. Исследование механизма распространения вирусов-шифровальщиков в информационных сетях // Научное сообщество студентов: Междисциплинарные исследования: сб. ст. по мат. XXXIV междунар. студ. науч.-практ. конф. № 23(34). URL: https://sibac.info/archive/meghdis/23(34).pdf (дата обращения: 26.02.2018).

2. Бондаренко Е.С. Эволюция вирусов-шифровальщиков // Контентус. – 2016. – № 8 (49). – С. 143–145.

3. Врублевский А. Полоса препятствий для хакеров // Журнал сетевых решений LAN. – 2017. – № 10. – С. 37.

4. Земсков А.И., Карпычев В.Ю. Разработка алгоритма распознавания и подавления действия криптографического вредоносного программного обеспечения // Экономика и менеджмент систем управления. – 2017. – Т. 26. – № 4.3. – С. 355–364.

5. Лабутин Н.Г. Некоторые способы защиты от вирусов-шифровальщиков // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2017. – № 2–2. – С. 56–58.

6. Смирнов Д.В., Лубкин И.А. Исследование особенностей поведения вредоносного программного обеспечения класса крипторов-вымогателей. // Решетневские чтения. – 2016. – Т. 2. – № 20. – С. 271–273.

7. Тепловодских А.Д., Зотов С.С. Аспекты защиты от вирусов-шифровальщиков // Аллея науки. – 2017. – Т. 1. – № 12. – С. 367–371.

8. Аюпова А.Р., Биктимирова Е.Р. Рост распространения вирусов-шифровальщиков в современных условиях В сборнике: Достижения и приложения современной информатики, математики и физи-

ки Материалы VI Всероссийской научно-практической заочной конференции. – 2017. – С. 169–172.

9. Безмалый В. Еще раз о вирусах-шифровальщиках // Windows IT Pro/ RE. 2015. – № 7. – С. 49.

10. Безмалый В. Противодействие вирусам-шифровальщикам. Часть 1 / Windows IT Pro/ RE. 2016. № 12. С. 56.

11. Стройкина И.А. Вирусы-шифровальщики – демо-версия кибервойны // В сборнике: Достижения и приложения современной информатики, математики и физики Материалы VI Всероссийской научно-практической заочной конференции. – 2017. – С. 186–189.

12. Ченушкина С.В., Елисеева Д.В., Филиппов И.Е. Вирусы-шифровальщики и рекомендации по защите от них // Наука и образование: сохраняя прошлое, создаём будущее: Сборник статей IX международной научно-практической конференции: в 3 частях. – Издательство: «Наука и просвещение». – 2017. – С. 73–74. С. 73–75.

13. Басыров А.Р. Безопасность корпоративной электронной почты // Межотраслевой институт Наука и образование. 2014. № 5. С. 55–59.

14. Волконский В.Ю., Иванов М.А., Ким А.К., Семенихин С.В. Комплекс программных средств антивирусной защиты компьютерных систем, функционирующих под управлением ОС семейства Эльбрус // REDS: Телекоммуникационные устройства и системы. 2015. Т. 5. № 3. С. 282–285.

15. Галах В.П., Лакеев В.А., Егоров В.И., Хотячук В.К., Шкирин В.Г. Автоматизированное рабочее место с защитой от несанкционированного доступа // патент на полезную модель RUS 96435 22.03.2010.

16. Лебедев А.Н. Способ рассылки защищенных данных с регулированием доступа к отдельным их разделам // Вопросы кибербезопасности. 2015. № 5 (13). С. 70–72.

17. Солопов А.И., Лакеев В.А., Хотячук В.К., Тимошкин В.С., Шкирин В.Г. Автоматизированное рабочее место с защитой от утечек информации // патент на полезную модель RUS 98612 09.06.2010.

18. Харитонова Т.А., Рудая А.Г. Тенденции развития современных компьютерных вирусов // В сборнике: Проблемы и перспективы развития экономических систем в исследованиях студентов и молодых ученых Материалы международной научно-практической конференции. 2013. С. 394–397.

19. Солопов А.И., Лакеев В.А., Хотячук В.К., Тимошкин В.С., Шкирин В.Г. Автоматизированное рабочее место с защитой от утечек информации // патент на полезную модель RUS 98612 09.06.2010.

20. Родичев Ю.А. Нормативная база и стандарты в области информационной безопасности. 2018. С. 181–185.

Статья поступила в редакцию 23.06.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 681.3.064

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СУЩНОСТЕЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

© 2019

Мальшаков Григорий Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование, технология и производство радиоэлектронных средств»
Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет)
(125993, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 4, А-80, ГСП-3, e-mail: malshakov@mail.ru)

Аннотация. Чтобы облегчить взаимодействие прикладных программ на основе анализа повторения лексем в данных сущностей разработан метод их идентификации. Определение того, что данные принадлежат поисковой сущности, выполняется на основе расчёта коэффициента Пирсона частот встречи лексем поисковой сущности в данных.

Ключевые слова: корреляция, спектр, сущность предметной области, отождествление, программы для ЭВМ, способность к взаимодействию.

IDENTIFICATION OF DOMAIN ENTITIES BASED ON FREQUENCY DATA ANALYSIS

© 2019

Malshakov Grigory Viktorovich, candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department «Design, technology and production of electronic means»
Moscow aviation Institute (national research university)
(125993, Russia, Moscow, Volokolamsk highway, 4, A-80, GSP-3, e-mail: malshakov@mail.ru)

Abstract. To facilitate the interaction of application programs based on the analysis of the repetition of tokens in these entities, a method for their identification has been developed. The determination that the data belongs to the search entity is based on the calculation of the Pearson coefficient of the frequency of the meeting of tokens of the search entity in the data.

Keywords: correlation, spectrum, the nature of the subject area, identification, computer programs, the ability to interact.

Введение. Сегодня практически во всех сферах человеческой жизни активно внедряются информационные технологии (образование, здравоохранение, наука, государственное управление, финансы и т.д.) [1-15]. Внедрение информационных технологий сильно зависит от способности информационных систем обмениваться информацией, их уровнем интероперабельности.

Постановка задачи. Для обеспечения взаимодействия прикладных программ необходимо согласовать их данные по их уникальным характеристикам, определив к каким понятиям предметной области эти данные относятся.

Используемые в информационных системах понятия – сущности предметной области хранятся, как правило, в отдельных таблицах реляционной базы данных системы. Каждая такая таблица в отдельных полях хранит характеристики сущностей. Записи в таких таблицах соответствуют объектам сущности. Для исследования были использованы данные по полупроводниковым элементам: диодам, полевым и биполярным транзисторам.

В разработанном методе в качестве идентификатора данных сущности предметной области используются частоты встреч в них лексем [16]. Повторяющиеся лексемы в данных сущности образуют алфавит поиска данных сущности. В качестве уникальных данных сущности используются значения поля «Наименование».

Спектр частот встреч лексем поля «Наименование» в данных силового биполярного транзистора с полевым управлением (СБТПУ) представлено на рисунке 1.Где: *QLec* - количество найденных лексем, *Fp* - частота встречи лексемы в данных поисковой сущности.

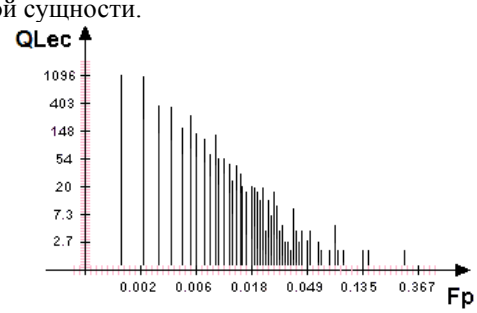


Рисунок 1 – Спектр частот встреч лексем поля «Наименование» в данных силового биполярного транзистора с полевым управлением

Чтобы определить, что данные принадлежат поисковой сущности, необходимо вычислить коэффициент корреляции Пирсона между количествами повторов встреч лексемами алфавита в данных и количеством повторов встреч лексем в данных поисковой сущности:

$$r_{XA} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X}) * (A_i - \overline{A})}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(X_j - \overline{X})^2 * \sum_{j=1}^{n}(A_j - \overline{A})^2}}$$

где X и A – это частоты встречи лексем алфавита в анализируемых данных, и данных поисковой сущности [17-20].

При идентификации поля сущности возможны ошибки пропуска и ложного обнаружения принадлежности данных к полю сущности.

Ошибки пропуска обнаружения. Пропуск обнаружения сущностей происходит из-за искажений:

- анализируемых данных (исходные данные, по которым строился алфавит, не соответствуют анализируемым);
- алфавита поиска (исключения из алфавита лексем для ускорения вычисления коэффициента корреляции Пирсона).

Из-за уменьшения объёма анализируемых данных ошибка расчёта автокорреляции возрастает. Для данных СБТПУ получена взаимосвязь (рисунок 2) ошибки расчёта автокорреляции (*RAZN_MAX_MIN*) от объёма используемых при расчёте данных (*SizeViborki*). Ошибка расчёта автокорреляции определялась как разность значений максимальной и минимальной автокорреляций из рассчитанных. Данные для каждого расчёта выбирались равномерно из всей совокупности 35-ю различными способами.

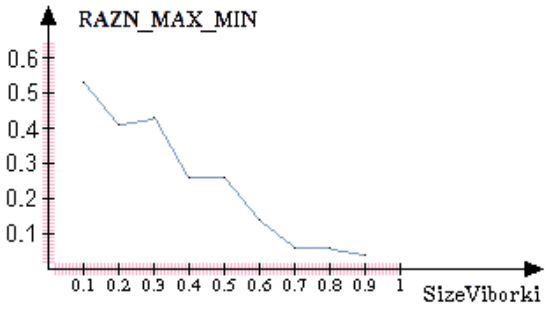


Рисунок 2 – Взаимосвязь ошибки корреляции от величины выборки

Искажение алфавита поиска при идентификации сущности выполняется для уменьшения:

- вычислительных затрат, исключая редко встречающиеся в данных лексемы;
- количества ошибок ложного обнаружения, исключая часто используемые лексемы в различных сущностях.

Из-за исключения лексем из алфавита растёт ошибка расчёта коэффициента корреляции Пирсона (*RAZN_MAX_MIN*) и растёт производительность расчётов благодаря уменьшению количества лексем (*QLenInAlf*), рисунок 3.

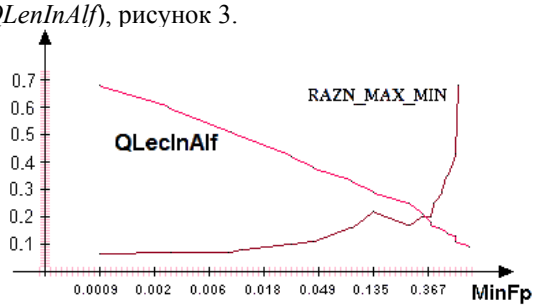


Рисунок 3 – Взаимосвязь ошибки корреляции и количества лексем в алфавите от исключения лексем из алфавита по частоте их встречи

При исключении лексем из алфавита в соответствии с их длиной (минимальному количеству символов в лексеме, *MinQCharInLec*) минимальное значение автокорреляции между алфавитом и данными (*MINAQ*) уменьшается, что приводит к увеличению количества ошибок ложного обнаружения. На рисунке 4 для различных размеров выборок данных от исходных (в процентах) представлены зависимости автокорреляции между алфавитом и данными от длины лексем, используемых в алфавите.

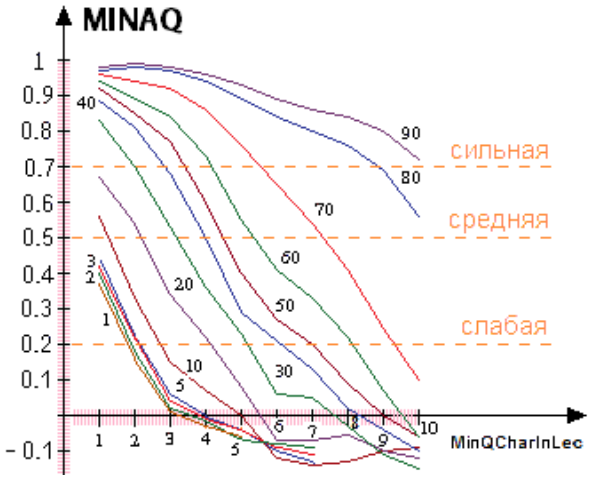


Рисунок 4 – Зависимости автокорреляции от длины лексем для различных объёмов, используемых данных

При уменьшении объёма выборки исключение лексем сильнее влияет на значение автокорреляции.

Ошибки ложного обнаружения. В методе связь между данными устанавливается с помощью вычисления коэффициента корреляции Пирсона. При сильной связи [17-20] он должен быть равен от 0.7 до 1. При расчётах коэффициент корреляции Пирсона между данными различных сущностей получается неоправданно большим из-за того, что алфавит поиска содержит часто употребляемые лексемы, располагающиеся в данных различных сущностей. Чем лексема короче, тем выше вероятность её использования в данных различных сущностей.

Поэтому чтобы уменьшить число таких ошибок предложено исключить короткие лексемы из алфавита поиска, установив минимально-допустимое количество символов, используемых в лексемах алфавита.

На рисунке 5 представлена взаимосвязь между коэффициентом корреляции и размером ограничения на минимально-допустимую длину лексем в алфавите для данных полевого транзистора (ПТ), импульсного и выпрямительного диодов, силового биполярного транзистора с полевым управлением (использовалось 30% данных от исходных).

Корреляция алфавита СБТПУ с данными полевого транзистора, импульсного и выпрямительного диодов получается меньше чем с СБТПУ, поэтому ошибки ложного обнаружения невозможны.

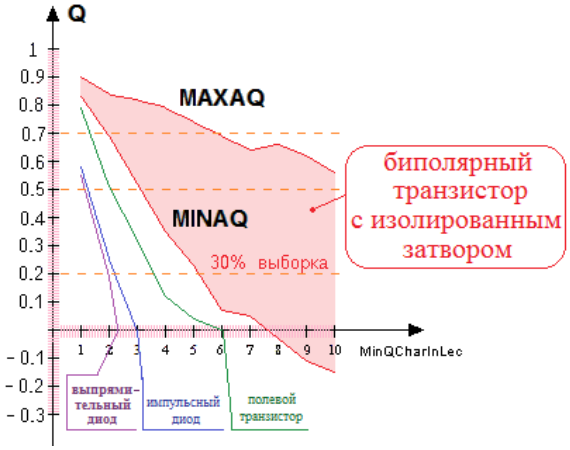


Рисунок 5 – Взаимосвязь корреляции для алфавитов с исключёнными лексемами в соответствии с их длинной

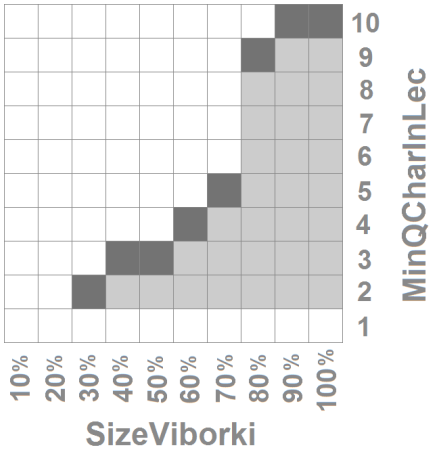


Рисунок 7 – Матрица выбора количества символов в лексемах алфавита поиска с учётом объёма выборки для СБТПУ

Только при сильной взаимосвязи (когда коэффициент корреляции Пирсона больше 0.7), которая достигается при условии, что объём используемых при идентификации данных составляет не менее 30% от исходных используемых при составлении алфавита, результаты идентификации могут считаться достоверными (рисунок 6).

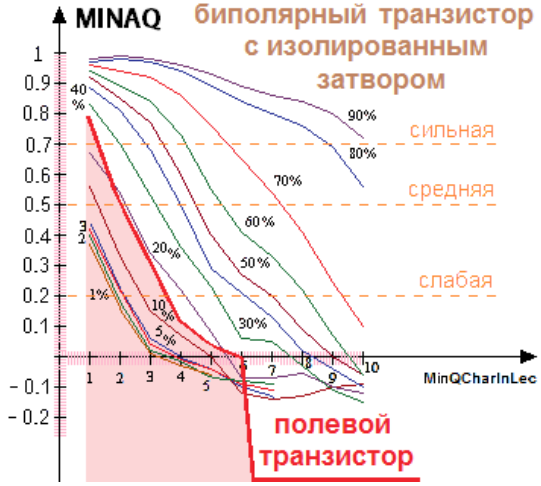


Рисунок 6 – Взаимосвязь автокорреляции СБТПУ и корреляции ПТ для алфавитов с исключёнными лексемами в соответствии с их длинной для различных выборок

Возможные комбинации минимально-допустимого количества символов в лексемах (*MinQCharInLec*) от объёма данных (*SizeViborki*) обеспечивающих правильную идентификацию сущности сведены в матрицу выбора (рисунок 7).

Для повышения достоверности идентификации по возможности необходимо оставлять в алфавите только длинные лексемы, исключая короткие (увеличивая *MinQCharInLec*), в силу того, что в данных, не относящихся к сущности, вероятность встречи длинных лексем алфавита резко падает. Эти значения для каждой выборки в матрице выбора выделены темным цветом.

Заключение. Разработанный метод в отличие от существующих позволяет находить соответствие между данными и сущностью. Его использование позволяет часть работы по сопряжению данных различных информационных систем автоматизировать, что повышает их способность к взаимодействию – интероперабельность.

Установка принадлежности данных к полю поисковой сущности на основе разработанного метода является достоверной при достаточном объёме эталонных данных, используемым при создании алфавита (для БТИЗ это 30%).

Данные принадлежат сущности, если их корреляция с данными алфавита составляет не менее 0.7 (для БТИЗ: с длиной не меньшей 2-х символов, при минимальном объёме анализируемых данных не менее 30% от эталонных (3-х символов при объёме от 40% до 50%; 4-х при 60%; 5 при 70%; 9 при 80%, 10 при объёме от 90% до 100%)).

Разработанный метод целесообразно использовать при создании автоматизированных средств поиска сходных сущностей в различных информационных подсистемах упрощая между ними взаимодействие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Беккер Д.А. Роль информационных технологий в управлении современным промышленным предприятием // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2013. – № 7–1 – С. 141–144.

2. Воробьев Е.Б. Использование информационных технологий в государственном и муниципальном управлении / Е.Б. Воробьев, О.В. Лисина // Научные горизонты. – 2018. – № 2 (6). – С. 45–49.

3. Зуденкова С.А. Информатизация органов государственного и муниципального управления // Научный журнал «Дискурс». – 2018. – 1(15).

4. Иванова В.И. Значение и роль информационно-коммуникационных технологий в современ-

ной экономике и инновационной деятельности / В.И. Иванова, Е.П. Митрофанов, Т.Н. Полканова // Вестник чувашского университета. – 2013. – № 2 – С. 253–257.

5. Кузёма Е. Ю. Возможности повышения конкурентоспособности малых предприятий стран снг на основе использования информационно-коммуникационных технологий // Инновации в науке. – 2013. – № 25 – С. 203–211.

6. Кузьмин И.Ю. Перспективы внедрения информационно-коммуникативных технологий в процесс управления государством // Современные проблемы науки и образования. – 2009. – № 3.

7. Мартыненко Ю. В. Информационные технологии для малого предпринимательства / Ю. В. Мартыненко, А. Р. Камалова // Электронный мультидисциплинарный научный журнал с порталом международных научно-практических конференций интернетнаука. – 2016. – № 8. – С. 24–32.

8. Охотский Е.В. Информационно-коммуникационные технологии в государственном управлении: состояние, планы, перспективы // Коммуникология. – 2017. Том 5. – № 1. – С. 195–203.

9. Пресняков Е.В. Влияние информационно-коммуникационных технологий на мировую экономику // Известия Санкт-Петербургского университета экономики и финансов. – 2011. – № 1 (67) – С. 132–134.

10. Роль информационных технологий в реализации образовательных программ: сборник статей Международной научно-методической конференции / М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. образования «Восточно-Сибирский гос. ун-т технологий и упр.» (ФГБОУ ВО «ВСГУТУ»); [редкол.: Батурин В. Н. (отв. ред.) и др.]. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2016. ISBN 978-5-89230-769-7.

11. Ромашкин Т.В. Информационное обеспечение бизнеса в современных условиях // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 3. – С. 95–100.

12. Сейтенова С.С. Значение и роль применения информационных коммуникационных технологий // Евразийский союз ученых. – 2014. – № 6–2 (6) . – С. 133–135.

13. Симонова И.Н. Роль средств информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) в формировании новой информационно-экологической среды технического ВУЗА // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. – С. 5.

14. Суздальцев С.И. Информационно-коммуникационные технологии как фактор развития общества // Современная научная мысль. – 2013. – № 4 – С. 161–178.

15. Тронина И.А. Роль икт в системе здравоохранения в целях повышения качества оказания медицинских услуг населению / И.А. Тронина, О.В. Артюхова // Trends in the world of science. Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции. Смоленск, 2019. Издательство: МНИЦ «Наукосфера» С. 14–18.

16. Мальшаков Г.В. Методы, алгоритмы программные инструменты достижения интероперабельности прикладного программного обеспечения на основе частотного анализа данных: дис. ... канд. тех. наук. 05.13.11 / Мальшаков Григорий Викторович. – М., 2017. – 150 с.

17. Синева И. С. Теория вероятностей и математическая статистика: Конспект лекций: [В 2 ч.] / Синева Ирина Сергеевна; Моск. техн. ун-т связи и информатики (МТУСИ). Каф. теории вероятностей и приклад. математики, Центр дистанц. обучения. – М.: МТУСИ, 2001.

18. Усольцев Л.П. Теория вероятностей и математическая статистика / Л. П. Усольцев, Е. Л. Емельянова; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Самарский гос. ун-т», Каф. теории вероятностей и мат. статистики. – Самара: Универс групп, 2007. – 117, [1] с. ISBN 978-5-467-00114-2.

19. Древс Ю. Г. Прикладная математическая статистика: Пособие / Ю.Г. Древс, Ю.В. Дубровский; М-во общ. и проф. образования РФ. Моск. гос. инж.-физ. ин-т (техн. ун-т) (МИФИ). Фак. кибернетики. – М.: Моск. гос. инж.-физ. ин-т (техн. ун-т).

20. Теория статистики: учебное пособие и практикум [и др.]; Московский гос. ун-т экономики, статистики и информатики и др. – Москва: Моск. гос. ун-т экономики, статистики и информатики, 2006 (Калуга: Калужская типография стандартов). – 296 с.

Статья поступила в редакцию 12.08.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 519.872

ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ СИСТЕМ

© 2019

Мартенс-Атюшев Дмитрий Сергеевич, аспирант кафедры «Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: novoselich93@mail.ru)

Аннотация. В статье исследуются аспекты разработки специализированных реконфигурируемых вычислительных систем архитектуры типа UMA. Представлено два варианта организации доступа в подсистему «процессор-память» традиционная и модифицированная, описаны их математические модели, выполнен сравнительный анализ характеристик сетей массового обслуживания исследуемых систем, и оценены возможности их дальнейшей аппаратной реализации. В ходе исследования установлено, что модификация традиционной архитектуры с внедрением контроллера памяти, значительно улучшает характеристики вычислительной системы, повышает ее масштабируемость, а также разрешает конфликты на общей шине. В работе отражено преимущество математического моделирования перед экспериментальным, так как проведение аналитических расчетов дает необходимые, пусть и приближенные, характеристики разрабатываемой системы, что значительно ускоряет процесс проектирования и позволяет снизить затраты по ресурсам. В заключении сделаны выводы по проделанной работе.

Ключевые слова: специализированная реконфигурируемая вычислительная система, математические модели, контроллер памяти, процессор, общая шина, UMA-архитектура, системы массового обслуживания.

EVALUATION AND ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF MATHEMATICAL MODELS OF SPECIALIZED RECONFIGURABLE COMPUTING SYSTEMS

© 2019

Martens-Atyushev Dmitry Sergeevich, postgraduate of sub-department
«Computers and systems»
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: novoselich93@mail.ru)

Abstract. In the article aspects of development of specialized reconfigurable computing systems of architecture of UMA type are investigated. Two variants of access to the subsystem “processor-memory” traditional and modified, described their mathematical models, a comparative analysis of the characteristics of Queuing networks of the studied systems, and evaluated the possibility of their further hardware implementation. The study found that the modification of the traditional architecture with the introduction of a memory controller, significantly improves the performance of the computer system, increases its scalability and resolves conflicts on the common bus. The paper reflects the advantage of mathematical modeling over experimental, as the analytical calculations provides the necessary, albeit approximate, characteristics of the developed system, which significantly speeds up the design process and reduces the cost of resources. In conclusion, the conclusions on the work done.

Keyword: specialized reconfigurable computer system, mathematical model, memory controller, processor, common bus, UMA architecture, Queuing systems.

Введение. В процессе проектирования специализированных реконфигурируемых вычислительных систем (СРВС) важным аспектом является выбор метода организации доступа в подсистему «процессор-память» [1,2,20]. Одним из самых распространенных методов является UMA-архитектура [2,10,15].

UMA (Uniform Memory Access) – однородный доступ к памяти, когда все процессорные узлы (ПУ) имеют связь со всеми модулями памяти (рисунок 1). В других источниках можно встретить название вычислительные системы с общей памятью [3,10]. Обмен между процессорами и общей памятью заключается в следующем, для того чтобы процессор считал данные из памяти, ему необходимо проверить наличие не «занятой» шины. Если шина «свободна», то процессор начинает цикл отправки адреса и установки управляющих сигналов, после чего ожидает ответ от памяти, которая выставляет данные на шину по запрошенному адресу.

В случае, когда шина «занята», процессор переводится в режим ожидания, пока шина не станет «свободной».

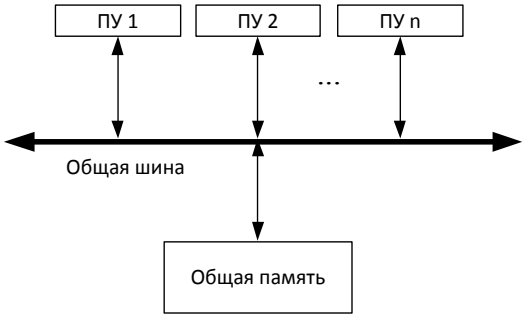


Рисунок 1 – Структура микропроцессорной системы с общей памятью

Постановка задачи. Как видно подобная архитектура имеет одну общую шину (ОШ) для всех процессоров, в чем заключается ее существенный недостаток. При увеличении числа процессоров, растет время их простоя и снижения пропускной способности на ОШ, следовательно, падает производительность системы, несмотря на наращивание количества ПУ.

Для решения данных проблем имеется несколько способов. Например переход от архитектуры с общей памятью на архитектуру с разделяемой памятью, что влечет за собой практически полноценную перестройку исходной СРВС и определенных затрат как временных так и ресурсных. Так же имеется вариант поделить общую память на некоторое количество независимых блоков, при этом сохранив однородный доступ ко всем блокам. Это повысит масштабируемость системы, но не обеспечит разрешения конфликтов на общей шине.

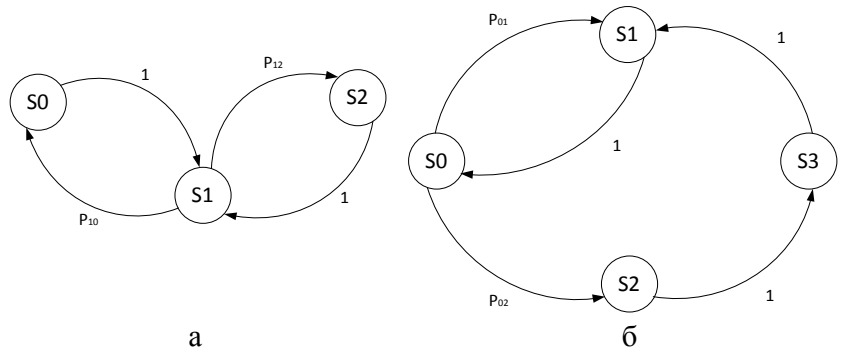
В данной статье рассмотрен известный способ, который позволит снизить временные потери, а также повысить пропускную способность ОШ подсистемы «процессор-память» в UMA-системах.

Принцип способа заключается в том, чтобы общая шина имела реализацию режимов расщепления операции чтения и буферизации операции записи [4,5,6]. Благодаря развитию современной электронной компонентной базы, возможно аппаратно внедрить данные функции в СРВС в виде контроллера памяти.

Перед началом реализации предполагаемых аппаратных модификаций системы, необходимо провести математическое моделирование. Методы аналитического моделирования позволяют без каких либо ресурсных затрат оценить приблизительные характеристики проектируемой СРВС, что значительно повышает время разработки и снижает ее стоимость.

В статье предлагается оценить и сопоставить характеристики традиционной UMA-архитектуры и ее модификации со встроенным контроллером памяти. Для этого применяется широко используемый метод моделирования стохастических сетей массового обслуживания.

Математическое моделирование СРВС. Модель специализированной реконфигурируемой вычислительной системы с традиционной архитектурой типа UMA представляет собой граф передач (рисунок 2 а), где источник заявок *S0* это soft-процессоры NIOS II, обслуживающий прибор *S1* является общей синхронной шиной Avalon, прибор *S2* модуль общей памяти типа DDR3-800 PC3-6400. Сеть массового обслуживания, представленная на рисунке 2 б, является моделью СРВС, в структуру которой встроен контроллер памяти. Здесь также источником заявок S0 выступают soft-процессоры NIOS II, а обслуживающий прибор S3 – модуль общей памяти типа DDR3-800 PC3-6400.



а б

Рисунок 2 – Граф стохастической сети СРВС с традиционной архитектурой (а) и с контроллером памяти (б)

Общая шина теперь разделена на два обслуживающих прибора *S1* и *S2*, это части контроллера памяти, буфер чтения (БЧ) и буфер записи (БЗ) соответственно, все запросы в данной структуре производятся через контроллер памяти, который выступает уже в роли общей шины. Принцип функционирования контроллера памяти подробно описан в следующих работах [6,12,16], в общих словах данное устройство позволяет поддерживать необходимые режимы расщепления операции чтения и буферизации операции записи на общей шине.

Интенсивность потока заявок λ_i на входе сети зависит от количества процессорных узлов в системе и времени обработки операции. Согласно [3,11, 13] интенсивность можно определить как обратную величину среднего интервала времени между двумя последовательными запросами процессоров:

$$T=1/\lambda_i.$$

Согласно спецификации на soft-процессор NIOS II, работающего на частоте 125 МГц, [7] для выполнения одной операции ему требуется 8 нс. Синхронная шина Avalon, функционирующая на частоте процессора, имеет средний интервал между запросами на чтение и запись в течении 5 тактов периода [8] несущей частоты т.е.:

$$T=5*t_{ош},$$

где $t_{ош}$ время одного такта шины Avalon равное 8 нс. Следовательно, интенсивность входного потока от одного soft-процессора NIOS II будет равно $\lambda_i=0,025$.

Суммарный поток заявок зависит от количества ПУ:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i$$

Элементы p_{ij} матрицы P определяют вероятности перехода графов из состояния S_i в состояние S_j, для традиционной структуры матрица имеет следующий вид [3]:

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ p_{10} & 0 & p_{12} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Для модифицированной структуры с контроллером памяти матрица принимает вид:

$$P = \begin{bmatrix} 0 & p_{01} & p_{02} & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Значения элементов p_{10} ,p_{12} и $p_{01,}$ p_{02} определяют долю запросов чтения и записи соответственно. Эта доля равна в среднем N_j/N, где N_j среднее число переходов в состояние S_j [3, 14]. Следовательно:

$$p_{ij} = N_j/N \ (j=1, \ldots, J)$$

Как известно запросов на чтение больше чем запросов на запись из общей памяти, исходя из этого, примем N_{10} =87 запросов на чтение и N_{12} =53 запросов на запись. Тогда N=140 и p_{10}=0,62, p_{12}=0,38.

Для вероятностей $p_{01,}$ p_{02} расчет проводится аналогично.

Определив вероятности переходов и интенсивность входящего потока, принимаем, что все входящие потоки в СеМО являются простейшими, времена обслуживания распределены по экспоненциальному закону, все СМО в сети не имеют ограничения на длину очереди.

Основными исследуемыми характеристиками, по которым проводится оценка, и сравнительный анализ двух описанных структур является загрузка ОШ/Контроллера памяти и ОЗУ и средние времена ожидания и длины очередей [13,14,17], загрузка определяется как

$$\rho = (\Lambda/N)\upsilon$$

где υ время обслуживания заявки в СМО.

Средняя длина очереди согласно [3,18,19] находится по выражению:

$$l = \frac{N^{N-1}\rho^{N+1}}{(N-1)!(1-\rho)^2} p_0$$

где p_0 определяется как:

$$p_0 = \left[\frac{N^{N-1}\rho^{N+1}}{(N-1)!(1-\rho)} + \sum_{n=0}^{N-1} \frac{N^n \rho^n}{n!} \right]$$

Среднее время ожидания вычисляется по выражению:

$$\omega = \frac{N^{N-1}\rho^{N}}{\mu N!(1-\rho)^2} p_0$$

Проведение математического моделирования выполнялось с помощью специализированной программы расчета стохастических сетей массового обслуживания [9].

Оценка результатов моделирования. При проведении моделирования интенсивность входного потока изменялась от 0,05 до 0,4, что соответствует увеличению числа процессорных узлов от 2 до 16. Результаты моделирования представлены на рисунках 3, 4.

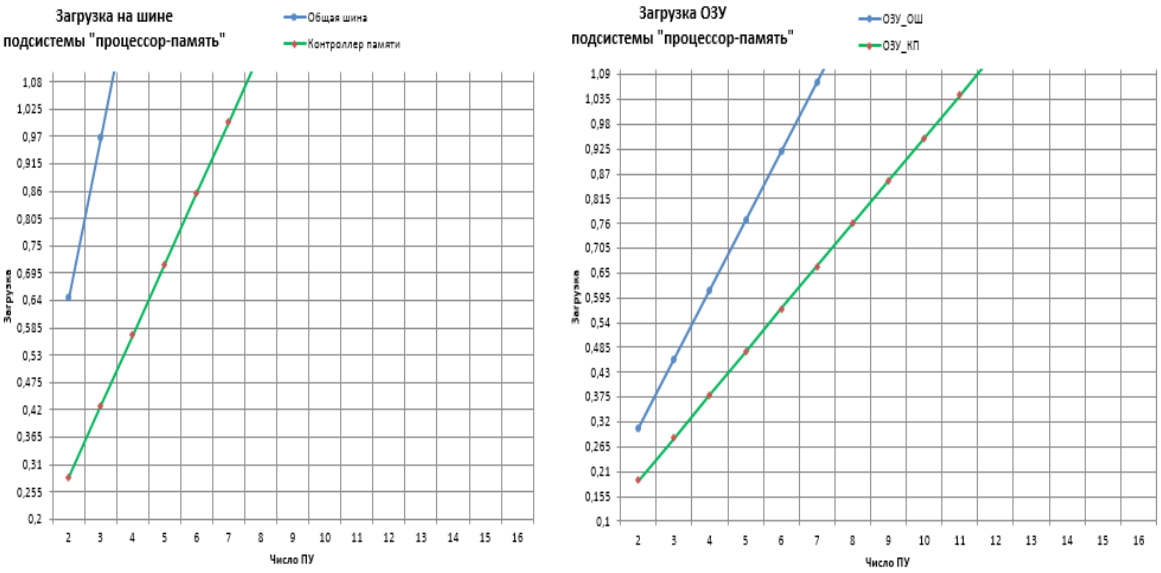


Рисунок 3 – Влияние числа процессорных узлов на загрузку ОШ и ОЗУ

Как видно из представленных графиков (рисунок 3), показатели загрузки на ОШ с традиционной архитектурой UMA превышают при увеличении ПУ более трех, когда как архитектура, где в ОШ входит контроллер памяти, показатели загрузки в два раза ниже.

Значения загрузки ОЗУ в обеих моделях также говорит об эффективности применения контролле-

ра памяти в СРВС. Так в традиционной архитектуре порог загрузки ОЗУ составил 0,91 при 6 процессорных узлов, а с контроллером памяти порог загрузки в 0,95 при 10 ПУ.

На рисунке 4 представлены графики зависимости средней длины очереди и среднее время ожидания ОЗУ от числа процессорных узлов. Полученные данные показывают, что для проектируемой СРВС с традиционной UMA архитектурой, при имеющихся аппаратных ресурсах и быстродействия устройств, возможна только трехпроцессорная система. Благодаря модификации данной архитектуры, т.е. внедрением в состав СРВС аппаратного контроллера памяти, появляется возможность повысить масштабируемость системы в два раза, тем самым получить шестипроцессорную систему.

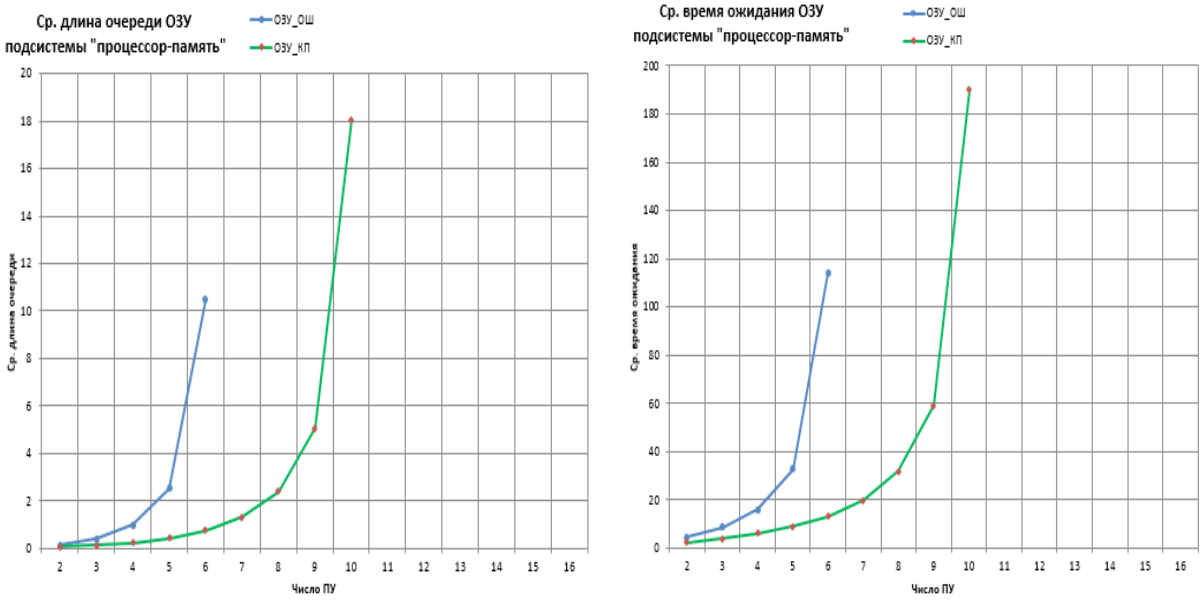


Рисунок 4 – Влияние числа процессорных узлов на среднюю длину очереди и среднее время ожидания ОЗУ

Заключение. Резюмируя рассмотренные в статье вопросы, сделаем выводы.

1. В работе затронуты важные аспекты создания специализированных реконфигурируемых вычислительных систем с архитектурой UMA.

2. Показано два варианта организации доступа в подсистему «процессор-память»: традиционная и модифицированная, приведены их математические модели, а также проведен сравнительный анализ характеристик исследуемых систем на сетевых моделях с оценкой возможности их дальнейшей аппаратной реализации.

3. Установлено, что модификация классической архитектуры с внедрением контроллера памяти значительно улучшает характеристики вычислительной системы и повышает ее масштабируемость, а также частично разрешает конфликты, возникающие на общей шине.

4. Получено, что, используя одни и те же исходные данные не обязательно полностью перестраивать и заменять систему, достаточно использовать дополнительные аппаратные решения, которые затрачивают меньше ресурсов.

Предварительное математическое моделирование также позволяет обойтись без затрат на проведение дорогостоящих экспериментальных исследований и времени на их разработку и проектирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мартышкин А.И., Мартенс-Атюшев Д.С. Современное ранжирование многопроцессорных систем по механизму доступа в память // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: Сборник статей XVII Всероссийской научно-технической конференции. Под ред. И.И. Сальникова. Пенза, 2019. – С.55–58.

2. Таненбаум Э., Остин Т. Архитектура компьютера. 6-е изд. – СПб.: Питер, 2013. – 816 с.

3. Майоров С. А. Основы теории вычислительных систем: учеб. пособие / С. А. Майоров, Г. И. Новиков, Т. И. Алиев, и др.; Под ред. С. А. Майорова. – М.: Высш. шк., 1978. – 408 с.

4. Мартышкин А.И. Реализация аппаратного буфера памяти многопроцессорной системы // Новые информационные технологии и системы: Сборник статей XII Международной научно-технической конференции. – 2015. – С. 96–99.

5. Мартышкин А.И., Бикташев Р.А. Моделирование подсистем памяти мультипроцессоров на основе стохастических сетей массового обслуживания // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: Сборник статей IX Всероссийской научно-технической конференции. Под ред. И.И. Сальникова. Пенза, 2011. – С.98–103.

6. Мартышкин А.И. Разработка аппаратного буферного устройства памяти многопроцессорной

системы // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12-3. – С. 485–489.

7. Nios II Processor Reference Guide [Электронный ресурс] // компания Intel [офиц. сайт] URL: https://www.intel.com/content/www/us/en/programmable/documentation/iga1420498949526.html (дата обращения 15.06.2019).

8. Avalon Interface Specifications [Электронный ресурс] // компания Intel [офиц. сайт] URL: https://www.intel.com/content/dam/www/programmable/us/en/pdfs/literature/manual/mnl_avalon_spec.pdf (дата обращения 15.06.2019).

9. Мартышкин А.И. Комплекс программ для определения характеристик диспетчеров задач многопроцессорных систем с использованием приоритетных стохастических сетей массового обслуживания / Р.А. Бикташев, А.И. Мартышкин, Н.Г. Востоков // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10-1. – С.13–20.

10. Мартышкин А.И. Разработка и исследование разомкнутых моделей подсистемы «процессор-память» многопроцессорных вычислительных систем архитектур UMA и NUMA // Вестник РГРТУ. – 2015. – № 54. – Ч. 1. – С. 121 –126.

11. Martyshkin A.I., Yasarevskaya O.N. Mathematical modeling of Task Managers for Multiprocessor systems on the basis of open-loop queuing networks // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2015. – V. 10. – № 16. – P. 6744–6749.

12. Мартышкин А.И. Разработка аппаратного буферного устройства памяти многопроцессорной системы // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12-3. – С. 485–489.

13. Мартышкин А.И. Исследование алгоритмов планирования процессов в системах реального времени // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: Сборник статей XIII Всероссийской научно-технической конференции. Под ред. И.И. Сальникова. Пенза, 2015. – С. 118–124.

14. Мартышкин А.И. Математическое моделирование аппаратного буфера памяти многопроцессорной системы // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации. Распознавание-2015: Сборник материалов XII Международной научно-технической конференции, 2015. – С. 247–249.

15. Цилькер Б.Я., Орлов С.А. Организация ЭВМ и систем 2-е изд. – СПб: Питер, 2011. – 688 с.

16. Мартышкин А.И., Мартенс-Атюшев Д.С. Исследование подсистемы памяти мультипроцессоров с буферным устройством и общей очередью на основе открытых сетей массового обслуживания // Инновации в науке. – 2016. – № 55–2. – С. 89–95.

17. Мартышкин А.И., Карасева Е.А. Моделирование и оценка времени обслуживания операций чтения и записи в многопроцессорных системах с общей памятью // Инновации в науке. – 2016. – № 55-2. – С. 83–88.

18. Бикташев Р.А., Князьков В.С. Многопроцессорные системы. Архитектура, топология, анализ производительности: Учебное пособие. – Пенза: Пенз. гос. ун-т, 2004. – 103 с.

19. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.

20. Таненбаум Э., Бос Х. Современные операционные системы. – СПб.: Питер, 2015. – 1120 с.

Статья поступила в редакцию 27.07.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 004.94

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОСТИЖЕНИЯ НЕЖЕЛАЕМОЙ ЦЕЛИ ПРИ КОНФЛИКТЕ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

© 2019

Бабич Михаил Юрьевич, доктор технических наук, главный специалист
Акционерное общество «НПП «Рубин»
(440015, Россия, г. Пенза, ул. Байдукова, 2, e-mail: babichmj@mail.ru)
Бабич Андрей Михайлович, кандидат технических наук, инженер-программист
Акционерное общество «НПП «Рубин»
(440015, Россия, г. Пенза, ул. Байдукова, 2, e-mail: babichmj@mail.ru)

Аннотация. Рассматриваются сложные организационно-технические системы, находящиеся в состоянии конфликта. Вводится понятие общей нежелаемой цели для конфликтующих систем. Приводятся примеры ее достижения. Рассматривается такое состояние систем и внешних сред, при которых возможно достижение общей нежелаемой цели, несмотря на действия лиц, принимающих решение, использующих современные средства поддержки принятия решений. Строится формальная модель конфликтующих систем. Вводятся аксиомы функционирования систем, выполнение которых приводит к одновременному достижению нежелаемых целей обеими системами. Приводится возможный алгоритм такого достижения. Строится имитационная модель, основанная на использовании модифицированного *NK*-автомата Кауфмана. Приводятся результаты экспериментов, в которых участвуют ансамбли модифицированных *NK*-автоматов Кауфмана, взаимодействующих между собой как конфликтующие системы. Рассматриваются различные тактики взаимодействий модифицированных *NK*-автоматов Кауфмана. Делаются выводы о результатах экспериментов.

Ключевые слова: конфликтующие системы, достижение цели, период хаоса, лицо, принимающее решение, модифицированный *NK*-автомат Кауфмана.

IMITATING MODELING OF UNDESIRABLE GOAL ACHIEVEMENT UNDER CONFLICT OF COMPLEX ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SYSTEMS

© 2019

Babich Mihail, D. Sc., associate professor, department main specialist
JSC Research and Production Enterprise «Rubin»
(440000, Russia, Penza, Baydukova St, 2, e-mail: babichmj@mail.ru)
Babich Andrey, Candidate of Technical Sciences, scientific-industrial enterprice
JSC Research and Production Enterprise «Rubin»
(440000, Russia, Penza, Baydukova St, 2, e-mail: fieryeye@yandex.ru)

Abstract. The complex organizational-technical systems that are in a state of conflict are considered. The concept of a common undesirable goal for conflicting systems is introduced. Examples of its achievement are given. It considers the state of systems and external environments in which it is possible to achieve a common undesirable goal, despite the actions of decision-makers using modern tools of decision-making support. A formal model of conflicting systems is built. Axioms of functioning of systems are introduced, the fulfillment of which leads to the simultaneous achievement of undesirable goals by both systems. A possible algorithm for such achievement is given. A simulation model based on the modified Kaufman NK automaton use is builded. The results of experiments in which ensembles of modified Kaufman NK automaton interact with each other as conflicting systems are presented. Various tactics of interaction of modified Kaufman NK-automaton are considered. Conclusions about the results of experiments are presented.

Keywords: conflicting systems, goal achievement, chaos period, decision-makers, modified Kaufman NK-automaton.

Введение. В современном мире большое внимание уделяется изучению возникающих конфликтов, конкуренций, соперничеств, столкновений между сложными организационно-техническими системами. Существует большой массив исследований, посвященных различным типам конфликтов всевозможных масштабов, условиям их возникновения и разрешения, их моделированию [1–11]. Сложность систем и окружающей среды, быстрая смена обстановки, необходимость принимать решения по управляющему воздействию за короткое время, тяжелые последствия возможных ошибок являются причинами созданий и использований дорогостоящих подсистем поддержки принятия решений. Однако необходимо отметить, что часто наблюдается ситуация, когда в процессе конфликта у лиц, принимающих решение (ЛПР), принадлежащих соперничающим сторонам (системам), существует понимание возможности одновременного достижения состояния, которое является неприемлемым для обеих соперничающих систем. Такое состояние систем и окружающей среды назовем общей нежелаемой целью. Приведем примеры возможного достижения общих нежелаемых целей:

• Для суперсложных систем, которыми являются государства:

– Англия и Германия в период Второй мировой войны, у которых общей целью являлось ослабление, если не уничтожение, СССР, но достигнутым результатом стала общая нежелаемая цель усиление СССР и переход на вторые роли в геополитике Англии и Германии.

• Для менее сложных систем:

– политическое соперничество между группировками, когда неожиданно к власти приходит и в ней укрепляется представитель третьей стороны, не являющийся значительной политической фигурой;

– боевое столкновение силовых структур с взаимным уничтожением основных ресурсов;

– спортивные коллективы, для которых ничья в игре равносильна проигрышу.

В настоящее время примером рассматриваемой ситуации является соперничество ядерных держав, старающихся избежать наступления ядерной войны, но одновременно развивающих современное вооружение и достигающих некоторые цели путем силовых столкновений.

Если цель нежелаема и противоположная конфликтующая система специально не предпринимает действий по ее принудительному достижению, то это означает, что подсистемы управления при возникающих условиях не в состоянии выполнить свои функции по управляющему воздействию, а подсистемы поддержки принятия решений не могут определить приемлемое решение, даже если цели четко поставлены. В этом случае возникают вопросы: каковы причины достижения такого состояния, можно ли его избежать?

Формализованная модель

Рассмотрим класс систем, состоящий из сложных многоагентных [12-14] организационно-технических систем S, каждая из которых предназначена для достижения некоторой цели за отведенный интервал времени T. Через P обозначим цель, через P_S – цель системы S. Система S функционирует во внешней среде C. Через $S(t)$, $C(t)$ обозначим состояния системы S и среды C в момент времени t. Цель может состоять из частей цели P^i_S: $P_S = P_S^1 \otimes P_S^2 ... P_S^k$, где знак $\otimes$ означает знак логического *And* или *Or*.

Через P^* обозначим общую нежелаемую цель конфликтующих систем. P^* может рассматриваться в качестве части цели, то есть

$$P_{S1} = P_{S1}^1 \otimes P_{S1}^2 \otimes ... P_{S1}^k \otimes (\neg P^*),$$
$$P_{S1} = P_{S2}^1 \otimes P_{S2}^2 \otimes ... P_{S2}^k \otimes (\neg P^*), \quad (1)$$

где S_1, S_2 – конфликтующие системы.

Введем величину степени достижения цели P для времени t – $Z(P, t)$. $Z(P,t) \in [0,1]$. Если $Z(P, t) = 1$, то цель достигнута полностью, если $Z(P, t) = 0$, цель не достигнута. Остальные значения означают частичное достижение цели.

Взаимодействие внешней среды и системы, а также взаимное влияние конфликтующих систем друг на друга приводит к траекториям изменений состояний систем и сред:

$$(S_1(t_0)\ C_1(t_0)),(S_1(t_1)\ C_1(t_1)),...,(S_1(t_m)\ C_1(t_m))$$
$$(S_2(t_0)\ C_2(t_0)),(S_2(t_1)\ C_2(t_1)),...,(S_2(t_m)\ C_2(t_m)), \quad (2)$$

где t_m – время завершения периода T.

Обозначим для каждой системы через u одну из траекторий (2), через U_T – множество всех возможных траекторий u за период T, $u \in U_T$. Через U_{SC} обозначим некоторое множество состояний системы и среды, через $f((S(t), C(t)), (S(t'), C(t')))$ – обозначим вероятность достижения состояний $(S(t'), C(t'))$ из состояний $S(t)$, $C(t)$.

Введем следующие аксиомы.

Аксиома 1. В конкуренции сложных систем существует период T^*, назовем его особым, который аналогичен состоянию хаоса по следующему признаку [15,16]: в особый период T^* количество переменных, по которым можно спрогнозировать будущее состояние системы, среды, неожиданно и резко возрастает, горизонт прогноза уменьшается.

Аксиома 2. Во множестве траекторий U_{T^*} особого периода T^* существует хотя бы одна траектория u^*, приводящая к достижению цели P^*, то есть

$$\exists u^* : (u^* \in U_{T^*}) \wedge (u^* = \{S(t_i)\ C(t_i)\}) \wedge$$
$$\wedge (0 \le i \le m) \wedge (Z(P^*, t_m) = 1) \wedge (\forall i, t_i \in T^*) \quad (3)$$

Аксиома 3.

Существует множество состояний системы и среды U^*_{SC}, после достижения которого вероятность достижения множества U_{T^*} резко увеличивается, то есть

$$\exists U^*_{SC} : (f(S(t)\ C(t)),(S(t')\ C(t'))) >$$
$$> f(S(t)\ C(t)),(S(t'')\ C(t'')))) \wedge (\forall t'' \in T) \wedge$$
$$\wedge (S(t)\ C(t) \in U^*_{SC}) \wedge (S(t')\ C(t') \in u \in U_{T^*}), \quad (4)$$

Аксиома 4.

Существует хотя бы одна траектория изменения состояния системы и среды, приводящая к множеству U^*_{SC}, то есть

$$\exists u : (u \in U_T) \wedge (u = \{S(t_i, C(t_i))\}) \wedge$$
$$\wedge (f(S(t_0, C(t_0)),(S(t_m, C(t_m))) = 1) \wedge (0 \le i \le m) \wedge$$
$$\wedge (S(t_m, C(t_m)) \in U^*_{SC}) \wedge (\forall i, t_i \in T), \quad (5)$$

Тогда возможный алгоритм достижения нежелаемой цели будет выглядеть следующим образом. В результате вынужденного смещения траекторий (2), возникшего в силу ошибок управления, неполной и неточной информации, неожиданного воздействия внешней среды или конфликтующей системы, в соответствии с аксиомой 4 каждая из конфликтующих систем, возможно, достигает множество состояний U^*_{SC}, даже если это не входило в планы системы.

В силу аксиомы 3 после достижения множества

состояний U^*_{SC} вероятность достижения особого периода у конфликтующей системы резко увеличивается. По аксиоме 2 существует хотя бы одна траектория u^*, приводящая к достижению цели P^*.

ЛПР и средства поддержки принятия решений в особый период не могут с приемлемой точностью спрогнозировать новое состояние системы и среды, так как возникает множество ранее не учтенных переменных, влияющих на траектории (2). Движение по траектории происходит интуитивно, возможно, вслепую. Таким образом, в особом периоде существует вероятность достижения цели P^* по траектории u^*.

Имитационная модель

Принципиальным условием реализации алгоритма достижения цели P^* на основе приведенных аксиом является наличие элементов хаоса в процессе взаимодействия соперничающих систем. Функционирование, смену состояний, взаимодействие систем теоретически можно исследовать с помощью ориентированных графов, поэтому в качестве основы имитационной модели конфликтующего взаимодействия систем был взят модифицированный *NK*-автомат Кауфмана.

NK-автомат Кауфмана [17,18] – это бинарная сеть с N вершинами (узлами). Вершины соединены дугами. Каждая вершина имеет около K входных дуг. Вершина *NK*-автомата может находиться в состоянии активности – 1, или в состоянии пассивности – 0. Каждой вершине соответствует некоторая булева функция, являющаяся логическим переключателем. Состояние *NK*-автомата определяется как

$$G^j = (g_1^j, g_2^j, \ldots g_N^j)\ (g_i^j = 0) \vee (g_i^j = 1), \quad (6)$$

где i – порядковый номер вершины; j – номер такта работы автомата.

Смену состояний *NK*-автомата можно представить как G^0, G^1, G^2 и т.д., где G^0 является начальным распределением активности вершин. Количество различных состояний *NK*-автомата конечно, что гарантирует существование целого L, для которого выполняется

$$G^{mL+j} = G^j, \quad (7)$$

где m, j – любые целые числа, $j < L$.

Если значение L в процессе работы автомата резко увеличивается, то считается, что автомат вошел в период состояния хаоса, то есть значительно увеличилась длина цикла автомата, и поэтому внутри него сложно предсказать каждое новое состояние автомата и, следовательно, состояние моделируемой им системы.

Заметим, что одним из самых общих определений системы является: система – это единство первичных элементов, построенное по заданным отношениям с наложенными на них ограничениями [19, 20]. Свойства вершин *NK*-автомата аналогичны свойствам элементов системы и могут изменяться со временем. Поэтому *NK*-автомат был модифицирован [21]. Каждому состоянию автомата G^j в модифицированном *NK*-автомате соответствует свое, но только одно, распределение среди вершин булевых функций. В качестве булевых функций в модифицированном *NK*-автомате рассматриваются всего две функции: *AND* (устойчивость элемента к изменениям), *OR* (отсутствие устойчивости). Состояние модифицированного *NK*-автомата после каждого такта его работы определяется как

$$G^j = (g_1^j, g_2^j, \ldots g_N^j, b_1^j, b_2^j, \ldots b_N^j), \quad (8)$$

где b^j_i – булевы функции, распределенные по вершинам на такте с номером j. Каждому новому такту соответствует не только новое состояние активности вершин, но и новое распределение булевых функций. Работу модифицированного *NK*-автомата можно завершить после окончания цикла функционирования автомата, так как остальные состояния в силу (7) будут повторяться.

Результаты экспериментов, приведенные в [21], показали, что основное свойство *NK*-автомата сохраняется для модифицированного *NK*-автомата: начиная с $K = 3$, наблюдается резкое увеличение длины цикла состояний автомата, являющегося аналогом наступления хаоса.

Имитационная модель соперничества двух систем состоит из ансамблей двух взаимодействующих модифицированных *NK*-автоматов: NK_1 и NK_2. Каждый автомат пытается достичь следующих целей: вызвать хаос в другом автомате (цель P^1) или уничтожить ресурсы другого автомата (цель P^2). Когда хотя бы одна из целей достигнута, имитация взаимодействия конфликтующих систем (автоматов) заканчивается.

Цель P^1 считается достигнутой, если:

- ансамбль модифицированных *NK*-автоматов другой конфликтующей системы достигает среднюю длину цикла, большую, чем некоторая заданная предельная средняя длина цикла;
- ансамбль модифицированных *NK*-автоматов другой конфликтующей системы достигает цикла заданной максимальной длины хотя бы один раз для всего ансамбля.

Заданная предельная средняя и максимальная длины цикла устанавливаются путем экспериментов с функционированием ансамбля модифицированных *NK*-автоматов, работающих в обычном режиме без соперничества.

Цель P^2 считается достигнутой, если число вершин другого модифицированного *NK*-автомата уменьшилось до заданного предельного значения. Общая нежелаемая цель систем: одновременное достижение хаоса или окончание ресурсов у обоих автоматов – P^*.

Обозначим цели P^1 и P^2 по отношению к системе S_1 или S_2 через P^{iSj}. Например, P^{2S2} – цель системы S_1 уменьшить ресурсы (так как цель – P^2) системы S_2 до минимума. Глобальные цели автоматов P_{S1}, P_{S2}:

$$P_{S1} = (P^{1S2}) \vee (P^{2S2}) \wedge (\neg P^{1S1}) \wedge (\neg P^{2S1}) \wedge (\neg P^{*}),$$
$$P_{S2} = (P^{1S1}) \vee (P^{2S1}) \wedge (\neg P^{1S2}) \wedge (\neg P^{2S2}) \wedge (\neg P^{*}), \quad (9)$$

Достижение глобальной цели одним из автоматов означал проигрыш другого. В имитационной модели каждый модифицированный *NK*-автомат мог с заданной вероятностью выполнить следующие действия по отношению к другому модифицированному *NK*-автомату: удалить вершину другого автомата; создать вершину другого автомата; создать дугу другого автомата; выполнить защиту в ответ на действие другого автомата.

Защита от действия другого автомата включает: защиту от удаления вершины, то есть создание новой вершины (защита 1); защиту от создания новой вершины, то есть удаление вершины, выбранной случайным образом (защита 2); защита от создания новой дуги, то есть удаление дуги, выбранной случайным образом (защита 3).

При удалении и создании новой вершины происходит удаление и создание дуг, выбранных случайным образом, либо дуги удаляются и создаются так, чтобы среднее количество входных и выходных дуг каждой вершины, по возможности, не изменялось (перераспределение дуг).

Работа происходила по следующему алгоритму:

1. Оператор устанавливает параметры функционирования каждого ансамбля модифицированных *NK*-автоматов, а также требуемые вероятностные значения и временные интервалы, запускает функционирование модифицированных *NK*-автоматов NK_1, NK_2.

2. Автомат NK_1 воздействует на автомат NK_2.

3. Автомат NK_2 выполняет защиту, и начинается функционирование всего ансамбля автоматов NK_2. Если цель $(P^{1S2}) \vee (P^{2S2})$ достигнута, то ансамбль автоматов NK_2 завершает работу, переход к п. 6.

4. Автомат NK_2 воздействует на автомат NK_1.

5. Автомат NK_1 выполняет защиту и начинается функционирование всего ансамбля автоматов NK_1. Если цель $(P^{1S1}) \vee (P^{2S1})$ достигнута, то ансамбль автоматов NK_1 завершает работу, переход к п. 7, иначе – к п. 2.

6. Отмечается, что цель $(P^{1S2}) \vee (P^{2S2})$ достигнута. Если количество взаимодействий автоматов после достижения цели превысило значение $K_{вз}$, то происходит переход к п. 8, иначе – к п. 4.

7. Отмечается, что цель $(P^{1S1}) \vee (P^{2S1})$ достигнута. Если количество взаимодействий автоматов после достижения цели превысило значение $K_{вз}$, то происходит переход к п. 8, иначе – к п. 2.

8. Происходит сохранение статистических данных, работа завершается.

В экспериментах значение $K_{вз}$ равнялось 5, что составляло в среднем менее 5% от общего числа итераций до наступления проигрыша, где одна итерация соответствовала одному взаимодействию. Это означало, что при своем проигрыше автомат по инерции мог еще $K_{вз}$ раз атаковать другой автомат. Если при этом другой автомат также проигрывал, то считалось, что для обеих систем, имитируемых функционированием автоматов, одновременно достигалась цель P^*.Таким образом, конфликтующее взаимодействие завершалось при достижении целей $(P^{1S2}) \vee (P^{2S2})$ либо $(P^{1S1}) \vee (P^{2S1})$, либо P^*, либо по требованию оператора, когда имитация затягивалась на неопределенное время.

Для того чтобы уменьшить время экспериментов, был введен параметр V, определяющий в процентах степень совпадения двух состояний модифицированных *NK*-автоматов. Два состояния считались совпавшими, то есть считалось, что автомат достиг цикла, если процент совпадений элементов наборов G^i_M из (8) был не меньше V.

Результаты имитационного моделирования

В процессе имитации конфликта двух систем модифицированными *NK*-автоматами Кауфмана были получены следующие результаты.

В экспериментах участвовали ансамбли от 100 до 3500 модифицированных *NK*-автоматов. Сначала были рассмотрены возможности достижения состояния хаоса в модифицированных *NK*-автоматах при изменении структуры автоматов, но без конкуренции.

Старт начинался с ансамбля модифицированных *NK*-автоматов, где $N = 30$, $K = 2$, что соответствовало отсутствию состояния хаоса. Структуры автоматов оставались неизменными до завершения работы с ансамблем. После завершения работы с ансамблем создавались дополнительные дуги и вершины. Как следовало ожидать, при усложнении структуры автоматов увеличивалась длина достигаемых циклов L.

В конфликтном взаимодействии модифицированных *NK*-автоматов участвовали ансамбли, состоящие из 100 автоматов.Каждый автомат ансамбля имел свое начальное распределение активных вершин, булевых функций, связующих дуг. Во всех экспериментах $V = 85\%$.

В процессе экспериментов рассматривались разнообразные тактики взаимодействия модифицированных *NK*-автоматов (вероятность и характер изменения структуры конфликтующего автомата). При одинаковых тактиках автоматов практически все эксперименты завершались без одновременного достижения цели P^*, то есть вероятность одновременного ее достижения была крайне низкой. Одновременное достижение цели P^* с разными вероятностями наблюдались при различных тактиках. Пример различных тактик приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Пример различных тактик

Модифицированный *NK*-автомат № 1		Модифицированный *NK*-автомат № 2	
Наименование параметра	Вероятность, %	Наименование параметра	Вероятность, %
Действия по отношению к другому автомату			
Нападение. Удаление узла	33	Нападение. Удаление узла	12
Нападение. Создание узла	33	Нападение. Создание узла	12
Нападение. Создание дуги	33	Нападение. Создание дуги	75
Отсутствие нападения	1	Отсутствие нападения	1
Защита от действия другого автомата			
Защита 1. Создать узел	70	Защита 1. Создать узел	10
Защиты 1 нет	30	Защиты 1 нет	90
Защита 2.Удалить узел	70	Защита 1. Удалить узел	10
Защиты 2 нет	30	Защиты 2 нет	90
Защита 3. Удалить дугу	20	Защита 3. Удалить дугу	10
Защиты 3 нет	80	Защиты 3 нет	90
Последствия удаления узла			
Дуги исчезают	20	Дуги исчезают	0
Дуги перераспределяются	80	Дуги перераспределяются	100
Последствия создания узла			
Дуги создаются	80	Дуги создаются	100
Дуги перераспределяются	20	Дуги перераспределяются	0

В процессе экспериментов подсчитывались следующие данные для каждого ансамбля: длина среднего цикла, мода и медиана длин циклов, длина максимального цикла, стандартное отклонение длин циклов, количество взаимодействий автоматов, мода и медиана количества взаимодействий, отслеживались действия автоматов. В конце взаимодействия подсчитывалось количество дуг и вершин у каждого автомата.

Взаимодействия при различных тактиках частично приведены в таблице 2.

Считалось, что состояние хаоса достигалось при среднем цикле в 75 тактов или при максимальном цикле в 500 тактов, что соответствовало ранее проведенным экспериментам для автоматов с $N = 30$, $K = 3$ [18].

Исчерпание ресурсов достигалось при минимальном количестве вершин, равном 10.

Таблица 2 – Результат конфликтного взаимодействия

№	Автомат № 1			Автомат № 2		
	Достигнутые циклы		Результат	Достигнутые циклы		Результат
	Средний цикл	Максимальный цикл		Средний цикл	Максимальный цикл	
1	77,35	380	Цель P*	83,39	343	Цель P*
2	88,33	359	Цель P*	82,08	378	Цель P*
3	48,77	192	Выигрыш	84,68	364	Проигрыш
4	32,89	131	Выигрыш	81,85	277	Проигрыш
5	75,19	376	Проигрыш	37,52	136	Выигрыш
12	56,93	247	Выигрыш	81,7	335	Проигрыш
13	66,52	302	Выигрыш	86,34	425	Проигрыш
14	79,51	357	Цель P*	81,2	319	Цель P*
19	35,16	216	Выигрыш	96,15	357	Проигрыш
20	79,12	303	Проигрыш	16,12	64	Выигрыш

Результат одновременного достижения нежелаемой цели соответствует строкам № 1, 2, 14.

Как и предполагалось, от значений предельных циклов, имитирующих наступление состояния хаоса, зависела вероятность одновременного достижения цели P^*.

Чем больше значения предельных циклов, тем меньше вероятность. В таблице 3 частично приведены результаты эксперимента при среднем предельном цикле в 580 тактов, при максимальном цикле в 3000 тактов, что соответствовало ранее проведенным экспериментам для автоматов с $N = 50$, $K = 3$. В таблице одновременное достижение цели P^* приведено в строке № 27.

Таблица 3 – Пример увеличения предельных значений длин цикла

№	Автомат № 1			Автомат № 2		
	Достигнутые циклы		Результат	Достигнутые циклы		Результат
	Средний цикл	Максимальный цикл		Средний цикл	Максимальный цикл	
1	581,77	1957	Проигрыш	153,65	596	Выигрыш
2	352,02	1220	Выигрыш	627,92	2120	Проигрыш
3	648,89	2386	Проигрыш	19,034	54	Выигрыш
26	592,74	1820	Проигрыш	349,09	1509	Выигрыш
27	631,11	2457	Цель P*	628,16	3361	Цель P*
28	526,91	2071	Выигрыш	629,89	2686	Проигрыш
29	586,99	2062	Проигрыш	69,99	244	Выигрыш
30	734,63	2353	Проигрыш	101,55	377	Выигрыш

В процессе экспериментов тактики взаимодействия модифицированных *NK*-автоматов изменялись. Чем агрессивнее была тактика у автомата, тем наблюдалось большее число его выигрышей, но, несмотря на это, одновременное достижение цели *P** осуществлялось. Кроме того, рассматривались тактики двух типов: тактика, вызывающая у другого автомата достижение состояния хаоса, и тактика, направленная на критичное уменьшение ресурсов конкурирующего автомата. Один автомат применял тактику первого типа, другой – второго. И в этом случае наблюдалось одновременное достижение цели *P**, но с другой вероятностью. Пример результатов подобных тактик приведен в таблице 4. В таблице 4 для автомата № 2 вместо длин достигнутых циклов находится столбец «Количество вершин», так как проигрыш происходил у автомата № 2 в результате уменьшения числа вершин до минимума. Одновременное достижение цели *P** в таблице 4 соответствует строкам с №1,2,8,16,20,32,34.

Таблица 4 – Пример использования различного характера тактик

№	Автомат № 1			Автомат № 2	
	Достигнутые циклы		Результат	Количество вершин	Результат
	Средний цикл	Максимальный цикл			
1	608,71	2799	Цель P*	10	Цель P*
2	652,1	2928	Цель P*	10	Цель P*
3	606,18	2497	Проигрыш	14	Выигрыш
4	606,33	2368	Проигрыш	13	Выигрыш
8	729,94	2659	Цель P*	10	Цель P*
9	3,2	12	Выигрыш	10	Проигрыш
10	282,24	1129	Выигрыш	10	Проигрыш
15	307,01	1071	Выигрыш	10	Проигрыш
16	648,43	2531	Цель P*	10	Цель P*
17	474,57	3388	Проигрыш	20	Выигрыш
20	662,59	2095	Цель P*	10	Цель P*
26	232,75	857	Выигрыш	10	Проигрыш
27	402,51	3179	Проигрыш	17	Выигрыш
32	584,55	2045	Цель P*	10	Цель P*
33	497,71	2131	Выигрыш	10	Проигрыш
34	622,47	2410	Цель P*	10	Цель P*
35	683,63	3702	Проигрыш	11	Выигрыш

Выводы. Можно сделать следующие выводы:

– одновременное достижение сложными организационно-техническими конфликтующими системами периода состояния хаоса возможно;

– последующее функционирование систем может привести к одновременному достижению нежелаемых целей обеими системами;

– модифицированные *NK*-автоматы Кауфмана могут рассматриваться в качестве аппарата моделирования периода, близкого к состоянию хаоса, при функционировании сложных организационно-технических систем;

– при функционировании сложных *конфликтующих* организационно-технических систем приведенная имитационная модель, построенная на основе модифицированных *NK*-автоматов Кауфмана, может моделировать конфликтное взаимодействие систем в части истощения ресурсов и наступления состояния периода хаоса;

– достижение состояния хаоса возможно при различных ресурсах и тактиках конфликтующих систем;

– агрессивность тактики конкурирующей системы увеличивает вероятность ее выигрыша, но не

спасает от возможности одновременного достижения нежелаемой цели обеими системами;

– различные тактики конкурирующих систем, направленные на наступление периода хаоса у одной системы и истощения ресурсов у другой, влияют на вероятности выигрыша, но не спасают от возможного одновременного достижения нежелательной цели обеими системами;

– использование одинаковых тактик уменьшает вероятность одновременного наступления состояния хаоса у конфликтующих систем;

– модифицированные *NK*-автоматы Кауфмана и приведенные принципы имитационной модели могут быть использованы в других задачах, в которых наступление состояния хаоса имеет принципиальное значение.

Таким образом, реализация алгоритма вероятного достижения общей нежелаемой цели, основанного на приведенных аксиомах, возможна в процессе конфликта двух сложных организационно-технических систем, несмотря на нежелание подсистем управления и ЛПР. Знание алгоритма достижения общей нежелаемой цели дает возможность избежать подобной ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Хасан Б.И. Конструктивная психология конфликта. М.: Юрайт, 2018. 204 с.

2. Портер М. Конкурентная стратегия. Методика анализа отраслей и конкурентов. М.: Альпина бизнес букс, 2005. 454 с.

3. Фишер Р., Юри У., Паттон Б. Переговоры без поражения. Гарвардский метод. М.: Манн, Иванов и Фербер. 2018. 272 с.

4. Гарт Б.Л. Стратегия непрямых действий. М.: Издательство АСТ, 1954. 261 с.

5. Бартош А.А. «Трение» и «износ» гибридной войны // Военная мысль. 2018. №1. С. 5–13.

6. Бартош А.А. Стратегия и контрстратегия гибридной войны // Военная мысль. 2018. № 10. С. 5–20.

7. Селиванов В.В. Методические основы формирования асимметричных ответов в военно-техническом противоборстве с высокотехнологичным противником // Военная мысль. 2019. № 2. С. 5–14.

8. DOC research institute. Hegemony, power, and hybrid war. [Электронный ресурс] URL:https://doc-research.org/2018/11/hegemony-power-hybrid-war/ (дата обращения: 13.01.2019).

9. Киссинджер Г. Мировой порядок. М.: Издательство АСТ. 2018. 544 с.

10. Хантингтон С. Столкновение цивилизаций. М.: Издательство АСТ, 2003. 603 с.

11. Шульц В.Л., Кульба В.В., Шелков А.Б., Чернов И.В. Сценарный анализ в управлении геополитическим информационным противоборством. М.: Наука, 2016. 541 с.

12. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. М.: Вильямс, 2006. 1048 с.

13. Википедия. Интеллектуальный агент. – Адрес доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/интеллектуальный_агент (дата обращения 20.01.2018).

14. Городецкий В.И., Грушинский М.С., Хабалов А.В. Многоагентные системы (обзор) // Новости искусственного интеллекта. 1998. №2. С. 64–116.

15. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. М.: Едиториал УРСС, 2003. 288 с.

16. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основания синергетики. Синергетическое мировоззрение. М.: Либроком, 2014. 256 с.

17. Кауфман С.А. Антихаос и приспособление // В мире науки. 1991. № 10. С. 58–65.

18. Kauffman S.A. The Origin of Order: Self-Organization and Selection in Evolution. New York-Oxford: Oxford University Press, 1993. 710 p.

19. Урманцев Ю.А. Общая теория систем: состояние, приложения и перспективы развития. Сборник: Система. Симметрия. Гармония. М.: Мысль, 1988. С. 38–124.

20. Артюхов В.В. Общая теория систем: самоорганизация, устойчивость, разнообразие, кризисы. М: Либроком, 2009. 224 с.

21. Бабич М.Ю., Бабич А.М. Аппарат моделирования особого периода функционирования многоагентных специализированных систем // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2018. № 4. С. 17–27.

Статья поступила в редакцию 21.07.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 530.145

ОБЗОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРОВ

© 2019

Бондарев Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедры электроснабжения промышленных предприятий
Оренбургский государственный университет (Кумертауский филиал)
(450000, Россия, г. Уфа, ул. К.Маркса,12)

Аннотация. Объект исследования данной статьи – элементная база квантовых компьютеров. Предмет исследования статьи – организация элементной базы квантовых компьютеров на современном этапе их развития. Цель исследования данной статьи – научный обзор современной элементной базы квантовых компьютеров, а также исследование направлений развития элементной базы квантовых компьютеров. Методы проведения работы – при написании работы были применены такие методы научного исследования, как изучение научной литературы по теме исследования, нормативно-правовой базы, аналитический и сравнительный методы. Среди теоретических методов, используемых при написании статьи, применялись анализ и метод классификации. Практические методы, используемые в работе – оценка и сравнение. В ходе разработки данной статьи получены следующие результаты: исследованы особенности работы и построения квантовых компьютеров; произведен краткий обзор принципов работы современных квантовых компьютеров; произведён обзор элементной базы современных квантовых компьютеров и различных вариантов использования их элементной базы. Исследованы направления развития элементной базы квантовых компьютеров в ближайшем будущем с учетом современного уровня развития науки и техники.

Ключевые слова: квантовые вычисления, квантовый компьютер, элементная база, кубит, суперпозиция, исследование, принципы построения, квантовые регистры, анализ, перспективы квантовых компьютеров, составной элемент, архитектура квантовых компьютеров.

REVIEW OF THE ELEMENT BASE OF QUANTUM COMPUTERS

© 2019

Bondarev Andrey Vladimirovich, candidate of technical Sciences, associate Professor,
head of the Department of power supply of industrial enterprises
Orenburg State University (Kumertau branch)
(450000, Russia,Ufa, K. Marx St., 12)

Abstract. The object of this article is the element base of quantum computers. The subject of the article is the organization of the element base of quantum computers at the present stage of their development. The purpose of this article is a scientific review of the modern element base of quantum computers, as well as the study of the directions of development of the element base of quantum computers. Methods of work – when writing the work were used such methods of scientific research, as the study of scientific literature on the subject of research, legal framework, analytical and comparative methods. Among the theoretical methods used in the writing of the article, the analysis and classification method were used. Practical methods used in the work-evaluation and comparison. During the development of this article the following results are obtained: peculiarities of work and build quantum computers; made a brief overview of the principles of modern quantum computers; carrying out a review of the modern element base of quantum computers and the various uses of their element base. The directions of development of the element base of quantum computers in the near future, taking into account the current level of development of science and technology.

Keyword: quantum computing, quantum computer, element base, qubit, quantum computing, superposition, research, principles of construction, modeling, quantum registers, analysis, prospects of quantum computers, composite element, quantum computer architecture.

Введение. На сегодняшний день по мнению многих ученых (Валиев К.А.[1], Доронин С.И. [3]) квантовым компьютерам пророчат совершить революцию в IT-технологиях, причем это касается не только вычислительной техники, но и реальной жизни каждого человека. Средства массовой информации пишут про то, как в будущем квантовый компьютер уничтожит современную криптографию, а мощность искусственного интеллекта благодаря им возрастет на порядки [1].

За последние 10 лет квантовые компьютеры прошли путь от чистой теории до первых работающих образцов. Правда, до обещанной революции предстоит пройти еще немалый путь, да и ее влияние в итоге может оказаться не таким всеобъемлющим, как представляется сейчас [2].

Анализ последних исследований и публикаций. В данной статье использовались труды таких авторов, как Валиев К.А., Доронин С.И., Щука А.А., Килин С.Я. В работе автора Валиева К.А. произведен обзор принципов работы квантовых компьютеров и их элементов, представлена теория идеальных компьютеров, не взаимодействующих с окружением и не подверженных процессам квантовой деко-

герентизации. В работе автора Доронина С.И. рассмотрены методы коррекции ошибок в квантовых вычислениях, обусловленных декогерентизацией состояния квантового компьютера, а также возможные методы подавления процессов декогерентизации. Обзор завершается кратким перечислением предложений по реализации квантовых компьютеров.

Цель данной статьи – произвести научный обзор современной элементной базы квантовых компьютеров, а также исследовать направления развития элементной базы квантовых компьютеров.

Материалы и результаты исследования. Квантовый компьютер – устройство, которое использует явления квантовой суперпозиции и квантовой запутанности, оно построено на совершенно иных принципах, нежели классический компьютер и является перспективным направлением развития электронно-вычислительных машин. Именно поэтому на сегодняшний день в научных кругах тематика построения квантовых компьютеров является в высшей степени актуальной.

Современные процессоры построены на базе транзисторов, полупроводниковых элементов, которые могут пропускать, либо не пропускать электрический ток. Иначе говоря, выдавать два значения 0 и 1. Аналогично во флеш-памяти транзистор с плавающим затвором может хранить заряд. Если он есть, то это состояние соответствует единице, если его нет – нулю. Аналогичным образом работает и магнитная цифровая запись, только носителем информации там является магнитная частичка, либо имеющая, либо не имеющая заряд [3].

При вычислениях считывается из памяти значение бита (0 или 1) и затем пропускается ток через транзистор; в зависимости от того, пропускает он ток или нет, получается на выходе новый бит, возможно, имеющий другое значение.

В квантовом компьютере основным элементом является кубит – квантовый бит.

Квантовые компьютеры – это машины, основанные на уникальном поведении, описываемом квантовой механикой и совершенно отличающемся от поведения классических систем. Одно из таких отличий – способность частицы или группы частиц в некотором отношении находиться только в двух дискретных квантовых базовых состояниях – назовем их 0 и 1. Примерами такого рода могут быть спин электрона, поляризация фотона или заряд квантовой точки [4].

Квантовые вычисления зависят от свойства суперпозиции – контринтуитивной способности частицы находиться в некоторой комбинации обоих базовых состояний 0 и 1 одновременно, до тех пор, пока не произведено измерение. Квантовое измерение – это процесс, во время которого происходит однозначная оценка состояния квантовой частицы. Как только производится измерение такого состояния, состояние частицы превращается в 0 или 1, и вся остальная информация исчезает. Квантовая механика правильно описывает такое комбинированное состояние как сумму двух базовых состояний, каждое из которых умножается на некоторый комплексный коэффициент. Такое состояние можно представить как единичный вектор, начинающийся в начале координат и заканчивающийся на сфере, называемой сферой Блоха. Ключевым моментом здесь является то, что квадрат комплексного коэффициента для базового состояния 0 соответствует вероятности того, что результатом измерения будет обнаружение кубита в базовом состоянии 0. Аналогичная ситуация имеет место и для базового состояния 1. И когда производится измерение, всегда получается или точно состояние 0, или точно состояние 1 [5].

Это свойство суперпозиции важно, потому что позволяет кубиту быть в обоих состояниях 0 и 1 одновременно. Следовательно, регистр, состоящий из n кубит, может одновременно «содержать» все возможные двоичные числа *n* бит длиной. Это позволяет квантовому компьютеру выполнять одну операцию не только с одним *n*-разрядным целым числом, но и со всеми возможными *n*-разрядными целыми числами сразу – очень существенный параллелизм по мере увеличения n [6].

Квантовые вычисления зависят от способности квантового вентиля изменять эти коэффициенты и, следовательно, вероятность измерения какого-либо определенного числа – предсказуемым образом. Если оценка начинается с состояния, в котором все коэффициенты во всех кубитах равны, а затем измеряются все кубиты в регистре, то равновероятно находится любая строка бит между строкой из одних нулей и строкой из одних единиц, включительно. Но запустив это начальное состояние через тщательно подобранную последовательность квантовых вентилей, квантовый компьютер может изменить эти коэффициенты так, что состояние, которое наиболее вероятно измеряется на выходе, будет представлять собой результат некоторого вычисления [7].

Квантовые вентили, даже в теории, очень не похожи на обычные логические элементы. Например, большинство булевых функций не обратимы. Невозможно вывести входные данные с логического элемента И-НЕ, если выход не будет равен 0. И, конечно, логические элементы работают только с единицами и нулями (состояниями 1 и 0), в то время как квантовые вентили работают, вращая вектор внутри сферы Блоха. На самом деле между ними не существует ничего общего кроме названия.

В качестве кубитов квантовых компьютеров может быть использована практически любая квантовая системау, за исключением, элементарных частиц в ускорителях. Важно научиться контролировать квантовое состояние отдельных систем, не давать окружающей среде нарушить его. Интересно, что в последние десятилетия физика шла к решению этой задачи, не ориентируясь на квантовый компьютер. В 2012 году за успехи в реализации методов управ-

ления состояниями индивидуальных квантовых систем была присуждена Нобелевская премия по физике французу Сержу Арошу, экспериментировавшему с нейтральными атомами в резонаторах, и американцу Дэвид Вайнленду, работавшему с ионами [8].

Для реализации квантовых компьютеров требуется элементная база нового поколения. Необходимо применение новейших достижений наноэлектроники.

Для физической реализации квантового компьютера необходимо удовлетворить следующим требованиям:

1. Требуется определить в пространстве континуальную среду, которая содержит некоторое количество кубитов.

2. Необходимо реализовать определенное число кубитов на входном регистре.

3. В обязательном порядке нужно исключить все возможные помехи, а также эффекты декогерентизации.

4. Физические свойства применяемой континуальной среды гарантируют нелинейные взаимодействия в ходе выполнения операций.

Проанализируем некоторые варианты физической реализации современных квантовых компьютеров с помощью различных элементных баз.

1. Применение ядерного магнитного резонанса [10].

Квантовые компьютеры такого типа – континуальная среда, в которой происходит обработка ядерных спин-кубитов. В данном случае считывается среднее значение по ансамблю состояний.

В твердотельных вариантах квантового компьютера возможно применять неограниченное число ядерных спинов-кубитов. Для реализации указанной технологии успешно используют полупроводниковую технологию металл–оксид–полупроводник (рисунок 1). Для материала подложки используют бесспиновый изотоп кремния ^{28}Si [11]. В приповерхностный слой подложки внедряются донорные атомы ^{31}P, которые замещают атомы кремния в кристаллической решетке. Эти доноры характеризуются ядерными спинами I=1/2. Данные спины не вступают во взаимодействие с атомами кремния, однако, они взаимодействуют между собой из-за перекрывания волновых функций. Именно расположенные в полупроводниковых структурах донорные атомы с можно использовать как кубиты. Глубина залегания доноров – примерно 20 нм. Кубиты в данном случае расположены на расстоянии l (20 нм) друг от друга. При этом над ними формируется решетка из управляющих затворов с периодом l. Решетка из A-затворов выполняет функции управления резонансной частотой ядерно-спинового кубита. Аналогичная решетка из J-затворов управляет взаимодействием электронов соседних ядерных спинов. Таким образом, достигается спин-поляризованность электронов и упорядоченность ядерных спинов в процессе взаимодействия с электронами. Время релаксации электронного спина в данной системе составляет, примерно, 10^3 с, ак время релаксации ядерного спина – более 10 ч. Данная система пригодна для осуществления квантовых вычислений.

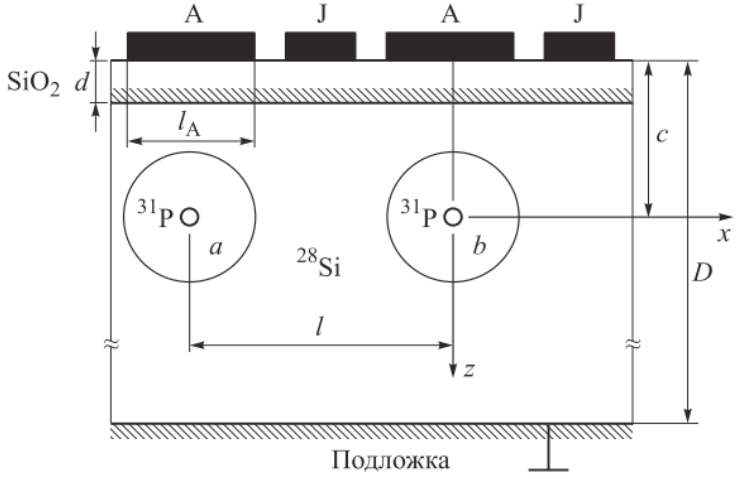


Рисунок 1 – Схема ЯМР-компьютера на МОП-структуре

Двухкубитовые операции, например, «контролируемое НЕ», успешно осуществляются в процессе взаимодействия соседних кубитов.

2. Квантовые компьютеры, построенные на квантовых точках.

В качестве практического примера можно рассмотреть конструктивное решение физической реализации квантового компьютера через применение квантовых точек.

Предполагается сформировать кубиты на базе цепочек пар квантовых точек. С этой целью цепочка квантовых точек начинает формироваться в подзатворном диэлектрике МОП-транзистора (рисунок 2) [12].

В общем случае, систему кубитов в МОП-транзисторе можно представить в виде последовательного ряда МОП-структур, соответствующих связанным точкам.

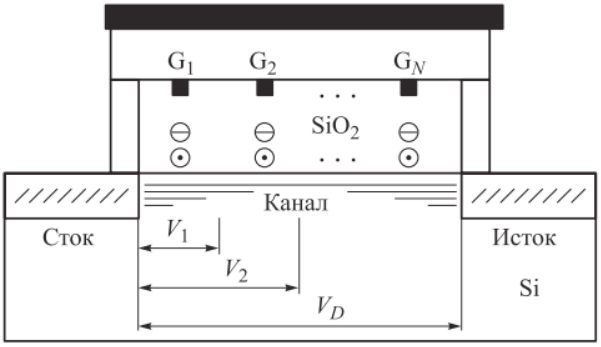


Рисунок 2 – Схема МОП-структуры с кубитами на квантовых точках

Требуется минимизировать перенос заряда между различными парами точек-кубитов. Для индивидуального управления кубитами параллельно общему затвору внутри диэлектрика формируется система индивидуальных управляющих затворов G_i, которые действуют на каждый кубит.

Квантовые вычисления могут быть произведены в следующей последовательности (рисунок 2). В процессе приложения к общему затвору значительного напряжения заполняются состояния квантовых точек и происходит унификация состояний кубитов. Входные и выходные сигналы при этом поступают через индивидуальный затвор каждого кубита. Система кубитов в МОП-транзисторе может рассматриваться в виде последовательного ряда МОП-структур, который соответствует связанным квантовым точкам. При приложении напряжения между истоком и стоком начинает формироваться обедненная область, ширина которой увеличивается в сторону стока. Если напряжение на первом кубите – *V1*, а на втором – *V2*, то, вычисляя ток, можно рассчитать распределение зарядов, а также сдвиг порогового напряжения.

Разрабатываются идеи создания квантовых компьютеров на квантовых точках с электронными спиновыми состояниями, на квантовых точках с электронными спинами в электродинамическом резонаторе, компьютеры на квантовых точках с несколькими электронными и одним ядерным спином [13].

Особое внимание уделяется ультрахолодным нейтральным атомам. В США в Университете Висконсин-Мадисон группа профессора Саффмана в 2010 году продемонстрировала выполнение самых сложных двухкубитовых логических операций с парой атомов, захваченных в оптические пинцеты. Сейчас эта группа создала квадратный массив из 49 оптических дипольных ловушек, образующихся в фокусах лазерных пучков. В каждой ловушке захватывается один атом, затем квантовое состояние атома контролируется с помощью резонансного лазерного излучения, вызывающего переходы между логическими состояниями кубитов [15].

Разнообразие конкурирующих подходов к созданию квантового компьютера способствует успешному решению этой научной проблемы. Вполне возможно, что в будущем конкретная физическая реализация будет выбираться в зависимости от назначения квантового компьютера и особенностей решаемых на нем задач.

Выводы. Проблему квантовых вычислений иногда сравнивают по сложности с разработкой атомной бомбы. Вопрос о том, возможен ли практически применимый квантовый компьютер, по сей день остается открытым. Тем не менее, можно оценивать темпы работы в данном направлении.

В США еще в 2009 году были продемонстрированы первые двухкубитовые логические операции с двумя нейтральными холодными атомами. Сейчас группа из Университета Висконсин-Мадисон работает с 49 кубитами, и это большой рывок вперед. Если с таким массивом удастся получить приемлемые результаты в плане точности вычислений, то можно надеяться, что дальнейшее масштабирование будет уже не столь серьезной проблемой. Вместе с тем инвестиции в данную тематику в США несопоставимы с российскими и превышают их на порядки. Поэтому отечественные исследователи предпочитают работать в кооперации с зарубежными – это позволяет внести свой вклад в развитие данной области и одновременно держать руку на пульсе, чтобы при необходимости пойти уже по известному правильному пути [19].

Экспериментальная установка в ИФП СО РАН, несмотря на свою относительную простоту, позволяет детально исследовать физические эффекты, которые применяются в Мадисоне для реализации квантовых вычислений. Теоретические результаты российской группы тоже представляют значительный интерес для американцев. В то же время экспериментальные методы и теоретические расчеты американской группы активно используются специалистами из ИФП. С учетом высокой стоимости экспериментальных исследований такая кооперация исключительно эффективна [20].

Можно ожидать, что в будущем появятся комбинированные варианты твердотельных квантовых компьютеров, использующих, например, в одной структуре и ядерные спины, и квантовые точки с электронными спинами, а также комбинированные методы обращения к кубитам, такие как двойной

электрон-ядерный магнитный резонанс, динамическая поляризация ядерных спинов и оптическое детектирование ядерного магнитного резонанса. Таким образом, весьма возможно, что в перспективе квантовые компьютеры будут изготавливаться с использованием традиционных методов микроэлектронной технологии и содержать множество управляющих электродов, напоминая современный микропроцессор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Валиев К.А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления // УФН. – 2012.

2. Валиев К.А., Кокин А.А. Квантовые компьютеры: надежды и реальность. – М. – Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2013. – 320 с.

3. Доронин С.И. Квантовый компьютер, перспективы практической реализации. – М., 2014.

4. Нильсен М., Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация. – М.: Мир, 2012, 824 с.

5. Щука А.А. Наноэлектроника: учебное пособие; под ред. А. С. Сигова. – 3-е изд.(эл.). – Электрон. текстовые дан. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015, 345 с.

6. Килин С.Я. Квантовая информация // УФН. – 2012.

7. Китаев А., Шень А., Вялый М. Классические и квантовые вычисления. – М.: МЦНМО, 2011.

8. Риффель Э. Полак В. Основы квантовых вычислений. Научный журнал «Квантовый компьютер и квантовые вычисления» №1. – 2010.

9. Фейнман Р. Квантомеханические компьютеры. Сборник «Квантовый компьютер и квантовые вычисления» Выпуск 2. – Ижевск: «Регулярная и хаотическая динамика», 2013.

10. Богданов Ю.И. Физико-статистические основы квантовой информатики. Учебное пособие. М.: МИЭТ, 2010, 2010. 163 с.

11. Боумейстер Д., Экерт А., Цайлингер А. Физика квантовой информации. Москва, Постмаркет, 2015, 376 с.

12. Холево А.С. Введение в квантовую информацию. МЦНМО, 2012, 128 с.

13. Волкова Е.А. Квантовая механика на персональном компьютере / Е.А. Волкова, А.М. Попов, А.Т. Рахимов. – М.: Едиториал УРСС, МЦФИ, 2015, 224 с.

14. Кассел К. Квантовые группы и инварианты узлов / К. Кассел, М. Россо, В. Тураев. М.: Институт компьютерных исследований, 2002, 140 с.

15. Стин Э. Квантовые вычисления. М.: НИЦ: Регулярная и хаотическая динамика, 2010. 112 с.

16. Белокуров В.В., Тимофеевская О.Д., Хрусталёв О.А. Квантовая телепортация – обыкновенное чудо. РХД, Ижевск. 2010. 255 с.

17. Бауместер Д., Экерт А., Цайлингер А. Физика квантовой информации. Постмаркет. Москва. 2002.

18. Шор. П. Полиномиальные по времени алгоритмы разложения числа на простые множители и нахождение дискретного алгоритма для квантового компьютера. Сборник. «Квантовый компьютер и квантовые вычисления». Вып.2. Ижевск, 2012.

19. Гровер Л.К. Квантовая механика помогает найти иголку в стоге сена. Сборник «Квантовый компьютер и квантовые вычисления». Вып.2. Ижевск, 2013.

20. Фейнман Р. Моделирование физики на компьютерах. Сборник «Квантовый компьютер и квантовые вычисления». Вып.2. Ижевск. 2010.

Статья поступила в редакцию 13.07.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 681.3.064

ВЕРИФИКАТОР ОБЪЕДИНЕНИЯ EXPRESS-МОДЕЛЕЙ

© 2019

Мальшаков Григорий Викторович, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Конструирование, технология и производство радиоэлектронных средств»
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)
(125993, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 4, А-80, ГСП-3, e-mail: malshakov@mail.ru)

Аннотация. Для проверки корректности информационного объединения подсистем автоматизации разработан верификатор объединения EXPRESS-моделей, которым в ходе верификации выполняются проверки на правильность приведения исходных моделей к эталонной EXPRESS-модели, определённого в спецификации приведения. Отличительной особенностью разработанной программы является её реализация на скриптовом языке VBScript, что позволяет её модифицировать и совершенствовать в процессе работы.

Ключевые слова: объединение, моделирование, верификация, EXPRESS-модель.

VERIFICATOR OF UNION EXPRESS-MODELS

© 2019

Malshakov Grigory Viktorovich, candidate of technical Sciences,
associate Professor of the Department «Design, technology and production of electronic means»
Moscow aviation Institute (national research university)
(125993, Russia, Moscow, Volokolamsk highway, 4, A-80, GSP-3, e-mail: malshakov@mail.ru)

Abstract. To verify the correctness of the informational union of automation subsystems, a verifier has been developed for combining EXPRESS models, which, during verification, checks for the correctness of the reduction of the original models to the reference EXPRESS model defined in the cast specification. A distinctive feature of the developed program is its implementation in the scripting language VBScript, which allows it to be modified and improved in the process.

Keywords: association, modeling, verification, EXPRESS-model.

Введение. Достаточно часто возникает задача по объединению уже существующих подсистем автоматизации с целью их совместной работы в едином информационном пространстве. Объединение уже готовых подсистем, а не создание всей системы заново позволяет сократить сроки и стоимость автоматизации [1-10].

Постановка задачи. В основе объединения подсистем автоматизации лежит их информационное согласование, которое выполняется с помощью моделирования. В ходе информационного согласования производится единение элементов информационных моделей, семантическое сравнение сущностей и атрибутов моделей объединяемых подсистем автоматизации. В случае их совпадения выбирается одно общее имя для всех подсистем. Все выполненные изменения для каждой подсистемы автоматизации заносятся в файл спецификации приведения, имеющий следующий формат:

```
SCHEMA схема1 -> схема2
    ENTITY сущность4 -> сущность5
        поле6 -> поле7
    END ENTITY
END SCHEMA
```

В спецификации приведения атрибуты размещены внутри сущностей, сущности внутри схем в соответствии с правилами расположения атрибутов, сущностей и схем языка EXPRESS. Для идентификации схем и сущностей в спецификации используются ключевые слова SCHEMA, ENTITY. Знак -> в спецификации отражает приведение имени соответствующего элемента.

В спецификации указываются не изменения имён в конкретной схеме, а сам факт приведения имён элементов исходной схемы к эталонной. Даже при совпадении имён элементов исходной и эталонной схем, данные элементы должны быть указаны в спецификации приведения. В противном случае они воспринимаются как уникальные элементы исходной схемы.

В качестве средства моделирования автором выбран формальный язык описания данных EXPRESS [11-13], который в отличие от общепринятых графических средств бизнес-анализа UML[14-22] и IDEF0[23-28] удобен как для восприятия человеком, так и компьютерной программой и предназначен для информационного моделирования систем.

В ходе построения модели единого информационного пространства вначале получают EXPRESS-модели исходных подсистем автоматизации, затем эти модели с помощью единения объединяют в общую EXPRESS-модель, называемую эталонной.

Моделирование на сегодняшний день невозможно без участия человека, в силу того, что:

- часть данных для построения моделей исходных подсистем автоматизации “зашита” в программный код и недоступна программным средствам;

- процесс единения, выявления смыслового соответствия элементов подсистем автоматизации не формализуем.

В силу того, что в моделировании единого ин-

формационного пространства участвует человек, оно нуждается в проверке. Эти функции закреплены за специализированной программой верификатором объединения EXPRESS-моделей. Она предназначена для проверки эталонной EXPRESS-модели единого информационного пространства на соответствие исходным EXPRESS-моделям объединяемых подсистем автоматизации и спецификациям их приведения (рисунок 1).

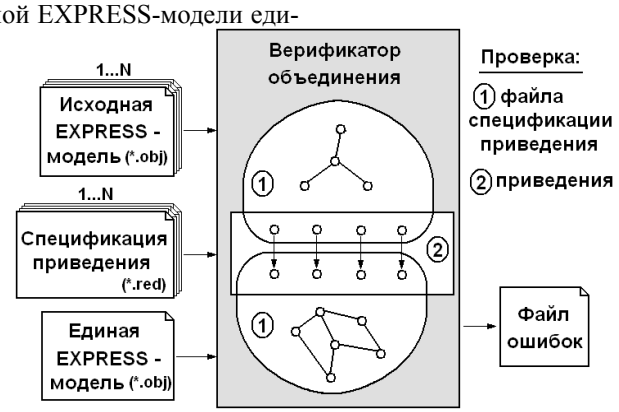


Рисунок 1 – Верификатор объединения EXPRESS-моделей

На вход верификатора поступают разобранные (в виде объектных файлов) исходные и эталонная EXPRESS-модели и спецификации приведения. Для своей работы верификатор вначале разбирает спецификации приведения, выполняя лексическую и синтаксическую проверку. В ходе семантической верификации выполняются две проверки:

1) наличия указанных в спецификации атрибутов и сущностей в соответствующих исходной либо эталонной EXPRESS-моделях;

2) отсутствия дублирования в приведении атрибутов EXPRESS-моделей.

По результатам своей работы верификатор записывает в отдельный файл найденные ошибки.

Для упрощения реализации [29] верификация объединения EXPRESS-моделей была разбита на три фазы: лексической, синтаксический и семантической верификации (рисунок 2).

Рисунок 2 – Фазы верификации объединения EXPRESS-моделей

В качестве основы для построения верификатора была выбрана двухпроходная модель анализа ввиду того, что она более экономична. В этом случае лексический и синтаксический верификаторы работают одновременно в течение одного прохода, формируя дерево разбора спецификации приведения для семантического верификатора. Затем семантический верификатор в ходе второго прохода на основе дерева разбора выполняет проверку объединения моделей.

Диспетчер таблицы символов служит для ведения таблицы символов, в которой хранятся все найденные в программе лексемы спецификации приведения EXPRESS-моделей.

На каждой фазе верификации могут встретиться ошибки, которые передаются обработчику ошибок для выдачи их пользователю.

Идентификация лексемы лексическим верификатором осуществляется по определенному правилу, построенному в соответствии со структурой лексем спецификации приведения. Разбор лексем по этому правилу в верификаторе реализуется с помощью конечного автомата.

С целью уменьшения количества состояний автомата, входные символы были сгруппированы в классы (таблица 1), для формирования которых в лексический верификатор был дополнительно введен транслитератор (рисунок 3).

На рисунке 4 представлена диаграмма переходов конечного автомата лексического верификатора. Цифрами обозначены состояния, стрелками переходы, над стрелочными надписями – признаки переходов. Двойной обводкой обозначены конечные состояния.

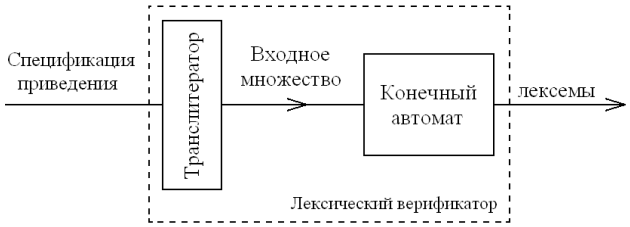


Рисунок 3 – Лексический верификатор

Таблица 1 – Классы символов спецификации приведения транслитератора

Класс	Значения лексем
Letter	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, a, b, c, d, e, f, g, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z, _
Digit	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
.	.
-	-
>	>
--	пробел конец файла
/n	конец строки
other	остальные символы

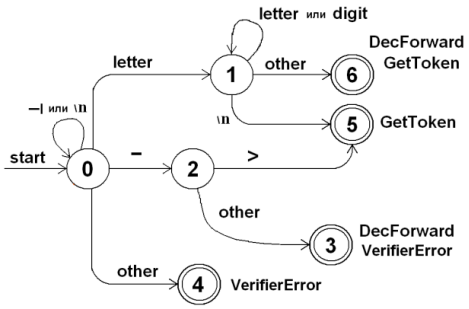


Рисунок 4 – Диаграмма переходов конечного автомата лексического верификатора

Синтаксический верификатор разбирает не отдельные символы как лексический верификатор, так и конструкции спецификации приведения EXPRESS-моделей. В процессе своей работы по запросу на вход он принимает лексемы, а на выходе формирует дерево разбора (рисунок 5).

Синтаксическая верификация осуществлена методом рекурсивного спуска, при котором для разбора каждой конструкции спецификации приведения EXPRESS-моделей используется отдельная процедура.

В основе каждой такой процедуры лежит отдельный конечный автомат. Диаграммы переходов конечных автоматов заложенных в процедуры разбора конструкций спецификации приведения EXPRESS-моделей представлены в таблице 2.

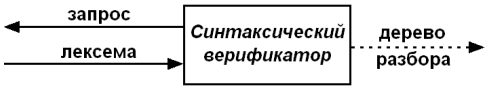
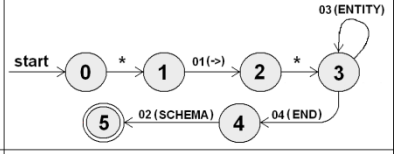
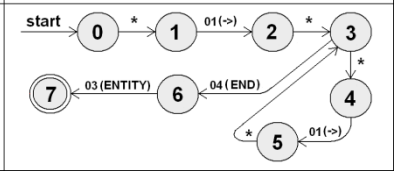


Рисунок 5 – Синтаксический верификатор

Таблица 2 – Диаграммы переходов конечного автомата синтаксического верификатора

конструкция	Диаграмма
SCHEMA	
ENTITY	

При семантической верификации происходит проверка смысла лексем спецификации приведения.

В ходе неё выполняются два вида проверок:

1) корректности файла спецификации приведения (наличия указанных в спецификации приведения схем, сущностей и атрибутов в исходных или эталонной моделях);

2) корректности приведения (проверка дублирования приведения одних и тех же схем, сущностей и атрибутов для исходных и эталонной моделей).

Не приведённые атрибуты исходной EXPRESS-модели выдаются в файл ошибок в виде списка предупреждений (Warning). На вход семантического верификатора поступает дерево разбора EXPRESS-модели и спецификация приведения, а на выходе формируется файл ошибок (рисунок 6).

Все семантические проверки осуществляются в рамках области существования: полей в сущности, сущностей в схеме, схем в модели, что представлено на рисунке 7.

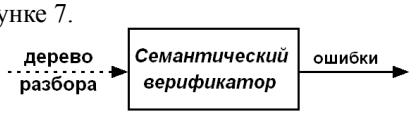


Рисунок 6 – Семантический верификатор

Рисунок 7 – Области существования элементов спецификации приведения

Заключение. Верификатор был реализован на открытом для анализа и модификации скриптовом языке сценариев Microsoft Visual Basic Script Edition(VBScript) [30-34], работающем в операционной системе Microsoft Windows 2000/XP. Скриптовые языки позволяют быстро выполнять доработку кода и не требуют компиляции. Исходный код, написанный на языке VBScript, готов к выполнению. Открытость языка позволяет всем желающим более эффективно использовать программный код для своих нужд, в случае необходимости модифицируя его.

Применение данного верификатора объединения EXPRESS-моделей обеспечивает:

- разбор исходных спецификаций приведения на составные части;
- проверки правильности приведения EXPRESS-моделей локальных подсистем к EXPRESS-модели единого информационного пространства;
- выдачу пользователю сообщений о найденных ошибках.

Необходимо отметить, что верификация объединения подсистем автоматизации позволяет повысить надежность работы АСУ, за счёт уменьшения количества ошибок в информационном пространстве системы, которые в нем неизбежно появляются в силу масштабности и стихийности автоматизации.

В перспективе планируется автоматизировать процедуру приведения EXPRESS-моделей. Создать программу, которая на основе частичной спецификации (содержащей только приведения схем и сущностей) сформирует расширенную спецификацию приведения за счёт добавления одноимённых имён атрибутов исходной и эталонной моделей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Беляев Александр Юрьевич. Интеграция систем поддержки принятия решений. – Москва: Стройиздат, 2008. – 316 с. ISBN 978-5-274-02281-1.

2. Глущенко Павел Витальевич. Информационные технологии и интеграция систем управления. – Санкт-Петербург : Судостроение, 2006. – 176 с. ISBN 5-7355-0694-3.

3. «Интеграция САПР и систем информационной поддержки изделий», международная научно-техническая конференция (2004; Соловецкие острова). Международная научно-техническая конференция «Интеграция САПР и систем информационной поддержки изделий»: материалы Междунар. науч.-техн. конф., 6-9 сент. 2004 г., Соловец. острова. – [Архангельск]: Соломбал. тип. («Солти»), [2004] (ГУП Соломбальская тип. (Солти)). – 155, [1] с.

4. Интеграция информационных систем в образовании», международная конференция (5; 2008; Псков). Сборник трудов V международной конференции «Интеграция информационных систем в образовании (ИТО-Псков-2008)» / М-во образования и науки Российской Федерации,… Псков. гос. пед. ун-т [и др.]. – Псков: Псковский гос. пед. ун-т им. С. М. Кирова, 2009. – 160 с. ISBN 978-5-87854-495-5.

5. Интеграция автоматизированных систем управления: Сб. науч. тр. / Центр. н.-и. экон. ин-т, НИИ автоматизир. систем управления; [Редкол.: В. С. Проскуров (пред.) и др.]. – М.: ЦЭНИИ, 1989. – 243, [1] с.

6. Кальницкая Ирина Владимировна. Интеграция информационных систем организации: монография / И. В. Кальницкая. – Омск: Ом. обл. тип., 2006. – 188 с. ISBN 5-87367-018-8.

7. Комплексные автоматизированные системы управления качеством и интеграция АСУ: [Сб. статей] / ВНИИ метрологии измер. и управляющих систем; [Отв. ред. Ю. И. Койфман]. – Львов: ВНИИМИУС, 1981. – 93 с.

8. Концепция системной интеграции информационных технологий в высшей школе / Рос. НИИ систем. интеграции; [Богатырь Б. Н. и др.]. – М.: Б. и., 1993. – 71 с.

9. Макаркин Н.П. Основные направления и опыт интеграции региональных систем образования: Докл. на всерос. науч.-практ. конф. «Интеграция регион. систем образования». – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 1995. – 41,[1] с.

10. Филиппович Андрей Юрьевич. Интеграция систем ситуационного, имитационного и экспертного моделирования. – М.: Эликс+, 2003 (Ризограф

ООО ЮСК-полиграфия). – 299 с. ISBN 5-93-991-013-0.

11. ГОСТ Р ИСО 10303-11-2000 "Методы описания. Справочное руководство по языку EXPRESS. – М.: Госстандарт России, 2000. – 144 с.

12. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Ч. 25. Методы реализации. Связь EXPRESS с XMI: Industrial automation systems and integration. Product data representation and exchange. Part 25. Implementation methods. EXPRESS to XMI binding: национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО/ТС 10303-25-2012: введён впервые: введён 2013-05-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва: Стандартинформ, 2013. – VI, 43 с.

13. Федоров И.А. Основы языка взаимодействия автоматизированных систем – EXPRESS: учебное пособие; М-во образования и науки Российской Федерации, Московский авиационный ин-т (нац. исслед. ун-т). – Москва: Изд-во МАИ, 2012. – 95, [1] с. ISBN 978-5-4316-0055-5.

14. Арлоу Джим UML 2 и Унифицированный процесс: практический объективно-ориентированный анализ и проектирование / Джим Арлоу и Айла Нейштадт; [пер. Н. Шатохиной]. – 2-е изд. – Москва; Санкт-Петербург: Символ, 2008. – 621 с. ISBN 978-5-93286-094-6.

15. Буч Грейди Язык UML: Рук. пользователя / Грейди Буч, Джеймс Рамбо, Айвар Джекобсон; [Пер. с англ. А.А. Слинкин]. – 2. изд., стер. – М.: ДМК-Пресс; СПб.: Питер, 2004 (ГУП Чехов. полигр. комб.). – 429 с. – (Серия «Объектно-ориентированные технологии в программировании»).; ISBN 5-94074-260-2.

16. Киммел Пол. UML. Основы визуального анализа и проектирования. UML. Универсальный язык программирования: [множество примеров, иллюстрирующих практическое применение основных концепций UML-проектирования, краткое и грамотное изложение основ без чрезмерного количества специфических терминов, тексты с ответами в конце каждой главы и итоговый тест в конце книги, после прочтения книги вы сможете начать проектировать приложения на языке UML] / Пол Киммел; [пер. с англ. Кедрова Е.А.]. – Москва: НТ Пресс, 2008. – 264 с. ISBN 978-5-477-01318-0.

17. Леоненков А.В. Самоучитель UML 2. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2007. – 558 с. ISBN 978-5-94157-878-8.

18. Новиков Ф.А. Моделирование на UML: теория, практика, видеокурс: [учебник для начинающих и книга рецептов для опытных пользователей UML] / Новиков Ф.А., Иванов Д.Ю. – Санкт-Петербург: Профессиональная литература: Наука и техника, 2010. – 635 с. ISBN 978-5-94387-610-3.

19. Пайлон Дэн UML 2 для программистов / Д. Пайлон, Н. Питмен; [пер. с англ. Е. Матвеев]. – Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2012. – 236 с. ISBN 978-5-459-01684-0.

20. Рамбо Джеймс UML: Спец. справ. / Джеймс Рамбо, Айвар Якобсон, Грэди Буч; [Пер. с англ. К. Максимов, А. Максимова]. – СПб. [и др.]: Питер, 2002. – 652 с. ISBN 5-318-00174-2.

21. Скотт Кендалл UML. Основные концепции: Быстрое и вместе с тем исчерпывающее введ. в UML. Лег. и простое объяснение ключевых концепций. Большое количество диагр. UML с ясными пояснениями / Кендалл Скотт; [Пер. с англ. О.А. Лещинского]. – М. [и др.]: Вильямс, 2002 (ГПП Печ. Двор). – 138 с. ISBN 5-8459-0368-8.

22. Фаулер Мартин UML. Основы: Крат. рук. по унифицир. яз. моделирования / Мартин Фаулер и Кендалл Скотт; [Предисл. Гради Буча и др.; Пер. А. Леоненкова]. – 2. изд. – СПб.: Символ, 2002. – 185 с. ISBN 5-93286-032-4.

23. Аксенова С. Информационные технологии моделирования бизнес-процессов. – Москва: Лаборатория книги, 2010. – 46 с.

24. Безменова Н.В. Методология концептуального моделирования IDEF0 в инструментальной среде BPWin:: (на примере жизненного цикла двигателя летательного аппарата): учебное пособие / Н.В. Безменова, С.А. Шустов; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Самарский гос. аэрокосмический ун-т им. акад. С. П. Королева». – Самара: Изд-во СГАУ, 2006. – 62, [1] с. ISBN 5-7883-0474-1.

25. Горбаченко В.И. Проектирование информационных систем с CA ERwin Modeling Suite 7.3: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Прикладная информатика» и другим экономическим специальностям / В.И. Горбаченко, Г.Ф, Убиенных, Г.В. Бобрышева; М-во образования и науки РФ, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высшего проф. образования «Пензенский гос. ун-т» (ПГУ). – Пенза: Изд-во ПГУ, 2012. – 151, [1] с. ISBN 978-5-94170-459-0.

26. Проектирование сложных бизнес-объектов на основе системного анализа: [монография] / Е.А. Матвеева, А.Р. Диязитдинова, О.Н. Черных, А.А. Гаврилова; Федеральное агентство связи, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», Кафедра «Экономические и информационные системы». – Самара: Поволжский гос. ун-т телекоммуникаций и информатики, 2016. – 151 с. ISBN 978-5-904029-63-0.

27. Черемных С.В. Моделирование и анализ систем. IDEF-технологии: практикум / Черемных С.В., Семенов И.О., Ручкин В.С. – Москва: Финансы и статистика, 2006 (Великие Луки: Великолукская городская типография). – 189 с. ISBN 5-279-02564-X.

28. Щелоков С.А. Базы данных: учебное пособие; М-во образования и науки Российской Федерации, Оренбургский государственный ун-т, Кафедра

программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем. – Оренбург: ОГУ, 2014. – 298 с.

29. Альфред Ахо, Рави Сети, Джеффри Ульман. Компиляторы: принципы, технологии и инструменты: Пер. с англ. – М.: Издательство дом “Вильямс”, 2003. – 768 с.

30. Коробко И.В. Администрирование сетей Windows с помощью сценариев: [Электронный ресурс]: [Windows Scipt Host, Visual Basic Scipt Edition, ASP, ASP.NET, основы программирования Active Directory: WinNT и LDAP, Microsoft Windows Management Instrument, сценарии регистрации пользователей в сети, автоматическая установка программного обеспечения]. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2007. – 368 с. ISBN 978-5-9775-0140-8.

31. Книттель Брайан Windows 7. Скрипты, автоматизация и командная строка [пер. с англ. Н. Вильчинский]. – Москва [и др.]: Питер, 2012. – 780 с. ISBN 978-5-459-00656-8.

32. Лиссуар Ален WMI программирование на JavaScript и VBScript: практ. пособие [пер. с англ. Д.С. Иванов]. – М.: Кудиц-Образ, 2005. – 543 с. ISBN 5-9579-0089-3.

33. Ломакс Пол. Изучаем VBScript; Перевод с англ. под ред. М. В. Коломыцева. – М.: Спаррк; Киев: BHV, 1998. – 619 с. ISBN 5-7315-0030-4.

34. Попов А.В. Администрирование Windows с помощью WMI и WMIC: [Основы технологии Windows Management Instrumentation. Работа с пакетом WMI Tools. Автоматизация решения повседнев. задач администратора. Мониторинг событий операц. системы. Разраб. сценариев с пользоват. итерфейсом] / А.Попов, Е. Шикин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004 (Акад. тип. Наука РАН). – 732 с. ISBN 5-94157-349-9.

Статья поступила в редакцию 12.08.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 004.932

ВАРИАЦИОННЫЙ МЕТОД ТРЕХМЕРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ

© 2019

Беляков Павел Викторович, инженер кафедры «Электронных вычислительных машин»
Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина
*(*390005, *Россия, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1, e-mail: pvbel@rambler.ru)*
Никифоров Михаил Борисович, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Электронных вычислительных машин»
Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина
*(*390005, *Россия, Рязань, ул. Гагарина, 59/1, e-mail: nikiforov.m.b@evm.rsreu.ru)*
Новиков Анатолий Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры «Высшей математики»
Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина
*(*390005, *Россия, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1)*

Аннотация. На сегодняшний день существует множество направлений человеческой деятельности, требующих использования трехмерных моделей реального мира. Традиционные методы пространственной реконструкции по изображениям полагаются на разреженные признаки изображений по которым определяется фундаментальная матрица и в конечном счете выполняется трехмерная реконструкция. Соответственно качество методов, основанных на признаках, зависит от качества их выборки. Для преодоления указанных трудностей предлагается метод трехмерной реконструкции по последовательности изображений, который основан на плотном методе сопоставления изображений – оптическом потоке, но с учетом ограничений эпиполярной геометрии. Метод трехмерной реконструкции основывается на минимизации совместного функционала вычисления оптического потока и фундаментальной матрицы, дополненного требованием гладкости реконструируемой поверхности с одновременным определением пространственных координат точек сцены. Такой способ минимизации одного общего функционала для всех неизвестных обеспечивает более высокую точность их совместного вычисления и соответственно более качественное построение пространственной модели. В качестве входных данных требуется последовательность изображений статической сцены, полученных при движении камеры по непрерывной траектории. Кроме того, предполагаются известными внутренние параметры камеры.

Ключевые слова: Оптический поток, фундаментальная матрица, трехмерная реконструкция, эпиполярная геометрия.

VARIATIONAL METHOD FOR THE IMAGE BASED 3D RECONSTRUCTION

© 2019

Belyakov Pavel Viktorovich, engineer of the department of «Electronic computers»
Ryazan State radio engineering university named after V.F. Utkin
(390005, Russia, Ryazan, Gagarina St., 59/1, e-mail: pvbel @rambler.ru)
Nikiforov Mikhael Borisovich, candidate of technical sciences, associate professor
of the department of «Electronic computers»
Ryazan State radio engineering university named after V.F. Utkin
(390005, Russia, Ryazan, Gagarina St.,59/1, e-mail: nikiforov.m.b@evm.rsreu.ru)
Novikov Anatoliy Ivanovich, doctor of technical sciences, professor
of the department of « Higher Mathematics»
Ryazan State radio engineering university named after V.F. Utkin
(390005, Russia, Ryazan, Gagarina St., 59/1)

Abstract. There are many human activity areas today, where the 3D models of the real world are highly required. Traditional methods of spatial reconstruction are based on the image features search and matching to determine the fundamental matrix and perform 3D reconstruction. The quality of the feature based methods generally depends of the feature sample quality for the fundamental matrix estimation. The proposed method of the 3D reconstruction is based on the optical flow and epipolar geometry joint functional minimization with the simultaneous scene points coordinates determination and reconstructed surface smoothness requirement. The method of joined functional for all unknowns minimization provides higher accuracy of their joint computation and, accordingly, better 3D structure reconstruction. A sequence of a static scene images is required as input data and the internal parameters of the camera are assumed to be known.

Keywords: Optical flow, epipolar geometry, features correspondence, fundamental matrix, spatial reconstruction.

Введение. В последнее время неуклонно растет потребность в цифровом представлении объектов и сцен реального мира. Характерным примером являются специальные эффекты, создаваемые компьютерной графикой, которые начинают все более широко и повсеместно присутствовать в нашей

обыденной жизни. Тем не менее, существует множество других направлений, которые требуют использования трехмерных моделей реального мира, что дополнительно подчеркивает важность цифрового восстановления объектов реального мира. Так, например, 3D-печать становится все более доступной для изготовления отдельных деталей при реконструкции реального мира. Кроме того, все активнее развивается потребность включения 3D-контента в веб-сайты. Не менее важной и актуальной является проблема формирования 3D изображений в системах технического зрения летательных аппаратов и робототехнических комплексов [1]. Развитие дополненной реальности также требует знаний о геометрии объектов реального мира и окружающей сцены. Исходя из этих соображений, неудивительно, что трехмерная реконструкция была и остается очень важной темой исследований в области компьютерного зрения [2] и что существует множество методов, которые занимаются реконструкцией поверхностей.

Несмотря на развитие устройств на основе активных методов трехмерной реконструкции, например, лазерных сканеров и времяпролетных камер, стандартные цифровые камеры по-прежнему остаются основным устройством получения изображения в качестве отправной точки трехмерной реконструкции. В качестве входных данных требуется последовательность изображений статической сцены, полученных при движении камеры с неизвестным положением по непрерывной траектории. Предполагаются известными лишь внутренние параметры камеры. Корректная оценка положения камеры черезвычайно важна для построения трехмерной структуры [3].

Традиционные алгоритмы пространственной реконструкции полагаются на разреженные признаки изображений. Такие методы должны тщательно отбирать наиболее подходящие признаки и устранять неустойчивые - выбросы. Целью подходов, основанных на поиске и сопоставления таких признаков является оценка по ним фундаментальной матрицы - базового геометрического отношения, лежащего в основе взимосвязи двух изображений одной и той же сцены [4]. Это отношение выражается эпиполярным ограничением, которое задает взаимное положение соответствующих точек двух изображений так, чтобы эти точки находились на определенных эпиполярных линиях, а не где-нибудь произвольно в плоскости изображения, что в конечном итоге и позволяет определить трехмерную структуру сцены. С другой стороны, методы плотного оптического потока [5] за последнее время достигли огромных успехов и могут успешно применяться в задачах трехмерной реконструкции по изображениям от камер. Такие методы обеспечивают очень большое количество сопоставлений для вычисленя фундаментальной матрицы и гарантирует небольшое количество выбросов.

С учетом сказанного видится логичным построить метод трехмерной реконструкции по последовательности изображений, который основан на плотном методе сопоставления изображений – оптическом потоке, но с учетом ограничений эпиполярной геометрии. Чтобы совместно оценить оптический поток, фундаментальную матрицу и пространственную структуру предлагается расширить одну из наиболее точных, но вместе с тем наиболее вычислительно сложных моделей вычисления оптического потока в вариационной формулировке с поиском решения через минимизацию функционала [6].

Таким образом метод трехмерной реконструкции основывается на минимизации совместного функционала вычисления оптического потока и фундаменталной матрицы, дополненного требованием гладкости реконструируемой поверхности с одновременным определением пространственных координат точек сцены. Такой способ минимизации одного общего функционала для всех неизвестных обеспечивает более высокую точность их совместного вычисления и соответственно более качественное построение пространственной модели.

Последнее, но не менее важное то, что представленный метод допускает параллельную организацию вычислениий, что в частности подтверждается реализацией на ПЛИС подзадачи вычисления оптического потока [7].

Вариационная модель трехмерной реконструкции. Обобщенная вариационная модель вычисления пространственной структуры строится на базе функционала оптического потока с дополнительным эпиполярным огранчением и ограничением на пространственную структуру с требованием ее гладкости:

$$E(\mathbf{w},\mathbf{f},\mathbf{X}) = \int_{\Omega} (\psi(|\, I(\mathbf{x}+\mathbf{w}) - I(\mathbf{x})\,|^2 + \gamma\,|\,\nabla I(\mathbf{x}+\mathbf{w}) - \nabla I(\mathbf{x})\,|^2))\boldsymbol{dx} + \alpha\int_{\Omega}\psi\left(\left|\nabla u\right|^2 + \left|\nabla v\right|^2\right)\boldsymbol{dx}$$
$$+\beta\int_{\Omega}\psi((\mathbf{s}^T\mathbf{f})^2))\boldsymbol{dx} + \int_{\Omega}(G_d(\mathbf{X}) + \lambda G_s(\mathbf{X}))\boldsymbol{dx}, \qquad (1)$$

здесь $I(x,y,t):\Omega\times[0,\infty)\to\square^2$ – последовательность изображений, $\mathbf{x}=(x,y,1)^T$ -координаты пикселя внутри прямоугольной области изображения $\Omega\subset\square^2$ в момент времени $t\geq 0$. Предполагается, что изображение $I(x,y,t)$ предобработано гауссовым фильтром сглаживания со стандартным отклонением σ, для обеспечения большей гладкости и, как следствие, получения более адекватных оценок частных производных в составе вектора градиента

$\nabla I(\mathbf{x})$. Оптический поток $\mathbf{w} = (u, v, 1)^T$ – искомый вектор смещения между пикселями двух изображений в момент времени t и момент времени $t+1$. $\nabla = (\partial_x, \partial_y)^T$ – символический вектор набла – пространственный градиент, γ – коэффициент, позволяющий управлять вкладом в функционал (1) изменения яркости и градиента яркости, $\alpha > 0$ параметр регуляризации, описывает то, насколько важно требование гладкости полученного вектора смещений.

Первое слагаемое в (1) – терм данных, определяет постоянство яркости и градиента яркости пикселей при смещении изображения. Второе слагаемое в выражении (1) - терм гладкости вектора смещения, накладывает ограничения, в виде функции штрафа на резкое изменение вектора смещения. Функция штрафа $\psi(s^2) = \sqrt{s^2 + \varepsilon^2}$ определяет устойчивость минимизации функционала к изменениям яркости изображения и гладкости поля.

Третье слагаемое в (1) определяет вычисление фундаментальной матрицы. Для устойчивости ее вычисления используется нелинейная функция штрафа, аналогичная функции штрафа при вычислении оптического потока [8].

В эпиполярной геометрии $\tilde{\mathbf{x}} = (x, y, 1)^T$ – проективные координаты признаков на левом изображении, $\tilde{\mathbf{x}}' = (x', y', 1)^T$ – проективные координаты на правом. Тогда связь между признаками двух изображений определяется эпиполярным ограничением:

$$0 = \tilde{\mathbf{x}}'^T F \tilde{\mathbf{x}} = \mathbf{s}^T \mathbf{f}, \quad (2)$$

где $\mathbf{s} = (xx', yx', x', xy', yy', y', x, y, 1)^T$, F – фундаментальная матрица размером 3×3, а $\mathbf{f} = (f_{1,1}, f_{1,2}, f_{1,3}, f_{2,1}, f_{2,2}, f_{2,3}, f_{3,1}, f_{3,2}, f_{3,3})^T$ – векторная форма фундаментальной матрицы, с компонентами вектора $f_{i,j}$, где $1 \le i, j \le 3$. Для решения уравнения (2) в общем случае достаточно координат 8 точек, но в совместном функционале учитываются соответственно все точки изображения.

Совместный функционал (1) с учетом ограничения $\|\mathbf{f}\|^2 = 1$ может быть минимизирован методом множителей Лагранжа:

$$L(\mathbf{w}, \mathbf{f}, \lambda) = E(\mathbf{w}, \mathbf{f}) + \lambda(1 - \mathbf{f}^T \mathbf{f}), \quad (3)$$

для которого ищется $(u^*, v^*, \mathbf{f}^*, \lambda^*)$ - вектор оптимальных значений, удовлетворяющий уравнениям Эйлера-Лагранжа [9].

Вычисление оптического потока

Для минимизации (3) относительно вектора оптического потока (u, v) уравнения Эйлера-Лагранжа примут вид [10]:

$$\frac{\partial}{\partial v} L(\mathbf{w}, \mathbf{f}, \lambda) = 0 \quad , \quad \frac{\partial}{\partial v} L(\mathbf{w}, \mathbf{f}, \lambda) = 0 \quad (4)$$

Эпиполярное огранчение может быть записано в виде:

$$\mathbf{s}^T \mathbf{f} = \begin{pmatrix} x+u \\ y+v \\ 1 \end{pmatrix}^T \mathrm{F} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u \\ v \\ 0 \end{pmatrix}^T \mathrm{F} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}^T \mathrm{F} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = au + bv + q$$

где эпиполярная линия $F\tilde{\mathbf{x}}$ в точке $\tilde{\mathbf{x}} = (x, y, 1)^T$ на левом изображении будет иметь коэффициенты $a = (F\tilde{\mathbf{x}})_1$ и $b = (F\tilde{\mathbf{x}})_2$. А q может рассматриваться как расстояние точки $\tilde{\mathbf{x}}$ до этой эпиполярной линии с точностью до множителя.

Частные производные по (u, v) слагаемого $\psi((\mathbf{s}^T\mathbf{f})^2)$ общего функционала (1) примут вид:

$$\frac{\partial}{\partial u} \psi((\mathbf{s}^T \mathbf{f})^2) = 2\psi'((\mathbf{s}^T \mathbf{f})^2)(a^2 u + abv + aq),$$

$$\frac{\partial}{\partial v} \psi((\mathbf{s}^T \mathbf{f})^2) = 2\psi'((\mathbf{s}^T \mathbf{f})^2)(abu + b^2 u + bq).$$

Тогда уравнения Эйлера-Лагранжа минимизации функционала (3) можно записать:

$$0 = \psi'(I_z^2 + \gamma(I_{xz}^2 + I_{yz}^2))(I_x I_z + \gamma(I_{xx} I_{xz} + I_{xy} I_{yz})) - \alpha div(\psi'(|\nabla u|^2 + |\nabla v|^2)\nabla u) + \beta\psi'((\mathbf{s}^T\mathbf{f})^2)(a^2 u + abv + aq),$$

$$0 = \psi'(I_z^2 + \gamma(I_{xz}^2 + I_{yz}^2))(I_y I_z + \gamma(I_{yy} I_{yz} + I_{xy} I_{xz})) - \alpha div(\psi'(|\nabla u|^2 + |\nabla v|^2)\nabla v) + \beta\psi'((\mathbf{s}^T\mathbf{f})^2)(abu + b^2 v + bq), \quad (5)$$

здесь:

$I_x = \partial_x I(x + \boldsymbol{w})$, $I_y = \partial_y I(x + \boldsymbol{w})$,

$I_z = I(x + \boldsymbol{w}) - I(x)$, $I_{xx} = \partial_{xx} I(x + \boldsymbol{w})$,

$I_{xy} = \partial_{xy} I(x + \boldsymbol{w})$, $I_{yy} = \partial_{yy} I(x + \boldsymbol{w})$,

$I_{xz} = \partial_x I(x + \boldsymbol{w}) - \partial_x I(x)$, $I_{yz} = \partial_y I(x + \boldsymbol{w}) - \partial_y I(x)$.

Использование индекса z вместо t означает аппроксимацию операции дифференцирования по времени разностью.

Линеаризация нелинейных дифференциальных уравнений приводит к системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), которые могут быть численно решены итерационным методом.

Вычисление фундаментальной матрицы

Для подзадачи минимизации (3) относительно фундаментальной матрицы F приравниваем производные $F(\mathbf{f}, \lambda)$ по $\mathbf{f}$ и λ к нулю. В результате уравнения Эйлера-Лагранжа примут вид:

$$\nabla_{\mathbf{f}} L(\mathbf{w}, \mathbf{f}, \lambda) = 0 \text{ и } \frac{\partial}{\partial \lambda} L(\mathbf{w}, \mathbf{f}, \lambda) = 0, \quad (6)$$

где $\nabla_{\mathbf{f}}$ градиент $(\partial_{f_{1,1}}, \ldots, \partial_{f_{3,3}})^T$. Таким образом:

$$\mathbf{0} = (\int_{\Omega} \psi'((\mathbf{s}^T\mathbf{f})^2)\mathbf{s}\mathbf{s}^T dxdy - \lambda I)\mathbf{f} := (M - \lambda I)\mathbf{f},$$

$$\mathbf{0} = 1 - \|\mathbf{f}\|^2, \quad (7)$$

где M симметричная матрица с весами $m_{i,j} = \int_{\Omega} \psi'((\mathbf{s}^T\mathbf{f})^2) s_i s_j dxdy$, $1 \le i, j \le 9$, а s_i элемент вектора $\mathbf{s}$. Вычисление весов $m_{i,j}$ требует оценки фундаментальной матрицы и наоборот.

Система уравнений (4) и (6) решаются итерационно, поочередно выполняя вычисление оптического потока и фундаментальной матрицы. Сначала решаются уравнения Эйлера-Лагранжа (5) относительно вектора оптического потока $\mathbf{w}$ при фиксированном векторе $\mathbf{f}$ фундаментальной матрицы. Затем с использованием оптического потока формируется матрица M уравнений (7) и решается задача на собственные значения матрицы. Из-за ограничения $\mathbf{0} = 1 - \|\mathbf{f}\|^2$ решение всегда будет иметь единичную норму. Новая оценка фундаментальной матрицы, в свою очередь, будет использоваться для повторного решения уравнений Эйлера-Лагранжа для оптического потока. Этот процесс повторяется до сходимости [11].

Определение трехмерной структуры

Пространственное положение точки $\mathbf{X} = (X, Y, Z)$ для каждого $\mathbf{x} = (x, y)$ минимизирует функционал (1) в части слагаемых $G_*(\mathbf{X})$, что в итоге непосредственно и определяет реконструируемую поверхность [12]. В функционале (1) терм данных G_d неявно использует эпиполярную геометрию и связывает трехмерные точки и оптический поток через матрицу камеры $P = K[R\,|\,\mathbf{t}]$, в то время как слагаемое гладкости G_s выполняет регуляризацию площади поверхности [12].

Пространственные координаты каждой точки $\mathbf{x}$ заданы как $\mathbf{X} \in S$, где $S \subset \mathbb{R}^3$ - реконструируемая поверхность. Связь между точками двух изображений с учетом внутренних параметров камеры K определяется эпиполярным ограничением $\mathbf{x}'^T E\mathbf{x} = 0$, где $E = K^T FT$ - существенная матрица. . Матрица вращения R и вектор положения $\mathbf{t}$ камеры могут быть получены с помощью сингулярного разложения (SVD) матрицы E [4]. Оптический поток $\mathbf{w}$ устанавливает плотное соответствие $\mathbf{x}' = \mathbf{x} + \mathbf{w}$, поэтому слагаемое пространственной структуры в (1) можно в итоге выразить через сумму ошибок репроекции [13]:

$$G_d(\mathbf{X}) = \|d(\mathbf{x}, \mathrm{P}_0\mathbf{X})\|^2 + \|d(\mathbf{x} + \mathbf{w}, \mathrm{P}\mathbf{X})\|^2, \quad (8)$$

где d - расстояние между проекцией $\mathbf{X}$ и координатой $\mathbf{x}$ через матрицы камеры P и P_0. $P_0 = K[\mathbf{I}\,|\,\mathbf{0}]$ - матрица положения камеры для изображения I_1, определяемая через нулевой вектор сдвига $\mathbf{0}$ с единичной матрицей поворота $\mathbf{É}$.

Зададим ошибку репроекции (8) как линейную функцию от $\mathbf{X}$:

$$G_d(\mathbf{X}) = \left\| \left[x\mathbf{p}_0^3 - \mathbf{p}_0^1 \right]^T \begin{bmatrix} \mathbf{X} \\ 1 \end{bmatrix} \right\|^2 + \left\| \left[y\mathbf{p}_0^3 - \mathbf{p}_0^2 \right]^T \begin{bmatrix} \mathbf{X} \\ 1 \end{bmatrix} \right\|^2 + \left\| \left[(x+u)\mathbf{p}^3 - \mathbf{p}^1 \right]^T \begin{bmatrix} \mathbf{X} \\ 1 \end{bmatrix} \right\|^2 + \left\| \left[(y+v)\mathbf{p}^3 - \mathbf{p}^2 \right]^T \begin{bmatrix} \mathbf{X} \\ 1 \end{bmatrix} \right\|^2 \quad (9)$$

где $P_0 = [\mathbf{p}_0^1 \mathbf{p}_0^2 \mathbf{p}_0^3]^T$ и $P = [\mathbf{p}^1 \mathbf{p}^2 \mathbf{p}^3]^T$.

Трехмерная поверхность может быть вычислена путем минимизации (9), что приводит к системе линейных алгебраических уравнений, которая решается методом наименьших квадратов.

Регуляризации реконструируемой поверхности может служить ее аппроксимация некоторой поверхностью второго порядка в малой окрестности. Для этого окном размером $(2k+1)\times(2k+1)$, например 5×5, 7×7, проходим по проекции облака точек $\mathbf{X}$ на плоскость Oxy – прямоугольной области $\Omega \subset \mathbb{R}^2$. В каждом окне находится оценка параметрической модели

$$G_s(\mathbf{X}) : \hat{z}_{ij} = (\mathbf{a}, \varphi_{ij}) = ax_i^2 + bx_i y_j + cy_j^2 + dx_i + fy_j + h,$$

т.е. ищется поверхность $G_s(\mathbf{X})$, наименее уклоняющаяся от z_{ij}. Задача решается методом наименьших квадратов

$$G_s(\mathbf{X}, \mathbf{a}) = \sum_{i=1}^{2k+1} \sum_{j=1}^{2k+1} (z_{ij} - (\mathbf{a}, \varphi_{ij}))^2 \to \min_{\mathbf{a}},$$

где $\mathbf{a} = (a, b, c, d, f, h)$ – вектор параметров,

$\varphi_{ij} = (i^2, i \cdot j, j^2, i, j, 1)$ – система базисных функций,

$1 \le i, j \le 2k+1$.

Если $(u^*, v^*, \mathbf{f}^*, \mathbf{X}^*)$ – решение задачи минимизации (1), то оно удовлетворяет уравнением Эйлера-Лагранжа. Однако функции, удовлетво-ряющие данным уравнениям, не обязательно гарантируют глобальный минимум функционалу. В силу нелинейности функционал может иметь множество локальных минимумов. Чтобы обойти это препятствие используется пирамида изображений [14].

Основные результаты. Традиционным подходом тестирования разрабатываемых методов является сравнение результатов их работы с тестовыми базами изображений для котрых заранее доподлино известна пространственая структура (ground truth), полученная непосредственным обмером трехмерной сцены независимыми измерениями, например, лазерами или сгенерированная синтетически, что само по себе является отдельной сложной техниче-

ской задачей.

Однако выполняя вычисление плотного оптического потока и эпиполярной геометрии в предложенном методе общего функционала по двум стереоизображениям можно определить диспаритет, который каждый пиксель одного изображения связывает с соответсвующим пикселем другого изображений. Через диспаритет может быть вычислена карта глубины, которая с каждым пикселем изображения связывает точку в пространстве.

Диспаритет и карта глубины не являются полным представлением пространственной структуры, однако позволяют оценить качество метода построения пространственной модели косвенно, сравнивая полученный им диспаритет с истинным из тестовой базы.

На рисунке 1 представлены диспаритеты, а соответствующие им пространственные структуры сцен на рисунке 2, полученные описанным методом на тестовых наборах данных Middlebury Stereo Dataset изображений Adirondack и Shelves [15]. Диспаритет представляется цветным изображением, где цвет означает направление смещения пикселя, а оттенок величину смещения.

Рисунок 1 – Диспаритеты изображений Adirondack и Shelves из тестовой базы Middlebury

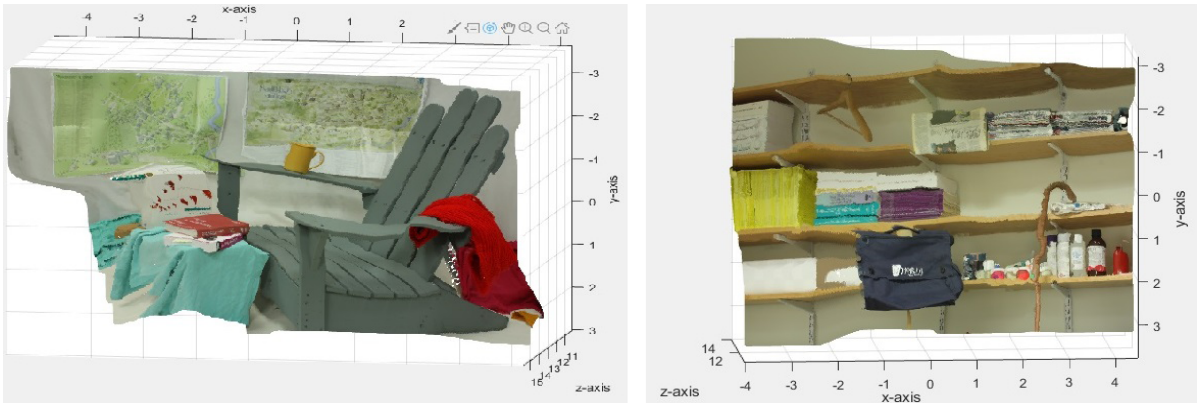


Рисунок 2 – Трехмерная реконструкция изображений Adirondack и Shelves из тестовой базы Middlebury

Ошибку вычисления диспаритета в данных тестовых базах принято оценивать метрикой BAD2.0, которая показывает процент пикселей изображения, для которых вычисленное значение диспаритета превышает по модулю истинное значение более чем на два пикселя. В таблице 1 приведены значение ошибки BAD2.0 предложенного метода в сравнении с одним из высокорейтинговых методов Middlebury – NOSS и другим популярным методом, реализованным в библиотеке компьютерного зрения OpenCV – SGBM *(Semi-global block matching)*.

Следует отметить что предлагаемый алгоритм в частности сравнивается с высокорейтенговым методом Middlebury NOSS, основанном на сверточных нейронных сетях и обученный на изображениях той же базы Middlebury.

Таблица 1 – Ошибка вычисления диспаритета (в метрике BAD2.0)

		Предлагаемый алгоритм	Middlebury (NOSS)	Middlebury (SGBM1)
№		Bads2.0%		
1	Adirondack	5,81	3,51	29,3
2	Shelves	15,1	27,5	49,9

Результат построения трехмерной структуры предложенным методом можно также субъективно оценить по рисунку 3. На нем представлены изображения игрушечной фигурки также из тестовой базы данных Middlebury снятые камерой с двух позиций, но без доступной доподлинно известной трехмерной структуры. В результате реконструкции можно заметить, что описанный метод достаточно четко сохраняет общую фактуру объекта лишь немного сглаживая отдельные элементы.

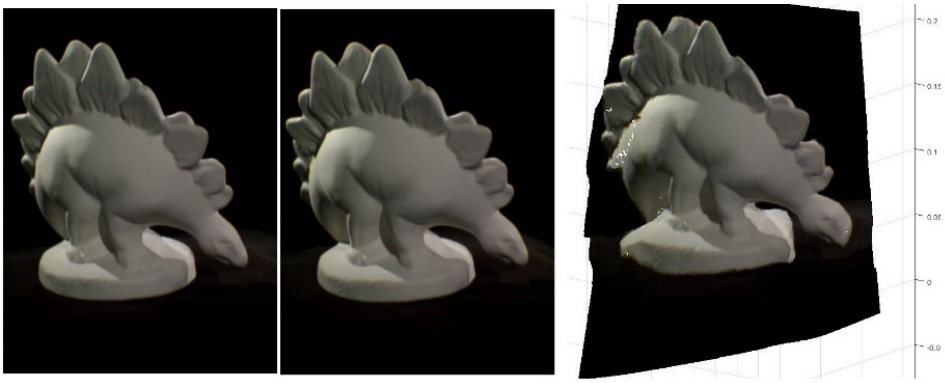


Рисунок 3 – Трехмерная реконструкция изображения Dino из тестовой базы Middlebury

Заключение. В статье предложен вариационный метод трехмерной реконструкции на основе вычисления оптического потока и фундаментальной матрицы с одновременным определением пространственного положения точек поверхности и требованием ее гладкости путем минимизации одного общего функционала для всех неизвестных. Это обеспечивает более высокую точность их совместного и взаимосвязанного вычисления и соответственно более качественное построение трехмерной структуры. Эксперименты показывают, что метод является хорошей альтернативой подходам, основанным на поиске особых точек на изображениях и вычислении их позиции в трехмерном пространстве по принципу триангуляции.

Предложенный метод может обеспечить трехмерную реконструкцию в реальном времени при его реализации на ПЛИС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефимов А.И., Новиков А.И. Алгоритм поэтапного уточнения проективного преобразования для совмещения изображений. Компьютерная оптика. – 2016. – Т. 40, № 2. – С. 258–266.

2. Обработка изображений в авиационных системах технического зрения: монография / под ред. Л.Н. Костяшкина и М.Б. Никифорова. М.: Физматлит, 2016. 240 с.

3. A Dense Pipeline for 3D Reconstruction from Image Sequences. Timm Schneevoigt, Christopher Schroers and Joachim Weickert. Pattern Recognition. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 8753, 629–640, Springer, Berlin, 2014.

4. Hartley R. and Zisserman A. Multiple View Geometry in Computer Vision. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2000.

5. Кузнецов П.К., Мартемьянов Б. В., Семавин В. И. Техническое зрение подвижных объектов. Метод анализа поля скоростей динамического изображения. Вестник компьютерных и информационных технологий, 2014, С. 3–9.

6. Brox T., Bruhn A., Papenberg N., and Weickert J. High accuracy optical flow estimation based on a theory for warping. In ECCV, 2004.

7. Беляков П.В., Никифоров М.Б. Вариационный метод вычисления оптического потока в системе-на-кристалле // Цифровая обработка сигналов, 2018. №3, С. 76–82.

8. Brun A., Wieckert J. and Schnorr Lucas C. / Kanade Meets Horn / Schunck: Combining Local and Global Optic Flow Methods // Int. J. Computer Vision, vol. 61, pp. 211–231, 2005.

9. Bruhn A. and Weicker J. Towards ultimate motion estimation: combing highest accuracy with real-time performance. In Proc. 10th IEEE Int.Conf., Computer Vision, 2005, pp. 749–755.

10. Valgaerts L., Bruhn A., and Weickert J. A variational model for the joint recovery of the fundamental matrix and the optical flow, 2008.

11. Valgaerts L., Bruhn A., Mainberger M., Weickert J.: Dense versus sparse approaches for estimating the fundamental matrix. International Journal of Computer Vision 96(2), 2012. P. 212–234.

12. Graber G., Balzer J., Soatto S., and Pock T.. Efficient minimal-surface regularization or perspective depth maps in variational stereo. In CVPR, 2015.

13. Real-Time Simultaneous 3D Reconstruction and Optical Flow Estimation. Menandro Roxas, Takeshi Oishi. Published in IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), 2018.

14. Беляков П.В., Ларкин Е.В., Никифоров М.Б. // Модификация вариационного метода вычисления оптического потока для реализации на ПЛИС. Известия ТулГУ, 2018, Вып. 9, С. 19–28.

15. Middlebury Stereo Dataset. Электронный ресурс .URL: http://vision.middlebury.edu/stereo/eval3/MiddEval3-newFeatures.html.

Статья поступила в редакцию 13.08.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 004.942

ТЕМПОРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ АВТОМАТОВ

© 2019

Трокоз Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: dmitriy.trokoz@gmail.com)
Исхаков Никита Валерьевич, студент кафедры «Вычислительная техника»
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, г. Пенза, улица Красная, 40, e-mail: nikita130498@rambler.ru)
Синев Михаил Петрович, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Вычислительная техника»
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, г. Пенза, улица Красная, 40, e-mail: mix.sinev@gmail.com)
Митрохин Максим Александрович, доктор технических наук,
заведующий кафедрой «Вычислительная техника»
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, г. Пенза, улица Красная, 40, e-mail: mmax83@mail.ru)
Сивишкина Наталья Олеговна, студент кафедры «Вычислительная техника»
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, г. Пенза, улица Красная, 40, e-mail: neta.tata@mail.ru)

Аннотация. В данной статье дано обоснование возможности применения теории автоматов для темпорального анализа киберфизических систем. В работе предлагаются 2 подкласса временных детерминированных конечных автоматов Мура: конечный автомат, использующий переходы для хранения временных меток, и конечный автомат, использующий состояния для хранения временных меток. Под временной меткой понимается количественное значение временной задержки, характеризующее длительность выполнения моделируемого физического процесса. При этом в первом случае переходы выступают в качестве сущностей, описывающих физический процесс, а во втором – состояния. Оба подкласса конечных автоматов эффективны при описании непрерывных процессов. Преимуществом первого подхода является возможность описать большее количество процессов для одинакового количества состояний. Второй предлагаемый подкласс временных конечных автоматов позволяет осуществлять более простую трансформацию из схемы алгоритма в автоматное представление. Каждый подкласс апробируется на задаче формализованного описания алгоритма функционирования киберфизической системы. В качестве примера киберфизической системы выступает заслонка бункера, управляемая программируемым логическим контроллером.

Ключевые слова: автомат Мура, временные автоматы, конечные автоматы, теория автоматов, темпоральный анализ, киберфизическая система.

TEMPORAL ANALYSIS OF CYBER-PHYSICAL SYSTEMS USING THE AUTOMATA THEORY

© 2019

Trokoz Dmitrii Anatolevich, candidate of technical Sciences,
associate Professor of sub-department «Computers and systems»
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: dmitriy.trokoz@gmail.com)
Iskhakov Nikita Valerevich, student of sub-department «Computer Engineering»
Penza State University
(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: nikita130498@rambler.ru)
Sinev Mihail Petrovich, candidate of technical Sciences,
associate Professor of sub-department «Computer engineering»
Penza State University
(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: mix.sinev@gmail.com)
Mitrokhin Maxim Alexandrovich, doctor of technical Sciences,
head of the sub-department «Computer Engineering»
Penza State University
(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: mmax83@mail.ru)
Sivishkina Natalya Olegovna, student of sub-department «Computer Engineering»
Penza State University
(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: nikita130498@rambler.ru)

Abstract. This article justifies the possibility of using the automata theory for the temporal analysis of cyber-physical systems. The paper proposes 2 subclasses of temporal determinate Moore state machines: a state machine that uses transitions to store timestamps, and a state machine that uses states to store timestamps. Under the time stamp is understood the quantitative value of the time delay characterizing the duration of the simulated physical process. Moreover, in the first case, transitions act as entities that describe the physical process, and in the second, states.Both subclasses of finite state machines are effective for describing continuous processes. The advantage of the first approach is the ability to describe more processes for the same number of states. The second proposed subclass of temporary finite state machines allows for a simpler transformation from the algorithm scheme to the automatic representation. Each subclass is tested on the problem of a formalized description of the cyberphysical system functioning algorithm. An example of a cyberphysical system is a hopper shutter controlled by a programmable logic controller.

Keywords: Moore automaton, temporary automata, finite state machines, automata theory, temporal analysis, cyberphysical system.

Введение. В настоящее время наибольшее распространение получили технологии автоматизированного моделирования с использованием теории автоматов. Теория автоматов – раздел дискретной математики, изучающий абстрактные автоматы – вычислительные машины, представленные в виде математических моделей и задачи, которые они могут решать [1-5].

Теория автоматов наиболее тесно связана с теорией алгоритмов, в том числе параллельных[6-7]: автомат преобразует дискретную информацию по шагам в дискретные моменты времени и формирует результат заданного алгоритма. В отличии от таких математических аппаратов, как сети Петри [8], автоматные модели подходят для описания систем только с конечным числом состояний, но при этом для них разработаны эффективные методы формализованного анализа [9].

Однако возникают проблемы, когда в алгоритме появляются характеристики, связанные с определенным периодом действия [10]. Если расширить способ задания конечного автомата, добавив в него множество временных сигналов, то это позволит производить моделирование более сложных систем, функционирование которых зависит от временных характеристик [11].

Временной конечный автомат может быть определён как кортеж из 7 элементов [12], включающий:

$$M = (S, S_o, X, T, Y, \delta, G)$$

S – множество внутренних состояний S (внутренний алфавит)

S_o – начальное состояние

X – множество входных сигналов X (входной алфавит)

T – множество временных сигналов T

Y– множество выходных сигналов Y (выходной алфавит)

δ – функция переходов автомата из одного состояние в другое $\delta : S \times X \to S$ $S \times X \to S$

G – функция вывода $G : G \times S \to Y$ $G : G \times S \to Y$

В работе предлагаются 2 подкласса временных детерминированных конечных автоматов Мура:

1) Конечный автомат, использующий переходы для хранения временных меток.

2) Конечный автомат, использующий состояния для хранения временных меток.

Каждый подкласс апробируется на задаче формализованного описания киберфизической системы [13]. Киберфизические системы, представляют из себя объединение физического и цифрового мира. Важным подклассом киберфизических систем являются промышленные киберфизические системы, в которых физические системы включают датчики и исполнительные механизмы [14], а цифровые системы основаны на использовании контроллеров и компьютеров. Отличительными свойствами промышленных киберфизических систем являются сложные динамические взаимодействия между элементами, подсистемами и окружающей средой. Промышленные киберфизические системы управляются множеством интеллектуальных устройств, связанных коммуникационной сетью и взаимодействующих друг с другом для формирования интеллектуальных машин, промышленных и логистических систем [15-18].

В качестве примера для апробации предлагаемых подклассов конечных автоматов был выбран алгоритм работы заслонки бункера. Заслонка управляется подключенным к ней программируемым логическим контроллером. Заслонка характеризуется управляющим реле и концевиками закрытия и открытия. Комбинации, соответствующие нормальному состоянию заслонки, приведены в таблице 1. При этом, время срабатывания заслонки 5 сек.

Таблица 1 – Комбинации, соответствующие нормальному состоянию заслонки

Управляющее реле	Концевик закрытия	Концевик открытия	Состояние
0 (выкл.)	1	0	закрыто
1 (вкл.)	0	1	открыто

Для синтеза алгоритмов с использованием математического аппарата конечных автоматов, используют два подхода: эволюционный [19] и эвристический [20]. Для синтеза данного алгоритма в работе предлагается использовать эвристический подход.

1. Конечный автомат, использующий перехо-

ды для хранения временных меток. У каждого состояния автомата имеется внутренняя временная переменная t_s. При переходе в состояние этой переменной присваивается нулевое значение и анализируется множество входных сигналов X. Спустя каждую итерацию времени в состоянии S увеличивается t_s. Если время $t_s \geq t$, то автомат переходит в следующее состояние.

Автомат на рисунке 1 переходит из состояния S_1 в состояние S_2 через время равное t_1. В состоянии S_1 сначала анализируется множество входных сигналов, так как переход безусловный, то автомат переходит из S_1 в состояние S_2, но так как есть временное ограничение, то автомат будет находится в состоянии S_1 на протяжении времени t_1

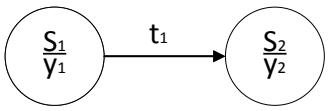


Рисунок 1 – Безусловный переход

Автомат на рисунке 2 находится в состоянии S_1. В состоянии S_1 сначала анализируется множество входных сигналов X. В зависимости от сигналов автомат перейдет следующее состояние. Если комбинация сигналов $x_1 x_2$ то автомат перейдет в состояние S_2 через время t_1.

Если комбинация сигналов $x_1 \overline{x_2}$ то автомат перейдет в состояние S_3 через время t_2

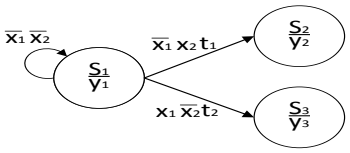


Рисунок 2 – Условный переход

Составим таблицу переходов для временного операционного автомата, управляющий заслонкой бункера (таблица 2, рисунок 3), где:

$S_{зак}$ – состояние, при котором заслонка закрыта;

S_o – состояние, при котором заслонка открывается;

$S_з$ – состояние, при котором заслонка закрывается;

$S_{откр}$ – состояние, при котором заслонка открыта;

x_p – сигнал реле;

t_1 – 5 с.

Таблица 2 – Таблица переходов для автомата, использующий переходы для хранения временных меток

	$\overline{K_з} K_o$	$\overline{K_з}\,\overline{K_o}$	$\overline{K_з}\,\overline{K_o}$	$K_з \overline{K_o}$
	$S_{зак}$	S_o	$S_з$	$S_{откр}$
x_p	S_o			
$\overline{x_p}$	$S_{зак}$			
x_{err}				S_o
$x_p \overline{x_{err}}$				$S_{откр}$
$\overline{x_p}\ \overline{x_{err}}$				$S_з$
t_1		$S_{откр}$	$S_{зак}$	

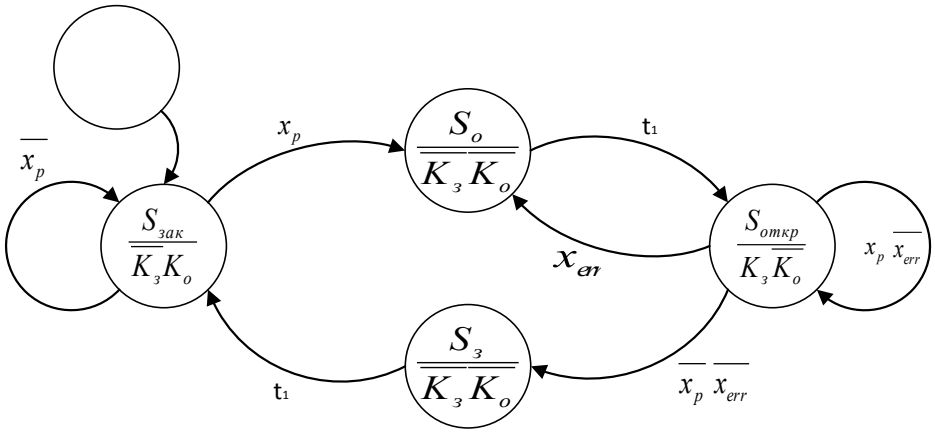


Рисунок 3 – Временной автомат, управляющий заслонкой бункера

$$S_{зак}(t+1) = S_0 \vee S_{зак}\overline{x_p} \vee S_з(t_1)$$
$$S_o(t+1) = S_{зак} x_p \vee S_{откр} x_{err}$$
$$S_{откр}(t+1) = S_o(t_1) \vee S_{откр} x_p \overline{x_{err}}$$
$$S_з(t+1) = S_{откр}\overline{x_p}\,\overline{x_{err}}$$

2. Конечный автомат, использующий состояния для хранения временных меток.

У каждого состояния автомата имеется внутренняя временная переменная t_s. При переходе в состояние этой переменной присваивается значение из множества временных сигналов T, находящихся внутри состояния S анализируется и уменьшается

время t_s. Если $t_s \le 0$, то автомат анализирует множество входных сигналов X и переходит в следующее состояние.

Автомат на рисунке 4 переходит из состояния S_1 в состояние S_2 через время равное t_1. В состоянии S_1 автомат находится на протяжении времени t_1, после чего анализирует множество входных сигналов X и переходит в новое состояние S_2.

Рисунок 4 – Безусловный переход

Автомат на рисунке 5 находится в состоянии S_1. В состоянии S_1 автомат находится на протяжении времени t_1, после чего анализирует множество входных сигналов X и переходит в новое состояние. Если комбинация сигналов $x_1 x_2$ то автомат перейдет в состояние S_2.

Если комбинация сигналов $x_1 \overline{x_2}$ то автомат перейдет в состояние S_3.

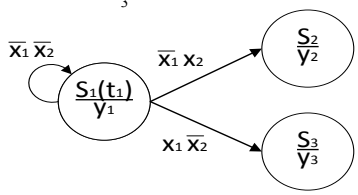


Рисунок 5 – Условный переход

Составим таблицу переходов для временного операционного автомата, управляющий заслонкой бункера (таблица 3, рисунок 6), где:

$S_{зак}$ – состояние, при котором заслонка закрыта;

S_o – состояние, при котором заслонка открывается

$S_з$ – состояние, при котором заслонка закрывается;

$S_{откр}$ – состояние, при котором заслонка открыта;

x_p – сигнал реле;

t_1 – 5 с.

Таблица 3 – Таблица переходов для автомата, использующий состояния для хранения временных меток.

	$\overline{K_з}K_o$	$\overline{K_з}\overline{K_o}$	$\overline{K_з}\overline{K_o}$	$K_з\overline{K_o}$
	$S_{зак}$	$S_o(t_1)$	$S_з(t_1)$	$S_{откр}$
x_p	$S_o(t_1)$			
$\overline{x_p}$	$S_{зак}$			
x_{err}				$S_o(t_1)$
$x_p\overline{x_{err}}$				$S_{откр}$
$\overline{x_p}\ \overline{x_{err}}$				$S_з(t_1)$
1		$S_{откр}$	$S_{зак}$	

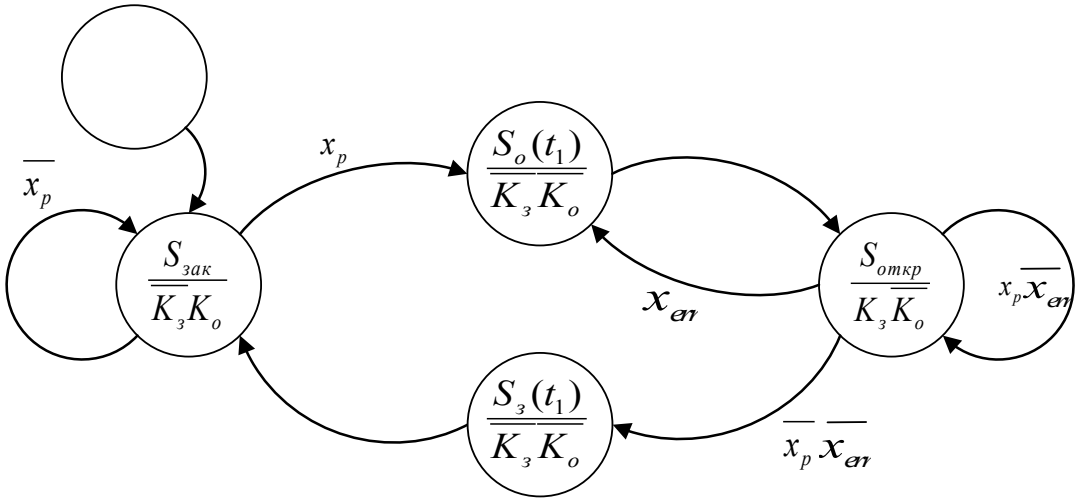


Рисунок 6 – Временной автомат, управляющий заслонкой бункера

Заключение. Представленные в статье подклассы временных конечных автоматов позволяют описывать киберфизические системы широкого класса с учетом темпоральной составляющей. Оба подкласса конечных автоматов эффективны при описании непрерывных процессов. При необходимости описания процессов с прерываниями возможно включение дополнительных промежуточных состояний, однако это влечет к увеличению сложности автоматной модели.

$$S_{зак}(t+1) = S_0 \vee S_{зак}\overline{x_p} \vee S_з(t_1)$$

$$S_o(t+1) = S_{зак}x_p \vee S_{откр}x_{err}$$

$$S_{откр}(t+1) = S_o(t_1) \vee S_{откр}x_p\overline{x_{err}}$$

$$S_з(t+1) = S_{откр}\overline{x_p}\,\overline{x_{err}}$$

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ «Кон-

курс на лучшие проекты фундаментальных научных исследований», грант № 19-07-00516 А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Gill A. Introduction To The Theory Of Finite State Machines. – 1962. – 207 p.

2. Волчихин В.И., Вашкевич Н.П., Бикташев Р.А. Модели событийных недетерминированных автоматов представления алгоритмов управления взаимодействующими процессами в многопроцессорных вычислительных системах на основе использования механизма монитора // Известия ВУЗов. Поволжский регион. Технические науки. 2013. №2 (26).

3. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Моделирование конечными автоматами систем массового обслуживания с различимыми каналами // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – №. 4-2 С. 318–321.

4. Дубинин В.Н., Дроздов Д.Н. Проектирование и реализация систем управления дискретными событийными системами на основе иерархических модульных недетерминированных автоматов (Ч.1. Формальная модель) // Известия ВУЗов. Поволжский регион. Технические науки. 2016. №1 (37).

5. Вашкевич Н.П. Недетерминированные автоматы в проектировании систем параллельной обработки: учеб. пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 280 с.

6. Мачалин В.А. и др. Стратегия параллельной обработки массивов данных в системе объективного контроля радиотехнического комплекса радиолокационного дозора и наведения // Радиотехника. – 2010. – №. 8. – С. 51–54.

7. Твардовский А.С., Лапутенко А.В. О возможностях автоматного описания параллельной композиции временных автоматов // Труды ИСП РАН 2018. – №1. – С. 20–40.

8. Симанков Владимир Сергеевич, Толкачев Демид Максимович Моделирование сложных объектов в режиме реального времени на основе сетей Петри // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2012. №4 (110). – С. 202–209.

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

10. Pashchenko D.V. et al. Directly executable formal models of middleware for MANET and Cloud Networking and Computing // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2016. – Т. 710. – №. 1. – С. 012024.

11. Твардовский А.С., Евтушенко Н.В., Громов М.Л. Минимизация автоматов с таймаутами и временными ограничениями // Труды ИСП РАН 2017. – №4. – С. 139–154.

12. Бурдонов И.Б., Косачев А.С., Кулямин В.В. Использование конечных автоматов для тестирования программ // Программирование. – 2000. – Т. 26. – №. 2. – С. 61–73.

13. Ястреб Н. А. Индустрия 4.0: киберфизические системы и интернет вещей // Человек в технической среде: сборник научных статей / Под ред. доц. НА Ястреб. Вологда: ВоГУ. – 2015. – №. 2.

14. Пащенко Д.В. и др. Сетевая модель языка «т» на основе цветных безопасных иерархических рекурсивных сетей Петри // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2015. – №. 3(35).

15. Dai W., Dubinin V., Vyatkin V. Automatically Generated Layered Ontological Models for Semantic Analysis of ComponentBased Control Systems //IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems (IEEE Publishing), – 2013. – Т. 9. – № 4. – pp. 2124–2136.

16. Насонов Е.И., Макиша Е.В. Киберфизические системы в строительной отрасли // ИВД. – 2019. – №1. – С. 87.

17. Макарова Е.Ю., Гудкова Е.А., Ярославцева Д.А. Моделирование подсистемы обработки информации в киберфизических системах с использованием UML // НиКа. 2017. – №1. – С 213–215.

18. Кудрявцева А. С. Киберфизическая система как развитие автоматизации на всех этапах жизненного цикла деятельности предприятия на основе внедрения цифровых технологий // SAEC. – 2019. – №1. – С. 312–320.

19. Берёза А. Н., Ляшов М. В. Эволюционный синтез конечных автоматов // Известия ЮФУ. Технические науки. 2011. №7. – С 210–217.

20. Синтез цифровых автоматов: учеб. пособие / Захаров Н.Г., Рогов В.Н. // Ульяновский государственный технический университет. Ульяновск. – 2003. – 135 с.

Статья поступила в редакцию 01.08.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 544.032.2+66.061.34

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СЫРЬЯ БЕРЕЗОВОГО ГРИБА *INONOTUS OBLIGUUS* НА ВЫХОД ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ, ОБЛАДАЮЩИХ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТЬЮ

© 2019

Ли Наталья Гаврошевна, аспирант, ассистент Департамента пищевых наук и технологий
Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)
(690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, e-mail: li.ng@dvfu.ru)
Каленик Татьяна Кузьминична, доктор биологических наук, профессор,
профессор Департамента пищевых наук и технологий
Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)
(690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, e-mail: kalenik.tk@dvfu.ru)

Аннотация. В статье изложены результаты по изучению влияния измельчения сырья чаги на выход экстрактивных веществ, обладающих антиоксидантной активностью. Показано, что помол на планетарной мельнице отличается высокой степенью измельчения сырья в отличие от помола на ножевой мельнице. Измельчение сырья чаги на планетарной мельнице позволяет получить однородный тонкодисперсный порошок с низким содержанием крупноразмерных частиц. Большая часть фракции, полученной при измельчении на планетарной мельнице, представлена частицами размером 50 мкм – 41,5%. Частицы размером от 2 до 50 мкм составляют 93,8 %. Частицы с размером свыше 100 мкм во фракции отсутствуют. Гранулометрический состав образца, измельченного на ножевой мельнице, характеризуется высоким процентным содержанием крупноразмерных частиц. Частицы с размером более 150 мкм составляли 40,7 %. При исследовании выхода меланина в экстрактах сырья чаги мелкого и крупного помола получены следующие результаты – 0,44 и 1,03 г на 100 мл экстракта соответственно. Количество меланина, извлеченного из экстракта мелкого помола, в 2,3 превышало количество меланина, извлеченного из экстракта крупного помола. Экстракт сырья чаги крупного помола в отношении DPPH-радикалов проявляет меньшую антирадикальную активность, чем извлечение, полученное из мелкого помола.

Ключевые слова: березовый гриб чага, *Inonotus obliguus*, измельчение, тонкий помол, сверхтонкий помол, антиоксиданты, антиоксидантная активность, антирадикальная активность, планетарная мельница, ножевая мельница, DPPH радикалы, меланин, экстракция, водные извлечения чаги, экстракт чаги.

EFFECT OF THE DEGREE OF CRUSHING THE RAW MATERIAL OF THE CHAGA MUSHROOM *INONOTUS OBLIGUUS* ON THE OUTPUT OF EXTRACTIVE SUBSTANCES POSSESSING ANTIOXIDANT ACTIVITY

© 2019

Li Natalia Gavroshevna, graduate student, assistant of Department of Food Sciences and Technology
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
Far Eastern Federal University (FEFU)
(*690950, Russia, Vladivostok, Sukhanov St., 8, e-mail: kalenik.tk@dvfu.ru*)

Abstract. The article presents the results of the study of the impact of grinding raw chaga mushroom on the yield of extractive substances with antioxidant activity. It is shown that grinding at a planetary mill is distinguished by a high degree of grinding of raw materials, in contrast to grinding at a knife mill. Grinding of raw materials chaga mushroom in a planetary mill allows to obtain a homogeneous fine powder with a low content of large-sized particles. Most of the fraction obtained by grinding in a planetary mill, represented by particles of 50 microns - 41.5%. Particles ranging in size from 2 to 50 microns make up 93.8%. Particles with a size greater than 100 microns in the fraction are missing. The granulometric composition of the sample, crushed in a knife mill, is characterized by a high percentage of large particles. Particles larger than 150 microns accounted for 40.7%. In the study of the yield of melanin in extracts of raw chaga mushroom fine and coarse grinding obtained the following results - 0.44 and 1.03 g per 100 ml of extract, respectively. The amount of melanin extracted from the finely ground extract was 2.3 higher than the amount of melanin extracted from the coarse extract. The extract of the raw material of the coarse grinding in respect of DPPH radicals exhibits less antiradical activity than the extract obtained from fine grinding.

Keywords: chaga mushroom, Inonotus obliguus, grinding, fine grinding, superfine grinding, antioxidants, antioxidant activity, antiradical activity, planetary mill, knife mill, DPPH radicals, melanin, extraction, water extracts of fungus, extract of fungus.

Введение. Процессы измельчения имеют особое значение при переработке растительного сырья. Принципиально различным их использованием является получение экстрактов, пищевых добавок и приготовление различных пищевых суспензий. Особое значение на извлечение действующих веществ из растительного материала оказывает степень его измельчения. Степень измельчения сырья является основным факторам, влияющими на скорость и полноту экстракции биологически активных веществ из растительного сырья, наряду с типом выбранного экстрагента, температурой и продолжительностью экстрагирования. Известно, что чем больше степень измельчения сырья, тем полнее протекает диффузия, что обусловлено увеличением поверхности соприкосновения фаз [1]. Влияние гранулометрического состава измельченного растительного сырья на выход экстрактивных веществ рассмотрено в работах ряда авторов [2–6], показано, что степень измельчения существенно влияет на выход целевых веществ.

Одним из перспективных источников с высокой антиоксидантной активностью действующего вещества меланина является березовый гриб – *Inonotus obliguus*. Он развивается в виде бесформенных наростов на березе, известен под названием «чага» или «березовый гриб». В исследовании Сысоевой М.А. и др. (2009) приведены экспериментальные данные, характеризующие антиоксидантную активность водных и спиртовых извлечений чаги [7]. Высокие значения антиоксидантной активности извлечений чаги представляют целесообразным применение их в качестве антиоксидантной защиты пищевых продуктов.

В технологии получения препаратов на основе гриба чаги основным производственным процессом является экстрагирование сырья с помощью воды или другого органического растворителя, разрешенного для использования в фармацевтической промышленности. Полифенолоксикарбоновый комплекс, образующий в водных извлечениях коллоидную гидрофильную полидисперсную систему, составляет основную часть веществ, экстрагируемых водой из чаги. Водой из чаги удается экстрагировать около 30% сухих веществ гриба, таких как меланин, фенольные вещества, полисахариды и неорганические соединения [8-9]. Дисперсионная среда этой системы содержит соли органических и минеральных кислот, полисахариды, полифенолы и другие, еще не выявленные, компоненты [10].

Основным действующим компонентом водных извлечений березового гриба *Inonotus obliguus* является меланин. Меланины чаги представляют собой частицы, структурообразующими элементами которых являются агрегаты и субагрегаты. Частицы меланинов в водном извлечении чаги имеют размеры от 400 до 120 нм, а также могут присутствовать частицы с диаметром около 60 нм и менее [11]. К основополагающим свойствам, определяющим интерес ученых к меланинам, относится высокая антиоксидантная активность меланина, которая составляет 2,0-7,0 Кл/мл и 20–39 кКл-100 г соответственно [8]. Причем отмечено, что содержание меланинов в спиртовых экстрактах чаги в 5 раз меньше, чем в водном извлечении чаги [1]. Широкий спектр биологической активности меланиновых пигментов указывает на перспективу использования излечений гриба *Inonotus obliquus* в качестве пищевой добавки, сочетающей свойства антиоксиданта, стресс-протектора, антимутагена и красителя.

Анализ последних исследований и публикаций. Предлагаемые авторами способы экстрагирования сырья чаги [9,12–18] направлены на повышение содержания активных веществ в экстрактах, увеличения их антиоксидантной активности по сравнению с способом, указанным в фармакопейной статье [19]. В качестве экстрагентов преимущественно применяют воду и различные органические растворители. Авторами [20] предложен способ криопомола сырья чаги в шаровой криомельнице барабанного типа до тонкодисперсного состояния с размером частиц менее 60 мкм, тем самым это позволяет получить продукт – порошок чаги с повышенным содержанием биологически активного хромогенного полифенолкарбонового комплекса, обладающего радиопротекторными свойствами. Однако, большинство способов экстракции чаги, проводится с использованием сырья, измельченного до размеров частиц 2-7 мм.

В связи с этим, **целью** нашей работы было изучение влияния степени измельчения сырья березового гриба *Inonotus obliguus* на выход экстрактивных веществ и оценка антирадикальной активности полученных экстрактов.

Для измельчения образцов использовали планетарную мельницу Pulverisette 4 (FRITSCH, Германия) с агатовыми барабанами и шарами, при числе оборотов планетарного диска 400 об/мин., продолжительность измельчения 7 мин. и ножевую мельницу Tube Mill control (IKA, Германия) при скорости 5000 об./мин. в течении 5 мин. Измерения гранулометрического состава исследуемых образцов проводили методом лазерной дифракции на приборе Analysette 22 NanoTec plus (FRITSCH, Германия), имеющем диапазон измерений от 0,01 мкм до 2100 мкм. Оценка размера твердых частиц осуществляется за счет детектирования рассеянного лазерного пучка и расчета конечного результата согласно теории Фраунгофера. Для измерения использовались зеленый прямой и инфракрасный лазеры. Диапазон измерений составил от 0.08 до 2000 мкм. Минимальный коэффициент затемнения луча – 10 единиц. Все измерения проводились в пяти повторностях, с последующим усреднением результатов.

Экстракты чаги получали по методу, указанному в Государственной Фармакопее [12]. Получен-

ные извлечения затем высушивали на лиофильной сушилке Freeze dryer (New Brunswickscientific co, США).

Меланины выделялись согласно общепринятой методике осаждением хлористоводородной кислотой из экстрактов чаги. К водному экстракту чаги добавляют 25% раствор хлористоводородной кислоты до pH 1,0-2,0, полученную смесь перемешивают и оставляют на 30 минут, выпавший темно-бурый осадок меланина отделяли фильтрованием под вакуумом и высушивали. Антирадикальную активность определяли колориметрическим методом, основанным на реакции с DPPH радикалами. Измерения проводились на спектрофотометре UV-1800 (Shimadzu, Япония) при длине волны 517 нм. По результатам измерений были построены кривые зависимости % ингибирования радикалов DPPH от концентрации исходного антиоксиданта и вычислен показатель EC50 – концентрация экстракта антиоксиданта, при которой наблюдается 50%-ное ингибирование радикалов DPPH.

Материалы исследования. При изучении гранулометрического состава исследуемых образцов были получены следующие данные. Помол на ножевой мельнице Tube Mill control (крупный помол) отличается широким размерным диапазоном: от 0,5 до 1250 мкм (рисунок 1).

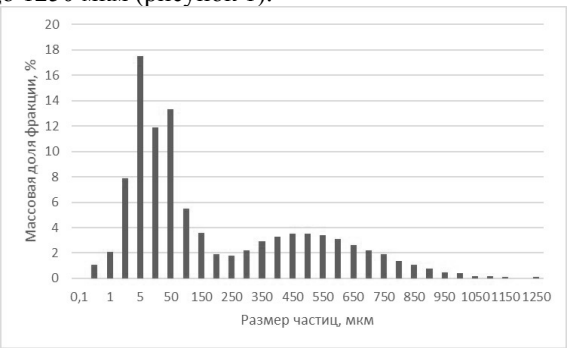


Рисунок 1 – Размерная характеристика частиц чаги, измельченной на ножевой мельнице Tube Mill control (крупный помол)

Половину фракции измельченного сырья чаги составляли частицы с размером от 2 до 50 мкм – 50,6 % от общего количества частиц. Частицы с размером более 150 мкм составляли 40,7 %. Во фракции также присутствуют частицы, относящиеся к грубому помолу (1000–500 мкм) – 20,9%. Данный помол характеризуется неоднородностью распределения частиц и высоким процентным содержанием крупноразмерных частиц.

Измельчение сырья чаги на планетарной мельнице Pulverisette 4 (мелкий помол) позволяет получить однородный тонкодисперсный порошок с низким содержанием крупноразмерных частиц. Большая часть полученной фракции представлена частицами размером 50 мкм – 41,5% (рисунок 2). Частицы размером от 2 до 50 мкм составляют 93,8 %. Частицы с размером свыше 100 мкм во фракции отсутствуют.

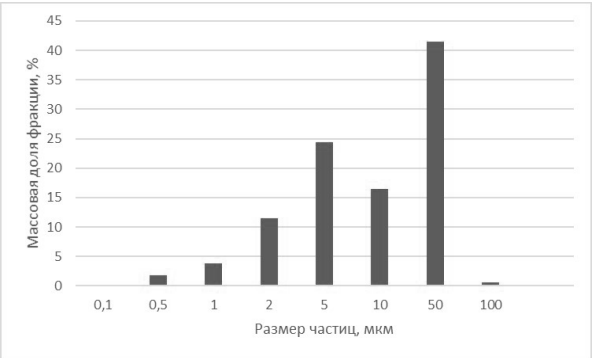


Рисунок 2 – Размерная характеристика частиц чаги, измельченной на планетарной мельнице Pulverisette 4 (мелкий помол)

Измельчение на планетарной мельнице позволяет получить тонкий (100—40 мкм) и сверхтонкий (<40 мкм) помол сырья чаги. Массовая доля фракции частиц размером от 2 до 50 мкм мелкого помола в 1,8 раза больше данного показателя для крупного помола.

На следующем этапе работы для оценки эффективности измельчения сырья были получены водные экстракты чаги и исследованы выход меланина и антирадикальная активность полученных экстрактов. Водорастворимая природа хромогенного комплекса чаги, содержащего меланин, позволяет эффективно экстрагировать его водой. Выход меланина в экстрактах сырья чаги мелкого и крупного помола составил – 0,44 и 1,03 г на 100 мл экстракта соответственно (рисунок 3). При сравнении показателя выхода меланина в полученных экстрактах, было установлено, что количество меланина, извлеченного из экстракта мелкого помола в 2,3 превышало количество меланина, извлеченного из экстракта крупного помола. Известно, что меланины малоспособны к диффузии через клеточные стенки, в связи с этим, измельчение исходного сырья до тонкого помола позволяет увеличить количество разрушенных клеток и тем самым увеличить выход меланина из полученных водных извлечений чаги.

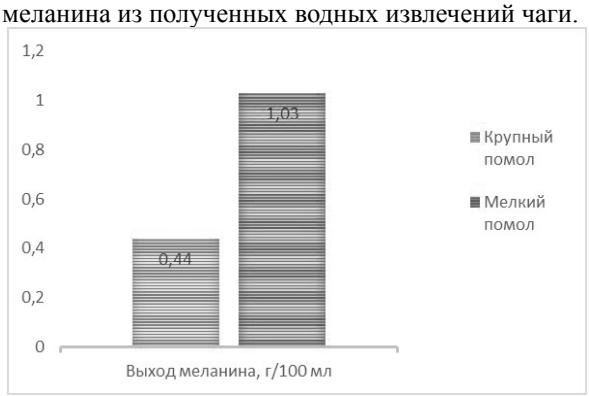


Рисунок 3 – Выход меланина в полученных экстрактах

При оценке антирадикальной активности, как правило, рассматривают основной показатель, ха-

рактеризующий антирадикальную активность по методу DPPH: EC50 – эффективная концентрация исследуемого антиоксиданта, при которой наблюдается 50%-ное ингибирование радикалов DPPH. Чем меньше этот показатель, тем активнее антиоксидант. Полученные нами данные, показывают, что экстракт сырья чаги крупного помола в отношении DPPH-радикалов проявляет низкие антирадикальные свойства, чем извлечение, полученное из мелкого помола. Показатель EC50 для экстракта чаги мелкого и крупного помола составляет 0,06 и 0,14 мг/мл соответственно (рисунок 4).

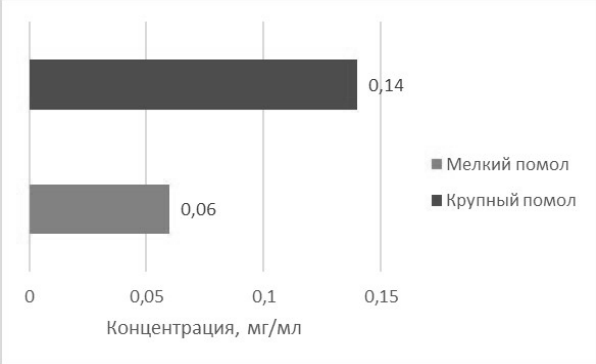


Рисунок 4 – EC50 полученных экстрактов

Выводы. Измельчение сырья чаги на планетарной мельнице позволяет получить тонкий и сверхтонкий помол, что обеспечивает увеличенную поверхностную площадь контакта с экстрагента с сырьем для достижения большего выхода экстрактивных веществ с антиоксидантной активностью.

Полученные данные позволяют заключить, что измельчение сырья чаги до частиц размером от 2 до 50 мкм увеличивает общее количество экстрактивных соединений, обладающих антиоксидантной активностью, для последующего применения в качестве пищевой добавки с антиокислительным действием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Минина С.А. Химия и технология фитопрепаратов: учебное пособие для вузов / С.А. Минина, И.Е. Каухова. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004. – 548 с.

2. Иванова Н. В., Малков Ю. А., Бабкин В. А. Характеристические параметры процесса экстракции коры лиственницы этилацетатом // Химия растительного сырья. – 2008. – №2. – С. 39–42.

3. Ломовский И.О. Влияние условий механохимической обработки на экстракцию гиперицина из травы зверобоя // Химия растительного сырья. – 2012. – №3. – С. 93–99.

4. Силин В.Е. Производство красящего концентрата из скорлупы семян кедровой сосны сибирской // Вестник КрасГАУ. – 2014. – №3. – С. 203–205.

5. Митрофанова И.Ю., Яницкая А.В., Гукасова В.В. Влияние технологических факторов на эффективность экстрагирования флавоноидов из травы девясила британского (Inula britannica L.) // Научные ведомости БелГУ. Серия: Медицина. Фармация. – 2014. – №4 (175). – С. 244–248.

6. Hye-Kyung Se. Antioxidant Activity of Subcritical Water Extracts from Chaga Mushroom (Inonotus obliquus) / Seo Hye-Kyung & Lee Seung-Cheol // Separation Science and Technology. – 2010. – Volume 45. – Issue 2. – P. 198–203.

7. Сравнительная характеристика антиоксидантной активности водных и спиртовых извлечений чаги / М.А. Сысоева, Л.Р. Юмаева, В.С. Гамаюрова, Г.К. Зиятдинова, Г.К. Будников, Ф.Г. Халитов // Химия растительного сырья. – 2009. – №2. – С. 121–124.

8. Кузнецова О.Ю. Физико-химические характеристики и биологическая активность водных извлечений и полифенолоксикарбоного комплекса чаги: автореф. дис. … канд. хим. наук: 15.00.02 / Кузнецова Ольга Юрьевна. – Казань, 2004. – 20 с.

9. Пат. 2343930 Российская федерация, МПК A61K36/06, B01D11/02. Способ получения водных экстрактов чаги / Сысоева Мария Александровна и др.; заявитель и патентообладатель Казанский государственный технологический университет. – № 2007113965/15,; зявл. 02.04.2007; опубл. 20.01.2009.

10. Сысоева М.А. Высокоактивные антиоксиданты на основе гриба Inonotus obliquus: автореф. дис. … док. хим. наук: 15.00.02 / Сысоева Мария Александровна. – Казань, 2009. – 32 с.

11. Сысоева М.А., Хабибрахманова В.Р., Гамаюрова В.С., Кудрявцева Л.А. Исследование золя водных извлечений чаги. IX. Определение размеров частиц дисперсной фазы золя извлечений из чаги // Химия растительного сырья. – 2008. – №2. – С. 75–80.

12. Пат. 2336888 Российская федерация, A61K 36/06, A61P 9/14, A61P 17/02, A61P 35/00, A61P 37/02, A61P 39/06. Способ получения спиртового экстракта чаги / Сысоева Мария Александровна и др.; заявитель и патентообладатель Казанский государственный технологический университет. – № 2007115936/15; заявл. 20.04.2007; опубл. 27.10.2008.

13. Пат. 2341277 Российская федерация, МПК B01D11/02, A61K36/06. Способ получения спиртового экстракта чаги / Сысоева Мария Александровна и др.; заявитель и патентообладатель Казанский государственный технологический университет. – № 2007126575/15; заявл. 12.07.2007; опубл. 20.12.2008.

14. Пат. 2406514 Российская федерация, МПК A61K 36/06, B01D 11/02, A61P 39/06. Способ получения водных экстрактов чаги / Сысоева Мария Александровна и др.; заявитель и патентообладатель Казанский государственный технологический университет. – № 2009113400/15; заявл. 09.04.2009; опубл. 20.12.2010.

15. Пат. 2438685 C1 Российская федерация, МПК A61K 36/06, B01D 11/02. Способ получения экстракта из березового гриба чага / Сысоева Мария Александровна, Харина Мария Владимировна; зая-

витель и патентообладатель Казанский национальный исследовательский технологический университет. – № 2010125737/15; заявл. 23.06.2010; опубл. 10.01.2012.

16. Пат. 2464032 Российская федерация, МПК A61K 36/06, B01D 11/02. Способ получения экстрактов гриба чага / Кузнецова Ольга Юрьевна и др.; заявитель и патентообладатель Казанский национальный исследовательский технологический университет. – № 2010124207/15; заявл. 11.06.2010; опубл. 20.10.2012.

17. Glamočlija Jasmina. Chemical characterization and biologicalactivity of Chaga (Inonotus obliquus), a medicinal “mushroom” / Glamočlija Jasmina [et al.] // Journal of Ethnopharmacology. V. 162. – 2015. – P. 323–332.

18. Zheng W. Analysis of antioxidant metabolites by solvent extraction from sclerotia of Inonotus obliquus (Chaga). / W. Zheng, M. Zhang, Y. Zhao, K. Miao, S. Pan, F. Cao, Y. Dai // Phytochem Anal. – 2011 Mar-Apr. – V.22 (2). – P. 95–102.

19. Государственная Фармакопея СССР: Вып.2. Общие методы анализа. 63. Inonotus obliquus. Чага. – М.: Медицина, 1990. – С.342–343.

20. Пат. 2167665 Российская федерация, МПК A61K 36/06, A61J 3/02, A61K 9/14, A61P 1/00, A61P 3/00, A61P 35/00, A61P 39/00, B02C 17/00. Способ получения порошка чаги / Бреднева Надежда Дмитриевна и др.; заявитель и патентообладатель Щеголев Анатолий Андреевич. – № 2000109756/14; заявл. 17.04.2000; опубл. 27.05.2001.

Статья поступила в редакцию 17.06.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 664.66: 534.838.7

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБА В ОГРАНИЧЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ КАМБУЗА НАДВОДНОГО КОРАБЛЯ

© 2019

Безгин Михаил Вячеславович, соискатель
Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева
(*199034, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8, e-mail mihail.bezgin@mail.ru)*

Аннотация. В целях интенсификации производства хлеба в ограниченном пространстве камбуза надводного корабля и снижения влияния на процессы тестоведения и выпечки внешних факторов среды, повышения показателей качества готовой продукции предложена технологическая разработка основанная на использовании нового технологического оборудования устройства для производства хлеба и хлебобулочных изделий УПХ-0,35 УЗ. Технологическая разработка основана на использовании метода капиллярного и вибрационного эффекта, что позволило достичь более равномерного распределения газов и паров в тесте и повысить пористость мякиша. Техническая разработка обеспечивает сокращение продолжительности производства хлеба и хлебобулочных изделий в одном аппарате на 12–15 %, обеспечивает ускорение процесса производства в 1,8–2 раза, соблюдение санитарно-эпидемиологических требований, снижение влияния внешних факторов окружающей среды на процесс тестоведения и выпечки, энерго- и трудозатрат обслуживающего персонала, упека на 18–20 %, а усушки на 22–25 %, температурного режим на 15–18 %, что уменьшает образование канцерогенных веществ и повышает выход изделий в условиях ограниченного пространства камбуза надводного корабля.

Ключевые слова: камбуз, устройство для выпечки, ультразвук, расстойка, выпечка, охлаждение свежеиспеченного хлеба.

ECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF THE INTENSIFICATION OF BREAD PRODUCTION IN A LIMITED SPACE OF A GARBAGE OF A SURFACE SHIP

© 2019

Bezgin Mikhail Vyacheslavovich, applicant
Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khruleva
(199034, Russia, St. Petersburg, Makarova emb., 8, e-mail: mihail.bezgin@mail.ru)

Abstract. In order to intensify the production of bread in the confined space of the galley of a surface ship and to reduce the influence of external environmental factors on the test and baking processes, to increase the quality indicators of finished products, a technological development based on the use of new technological equipment for the production of bread and bakery products UPH-0.35 UZ . Technological development is based on the use of the method of capillary and vibration effect, which allowed to achieve a more uniform distribution of gases and vapors in the test and increase the porosity of the crumb. Technical development provides a reduction in the duration of the production of bread and bakery products in one machine by 12-15%, accelerates the production process by 1.8-2 times, compliance with sanitary and epidemiological requirements, reduces the influence of external environmental factors on the process of testing and baking, energy – and labor costs of maintenance personnel, baking by 18–20%, and shrinkage by 22–25%, temperature regime by 15–18%, which reduces the formation of carcinogenic substances and increases the yield of products in the limited space of the galley of a surface ship.

Keywords: galley, baking device, ultrasound, proofing, baking, cooling of freshly baked bread.

Введение. В целях повышения показателей качества (органолептических, физико-химических и микробиологических), снижения трудоемкости и влияния факторов окружающего воздуха, а также ускорения производства хлеба в ограниченном пространстве камбуза надводного корабля предложена технология интенсификации производства хлеба в автоматическом режиме в ограниченном пространства камбуза надводного корабля.

Для решения поставленной цели необходимо решить задачи: повысить эффективность подготовки исходного сырья; объединить технологические операции и обеспечить их реализацию в автоматическом режиме. Реализация задач осуществляется за счет использования технологической разработки интенсификации производства хлеба в ограниченном пространстве камбуза надводного корабля.

Предложенная технология отличается тем, что в целях повышения показателей качества воды применяется устройство для ультразвуковой обработки жидких сред УАЖС-1, предназначенное для снижения количества микроорганизмов в воды и активации процессов обмена веществ у хлебопекарных дрожжей за счет диффузии; аэратор с вертикальным потокообразователем, обеспечивающий насыщение воды кислородом, что в 2-3 раза повышает бродильную способность дрожжей.

Производительность аэратора от 3 м^3/ч до 5 м^3/ч воздуха, для интенсификации производства и снижения влияния внешних факторов (повышенной влажности и температуры окружающего воздуха) применяется устройство для производства хлеба и хлебобулочных изделий УПХ-0,35УЗ [1] (рисунок 1).

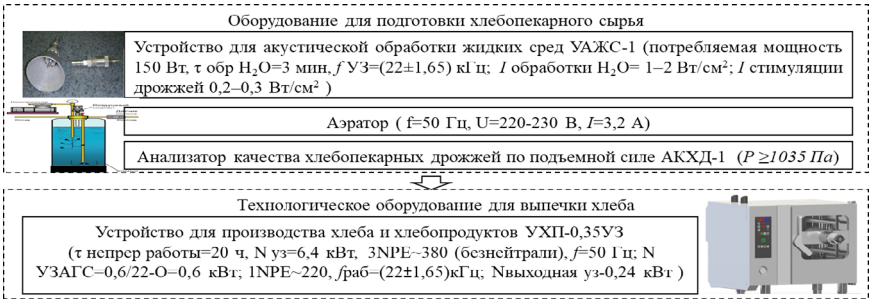


Рисунок 1 – Порядок использования технологического оборудования для реализации технологии

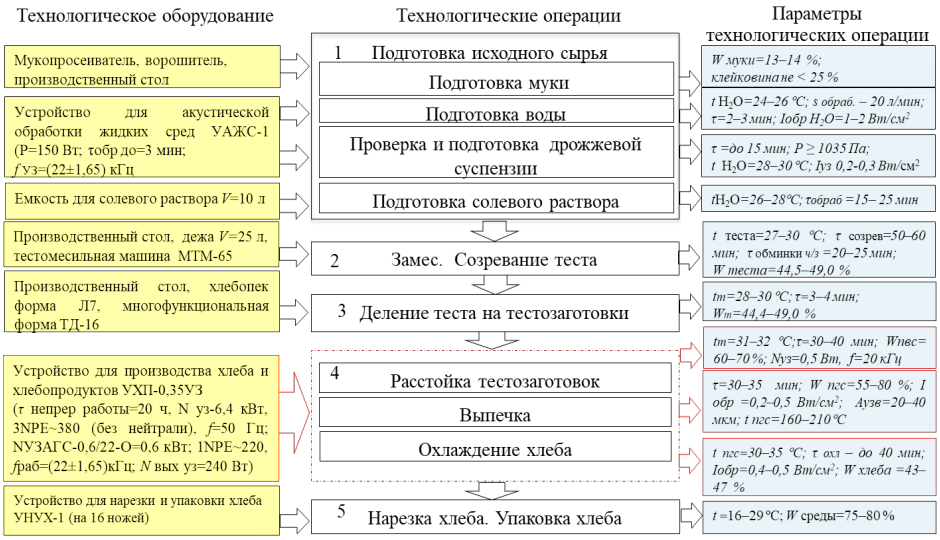


Рисунок 2 – Принципиальная схема предлагаемой технологии интенсификации производства хлеба в автоматическом режиме в ограниченном пространства камбуза надводного корабля

Реализация предлагаемой технологии на практике обеспечивает возможность интенсификации производства хлеба из хлебопекарного сырья в ограниченном пространстве камбуза надводного корабля, за счет объединения расстойки, выпечки тестозаготовок, а также охлаждение свежеиспеченного хлеба в едином технологичном процессе в автоматическом режиме. Принципиальная схема предлагаемой технологии производства хлеба показана на рисунке 2.

Производство хлеба по ускоренной технологии состоит из следующих технологических операций:

Подготовка исходного сырья. Технологическая операция включает следующие этапы:

а) *Подготовка воды*: заготовка, отстаивание, фильтрование, обработка ультразвуковым полем и аэрация. Основной целью подготовки воды является снижения количества микроорганизмов, обезжелезнение и повышение концентрации кислорода. Снижение количества микроорганизмов достигается обработкой воды объёмом *V*=10 л ультразвуковым полем интенсивностью *I*=1–2 Вт/см^{2,} продолжительностью τ=2–3 мин. Аэрация обеспечивает насыщение кислородом воду. Кислород увеличивает валентность железа. Металл теряет способность растворяться и оседает на фильтрах, что позволяет ускорить процесс созревания теста [2,3,4].

б) *Подготовка муки* включает: взвешивание, просеивание (насыщение кислородом, смешивание муки разных партий), магнитную очистку (удаление металлических частиц), приготовление мучной суспензии [5].

В технологический процессе подготовки мучной суспензии включен этап обработки ее ультразвуком (объем плотности энергии от 150–1200 Дж/см^3). Энергия акустической кавитации обеспечивает дробление крахмального зерна, частичную изотермическую клейстеризацию крахмала, а также гидролизует амилозу и амилопектин крахмала с образованием растворимых сахаров, необходимых для питания хлебопекарных дрожжей. Это ускоряет их активацию [6].

в) *Приготовление солевого раствора* обеспечивается растворением соли в обработанной воде температурой *t* = 25–30 ºС с последующим фильтрованием раствора.

г) *Приготовление дрожжевой суспензии включает*: проверку подъемной силы дрожжей (сухих или прессованных) с использование прибора АКХД-1 и их растворение в обработанной ультразвуком воде температурой *t* = 28–30 ºС [7, 8]. Для повышения бродильной активности хлебопекарные дрожжи растворенные в воде объёмом *V*=5–6 л обрабатываются ультразвуком интенсивностью *I*=0,2–0,3 Вт/см^2, продолжительностью τ=1,5–2,5 мин (в

зависимости от качества дрожжей).

Это обеспечивает ускорение процесса обмена веществ, за счет активного образования диоксида углерода, что снижает продолжительность созревания теста.

Второй технологической операцией является замес и созревание теста. Технологическая операция включает: замешивание теста (с использованием тестомесильной машины МТМ-65 в течение $\tau = 20–22$ мин) и его созревание (осуществляется в деже в течение $\tau = 35–55$ мин, температура теста $t = 27–30$ ºС) рисунок 3. Для улучшения структурно механических свойств тесто во время брожения подвергается обминке.

Третьей технологической операцией является разделка теста (деление теста на тестозаготовки). Операция осуществляется с использованием многосекционной формы для деления теста ТД-16 [9], позволяющей одновременно поделить кусок теста на тестозаготовки массой от m=0,7–0,9 кг (в зависимости от сорта выпекаемого хлеба), сократить продолжительность операции и не допустить снижение бродильной активности дрожжей (образование диоксида углерода), что позволяет сократить продолжительность расстойки.

Технологическая операция заканчивается помещением тестозаготовок в хлебопекарные формы Л7, предварительно стенки которых подогреты до температуры t = 29–31 ºС, а внутренняя поверхность смазана антипригарным раствором на основе кремнийорганических олигомеров (преимущественно каучука СКТН) [10].

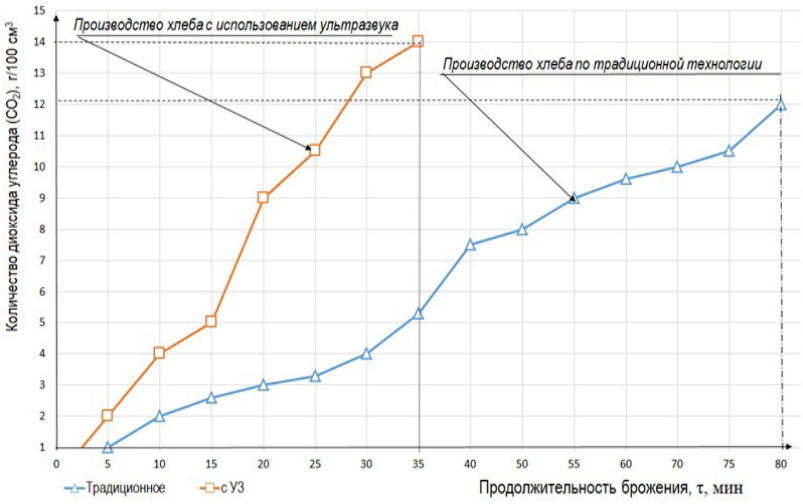


Рисунок 3 – Влияние активации дрожжей на их бродильную способность

Четвертая технологическая операция включает расстойку, выпечку и охлаждение свежеиспеченного хлеба.

а) Хлебопекарные формы с тестозаготовками помещаются в расстоечно-пекарную камеру на $\tau = 30–60$ мин при температуре парогазовой среды $t = 30–35$ ºС, что позволяет увеличить их объем в 1,4–1,8 раза и достичь максимальной набухаемости клейковины. Ускорение расстойки тестозаготовок в расстоечно-пекарной камере устройства УПХ-0,35 достигается за счет использования ультразвука интенсивностью I= 0,4–0,5 Вт/см^2 и частотой f=20 кГц;

б) выпечка хлеба осуществляется при температуре парогазовой среды t=160–210 ºС, и влажности W= 55–80 % [11,12]. Она состоит из трех периодов, каждые из которых характеризуется своими параметрами выпечки (температурой и влажностью парогазовой среды).

Первый период выпечки характеризуется протеканием более интенсивного внешнего тепло- и массообмена за счет использования ультразвука, в результате которого достаточно быстро осуществляется прогрев тестозаготовки.

При ультразвуке отмечаются интенсивная конденсация пара на поверхности полуфабриката, а высокая температура приводят к клейстеризации крахмала. Тонкая пленка клейстеризованного крахмала за счет вибраций становится более жидкой. Она содержит больше декстринов, хорошо заполняет поры и выравнивает шероховатости на поверхности, создавая гладкую, эластичную, глянцевую поверхность тестовой заготовки, что обеспечивает интенсивное и равномерное окрашивание всей поверхности изделия.

В начале *второго периода* выпечки начинается более интенсивное испарение образовавшегося конденсата с поверхности заготовки и углубление зоны испарения, сопровождающееся повышением температуры внешних и внутренних слоев тестовой заготовки. Происходит более быстрое углубление зоны испарения, возрастает пористость (причем, именно мелкопористость, так как дрожжи более равномерно распределены при расстойке в ультразвуке) и образование частично обезвоженного поверхностного слоя. В поле ультразвука влажность этого слоя быстро снижается, а температура повышается до 100

ºС и более. При температуре *t*=105–115 ºС верхнего слоя тестозаготовки начинает образовываться тонкая без отверстий корочка. Увеличение ее объема и высоты прекращается, а форма стабилизируется.

Третий период выпечки наступает с момента образования корочки, т.е. когда температура поверхности достигает 110–115 °С. Под действием ультразвука происходит углубление зоны испарения, расположенной ранее на границе подкоркового слоя и мякиша. С образованием корки доступ тепла падает, скорость испарения снижается, достигая постоянной величины. Прогрев внутренних слоев продолжается и при достижении температуры *t*=98–100°С, процесс выпечки прекращается.

Этап характеризуется тем, что подвод теплоты к обрабатываемому изделию осуществляют не только подачей нагретого воздуха по рециркуляционному контуру, но и за счет снижения термического сопротивления пристенного слоя теплоносителя у изделия (его завихрения) за счет воздействия ультразвука в объеме расстоечно-пекарной камеры. Это обеспечивает ускорение выпечки на 20–28 %.

в) технологический этап *охлаждения свежеиспеченного хлеба* $t_{мякиша}$=(96±1) °С осуществляется за счет резкого снижения температуры газовой среды внутри расстоечно-пекарной камеры в поле ультразвука интенсивности *I*=0,4–0,5 Вт/см^2 и принудительной конвекции *S* =1,5–2 м/с, что обеспечивает термостимуляцию до температуры $t_{мякиша}$=30–35 ºС, без снижения показателей качества [11,12].

Термостимуляция свежеиспеченного хлеба в расстоечно-пекарной камере при интенсивности ультразвука 0,4–0,5 Вт/см^2 позволяет преодолеть критический этап формирования бактерий (температура мякиша от 70 до 45 °С) [13,14].

Характеристика традиционной технологии производства хлеба из муки пшеничной 1 сорта по сравнению с предложенной представлена на рисунке 4.

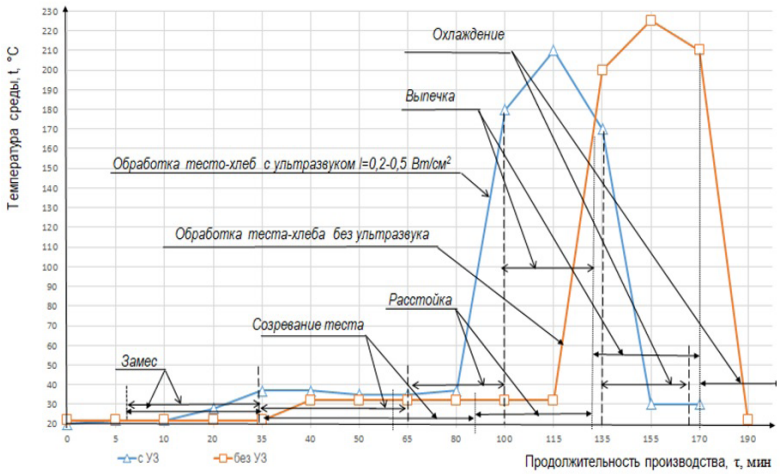


Рисунок 4 – Сравнительная характеристика процесса охлаждения хлеба из пшеничной муки 1-го сорта

При этом, необходимо отметить, что на протяжении всей технологической операции внутри расстоечно-пекарной камеры автоматически поддерживается температурно-влажностный режим.

Пятая технологическая операция. Нарезка и упаковка хлеба выполняется за счет использования устройства для нарезки и упаковки хлеба УНУХ-1 [15]. При температуре окружающего воздуха *t*=16–29 ºС и его влажности *W*= 75–80 % хлеб нарезается на ломти массой m=(60±10) г и упаковывается в биаксиально-ориентированную полипропиленовую пленку (толщиной 30 мкм).

Новизна технологической разработки заключается в том, что в отличие от традиционной использование акустического поля обеспечивает возможность последовательной и непрерывной расстойки, выпечки и охлаждения хлеба и хлебобулочных изделий в одной расстоечно-пекарной камере в автоматическом режиме обеспечивающим контроль за влаго-температурным режимом парогазовой среды, за счет ускорения протекания комплекса взаимосвязанных физических, биохимических, микробиологических и коллоидных процессов, ускоренно приводящих тесто в мякиш более высокого качества, не достижимого другим, более экономичным, способом.

Выводы. В результате экспериментальных исследований проведенных на базе ООО «Проектинтертехника» по применению предложенной технологической разработки с использованием экспериментального образца устройства для производства хлеба и хлебопродуктов УПХ–0,35 [1] получены следующие результаты [16].

1) Установлено, что воздействие ультразвука интенсивностью *I*=0,2–0,3 Вт/см^2 на дрожжевую суспензию, обеспечивает активацию дрожжей за счет механического разделения их скоплений и образования новых колоний, что ускоряет процесс созревания теста.

2) Выявлено, что использование ультразвука обеспечивает снижение продолжительности производства на 16–22 %, температурного режима на 20–30 ºС, упека на 18–20 %, усушки в 2 раза, трудозатрат в 1,6 раза, энергоресурсов 1,3–1,5 раз, повышение автоматики режима производства в 1,3–1,4 раза.

Хочется отметить, что использование ультразвука на этапе тепловой обработки тестозаготовки, выпечки и охлаждения обеспечило повышение ор-

ганолептических показателей (мелкопористость, кислотность, цветность мякиша и корки, упругость и гладкой поверхности) свежеиспеченного хлеба, усилился аромат и вкус, увеличилась продолжительность хранения за счет снижения черствения и плесневения хлеба.

1) Ультразвуковая обработка исходного сырья обеспечила ускорение процесса брожения и возможность его осуществления при температуре t=21 °С, но при дальнейшем воздействии ультразвука интенсивностью I= 0,5 Вт/см^2 на тесто расстоечно-пекарной камере. Воздействие ультразвука позволяет допустить повышение температуры паровоздушной среды при расстойке до t=37–38 °С, а также при наклонах и вибрациях, без снижения активности дрожжей.

Таким образом, предложенная техническая разработка, в отличие от традиционных, обеспечивает сокращение продолжительности производства хлеба и хлебобулочных изделий в одном аппарате на 12–15 %, обеспечивает ускорение процесса производства в 1,8-2 раза, соблюдение санитарно-эпидемиологических требований, снижение влияния внешних факторов окружающей среды на процесс тестоведения и выпечки, энерго- и трудозатрат пекаря, упека на 18–20 %, а усушки на 22–25 %, температурного режим на 15–18 %, что позволило обеспечить снижение образования канцерогенных веществ и повышение выхода готовых изделий в условиях ограниченного пространства камбуза надводного корабля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Пат. 158128 РФ, Устройство для производства хлебобулочных изделий, МПК A21B 1/00 [Текст] Романчиков С.А., Пахомов В.И., Антуфьев В.Т., Иванова М.А., Николюк О.И., Стулов С.В. Безгин М.В., заявитель и патентообладатель ВАМТО, № 2015100836/10, приор. 12.01.2015, опубл. 20.12.2015, Бюл. № 35. – С. 66–72.

2. Романчиков С.А. Устройство для ультразвуковой ускоренной сушки макаронных изделий в поле инфракрасного излучения Ползуновский вестник. 2018. № 1. – С. 70–76.

3. Русанова Т.В., Дмитриев В.В., Мачихин С.А. и др. Интенси-фикация процесса брожения дрожжей в хлебопечении с помощью ультразвука // Хлебопек и кондит. пром-сть, 1974. № 5. С. 28.

4. Шестако С.Д. Технология и оборудование для обработки пищевых сред с использованием кавитационной дезинтеграции / С.Д. Шестаков, О.Н. Красуля, В.И. Богуш [и др.]. СПб.: ГИОРД, 2013. 152 с.

5. 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» № 3, 2015.

6. Поландова Р.Д. Шестаков С.Д.Волохова Т.П. Способ активации хлебопекарных дрожжей Пат 2184145 МПК C12N 1/16 2000105151/13, приор 01.03.00, опубл 27.06.02, Бюл. 5. – С. 134–142.

7. Романчиков С.А. Термодинамический способ оценки бродильной активности дрожжей при производстве хлеба, Хлебопродукты. 2018. № 5. – С. 55–57.

8. Пат. 166347 Российская Федерация, МПК G01N 33/10, C 12Q 1/04, Анализатор качества дрожжей хлебопекарных / Романчиков С.А., Баранов Витал., В. Баранов Влад. В.; заявитель и патентообладатель ФГКВОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева». – № 2015152772/15; заявл. 08.12.2015 г. опубл. 20.11.2016 г. Бюл. № 32. – 88 с.

9. Пат. 175392 Российская Федерация, МПК A21C 5/00, Тестоделитель [Текст]/ Романчиков С.А., Лобов А.А., Попов А.А., Пахомов В.И., заявитель и патентообладатель ФГКВОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» (RU).-№ 2017103553, приор 02.02.2017, опубл 04.14.17, Бюл 34. – 123 с.

10. Антипригарные покрытия форм и металлических листов [Электронный ресурс] ussbread.ru/xlebopekarnoe-oborudovanie/antiprigarnye-pokrytiya-form-i-metallicheskix-listov.html.

11. Верболоз Е.И., Романчиков С.А. Особенности низкотемпературной тепловой обработки мясопродуктов в пароконвектомате с наложением ультразвуковых колебаний Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 3 (73). – С. 35–41.

12. Хмелев В.Н. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности / В.Н. Хмелев [и др.]. – Барнаул: АлтГТУ, 2007. – 416 с.

13. Романчиков С.А. Устройство для ультразвуковой ускоренной сушки макаронных изделий в поле инфракрасного излучения Ползуновский вестник. 2018. № 1. – С. 70–76.

14. Пат. 2688361 Российская Федерация, МПК A21D 15/02, Способ интенсификации охлаждения хлебобулочных изделий / Кононов А.В. Пахомов В.И., Романчиков С.А., Целыковских А.А., Лобов А.А., Николюк О.И. заявитель и патентообладатель ФГКВОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева».-№ 2018126030; заявл. 20.09.2018 г. опубл. 21.05.2019 г. Бюл. № 15. – 157 с.

15. Пат 177366 Российская Федерация, МПК B26D 1/06, B26D 3/28, Устройство для нарезки хлеба / Романчиков С.А., Дегтярев А.Н., Бабенков В.И. и др.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева». – № 2017112816; заявл. 13.04.2017 г. опубл. 19.02.2018 г. Бюл. № 5. – 167 с.

16. Акт экспериментальных исследований ООО «Проектинтертехника», № 2, 4–5.03.2019. – 4 с.

Статья поступила в редакцию 16.08.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 53.06, 613.281, 637.05

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МЯСА КОСУЛИ, ОБРАБОТАННОГО ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

© 2019

Тимакова Роза Темерьяновна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры пищевой инженерии
Уральский государственный экономический университет
(620144, Россия, г.Екатеринбург, ул. 8 марта/Народной воли, 62/45, e–mail: trt64@mail.ru)
Тихонов Сергей Леонидович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой пищевой инженерии
Уральский государственный экономический университет
(620144, Россия, г.Екатеринбург, ул. 8 марта/Народной воли, 62/45, e–mail: trt64@mail.ru)

Аннотация. Применение современных радиационных технологий обработки пищевой продукции позволяет обеспечить безопасность и сохранность высокого качества мясного сырья, обусловленного выбором оптимальных доз ионизирующего излучения. Мясо косули является диетическим мясом с высоким содержанием белков, микроэлементов и витаминов при пониженном содержании жировой ткани. Для изучения влияния разных доз ионизирующего излучения (3 кГр, 9 кГр, 10 кГр и 12 кГр) на качество мяса косули в процессе хранения необходимо проведение комплексной оценки органолептических показателей, показателей свежести и микробиологических показателей. Опытным путем установлена целесообразность ограничения применяемых доз излучения до 10 кГр, что обеспечивает высокие органолептические показатели, незначительное уменьшение содержания моно- и полиненасыщенных жирных кислот, низкую скорость гидролитических и окислительных процессов на периоде хранения до 30 суток. В процессе исследования установлена высокая эффективность радиационной обработки для уменьшения микробиологической обсемененности радиационно-обработанного мяса косули по сравнению с необлученным мясом. Охлажденное мясо косули промыслового забоя, облученное разными дозами ионизирующего излучения соответствует требованиям ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 034/2013.

Ключевые слова: ионизирующее излучение, доза, органолептическая оценка, жирные кислоты, кислотное число, перекисное число, показатели качества, радиационно-обработанное мясо косули.

A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF DEER MEAT TREATED BY IONIZING RADIATION

© 2019

Timakova RozaTemer'janovna, candidate of agricultural Sciences, associate Professor of food engineering
Ural State University of Economics
(620144, Russia, Ekaterinburg, March 8 St./People's will, 62/45, e-mail: trt64@mail.ru)
Tikhonov Sergey Leonidovich, doctor of technical Sciences, Professor, head of the Department of food engineering
Ural State University of Economics
(620144, Russia, Ekaterinburg, March 8 St./People's will, 62/45, e-mail: trt64@mail.ru)

Abstract. The use of modern radiation technologies of food processing allows to ensure the safety and preservation of high quality meat raw materials, due to the choice of optimal doses of ionizing radiation. ROE deer meat is a dietary meat with a high content of proteins, minerals and vitamins with a low content of adipose tissue. To study the effect of different doses of ionizing radiation (3 kGy, 9 kGy, 10 kGy and 12 kGy) on the quality of ROE deer meat during storage, it is necessary to conduct a comprehensive assessment of organoleptic indicators, indicators of freshness and microbiological indicators. The expediency of limiting the applied radiation doses to 10 kGy was established experimentally, which provides high organoleptic characteristics, a slight decrease in the content of mono-and polyunsaturated fatty acids, a low rate of hydrolytic and oxidative processes during the storage period up to 30 days. In the course of the study, high efficiency of radiation treatment was established to reduce the microbiological contamination of radiation-treated ROE meat in comparison with non-irradiated meat. Chilled meat of the commercial slaughter ROE deer irradiated with different doses of ionizing radiation meets the requirements of TR CU 021/2011 and TR CU 034/2013.

Keywords: ionizing radiation, dose, sensory evaluation, fatty acid, acid value, peroxide value, quality, radiation-processed meat deer.

Введение. Достижение продовольственной безопасности страны, создание необходимых резервов пищевой продукции и повышение уровня продовольственного обеспечения в соответствии с покупательским спросом и улучшение качества продуктов питания и сельскохозяйственного сырья определено как направление государственной политики РФ в области производства и потребления продукции агропромышленного комплекса [1].

После введения санкционного режима для на-

шей страны отмечается рост производства продукции животноводства на предприятиях отечественного АПК и в настоящее время в России полностью удовлетворены потребности населения в свинине и мясе птицы. Наряду с этим в последние годы отмечается интерес потребителей к мясу диких копытных животных промыслового забоя, в частности к мясу косули, что определяется его экологичностью и физиологической ценностью [2–4].

Выход мяса достигает до 60 % от живой массы животного. Мясо косули отличается высоким содержанием тонковолокнистой и нежной мышечной ткани (до 75 % от массы туши). В ней содержится много белка (до 21–22%) и незначительное количество жира (до 6,0 %). Соотношение незаменимых и заменимых аминокислот составляет 0,61. Мясо косуль – ценный источник витаминов и микроэлементов: цинка, меди, марганца, кобальта, молибдена, железа [5–7].

В связи с особенностями технологии добычи промыслового зверя и переработки ценного мясного сырья при изменении предпочтений потребителей в сторону свежего или охлажденного мяса для обеспечения сохранности мяса диких животных промыслового забоя требуется применение современных технологий хранения, к которым относится обработка ионизирующим излучением согласно требований ГОСТ 33820-2016 «Мясо свежее и мороженое. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов».

В отличие от традиционных технологий (воздействие холодом, тепловая обработка) температура пищевых продуктов во время обработки облучением практически не изменяется [8]. В процессе применения любой технологии обработки и хранения в пищевых продуктах протекают физико-химические, биохимические и микробиологические процессы, что может приводить к определенным изменениям органолептических показателей и показателей свежести. В тоже время при соблюдении процесса обработки излучением в пищевых продуктах не ухудшаются органолептические показатели [9-11].

В связи с этим, **целью исследований** является проведение комплексных исследований по изучению влияния различных доз ионизирующего излучения на показатели качества радиационно-обработанного охлажденного мяса косули на разных сроках хранения.

Материалы и методы исследования. Предметом исследования является мясо косули, обработанное разными дозами излучения (3, 9, 10 и 12 кГр), в процессе хранения. Были сформированы группы: контрольная группа образцов, которая не подвергалась облучению; опытные группы образцов, облученные дозами 3, 9, 10 и 12 кГр соответственно. Образцы мяса косули обрабатывали ионизирующим излучением в Центре радиационной стерилизации при УрФУ линейным ускорителем электронов модели УЭЛР-10-10С2 с установленными параметрами пучка ускоренных электронов [12].

Для формирования комплексной оценки показателей качества радиационно-обработанного разными дозами охлажденного мясного сырья промыслового забоя (мяса косули), проведенного по методике И. Б. Береговой [13], исследованы следующие показатели качества: органолептические показатели, показатели свежести (кислотное число, перекисное число), микробиологические показатели.

Методологическая основа для проведения органолептического анализа определена требованиями ГОСТ ISO 6658-2016 «Органолептический анализ. Методология. Общее руководство». Органолептический анализ основан на исследовании органолептических показателей при помощи органов чувств (зрения, вкуса, обоняния, осязания) в соответствии с требованиями нормативной документации.

Для органолептической оценки мяса косули применялся описательный метод аналитической оценки – балловая система оценки путем перевода качественных показателей (органолептические показатели) в количественные с использованием 5-балловой шкалы, предусматривающей характеристику признаков пищевой продукции по пяти качественным уровням [14]. Идентификация мясного сырья осуществлялась в соответствии с требованиями ТР ТС 034/2013.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе исследования проводилась обработка ионизирующим излучением дозами 3, 9, 10 и 12 кГр образцов мяса косули. Эффективность радиационной обработки по всем образцам охлажденного мяса косули составляет 100 %.

На втором этапе исследований проводилась органолептическая оценка, результаты которой согласно требований ГОСТ 7269–2015 «Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести» на основе описательной сенсорной характеристики облученных образцов охлажденного мяса косули промыслового забоя приведены по 5– балльной системе (рисунок 1а).

На этапе постановки на эксперимент необлученные образцы и образцы мяса косули охлажденной, облученной дозой 3 кГр, относятся к образцам, полностью соответствующим характерным признакам свежести мяса, оценены на 5,0 баллов и относятся к мясу отличного качества, органолептический профиль полностью совпадает. Облученные дозой 9 кГр образцы мяса косули получили высокую оценку (5,0 баллов) по показателям: состояние сухожилий, прозрачность и запах бульона, общая оценка составляет 4,90±0,05 балла, мясо оценено как мясо «очень хорошего качества». Облученные дозами ионизирующего излучения 10 кГр и 12 кГр образцы охлажденного мяса косули по следующим показателям: состояние жира, состояние сухожилий, прозрачность и запах бульона получили высокую оценку 4,8 и 4,6 балла соответственно, общая оценка составляет 4,70±0,03 и 4,40±0,06 балла соответственно, мясо оценено как мясо «очень хорошего качества» и «хорошего качества».

Рисунок 1 – а) Органолептический профиль облученных разными дозами (3, 9, 10 и 12 кГр) образцов охлажденного мяса косули промыслового забоя; б) Органолептический профиль образцов охлажденного мяса косули, обработанного разными дозами излучения (3, 9,10 и 12 кГр) через 10, 20, 30 и 39 суток хранения

С увеличением дозы облучения с 3 кГр до 12 кГр отмечается изменение цвета с темно-красного до темно-красновато-коричневого цвета; структура мышц на разрезе не изменяется, мышцы становятся слегка подсушенные и появляется легкая липковатость; консистенция мяса и жира слегка размягчается; запах свойственный мясу косули с еле уловимым шлейфом «вчерашнего мяса»; цвет жира становится бело-сероватым, запах осаливания отсутствует; сухожилия становятся менее упругими; бульон остается прозрачным.

Затем проводили органолептическую оценку на всем периоде хранения с учетом коэффициента резерва: через 10, 20, 30 и 39 суток хранения. Результаты балльной оценки представлены на рисунке 1-б.

Контрольные образцы необлученного мяса косули через 10 суток хранения можно отнести к свежему мясу отличного качества, через 20 суток хранения – к мясу сомнительной свежести (качество ниже среднего), через 30 и 39 суток хранения мясо несвежее (очень плохое качество).

Опытные образцы мяса косули, обработанные дозами ионизирующего излучения 3 кГр, 9 кГр, 10 кГр и 12 кГр после 10, 20 и 30 суток хранения относятся к образцам, полностью соответствующим характерным признакам свежего мяса на протяжении всего периода хранения с оценкой от «отличное качество» до «очень хорошее качество» и по органолептическим показателям относится к свежему мясу; через 39 суток по всем опытным образцам отмечается снижение балльной оценки до мяса «хорошего качества»: консистенция становится менее упругой, ямка выравнивается медленнее, консистенция жира более мягкая, балльная оценка – 4,37–4,64 балла.При хранении мяса косули, обработанного дозой 12 кГр, изменяются органолептические показатели: мясо отличается темно-красно-коричневым цветом, появлением липкости мышц, незначительным запахом осаливания, консистенция жира размягчается, бульон не очень прозрачный и балльная оценка на всем периоде хранения с более низкими оценками 4,40–4,50 балла.

Органолептический профиль опытных образцов через 10 и 20 суток наиболее высокий по мясу косули, обработанной дозой 3 кГр, через 30 и 39 суток – после обработки дозой 10 кГр.. При этом наблюдается снижение балльной оценки в процессе хранения для косули, облученной дозой 3 кГр, с 5,00 балла до 4,37 баллов, при обработке дозой 9 кГр – с 4,90 до 4,49 балла и дозой 10 кГр – с 4,70 до 4,64 баллов.

Таким образом, по результатам органолептической оценки установлено, что оптимальной дозой облучения, обеспечивающей хранение до 30 суток, можно определить дозу ионизирующего излучения 10 кГр.

В процессе хранения мясного сырья под влиянием физико-химических факторов происходят гидролитические и окислительные процессы и изменения жирно-кислотного состава. [15] отмечает, что скорость окисления ненасыщенных жирных кислот зависит от количества двойных связей. В тоже время окислительные изменения липидов незначительны, по мнению ряда авторов, за счет присутствия белков и продуктов взаимодействия белков и углеводов, которые обладают антиокислительным действием [16,17].

Жир, полученный от мяса косули, богат насыщенными жирными кислотами (НЖК) 1,01±0,01 % (пальмитиновая и стеариновая); содержание мононенасыщенных кислот (МНЖК) – 0,67±0,02 %, в том числе олеиновой кислоты – 0,58±0,01 %; содержание полиненасыщенных кислот (ПНЖК) – 0,50±0,01 %, в том числе содержание линолевой кислоты – 0,30±0,01 %, линоленовой кислоты – 0,06±0,01 %.

Соотношение ПНЖК к НЖК составляет 0,47÷0,48. Не установлено достоверной разницы изменения содержания жирных кислот с увеличением дозы облучения ($p \leq 0,05$) (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение структуры жирных кислот жировой ткани в процессе хранения мяса косули, % (p≤0,05)

Жирные кислоты	Доза облучения				
	0 кГр	3 кГр	9 кГр	10 кГр	12 кГр
10 суток					
НЖК	1,00±0,03	1,01±0,02	1,00±0,03	1,00±0,02	0,99±0,01
МНЖК	0,66±0,02	0,67±0,03	0,66±0,02	0,66±0,03	0,65±0,02
ПНЖК	0,49±0,02	0,50±0,02	0,49±0,01	0,49±0,02	0,48±0,01
20 суток					
НЖК	0,97±0,03	1,01±0,02	1,00±0,03	1,00±0,02	0,99±0,01
МНЖК	0,62±0,01	0,67±0,03	0,66±0,02	0,66±0,03	0,64±0,02
ПНЖК	0,46±0,03	0,49±0,01	0,48±0,02	0,48±0,02	0,47±0,02
30 суток					
НЖК	0,94±0,02	1,00±0,01	0,99±0,02	0,99±0,02	0,98±0,02
МНЖК	0,59±0,02	0,66±0,02	0,65±0,02	0,64±0,01	0,63±0,01
ПНЖК	0,42±0,02	0,48±0,02	0,47±0,01	0,46±0,02	0,45±0,01
39 суток					
НЖК	0,89±0,03	0,99±0,02	0,98±0,01	0,98±0,03	0,97±0,01
МНЖК	0,56±0,01	0,65±0,03	0,64±0,02	0,63±0,01	0,62±0,01
ПНЖК	0,37±0,01	0,47±0,02	0,46±0,01	0,45±0,02	0,44±0,01

Перекисное число жира (ПЧ) в опытных образцах жировой ткани мяса косули, облученных дозами 3, 9, 10 и 12 кГр, после 39 суток хранения составляет 3,8; 4,2; 4,6 и 5,1 ммоль активного кислорода/кг жира, что ниже перекисного числа контрольных образцов в 2,2 раза; в 2,0 раза; в 1,8 раза и в 1,6 раза соответственно (p≤ 0,05) (рисунок 2-а). В необлученном мясе косули по сравнению с облученным мясом более высокие показатели скорости окислительных процессов, а также установлено увеличение перекисного числа в процессе хранения. Перекисное число облученных разными дозами образцов на всем периоде хранения находится в пределах нормы.

Кислотное число (КЧ) в опытных образцах жировой ткани мяса косули, облученного дозами 3, 9, 10 и 12 кГр, после 39 суток хранения составляет 2,2; 2,4; 2,5 и 2,6 мг КОН/г, что ниже кислотного числа контрольных образцов на 72,7; 58,3; 52,0 и 46,2 % соответственно с высокой степенью достоверности (p≤ 0,05) (рисунок 2б). Полученные результаты показывают высокую скорость гидролитических процессов, протекающих в необлученном мясе косули по сравнению с облученным мясом, а также увеличение кислотного числа в процессе хранения. Кислотное число облученных разными дозами опытных образцов на всем периоде хранения находится в пределах нормы.

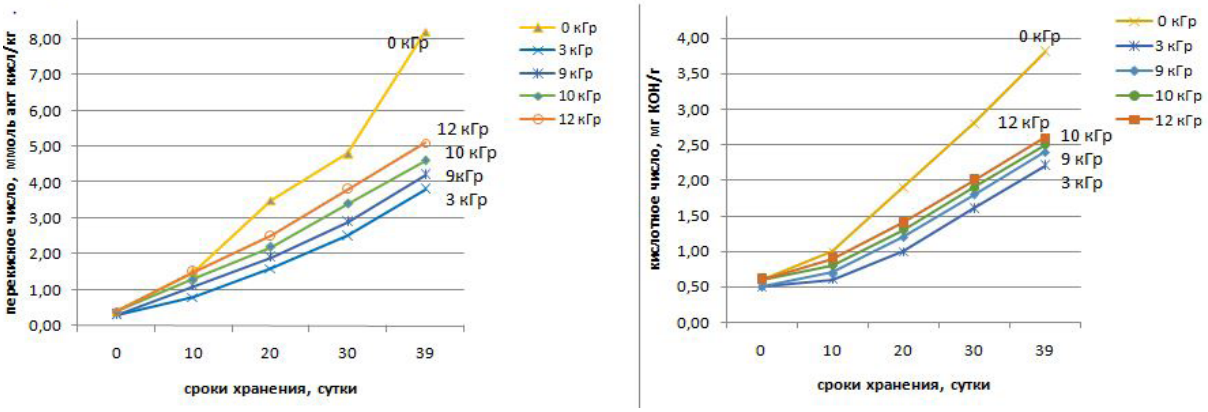


Рисунок 2 – а) Перекисное число жира в процессе хранения косули охлажденной косули, ммоль активного кислорода/кг жира; б) Кислотное число жира в процессе хранения охлажденной косули, мг КОН/г

В результате проведенных микробиологических исследований охлажденного мяса косули промыслового забоя в процессе хранения установлено, что микробиологические показатели радиационно-обработанного охлажденного мяса косули соответствуют нормам ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 034/2013 на всем периоде хранения до 39 суток. В облученных образцах мяса косули отсутствуют микроорганизмы группы БГКП; патогенные микроорганизмы, в том числе Salmonella и Listeria Monocytogenes; бактерии рода Proteus; показатели КМАФАнМ соответствуют допустимому уровню. В необлученных образцах показатели КМАФАнМ после 30 и 39 суток хранения превышают установленные нормативы безопасности и составляют $2{,}9 \cdot 10^4$ и $8{,}9 \cdot 10^6$ КОЕ/г.

Эффективность радиационной обработки через

10 суток хранения по всем опытным образцам охлажденного мяса косули составляет 100 %; через 20 суток хранения для опытных образцов, облученных дозой 3 кГр – 96,2 %, для опытных образцов, облученных дозами 9, 10 и 12 кГр – 100 %; через 30 суток хранения соответственно 99,5 %, 99,8 %, 99,8 % и 100 %; через 39 суток хранения для всех исследованных опытных образцов – 99,9 %. Полученные результаты доказывают высокую эффективность радиационной обработки охлажденного мяса косули, что согласуется с результатами органолептической оценки мяса косули и показателей свежести.

Для проведения комплексной оценки качества разработаны шкалы оценки показателей качества:

– органолептические показатели (балльная оценка: от 5 до 1; характеристика показателей: 5– полное соответствие требованиям ТР и ГОСТ, 4–незначительные несоответствия, 3–заметные несоответствия, 2–явные несоответствия и пригодно в пищу при соответствующей переработке, 1–выраженные (грубые) несоответствия, не пригодно в пищу);

– показатели свежести (КЧ, ПЧ) (балльная оценка: от 3 до 1; характеристика показателей: 3–соответствие требованиям ТР и ГОСТ, 2–незначительное превышение показателей, отнесение к категории условно-годного мясного/рыбного сырья, 1–не соответствие требованиям ТР и ГОСТ);

– микробиологические показатели (балльная оценка: от 2 до 1; характеристика показателей: 2–соответствие требованиям ТР и ГОСТ, 1–не соответствие требованиям ТР и ГОСТ).

Образцы исследуемого охлажденного мяса косули, обработанного ионизирующим излучением установленной оптимальной дозой 10 кГр, при хранении до 30 суток, являются качественными, так как взвешенные значения показателей качества и суммарный уровень качества находится в интервале качества 1≥0,97≥ 0,65 (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели качества охлажденного мяса косули, обработанного ионизирующим излучением дозой 10 кГр, при хранении до 30 суток

Показатель качества	Коэффициент весомости, g_i	Абсолютные значения показателей			Относительный показатель качества			Взвешенные значения показателей		
		$X_{баз}$	$X_{факт}$	X_{min}	$P_{баз}$	$P_{факт}$	P_{min}	$P_{баз} \cdot g_i$	$P_{факт} \cdot g_i$	$P_{min} \cdot g_i$
Органолептические показатели	0,50	5,00	4,67	4,40	1,00	0,93	0,88	0,50	0,47	0,44
Показатели свежести (КЧ, ПЧ)	0,25	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,25	0,25	0,08
Микробиологические показатели	0,25	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,25	0,25	0,13
Итого	1,00	–	–	–	–	–	–	1,00	0,97	0,65

Выводы и предложения. На основании проведенных исследований установлено, что охлажденное мясо косули промыслового забоя, облученное различными дозами ионизирующего излучения – 3, 9, 10 и 12 кГр, соответствует требованиям технических регламентов Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) и «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013).

В результате проведенного комплексного исследования показателей качества мяса косули (органолептическая оценка, показатели свежести, микробиологические показатели), облученного дозами 3, 9, 10 и 12 кГр, в процессе хранения до 39 суток предложено ограничение обработки ионизирующим излучением мяса косули дозой до 10 кГр, что позволяет обеспечивать высокое качество на периоде хранения до 30 суток с высокой степенью (до 99,8 %) эффективности радиационной обработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Стабилизация и развитие агропромышленного производства Российской Федерации на 1996−2000 гг.: федеральная целевая программа: утв. Указом Президента РФ от 18 июня 1996 г. № 933.

2. Сафонов В.Г. Пищевая продукция охоты и её значение в связи с проблемой экологической безопасности / В.Г. Сафонов, М.Н. Андреев, В.М. Глушков // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. – 2004. – № 1. – С. 21–22.

3. Денисович Ю.Ю. Разработка технологии обогащенных мясных продуктов функциональной направленности / Ю.Ю. Денисович, А.В. Борозда, Н.М. Мандро // Вестник АГАУ. – 2012. – № 6 – С.83–87.

4. Куциняк И. Морфологический состав мяса самцов кабана, благородного оленя, косули и некоторых домашних животных / И. Куциняк // Stiinta Agricola. – 2014. – № 2. – С. 112–114.

5. Житенко П.В. Товароведческая характеристика и ветеринарно-санитарная экспертиза мяса диких копытных животных: лось, дикий св. олень, косуля, сайгак: автореф. дис. ... докт. ветер. наук. Москва: Моск. вет. акад., 1969. – 32 с.

6. Пищулин С.В. Мясная продуктивность и качество мяса диких оленей Алтайского края: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Новосибирск: Сиб. научно-исслед. и проектно-технологич. ин-т живот, 2003. – 19 с.

7. Лумбунов С.Г. Морфологический, химический состав и пищевая ценность мяса диких копыт-

ных животных (изюбрь, косуля) Бурятии / С.Г. Лумбунов, А.Б. Жамсаев, С.Б. Ешижамсоева // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. − 2015. – № 4 (41). – С. 150–153.

8. Тимакова Р.Т. Органолептическая оценка облученных мясных полуфабрикатов на разных сроках хранения // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2018. – № 3 (50). – С. 51–57.

9. Костенко Ю.Г. Применение ионизирующих излучений для улучшения санитарно-микробиологических показателей мяса и мясных продуктов / Ю.Г. Костенко, Н.А. Шурдуба, Т.С. Шагова, М.Д. Телегина, В.И. Филатов. – М.: Мясомолочная промышленность, 1992. – 32 с.

10. Чиж Т.В. Радиационная обработка как технологический прием в целях повышения уровня продовольственной безопасности / Т.В. Чиж, Г.В. Козьмин, Л.П. Полякова, Т.В. Мельникова / Вестн. Российской академии естеств. наук. – 2011. – № 4. – С. 44–49.

11. Радиационная технология в сельском хозяйстве и пищевой промышленности / Под общ. ред. Г.В. Козьмина, С.А. Гераськина, Н.И. Санжаровой. Обнинск: ВНИИРАЭ, 2015. – 400 с.

12. Timakova R.T. Use of the method of electron paramagnetic resonance for determination of absorbed doses of ionizing radiation of different types of meat and fish raw materials / R.T. Timakova, S.L. Tikhonov, N.V. Tikhonova, V.M. Poznyakovskiy // Foods and Raw Materials. – 2017. – Vol. 5. №. 2. – P. 162–169.

13. Береговая И. Б. Управление качеством: практикум / И. Б. Береговая. – Оренбург: ОГИМ, 2009. – 94 с.

14. Сенсорный анализ продовольственных товаров: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Т.Г. Родина. – М: Академия, 2004. – 208 с.

15. Строев, Е.А. Биологическая химия / Е.А.Строев. М.: Высшая школа, 1986. – 479 с.

16. Green B.E. Lipid oxidation in irradiated cooked beef / B.E. Green, B.M. Watts // Food technology. – 1966. – Vol. 20, № 8. – P. 111–114.

17. Diehl J. F. Radiolytic effect in foods / J.F. Diehl // In: Josephson E.S., Peterson M.S. (eds.) Preservation of foods radiation. Vol. 1. Boca Ration, FL, CRC Press, 1982. – P. 279–357.

Статья поступила в редакцию 23.06.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 663.45

КОМПЛЕКСНЫЙ АКТИВАТОР БРОЖЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ПИВА

© 2019

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)
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: smbiologic@rambler.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. Проведены исследования с целью разработки нового комплексного активатора брожения на основе аминокислотно-витаминного активатора и Спирулины платенсис. Рассмотрено его влияние на морфологическое и физиологическое состояние, а также бродильную активность дрожжей низового брожения *Saccharomyces cerevisiae* раса 34/70 и верхового брожения *Saccharomyces cerevisiae* раса S-33. Экспериментально доказано положительное влияние комплексного активатора на физиологические параметры клеток дрожжей. Использование комплексного активатора увеличило в культуре количество клеток с гликогеном во всех исследуемых образцах дрожжей низового и верхового брожения по сравнению с контролем. Дрожжевые клетки улучшили свои морфологические свойства: увеличился их размер и однородность, снизилось количество мертвых клеток. Добавление комплексного активатора привело к интенсивному размножению дрожжей, что характеризовалось увеличением коэффициента размножения. Наиболее интенсивное размножение дрожжей наблюдалось при добавлении в сусло комплексного активатора с дозировкой препарата АВА 0,2% и Спирулина платенсис 0,002%. Так же при данной дозировке комплексного активатора удалось достичь наивысшей скорости забраживания и бродильной активности, благодаря чему можно рекомендовать этот комплексный препарат с целью активации дрожжей и интенсификации процесса брожения.

Ключевые слова: пивные дрожжи, раса, активатор брожения, аминокислотно-витаминный активатор, спирулина платенсис, физиологическое состояние, гликоген, бродильная активность.

MULTIPURPOSE FERMENTATION ACTIVATOR IN BEER TECHNOLOGY

© 2019

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 "RAS
(119021, Russia, Moscow, Rossolimo St., 7, e-mail: institut-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)
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: institut-beer@mail.ru)

Abstract. Studies have been carried out with the aim of developing a new complex fermentation activator based on the amino acid-vitamin activator and Spirulina platensis. Its influence on the morphological and physiological state, as well as the fermentation activity of bottom fermentation yeast Saccharomyces cerevisiae race 34/70 and top fermentation Saccharomyces cerevisiae race S-33 is considered. A positive effect of the complex activator on the physiological parameters of yeast cells has been experimentally proven. The complex activator use increased in culture the cell number with glycogen in all the samples of bottom and top fermentation yeast studied in comparison with the control. Yeast cells improved their morphological properties: their size and uniformity increased, the number of dead cells decreased. The addition of a complex activator led to an intensive yeast multiplication, which was characterized by an increase in the multiplication factor. The most intensive yeast multiplication was observed when a complex activator was added to the wort with the dosage of ABA 0.2% and Spirulina platensis 0.002%. Also with this complex activator dosage, it was possible to achieve the highest rate of fermentation and fermentation activity, due to which we can recommend this complex preparation in order to activate the yeast and intensify the fermentation process.

Keyword: brewer's yeast, race, fermentation activator, amino acid and vitamin activator, spirulina platensis, physiological state, glycogen, fermentation activity.

Введение. Пиво является продуктом биохимического процесса дрожжевых микроорганизмов, сбраживающих сусло из зернопродуктов. Вещества, необходимые для образования клеточных органелл и процессов жизнедеятельности, дрожжи получают из сусла [1]. Ферменты дрожжей перерабатывают такое количество питательных веществ сусла, которое во много раз превышает объем самой клетки. В дрожжевой клетке происходят сложные биохимические превращения, связанные с её существованием и размножением. Состояние дрожжей, один из важнейших факторов в ходе брожения, который обеспечивает максимальную интенсификацию процессов брожения и получение готового напитка хорошего качества. На физиологическое состояние дрожжевых клеток влияют их штаммовые особенности, режим хранения дрожжей, условия брожения, стрессовые факторы, происходящие во время брожения в клетке [2]. Культивирование дрожжей при сбалансированном составе питательного субстрата и оптимальных технологических режимах позволяет также в значительной степени повысить физиологическую активность дрожжей [3]. В сусле всегда должны быть необходимые для клеток дрожжей компоненты, а именно: аминокислоты для образования клеточных веществ; фосфаты для образования АТФ и двойного фосфолипидного слоя клеточных и внутренних мембран; жирные кислоты для строительства клеточных мембран; сахар для создания запасных углеводов; соли и микроэлементы [1].

Улучшить физиологическое состояние дрожжевых клеток и их способность адаптироваться к условиям среды можно с помощью внесения биологически активных добавок, которые выступают в роли активаторов брожения. Активаторы брожения – это вещества, которые, действуя на дрожжи как стимуляторы, активизируют их размножение и ускоряют весь процесс брожения, т.е. скорость ферментативных реакций [4,5,6]. Активаторы делятся на необходимые и несущественные: необходимые обязательно должны присутствовать в среде, так как реакция идет только в их присутствии [7]. При отсутствии несущественных активаторов реакция идет, но с меньшей скоростью. В качестве активаторов брожения могут выступать дрожжевые экстракты [8], творожная и подсырная сыворотка [9,10], янтарная кислота [11,12], различные гидролизаты [13], сине-зеленые водоросли [14]. Положительный эффект от вышеназванных препаратов обусловлен наличием в них аминокислот, витаминов, микро- и макроэлементов, что благоприятно сказывается на метаболизме дрожжей [15]. Активация дрожжей − актуальная задача современных бродильных производств, в связи с внедрением новых технологий, способствующих возникновению стресса у дрожжей, с расширением сети малой и средней мощности, работающих с препаратами сухих дрожжей с низкой жизнеспособностью и т.д.

В настоящее время предлагается ряд активаторов, относительно которых имеется положительный опыт применения в пивоварении. Один из таких – аминокислотно-витаминный активатор (АВА) – естественный стимулятор, полученный из остаточных пивных дрожжей путем разрушения их клеточных стенок и цитоплазматических мембран плазмолизом [16]. АВА служит источником аминокислот, витаминов и других соединений, необходимых клетке для её развития. С помощью данного препарата происходят интенсификация процесса размножения дрожжей, повышение их физиологического состояния и сокращение длительности процесса получения физиологически активной чистой культуры дрожжей [17]. Другой активатор, рекомендуемый для пивоваренного производства, Спирулина платенсис (*Spirulina platensis)* − это многоклеточная спиральная нитчатая микроводоросль [18], которая содержит в своем составе сбалансированный состав из незаменимых аминокислот, растительных жиров с преобладанием жирных кислот, витаминов, множества минералов и микроэлементов и другие вещества, участвующие в обменных процессах дрожжей [19]. Внесение препарата Спирулины платенсис в бродящую среду способствует ускорению сбраживания сахаров и накоплению биомассы [20].

Разработка и применение различных активаторов брожения является перспективным направлением в современном пивоварении, причем необходимо учитывать особенности развития микроорганизмов [21]. Необходимо учитывать взаимосвязь состава питательной среды и физиологию клетки, поскольку несбалансированный состав питательного субстрата может угнетать ферментативную активность дрожжей.

Целью данной работы являлось исследование влияния препарата аминокислотно-витаминного активатора (АВА) и Спирулины платенсис (СП), добавляемых по отдельности и в комплексе друг с другом, на физиологическое состояние пивоваренных дрожжей верхового и низового брожения с целью активации микроорганизмов на стадии брожения.

Материалы и методы исследований. В качестве объектов исследований служили дрожжи низового брожения *Saccharomyces cerevisiae* раса 34/70 и верхового брожения *Saccharomyces cerevisiae* раса S-33, широко применяемые на пивоваренных предприятиях, особенно на заводах средней и малой мощности. В качестве составных частей комплексного активатора использовали препарат сине-зеленых водорослей Спирулина платенсис в виде мелкого порошка зеленого цвета и аминокислотно-витаминный активатор (АВА), желтоватый раствор с содержанием сухих веществ 1,5-2,05%. Изучение морфологических и физиологических характеристик дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* проводили общепринятыми в микробиологии методами. Технологические показатели дрожжей определяли с использованием методов принятых в пивоваренной промышленности [22,23]. Сбраживание пивного сусла дрожжами низового брожения расы 34/70 проводили при температуре 10-12ºС, дрожжи задавали из расчета 20 млн. клеток в 1 см³ сусла.

Верховые дрожжи расы S-33 сбраживали сусло при температуре 18-20ºС, 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 микробиологическая чистота препаратов АВА и СП путем высева проб нескольких разведений препаратов на селективные среды с длительностью инкубации 72 часа. Анализ посевов выявил отсутствие посторонней микрофлоры в своем составе в обоих случаях.

Далее было определение оптимального состава комплексного активатора брожения, позволяющего получить физиологически активные дрожжи. Дозировку активаторов подбирали исходя из литературных источников. В пивное сусло добавляли препарат АВА в концентрации − 0,5%, 0,2% и СП − 0,01%, 0,005%, 0,003%, 0,002%, 0,001%.

В ходе исследования определяли показатели, характеризующие физиологическое состояние дрожжевой клетки - количество клеток с гликогеном, почкующихся и мертвых клеток, размер дрожжевых клеток и коэффициент размножения. Микробиологические показатели дрожжей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Микробиологические показатели дрожжей различных рас при культивировании с различными дозировками препарата АВА и СП

Состав сбраживаемого сусла	Содержание клеток с гликогеном, %	Усредненный размер клеток, мкм		Коэффициент размножения, % к начальному количеству дрожжей
		длинна	ширина	
	Дрожжи расы 34/70			
Сусло (контроль)	72	6,0	4,8	25,8
Сусло + АВА 0,5%	88	6,8	5,8	35,1
Сусло + СП 0,01%	89	6,7	5,7	36,5
Сусло+АВА 0,5%+СП 0,01%	87	6,4	5,5	31,0
Сусло+АВА 0,2%+СП 0,005%	89	6,4	5,5	31,0
Сусло+АВА 0,2% +СП 0,003%	89	6,5	5,6	29,9
Сусло+АВА 0,2%+ СП 0,002%	89	6,7	5,8	37,5
Сусло+АВА 0,2%+СП 0,001%	88	6,7	5,7	35,0
	Дрожжи расы S -33			
Сусло (контроль)	71	6,6	5,0	26,1
Сусло + АВА 0,5%	88	7,2	6,0	36,5
Сусло + СП 0,01%	87	7,1	6,1	37,4
Сусло+АВА0,5%+ СП 0,01%	88	7,0	5,8	33,1
Сусло+АВА 0,2% +СП 0,005%	88	7,0	5,8	33,1
Сусло+АВА0,2% +СП 0,003%	87	7,0	5,8	33,6
Сусло+АВА0,2%+ СП 0,002%	88	7,2	6,1	39,6
Сусло+АВА 0,2%+ СП 0,001%	88	7,2	6,1	36,5

Из полученных данных таблицы 1 видно, что дрожжи расы 34/70 и S-33, культивированные на среде с добавлением АВА и СП, имеют хорошее физиологическое состояние, все микробиологические показатели выше, чем в контроле. Количество клеток с гликогеном в опыте для обеих культур на 22-25% выше контрольных. Следует отметить, что у контрольного варианта клетки были средней выравненности, у опытных – клетки более крупные и хорошо выровненные.

Полученные результаты таблицы 1 показывают, что коэффициент размножения в опытных образцах выше, чем в контроле. Наилучший результат наблюдался у опытного образца с концентрацией в комплексном активаторе препарата АВА 0,2% и СП 0,002% для низовой расы дрожжей 34/70 и верховой расы дрожжей S-33.

Анализируя химический состав АВА и СП по литературным данным, следует отметить их практически идентичный состав (таблица 2).

Таблица 2 – Основные химические показатели препаратов АВА и СП (% на СВ)

Содержание	Содержание в препаратах	
	АВА [16]	СП [18]
Белка, в том числе:	58,0-64,0	60,0
- растворимого	40,0-42,0	нет данных
- аминного азота	13,0-15,0	нет данных
- α-аммиачного азота	5,0-7,0	нет данных
Углеводов	25,0-35,0	20,0
Липидов	4,5-6,0	5,0

Вероятно, положительный эффект от применения двух активаторов связан с определенным биохимическим составом вышеперечисленных компонентов. Наше внимание было направлено на определение жирнокислотного состава липидов. Известно, что по химическому строению жирные кислоты делятся на насыщенные и ненасыщенные, последние из которых могут содержать одну или несколько двойных связей (полиненасыщенные жирные кислоты ПНЖК). Установлено, что наиболее эффективное физиологическое воздействие оказывают полиненасыщенные жирные кислоты, лежащие между 3 и 4, а также 6 и 7 углеродными атомами. Эти кислоты относятся к семействам омега-3 и омега-4 (w-3 и w-6).

Недостаток ПНЖК приводит к изменению жирнокислотного состава клеточных мембран и тем самым нарушает их стабильность, и способствует снижению устойчивости к повреждающему действию. Способность клеток водоросли, применяемых при получении СП, синтезировать в значительных количествах высокомолекулярные жирные кислоты, свидетельствуют о большом энергетическом потенциале культуры. Следует отметить, что СП представляет собой уникальный по высокому содержанию γ-линоленовой кислоты растительный организм (порядка 22% от общего количества жирных кислот). В АВА преобладают свободные жирные кислоты, триглицериды, полярные липиды и стерины. Моно- и диглицериды содержатся в незначительном количестве.

Следующим этапом исследования было выяснение совместного присутствия АВА и СП в сусле и определение их влияния на бродильную активность дрожжей. Данная активность является одним из наиболее важных производственных признаков пивоваренных дрожжей, поскольку определяет длительность главного брожения, а значит физико-химические свойства пива, его биологическую и коллоидную стойкость, а также сенсорный профиль и его стабильность при хранении. Бродильная активность дрожжей взаимосвязана со скоростью их размножения, которая важна для быстрого сбраживания сусла.

Так как скорость размножения и бродильная активность взаимосвязаны, дальнейшие исследования проводили с комплексным активатором, содержащим 0,2% АВА и 0,001-0,002% СП, контролем служило сусло без внесения препаратов, результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Совместное влияние препаратов АВА и СП на бродильную активность дрожжей расы 34/70 и S-33 при сбраживании сусла

Состав питательной среды	Динамика накопления CO_2, г на 100 $см^3$ сусла, в зависимости от расы дрожжей, сут									
	34/70					S-33				
	1	2	5	6	7	1	2	5	6	7
Сусло (контроль)	0,49	1,10	2,05	2,30	2,48	1,25	1,40	2,15	2,38	2,55
Сусло+АВА 0,2%+ СП 0,001%	0,54	1,21	2,24	2,60	2,76	1,31	1,47	2,39	2,69	2,84
Сусло+АВА 0,2%+ СП 0,002%	0,59	1,34	2,47	2,81	2,99	1,47	1,72	2,56	2,79	3,04

По результатам проведенных исследований, представленных в таблице 3, при внесении комплексного активатора в процессе главного брожения наблюдалось повышение бродильной активности и скорости забраживания по сравнению с контрольными образцами, как у расы 34/70, так и у расы S-33. Количество CO_2 на 100 $см^3$ сусла в контролях на 7 сутки соответствовало количеству CO_2 в опытах на 5 сутки.

Заключение. Полученные результаты дали основание сделать вывод, что добавление комплексного активатора, состоящего из препарата АВА и СП, оказывает положительное влияние на морфологические, физиологические и технологические свойства дрожжей низового брожения *Saccharomyces cerevisiae* раса 34/70 и верхового брожения *Saccharomyces cerevisiae* раса S-33. Применение комплексного активатора позволило получить большую долю выровненных клеток дрожжей более крупного размера. Содержание гликогена увеличилось на 22-25% по сравнению с контролем, что обусловило активное размножение дрожжевых клеток. Наибольшее увеличение скорости размножения дрожжей было достигнуто при добавлении в сусло комплексного активатора, содержащего 0,2% препарата аминокислотно-витаминного активатора и 0,002% Спирулина платенсис. Так, в случае разбраживания верховой расы S-33 скорость размножения увеличилась на 51,7%, а в случае низовой расы 34/70 - на 45,3% по сравнению с контролем. Установлено, что при использовании комплексного активатора указанного выше состава на стадии главного брожения получена наиболее высокая скорость забраживания и бродильная активность у исследуемых культур. В результате проведенных исследований по совокупности полученных результатов была подобрана оптимальная дозировка состава комплексного активатора отечественного производства, состоящего из 0,2% препарата АВА и 0,002% СП, что позволит рекомендовать данный препарат в технологии брожения как комплексный активатор брожения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кунце В. Технология солода и пива / В. Кунце, Г. Мит. − СПб.: Профессия, 2001.− 912 с.

2. Бэмфорт Ч. Новое в пивоварении. − СПб.: Профессия, 2007.− 520 с.

3. Саришвили Н.Г. Микробиологические основы технологии шампанизации вина / Н.Г. Саришвили, Б.Б. Рейблат. − М.: Пищепромиздат, 2000. – 365

с.

4. Ленинджер А. Основы биохимии. – М.: Мир, 1985.− Т.1. − 369 с.

5. Страйтер Л. Биохимия. – М.: Мир, 1984. − Т.1.− 232 с.

6. Филлинович Ю.Б. Основы биохимии. – М.: Агар, 1999. – 512 с.

7. Диксон М. Ферменты / М.Диксон, Э.Уэбб. − М.: Мир,1982. − Т.1 – 392 с.

8. Бодрова О.Ю. Активирующий эффект воздействия дрожжевого экстракта на клетки *Saccharomyces cerevisiae* / О.Ю. Бодрова, А.Н. Кречетова, Н.Г. Ильяшенко, Л.Н. Шабурова // Производство спирта и ликероводочных изделий. − 2006. − №3. − С.29–20.

9. Помозова В.А. Активация пивных дрожжей / В.А. Помозова, Л.В. Пермякова, Е.А. Сафонова, В.В. Артемасов // Пиво и напитки. − 2002. − №2. − С.26–27.

10. Федюшкина И.Л. Интенсификация процессов сбраживания сусла путем активации спиртовых дрожжей: автореф. дис…канд.тех.наук. − Кемерово, 2005. − 16 с.

11. Гребенчиков В.А. Использование активаторов дрожжей при производстве кваса / В.А. Гребенчиков, М.В. Гернет // Пиво и напитки. − 2003. − №3. − С.34–37.

12. Оганесянц Л.А. Способ получения кваса / Л.А. Оганесянц, М.В. Гернет, В.Л. Лаврова и др. // Патент RU № 2253670, заявка 2003137372/13 от 26.12.2003, опубл. 10.06.2005, бюллетень № 16.

13. Гарманов Е.Л. Изыскание новых источников аминного азота для производства хлебопекарных дрожжей: автореф.дис. канд. техн. наук.− Воронеж,1978. – 27 с.

14. Голубев В.Н. Пищевая биотехнология. − М: Де Ли принт, 2001. – 123 с.

15. Серик А.П. Технология солода, пива и безалкогольных напитков. − М: Пищевая промышленность,1991. – 178 с.

16. Шабурова Л.Н. Разработка технологии активированных пивных дрожжей для заводов малой мощности: дисс. на соиск. уч степ. канд. техн. наук. – М., 2001 – 146 с.

17. Хныкин А.М. Разработка метода активации сухих пивоваренных дрожжей для заводов малой мощности / А.М Хныкин, А.И. Садова, А.М. Тимаев // Пиво и напитки. − 2012. − №2. − С.12–16.

18. Соловьев А.А. Водорослевая энергетика / А.А. Соловьев, М.Я. Лямин, Л.П. Ковешников, С.И. Зайцева, С.В. Кисилева, Н.И.Чернова. − М.: МГУ, 1997. − 67с.

19. Бидихова М.Э. Влияние Спирулины платенсис на физиологическое состояние пивоваренных дрожжей / М.Э. Бидихова, В.Л. Лаврова, М.В. Гернет // Пиво и напитки. – 2001. – № 5. – С. 26–27.

20. Бидихова М.Э. Разработка технологии главного брожения в пивоваренном производстве с использованием препарата Спирулина платенсис в качестве активатора / М.Э, Бидитхова, М.В. Гернет // Сборник докладов Юбилейной международной научно-практической конференции «Пищевые продукты XXI века». – М.: МГУПП. – 2001. – Т.1. – С. 250.

21. Мартынов А.А. Применение активаторов брожения «ВИТОЛ» в пивоваренной промышленности // Пиво и напитки. − 2011. − №1. − С.18–19.

22. Жвирблянская А.Ю. Микробиологический контроль производства пива и безалкогольных напитков. − М.: Пищевая промышленность,1970 – 159 с.

23. Слюсаренко Т.П. Лабораторный практикум по микробиологии пищевых производств. − М: Легкая и пищевая промышленность,1984. – 208 с.

Статья поступила в редакцию 03.07.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 664.951.2; 664.8.039.7

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРЕСЕРВОВ ИЗ СЕЛЬДЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОЗАЩИТНЫХ КУЛЬТУР

© 2019

Базарнова Юлия Генриховна, доктор технических наук, профессор,
директор Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая 29, e-mail:j.bazarnowa2012@yandex.ru)
Озерова Ольга Александровна, магистрант Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая 29, e-mail: olga_ozerova@list.ru)
Кораблёва Наталья Сергеевна, аспирант Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая 29, e-mail: mylya84@mail.ru)

Аннотация. Для подавления микробиологической порчи рыбных пресервов перспективным является использование биозащитных культур, оказывающих минимальное воздействие на свойства продукта. Бактерии рода *Lactobacillus*, обладающие антагонистической активностью по отношению к возбудителям микробиологической порчи пищевых продуктов, способны оказывать статическое воздействие на микрофлору, вызывающую биоповреждения пищевых продуктов. Работа посвящена разработке рецептур и технологии пресервов из замороженого филе атлантической *Clupea harengus* и тихоокеанской *Clupea pallasii* сельдей в заливках с использованием желирующих компонентов и биозащитных культур микроорганизмов. Приведены результаты исследований показателей качества мороженого и соленого филе сельди, изучены микроскопические характеристики промышленного препарата B-2 SAFEPRO (CHR Hansen), содержащего штаммы *Lactobacillus sakei*. Разработаны рецептуры пресервов «Сельдь пряная в желе» с использованием яблочного и цитрусового пектинов, винного и яблочного уксуса и вкусо-ароматических композиций из сухих специй, проведена выработка опытной партии пресервов. Установлено влияние биозащитных культур на динамику созревания пресервов. Изучены физико-химические, микробиологические и органолептические показатели пресервов при холодильном хранении, определен их срок годности.

Ключевые слова: биозащитные культуры, *Lactobacillus sakei*, мороженое и соленое филе сельди, буферность, созревание пресервов.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF PRESERVES FROM HERRING USING BIOPROTECTIVE CULTURES

© 2019

Bazarnova Julia Genrikhovna, doctor of technical sciences, professor, director of the Graduate School of Biotechnology and Food Technologies
Peter The Great St. Petersburg Polytechnic University
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya St., 29, e-mail: j.bazarnowa2012@yandex.ru)
Ozerova Olga Aleksndrovna, master student of the Graduate School of Biotechnology and Food Technologies
Peter The Great St. Petersburg Polytechnic University
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya St., 29, e-mail: olga_ozerova@list.ru)
Korablyova Natalya Sergeevna, post-graduate student of the Graduate School of Biotechnology and Food Technologies
Peter The Great St. Petersburg Polytechnic University
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya St., 29, e-mail: mylya84@mail.ru)

Abstract. Bacteria of the genus *Lactobacillus*, which have antagonistic activity against the pathogens of microbiological spoilage of food, are able to have a static effect on the microflora, which causes bio-damage to food products. The work is devoted to the development of recipes and technology of preserves from frozen fillet Atlantic *Clupea harengus* and Pacific *Clupea pallasii* herring in jelly and with bioprotective cultures of microorganisms. The results of studies of quality indicators of frozen and salted herring fillet, studied the microscopic characteristics of the industrial drug B-2 SAFEPRO (CHR Hansen), which contains strains of *Lactobacillus sakei*. Recipes of preserves "spicy Herring in jelly" with the use of apple and citrus pectins, wine and apple cider vinegar and flavoring compositions of dry spices were developed, a pilot batch of preserves was produced. The influence of bioprotective cultures on the dynamics of maturation of preserves is established. Physico-chemical, microbiological and organoleptic parameters of preserves during cold storage were studied, their shelf life was determined.

Keywords: bioprotective cultures, *Lactobacillus sakei*, frozen fillet and salted herring fillet, buffering, ripening of preserves.

Введение. Для рыбного хозяйства страны большое значение имеет проблема рационального использования сырьевой базы, характерной особенностью которой является неоднородность сырья, отличающегося размерным и массовым составом, биохимическими свойствами и пищевой ценностью.

Анализ современных способов переработки рыбного сырья свидетельствует о повышении относительной доли выпуска натуральных рыбных пресервов [1,2]. Дальнейшее развитие производства рыбных пресервов планируется в направлении повышения качества продукции, обеспечения ее вкусовых достоинств, использования сырья пониженной товарной ценности.

Сельдевые являются важнейшим объектом рыбного промысла. На 2016 год сельдь стала лидером в потреблении рыбной продукции у россиян [3]. Вылов сельдей в России осуществляется в северной части Атлантического океана, Черном, Азовском, Каспийском, Баренцевом морях и на Дальнем Востоке.

Запрет на поставки норвежской рыбы положительно повлиял на развитие отечественного рынка рыбной продукции. Лидером производства сельди всех видов обработки от общего произведенного объема сельди за 2014 год стал Дальневосточный федеральный округ с долей около 69,7% [4].

Полуфабрикаты и готовые продукты из сельдей отличаются доступной ценой, высокой пищевой ценностью и великолепными вкусовыми качествами. Именно сельдь является популярным компонентом рецептур традиционных рыбных блюд российской кухни. Сельдь является богатым источником витаминов *B12, A, D,* минеральных веществ, в том числе, кальция, калия, магния, йода [5]. Сельди характеризуются высоким содержанием лизина, тирозина, фенилаланина и триптофана, а также омега-3 ненасыщенных жирных кислот, а именно, эйкозапентановой, докозагексоеновой и докозапентоеновой. Омега-6-жирные кислоты сельдей представлены линолевой кислотой [6].

Ассортимент российской рыбной продукции, как и прежде, представлен в основном соленой, копченой рыбой, пресервами и консервами. Однако статистикой отмечена слабая насыщенность этого сегмента [7]. Ассортимент пресервов из сельди ограничен продукцией в масляных и винных заливках, имеющих длительный срок годности.

Для подавления микробиологической порчи рыбных пресервов перспективным является использование биозащитных культур, оказывающих минимальное воздействие на производственный процесс и свойства продукта [8]. Бактериальные штаммы, обладающие антагонистической активностью по отношению к возбудителям микробиологической порчи пищевых продуктов, относятся к роду *Lactobacillus* и способны оказывать статическое воздействие на микрофлору, вызывающую биоповреждения пищевых продуктов [9,10]. Микроорганизмы в составе биозащитных культур включаются в процесс ферментации, поэтому их можно отнести к обычным пищевым ингредиентам, что не требует отдельного вынесения сведений на упаковку [11].

Цель работы: исследовать влияние биозащитных культур на показатели качества пресервов из филе сельди при холодильном хранении.

Материалы и методы исследований. В качестве объектов исследования использовали образцы мороженого филе атлантической сельди *Clupea harengus* (Гренландия, завод GL 5778) и тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* (Мурманский Траловый Флот, корабль Владимир Сибирцев), соответствующие требованиям ГОСТ 3948 [12]; образцы соленого филе атлантической и тихоокеанской сельди (ООО «Торговый Дом «БАЛТИЙСКИЙ БЕРЕГ»), соответствующие требованиям ГОСТ 815 [13].

При разработке рецептур заливок для пресервов использовали образцы яблочного и цитрусового пектинов производства Herbsreith&Fox KG Pektin-Fabriken (Германия) и препарат B-2 SAFEPRO (CHR Hansen, Дания), содержащий штаммы *Lactobacillus sakei*.

Для составления объединенной пробы использовали блоки замороженного филе сельди с размерным рядом замороженного филе сельди от шести до десяти штук на 1 кг. Отбор проб проводили после дефростации в блоках, температура филе на поверхности блока составляла 9 °С, внутри блока – (–1 °С). Отбор проб замороженного филе сельди производился согласно ГОСТ 31339 [14].

Органолептические показатели сырого филе сельди определяли в соответствии с ГОСТ 815 [15]. Образцы до проведения испытаний хранились при температуре -22 °С в транспортной упаковке от производителя. В лабораторию образцы были доставлены в вакуум-пакете без целостного нарушения.

Массовую долю белка, жира и влаги в филе сельди определяли в соответствии с ГОСТ 31795 [16]. Массовую долю соли в соленой рыбе и заливке пресервов определяли в соотвествие с ГОСТ 27207 [17].

Созревание сельди при посоле и в пресервах определяли по показателю буферности согласно ГОСТ 19182 [16]. Содержание сухих веществ в заливках пресервов при хранении – по ГОСТ Р 51433 [18].

Опытно-промышленную выработку соленого филе сельди и пресервов осуществляли на базе ООО «ТД «Балтийский Берег» (г. Санкт-Петербург). Анализ санитарно-значимой микрофлоры филе сельди и пресервов при холодильном хранении осуществляли в соответствии с ГОСТ 10444.15, ГОСТ 31747, ГОСТ 31746 и МУК 4.2.2046 [19,20,21,22].

Исследование микрофлоры пресервов осуществляли при помощи микроскопирования с использованием бинокулярного микроскопа Eclipse с камерой ТС-100 (полезное увеличение – 1600 раз) [23].

Приготовление препаратов. Для приготовления мазка-отпечатка образцов пресервов, из по-

верхностного слоя рыбы стерильными ножницами срезали кусочек 0,5-1,0 г и срезанной стороной прикладывали к предметному стеклу, обезжиренному в смеси спирта с эфиром (1:1). Затем все предметные стекла сушили на воздухе или высоко над пламенем спиртовки, держа стекло мазком вверх, после чего фиксировали. После фиксации, мазки окрашивали метиленовым синим в течение 3-5 мин., промывали водой и сушили, осторожно промокая фильтровальной бумагой.

Лиофилизованный препарат В-2 SAFEPRO разводили в дистиллированной воде в соотношении 1:15. Полученную суспензию равномерно распределяли по поверхности нарезанной и уложенной в банки сельди в соотношении 0,02% к массе рыбы, после чего заполняли банки заливками, герметично укупоривали и подвергали хранению при температуре (4±2) °С в течение 25 сут.

Статистическую обработку результатов исследований проводили с использованием компьютерной программы Microsoft Office Exel. Степень достоверности результатов экспериментов подтверждается 3-кратной повторностью, воспроизводимостью данных и применением современных методов исследований.

Результаты и их обсуждение. Процесс филетирования сельди может приводить к повреждениям, ускоряющим нежелательные изменения при замораживании и хранении рыбы. Снижение качества разделки сельди ухудшает текстуру филе при хранении в замороженном состоянии. Результаты органолептической оценки качества и санитарно-значимой микрофлоры исследуемых образцов замороженного филе атлантической и тихоокеанской сельди показали, что все образцы филе соответствуют требованиям, предъявляемым к качеству и безопасности рыбы.

Сезонные колебания содержания жира у атлантической сельди значительны и могут варьироваться от 1 до 25% от общего содержания жира. От жирнокислотного состава и локализации жировой ткани зависит склонность замороженной рыбы к прогорканию [24].

Установлено, что содержание жира в зимний период вылова у тихоокеанской сельди выше, чем у атлантической на 3,2%, а содержание влаги – меньше на 5%. Содержание белка в обоих видах сельди примерно одинаковое (таблица 1).

Таблица 1 – Общий химический состав исследуемых образцов филе сельди

Показатель	Атлантическая		Тихоокеанская	
	Зимний вылов	Данные USFDA*	Зимний вылов	Данные USFDA*
Белок,%	16,9	17,7	16,3	14,0
Жир,%	16,3	12,5	19,5	15,0
Влага,%	68,3	61,3	63,3	69,5

* – USFDA — *Food and Drug Administration* — управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США.

Посол филе атлантической и тихоокеанской сельди осуществляли в течение 5 сут. при температуре (0±2) °С. Измерения содержания соли и влаги в филе сельди и в тузлуке проводили с периодичностью 0,5 сут. Выявлено снижение содержания влаги в филе в среднем на 13-14%. Установлено, что филе тихоокеанской сельди просаливается медленнее атлантической, поскольку отличается более высоким содержанием жира.

Согласно требованиям нормативов, для приготовления пресервов используется соленый полуфабрикат атлантической сельди с содержанием соли 4 % и тихоокеанской сельди с содержанием соли 4,5 % [25]. Установлено, что продолжительность просаливания филе атлантической сельди до требуемого содержания соли в рыбе составляет около 72 ч, а продолжительность просаливания филе из тихоокеанской сельди – около 120 ч.

Выявлено, что влагоудерживающая способность филе сельди при посоле увеличивается, что объясняется воздействием соли на мышечные белки рыбы. Общей процент связанной влаги в слабосоленом филе увеличился на 3-4 % по массе [26].

Показатель буферности созревшей сельди варьируется от 120 до 220 град [27]. Результаты исследований буферности соленого филе сельди свидетельствует об увеличении этого показателя в процессе посола до 70 град.

Критерии органолептических показателей соленого филе сельди в баллах приведены в таблице 2.

На рисунке 1 приведены органолептические показатели соленого филе сельди. Отмечен приятный вкус и запах соленого филе и более соленый вкус филе атлантической сельди.

Для приготовления пресервов разработаны заливочные смеси с содержанием желирующих компонентов на основе яблочного и цитрусового пектинов, подобраны вкусо-ароматические композиции из сухих специй. Нормы закладки сырья для приготовления пресервов приведены в таблице 3.

На рисунке 2 приведены фото пресервов из филе сельди в желе.

В таблице 4 представлена пищевая и энергетическая ценность пресервов из филе сельди в желе. Установлено, что употребление 100 г пресервов «Сельдь пряная в желе» позволяет полностью покрыть суточные потребности организма в полиненасыщенных жирных кислотах группы омега-3 и частично группы омега-6.

На рисунке 3 и 4 представлены микрофотографии заливок в процессе хранения пресервов.

В качестве контрольных образцов использовали пресервы, выработанные без добавок биозащитных культур.

Таблица 2 – Критерии органолептических показатели соленого филе сельди

Органолептические показатели	Критерии			
	5	**4**	**3**	**2-1**
Внешний вид	Поверхность чистая, по цвету свойственная данному виду	Поверхность с незначительным осадком белковых веществ на поверхности	Потускневшая поверхность	Потускневшая поверхность с желтоватым налетом
Вкус	Вкусный, свойственный соленой сельди	Приятный, свойственный соленой сельди	Невыраженный	Неприятный, имеется посторонний привкус
Запах	Приятный, свойственный соленой сельди	Свойственный соленой сельди	Невыраженный	Неприятный, запах окислившегося жира
Консистенция	Нежная, сочная	Упругая, сочная	Мягкая	Рыхлая
Соленость	Слабо соленое	Умерено соленое	Соленое	Очень соленое
Повреждения	Повреждений нет	Незначительные срывы кожи	Незначительные порезы филе и кожи	Значительные повреждения филе

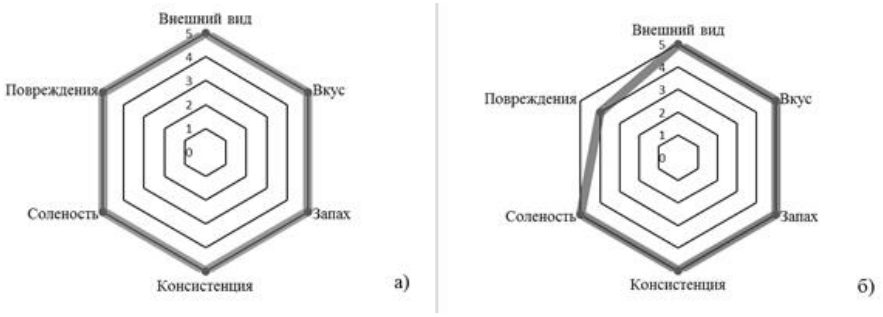


Рисунок 1 – Органолептические профили соленого филе сельди: а) – атлантической; б) – тихоокеанской

Таблица 3 – Рецептуры для приготовления пресервов «Сельдь пряная в желе»

Вкусо-ароматические композиции	Смесь перцев с тмином	Смесь перцев с розмарином	Смесь перцев с тимьяном
Наименование ингредиентов	Нормы закладки сырья, г на 1000 г		
Филе сельди соленое обесшкуренное	566,7	566,7	566,7
Вода	533,3	533,3	533,3
Пектин яблочный	13,3	13,3	8,7
Пектин цитрусовый			13,3
Уксус яблочный	34,7		
Уксус винный		34,7	34,7
Сахар	30,7	30,7	30,7
Перец черный горошек			0,4
Перец душистый горошек	0,5	0,5	
Перец белый горошек	0,5		
Перец розовый горошек		0,4	0,4
Розмарин		0,1	
Тмин	0,1		
Тимьян			0,1
B-2 SAFEPRO	0,2	0,2	0,2
Выход	**1000**	**1000**	**1000**

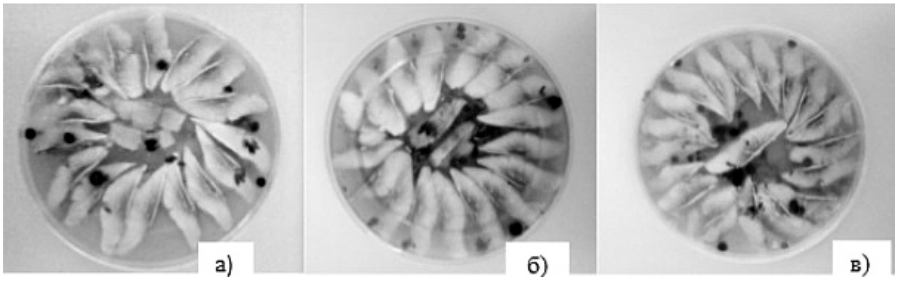


Рисунок 2 – Пресервы из сельди в желе: а) с тмином; б) с розмарином; в) с тимьяном

Таблица 4 – Пищевая и энергетическая ценность в 100 г пресервов из филе сельди в желе

Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Калорийность, ккал
9,5	5,0	4,5	100
Содержание ПНЖК			
Наименование	г/100г	% от РНП в сут	
Омега 3	1,05	105	
Омега 6	0,07	2,75	

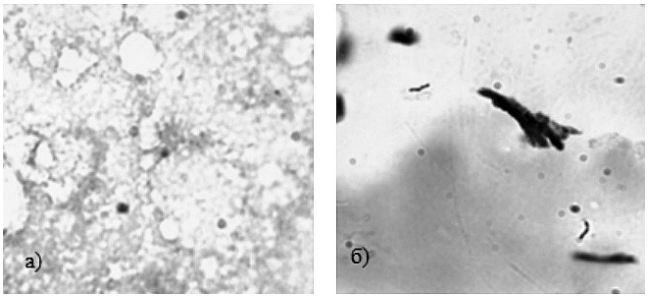


Рисунок 3 – Микроскопическая картина заливок контрольных образцов пресервов «Сельдь пряная в желе» при хранении. (4±2)° С; 25 сут: а) до хранения; б) после хранения

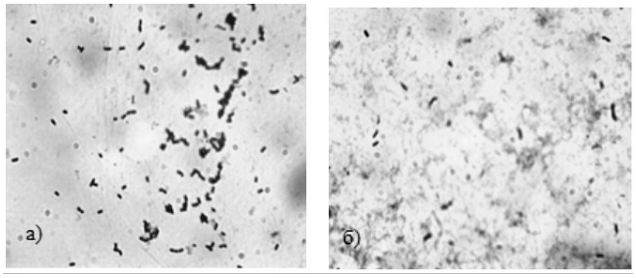


Рисунок 4 – Микроскопическая картина заливок опытных образцов пресервов «Сельдь пряная в желе» при хранении. (4±2)°С; 25 сут: а) до хранения; б) после хранения

Выявлено, что при внесении активированной культуры в заливки наблюдается активное развитие *Lactobacillus sakei.* Слабокислая среда заливок не подавляет жизнедеятельность культуры. Микрофлора заливок представлена значительным количеством бактериальных клеток палочковидной формы, в меньшей степени наблюдаются кокковидные и диплобактерии [28].

Через 25 сут. хранения в контрольном образце пресервов наблюдалось незначительное расслоение мяса сельди, в мазках из глубоких слоев мышц в поле зрения попадают от одной до двух палочек и диплобактерий, на предметном стекле заметны распавшиеся волокна мышечной ткани. В опытных образцах пресервов посторонняя микрофлора отсутствовала. Выявлено, что добавки биозащитных культур способствуют размягчению рыбы, что связано с ускорением ее созревания [29].

Результаты исследований влияния биозащитных культур на созревание пресервов «Сельдь пряная в желе» при холодильном хранении представлены на рисунке 5.

Установлено, что внесение *Lactobacillus sakei* в пресервы ускоряет их созревание.

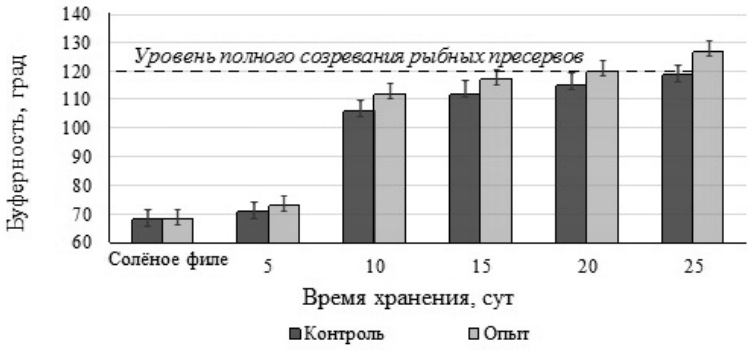


Рисунок 5 – Влияние биозащитных культур на созревание пресервов из филе сельди при холодильном хранении. (4±2)° С; 25 сут

На рисунке 6 приведена динамика КМАФАнМ в пресервах «Сельдь пряная в желе» при холодильном хранении. Выявлено снижение динамики КМАФАнМ в образцах пресервов с добавками *Lactobacillus sakei*.

Установлено, что санитарно-показательная микрофлора пресервов «Сельдь пряная в желе» в течение всего периода хранения соответствовала требованиям нормативов.

Результаты исследований массообменных процессов в пресервах показали, что через 20 сут. происходит выравнивание содержания соли в рыбе и заливке до 3,1%, а содержание сухих веществ в заливках снизилось примерно на 0,4%, что свидетельствует о достижении диффузионного равновесия.

Установлено, что срок годности пресервов при температуре хранения (4±2)° С составляет 20 сут. с учетом коэффициента резерва [30].

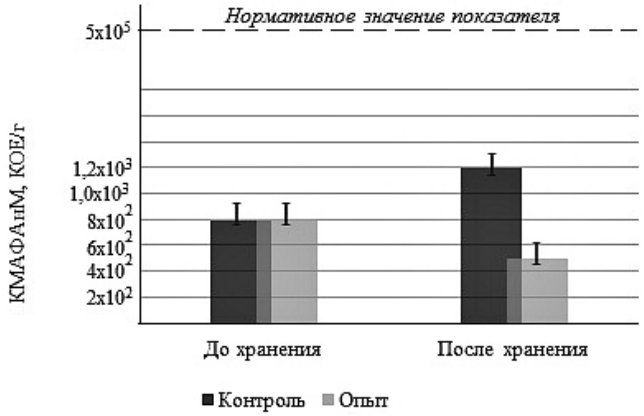


Рисунок 6 – Динамика КМАФАнМ в образцах пресервов «Сельдь пряная в желе» при холодильном хранении. (4±2)°С; 25 сут

Заключение. Результаты исследований химического состава замороженного филе тихоокеанской и атлантической сельди Российских производителей выявили, что содержание жира в зимний период вылова у тихоокеанской сельди выше, чем у атлантической на 3,2%, содержание влаги – меньше на 5%, а содержание белка практически одинаково.

В результате изучения массообменных процессов при посоле филе сельди установлено, что из-за различного содержания жира филе атлантической сельди просаливается примерно 72 ч, в то время как филе тихоокеанской – около 120 ч.

Разработаны рецептуры пресервов «Сельдь пряная в желе» с использованием яблочного и цитрусового пектинов, винного и яблочного уксуса и вкусо-ароматических композиций из сухих специй. Проведена выработка опытной партии пресервов из филе сельди в желе. Все образцы пресервов отличались приятным вкусом и ароматом, имели привлекательный внешний вид и нежную консистенцию.

Результаты исследований показателей качества пресервов «Сельдь пряная в желе» при холодильном хранении в течение 25 сут. выявили незначительное снижение содержания сухих веществ в заливках (на 0,4%). Показатель буферности пресервов при хранении увеличился до 127 град, что свидетельствует о завершении процесса созревания пресервов. Установлено, что добавки биозащитных культур *Lactobacillus sakei* способствуют ускорению созревания пресервов.

Разработан и утвержден комплект технической документации ТУ и ТИ 10.20.25.120-001-78366869-2018 Пресервы из филе сельди в желе. Изделия кулинарные охлажденные. Рецептуры и технология и холодных закусок из пресервов из филе сельди в желе внедрены на ООО «ТД «БАЛТИЙСКИЙ БЕРЕГ», г. Санкт-Петербург.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бочарова-Лескина А.Л. Совершенствование технологии рыбных пресервов на основе анализа потребительских предпочтений / А.Л Бочарова-Лескина, Е.Е Иванова, О.В. Косенко // Пищевая технология. – 2015. – №2–3. – С. 53–56.

2. Максимова С.Н. использование биорегуляторов протеолиза растительного происхождения в технологии пресервов / С. Н. Максимова, Т. Н. Слуцкая, Д. В. Полещук, С. Ю. Пономаренко, В. И. Полещук // Научный журнал «Известия КГТУ». – 2018. – №48.

3. Потребление рыбы в России по видам в 2016 году//Всероссийская ассоциация рыбохозяйственных предприятий, предпринимателей и экспортеров. http://varpe.org/analytics/issledovanie-potreblenie-ryby-v-rossii-po-vidam-v-2016-godu/

4. Деркач С.Н. Влияние санкций на эффективность рыбной отрасли / С.Н. Деркач, Е.В. Левкина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – №11–5. – С.783–784. URL: http://applied-research.ru/ru/article/view?id=6227

5. Агапкин С. О самом главном для здоровья. – М.: Эксмо, 2016. – 512 с.

6. Потапова Н. Рыба и морепродукты / Н. Пота-

пова. – СПб.: Амфора. тид Амфора, 2012. – 47 с.

7. Науймин Д.С. Современное состояние и особенности развития рынка рыбы и рыбной продукции // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2017. – №1. – С. 122–130.

8. Абдрахманова Р.Н. Стартовые культуры микроорганизмов в технологии производства мясопродуктов / Р.Н. Абдрахманова, Т.Н. Зайцева // Вестник ИГСА. – 2012. – №1(30). – С. 71–73.

9. Хорольский В.В. Роль ферментативной и микробной биотехнологии в изучении вкуса мясных продуктов / Хорольский В.В., Черкасова Л.Г., Алексахина В.А., Забашта А.Г., Папина В.А. // Междунар. науч. конф. Краснодар. 19-22 сент. 2002 г. Тез докл. – 2000.

10. Гнилицкий В.Г. Оценка качества полуфабрикатов из свежих овощей, обработанных биозащитными культурами, в процессе холодильного хранения / В.Г. Гнилицкий, Н.В. Барсукова, Ю.Г. Базарнова // Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием. 2018. – С. 245–247.

11. Биозащитные культуры для продуктов питания — решение, созданное природой. – 10 мая 2018 [Электронный ресурс] // MILTEX. URL: https://miltex.by/articles/biosecurity/bioprotective_cultures_for_food_a_solution_created_by_nature

12. ГОСТ 3948-2016 Филе рыбы мороженое. Технические условия. – М.: Стандартинформ. – 2016. – 15 с.

13. ГОСТ 815-2004 Сельди соленые. Технические условия. М.: Стандртинформ. – 2008. – 10 с.

14. ГОСТ 31339-2006 Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб. М.: Стандартинформ. – 2010. – 12 с.

15. ГОСТ 31795-2012 Рыба, морепродукты и продукция из них. Метод определения массовой доли белка, жира, воды, фосфора, кальция и золы спектроскопией в ближней инфракрасной области. М.: Стандартинформ. – 2014. – 8 с.

16. ГОСТ 27207-87 Консервы и пресервы из рыбы и морепродуктов. Метод определения поваренной соли.

17. ГОСТ 19182-2014 Пресервы из рыбы. Методы определения буферности. М.: Стандартинформ. – 2015. – 8 с.

18. ГОСТ Р 51433-99 Соки фруктовые и овощные. Метод определения содержания растворимых сухих веществ рефрактометром. М.: Стандартинформ. – 2008. – 7 с.

19. ГОСТ 10444.14-94 Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-аэробных микроорганизмов. М.: Стандартинформ. – 2010. – 5 с.

20. ГОСТ 31747-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечной палочки (колиформных бактерий). М.: Стандартинформ. – 2013. – 16 с.

21. ГОСТ 31746-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и Stphilococcus aureus. М.: Стандартинформ. – 2013. – 23 с.

22. МУК 4.2.2046-06 Методы выявления и определения парагемолитических вибрионов в рыбе, нерыбных объектах промысла, продуктах, вырабатываемых из них, воде поверхностных водоемов и других объектах. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 26 с.

23. Корнеева О.С. Применение культур молочнокислых микроорганизмов для ускоренной ферментации мясного сырья при производстве сырокопченых продуктов / О.С. Корнеева, Н.М. Ильина, Д.А.Кисилев // Все о мясе. – 2007. – №2. – С. 13–14.

24. Labuza T.P. Kinetics of lipid oxidation in foods // CRC Critical Reviews in Food Technology. – 1971. – № 2 (3), P. 355–405.

25. ГОСТ 7453-86. Пресервы из разделанной рыбы. Технические условия (с Изменением N 1). – М.: Стандартинформ, 2008. – 16 с.

26. Озерова О.А. Исследование биохимических показателей филе сельди тихоокеанской clupea pallasii при мокром посоле / О.А. Озерова, Ю.Г. Базарнова, Н.С. Кораблёва // Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием. 2017. – С. 120–122.

27. Шевченко В.В. Измерительные методы контроля показателей качества и безопасности продуктов питания / В.В. Шевченко, А.А. Вытовтов, А.П. Нилова, Е.Н. Карасева. – СПб: Троицкий мост, 2009. – 200 с.

28. Озерова О.А. Перспективы применения биозащитных культур микроорганизмов в технологии рыбных пресервов / О.А. Озерова, Ю.Г. Базарнова, Н.С. Кораблева // Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием. 2018. – С. 31–34.

29. Озерова О.А. Использование биоконсервантов в технологии рыбных пресервов / О.А. Озерова, Ю.Г. Базарнова, Н.С, Кораблева // Пищевые технологии и биотехнологии. XVI Всероссийская конференция молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием, посвященная 150-летию Периодической таблицы химических элементов (16–19 апреля 2019 г.): материалы конференции: в 3 ч. Ч. 1 / Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2019. – С. 421–426.

30. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Методические указания. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 31 с.

Статья поступила в редакцию 21.07.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 664.778.4

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МУКИ ИЗ ЗЕРНА ПАЙЗЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

© 2019

Садыгова Мадина Карипулловна, доктор технических наук,
профессор кафедры «Технологии продуктов питания»
Саратовский ГАУим.Н.И. Вавилова
(410012, Россия, г. Саратов, Театральная пл.,1, e-mail: sadigova.madina@yandex.ru)
Башинская Оксана Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук
доцент кафедры «Растениеводство, селекция и генетика»
Саратовский ГАУим.Н.И. Вавилова
(410012, Россия, г. Саратов, Театральная пл.,1, e-mail: oksana_bashinska@mail.ru)
Филонова Надежда Николаевна, аспирант
Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова
(410012, Россия, г. Саратов, Театральная пл.,1, e-mail: nadejda.filonova@yandex.ru)
Яценко Светлана Викторовна, магистр направления
подготовки «Продукты питания из растительного сырья»
Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова
(410012, Россия, г. Саратов, Театральная пл.,1)
Трофимов Кирилл Андреевич, магистр направления
подготовки «Продукты питания из растительного сырья»
Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова
(410012, Россия, г. Саратов, Театральная пл.,1, e-mail: svetik-xiii1992@yandex.ru)

Аннотация. В данной статье исследована возможность применения муки из зерна пайзы в технологии продуктов питания. Муку получали из зерна пайзы сорта Готика, выращенной в условиях Саратовской области в учебном хозяйстве ФГБОУ ВО Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова НПО «Поволжье», расположенном в Энгельсском муниципальном районе. Пайза по химическому составу и пищевой ценности близка к зерну чумизы и сорго сахарного, но значительно дешевле. Она является экологически чистой культурой, что подтверждено лабораторными исследованиями, не поражается болезнями и вредителями, поэтому на посевах пайзы не применяются гербициды. Муку из зерна пайзы после очистки по вариантам опыта увлажняли до 12, 13 и 14% и отволаживали 4, 6 и 8 ч. Помол зерна производили на мельнице Брабендер Квадрумат юниор. Контрольное просеивание на сите №27. Подобраны режимы и параметры переработки зерна пайзы в муку, определено, что аминокислотный состав белка зерна пайзы сбалансирован и позволит расширить ассортимент продуктов для здорового питания Авторами были исследованы возможности применения муки из зерна пайзы в рецептуре хлеба Паляницы, бисквитно-сбивного печенья и безе, которые входят в линейку продуктов «Пайзенок».

Ключевые слова: пайза, «Пайзенок», безопасность сырья, отволаживание, выход муки, сорт пайзы Готика, сбалансированны йаминокислотный состав, безе с пайзой.

PROSPECTS FOR THE USE OF FLOUR FROM GRAIN PAISY IN TECHNOLOGY FOODSTUFF

© 2019

Madina Sadygova Karipullova, doctor of technical Sciences, Professor “Technology of food products”
Saratov state agricultural UNIVERSITY them.N. So. Vavilova
(410012, Russia, Saratov, Teatralnaya PL., 1, e-mail: sadigova.madina@yandex.ru)
Bashinskay Oksana Sergeevna, candidate of agricultural Sciences,
associate Professor of “Crop production, plant breeding and genetics”
Saratov Gawin.N. So. Vavilova
(410012, Russia, Saratov, Teatralnaya PL., 1, e-mail: oksana_bashinska@mail.ru)
Filonova Nadezhda Nikolaevna, post-graduate student
Saratov GAU named after N. And. Vavilov
(410012, Saratov, Teatralnaya PL., 1, e-mail: nadejda.filonova@yandex.ru)
Yatsenko Svetlana Victorovna, masters of direction the preparation
of food Products from vegetable raw materials
Saratov GAU named after N. And. Vavilov
(410012, Russia, Saratov, Teatralnaya PL., 1)
Trofimov Kirill Andreevich, masters of direction the preparation of food Products from vegetable raw materials
Saratov GAU named after N. And. Vavilov
(410012, Russia, Saratov, Teatralnaya PL., 1, e-mail: svetik-xiii1992@yandex.ru)

Abstract. This article investigates the possibility of using flour from grain paisa in food technology. The object of research –grain payza varieties of Gothic, grown in the Saratov region in the educational economy of the SARATOV state UNIVERSITY. N. And. Vavilov NPO "Volga", located in the city of Engels district. Paisa chemical composition and nutritional value close to the grain of green foxtail and sweet sorghum, but much cheaper. It is an environmentally friendly culture, and is almost not affected by diseases and pests, so the crops do not use payza herbicides. Flour from grain Paisy after cleaning according to variants of experience moistened to 12, 13 and 14% otological 4, 6 and 8 h Milling of grain produced in the mill, Brabender quadrumat a Junior. Control sieving on sieve №27.Modes and parameters of processing of grain of a payza in flour are picked up, it is defined that amino acid structure of protein of grain of a payza is balanced and will allow to expand the range of products for healthy food Authors investigated possibilities of application of flour from grain of a payza in a recipe of bread of a Palyanitsa, biscuit-whipped cookies and meringue which are included in a line of products "Paizinok",

Keywords: paisa, "Paizinok", safety of raw materials, otvalivalas, the flour yield, grade Paisy Gothic, balanced amino acid composition, meringue with pysoy.

Введение. Одним из приоритетов научно-технологического развития РФ является переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработку и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективную переработку сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания [1].

Поэтому безопасность и качество сырья первостепенно при производстве продуктов питания. Одной из технологических задач при создании функциональных продуктов питания является сохранение традиционного качества обогащенного продукта [2].

Удачное сочетание добавок и разнообразие сырья, используемого в технологии функциональных продуктов отечественными и иностранными исследователями, обусловило обогащение их незаменимыми аминокислотами, макро- и микроэлементами и другими биологически активными веществами [3-14].

В рамках данной работы было использовано зерно пайзы, выращенной в условиях Саратовской области в учебном хозяйстве ФГБОУ ВО Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова НПО «Поволжье», расположенном в Энгельсском муниципальном районе.

Пайза (японское просо, китайское просо, просянка) – *Echinochloa frumentaceae* – принадлежит к группе просовидных культур семейства злаковых. Пайза по химическому составу и пищевой ценности близка к зерну чумизы и сорго сахарного, но значительно дешевле. Она является экологически чистой культурой, а также практически не поражается болезнями и вредителями.

Пайза признана экологически чистой культурой. Благодаря исследованиям, проводимым в условиях Полесья Украины и в Могилевском филиале РНИУП «Институт радиологии», доказано, что на загрязнённых радионуклидами почвах целесообразна замена кукурузы на пайзу, так как она обладает невысоким уровнем накопления 137 цезия [15]

Цель исследования: оценить безопасность и качество муки из зерна пайзы с целью применения в технологиях продуктов питания.

Материалы и результаты исследований. В работе использовался сорт пайзы Готика селекции ФГБНУ Российский НИИ сорго и кукурузы. и ФГБОУ ВО Саратовского ГАУ. Урожайность зерна в условиях Саратовской области составляет 2,0–2,6 т/га. Качество партии зерна оценивали по органолептическим показателям, по засоренности, влажности, натуре зерна и по содержанию белка (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели качества зерна пайзы

Наименование показателя	Характеристики и значения
Цвет	Зеленовато-серое
Запах	Свойственный здоровому зерну пайзы, без плесневелого, солодового, затхлого и других посторонних запахов.
Состояние	В здоровом, негреюшемся состоянии
Зараженность вредителями хлебных запасов	Не обнаружено
Содержание примесей в зерновой массе, % сорной зерновой	 16±0,5 0
Влажность зерна, %	10,3±0,1
Натура зерна, г/л	530±5
Масса 1000 зерен, г	3,7±0,1
Содержание белка, %	15,2±0,2

Как видно, из данных таблицы 1, по массе 1000 зерен – зерно среднее по крупности, чему соответствует и показатель натура зерна, в зерновой массе высокое содержание сорной примеси, необходима дополнительная очистка зерна.

Безопасность сырья определяли в соответствии с нормативными документами по общепринятым методикам (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты исследования безопасности зерна пайзы

Наименование показателей, ед.изм.	Результаты испытаний (измерений)	Погрешность измерений	Норма по НД	НД на методы испытаний
Радионуклиды, Бк/кг: цезий-137	менее 3,0*	-	не более 60	МУК 2.6.1.1194-2003
Токсичные элементы, мг/кг:				
свинец	0,183	±28%	не более 0,5	ФР. 1.31.2008.01733
кадмий	менее 0,020**	-	не более 0,1	ФР. 1.31.2008.01733
ртуть	менее 0,002**	-	не более 0,03	ФР. 1.31.2008.01730
мышьяк	менее 0,002**	-	не более 0,2	ФР. 1.31.2008.01730
Микотоксины, мг/кг:				
афлатоксин В1	менее 0,003**	-	не более 0,005	
Т-2 -токсин	менее 0,05**	-	не более 0,1	
Пестициды, мг/кг:				
ГХЦГ (α,β,γ-изомеры)	менее 0,05**	-	не более 0.5	МУ 2142-80
ДДТ и его метаболиты	менее 0,02**	-	не более 0,02	МУ 2142-80
2,4-Д кислота, ее соли и эфиры	менее 0,3**			МУ 1541-76
Ртутьорганические пестициды (этилмеркурхлорид, метилмеркурхлорид)	менее 0,05**			МУ 1218-75
Бенз(а)пирен, мг/кг	менее 0,0005	-	не более 0,001	МУ 1218-75
Зараженность вредителями хлебных запасов, экз/кг	не обнаружено	-	не допускается, кроме заражённости клещом не выше 20	ГОСТ 27559-87
Загрязненность вредителями лебных запасов, экз/кг	не обнаружено	-	не более 15	ГОСТ 27559-87
Вредная примесь, %:				
спорынья и головня	не обнаружены	-	не более 0,1	ГОСТ 27559-87
горчак ползучий, софора лисохвостая, термопсис ланцетный (по совокупности)		-		
вязель разноцветный	не обнаружены		не более 0,1	
гелиотроп опушенноплодный и	не обнаружен		не более 0,1	
триходесма седая		-	не допускается	

Примечания:
* - менее минимальной измеряемой активности радионуклида;
** - менее нижнего предела обнаружения по методике испытаний.

Из данных таблицы 2 следует, что зерно пайзы экологически безопасное сырьё. При возделывании пайзы в УНПО «Поволжье» гербициды не применяют, севооборот соблюдается, культивации проводятся своевременно, посевы располагаются вдали от автомобильных трасс.

Муку из зерна пайзы после очистки по вариантам опыта увлажняли до 12, 13 и 14% и отволаживали 4, 6 и 8 ч. (рисунок 1). Помол зерна производили на мельнице Брабендер Квадрумат юниор. Контрольное просеивание на сите №27. Плод-зерновка,яйцевидно-округлая или ромбовидно-округлая, беловато-серая. Семена мелкие, заключены в тонкокожистые зеленовато или пепельно-серые цветковые пленки, которые отделяются с трудом, поэтому зерно пайзы менее пригодно для использования в пищу в качестве крупы по сравнению с другими просовидными культурами [15].

Как видно, из данных диаграммы при увлажнении зерна до 12% выход муки выше при продолжительности отволаживания 6 ч, при увлажнении до 13%, выход муки не различается по продолжительности отволаживания. Однако, при увлажнении до 14% при продолжительности отволаживания 8 ч выход муки значительно повышается по сравнению с другими вариантами опыта на 2-8%.

Рисунок 1 – Выход муки из зерна пайзы при различных параметрах гидротермической обработки

После контроля крупности помола на сите №27 извлекается 47% муки, аналогичной муке пшеничной 2-го сорта, 21,2 % мелкой крупки и 29,6% отрубей. Отруби цельные, чистые. Цвет муки по сравнению с другими вариантами отличается по показаниям прибора «Блик-Р3» на 5-10 ед (рисунок 2).

Рисунок 2 – Мука и отруби, полученные из зерна пайзы

Массовую долю аминокислот при фактической влажности определяли методом капиллярного электрофореза на «Капель-105М» в соответствии с ФР 1.31.2010.07015 (таблица 3, рисунок 3).

Для определения сбалансированности аминокислотного состава белков пайхы и пшеницы, рассчитали аминокислотные скоры (рисунок 4).

Как видно, из данных диаграммы (рисунок 4) по всем аминокислотам скоры зерна пайзы превышают скоры зерна пшеницы, кроме аминокислотного скора по лейцину и изолейцину. Следовательно, белок зерна пайзы имеет сбалансированный аминокислотный состав.

Авторами были исследованы возможности применения муки из зерна пайзы в рецептуре хлеба Паляницы, бисквитно-сбивного печенья и безе, которые входят в линейку продуктов «Пайзенок» [16-20].

Таблица 3 – Содержание аминокислот в муке из зерна пайзы

Наименование аминокислот	Массовая доля аминокислот, %
Аргинин	0.18**±0,07
Лизин	0.51*±0,26
Тирозин	0.77±0,32
Фенилаланин	0.39±0,15
Гистидин	0.07**
Лейцин+Изолейцин	0,82±0,33
Метионин,	0.24±0,10
Валин	0.73±0,29
Пролин	0,80±0,32
Треонин	0.45±0,23
Серин	0.97±0,34
Аланин,	0.55±0,26
Глицин	0.60±0,42
Глутамин и глутаминовой кислоты	0.71±0,47
Аспарагин и аспарагиновой кислоты	0.12±0,04
Цистин	0.18±0,10
Триптофан	0.11±0,05

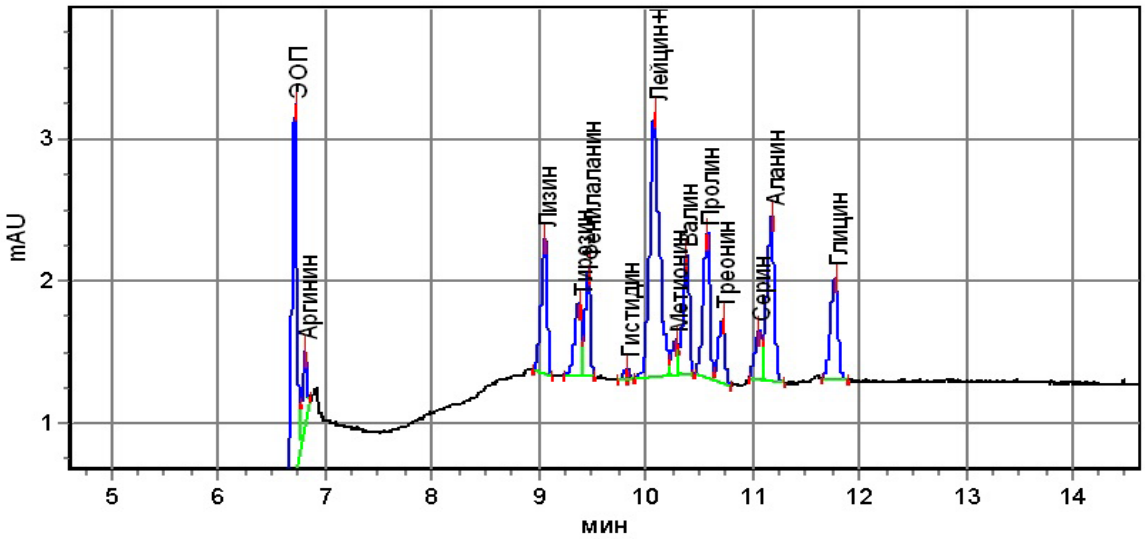


Рисунок 3 – Хромотограмма аминокислот белка зерна пайзы

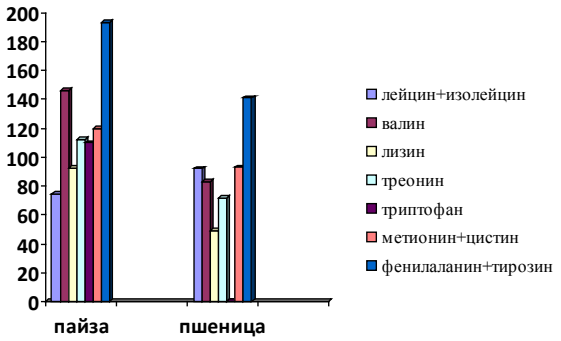


Рисунок 4 – Сравнение аминокислотного скора белков зерна пайзы и пшеницы

Поданы заявки на получение патентов РФ на изобретение «Способ производства хлебобулочного изделия» № 2019108494 от 25.03.2019 г и на «Способ производства бисквитно-сбивного печенья» № 2019110242 от 08.04.2019 г.

На новые рецептуры и технологии разработана и утверждена нормативная документация:

- Хлебобулочное изделие Паляница с пайзовой мукой СТО, РЦ, ТИ СТО 10.71-015-00493497-2019,
- Мучное кондитерское изделие Печенье Piezo. СТО, РЦ, ТИ 10.71-016-00493497-2019.
- Безе с пайзой СТО, РЦ, ТИ 10.71-017-00493497-2019.

Линейка продуктов «Пайзенок» отмечена золотой медалью на Всероссийском смотре-конкурсе лучших пищевых продуктов, продовольственного сырья и инновационных разработок в г. Волгограде, 2019 г.

Заключение. В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- используемый ы исследовании зерно пайзы сорта Готика – безопасное, качественное региональное сырье;

-для получения кондиционной муки из зерна пайзы рекомендуемые параметры ГТО – увлажнение до 14% с продолжительностью отволаживания 8 ч;

- в муке из зерна пайзы содержание аминокислот лизина, метионина, триптофана в 1,5 раза больше, чем в пшеничной муке. Сбалансированный аминокислотный состав белка зерна пайзы позволит на 15-18% удовлетворить суточную потребность организма человека в таких аминокислотах, как валин, метионин, цистин, треонин, фенилаланин и тирозин, что расширит ассортимент продуктов для здорового питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Стратегия научно-технологического развития РФ: утверждена указом Президента РФ от 1 декабря 2016 г №642 [электронный ресурс]. – режим доступа: http://sntr-rf.ru/ – дата обращения 17.06.2019 г.

2. Тарасенко Н.А. Современные исследования в нутрициологии и профилактике нерационального питания/ Н.А. Тарасенко, З.А. Баранова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2016. – №4 (352). – С. 6–10.

3. Канарейкина С.Г., Канарейкин В.И. Разработка кумысного продукта с пребиотиком. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. №2(58). С. 110–111.

4. Тертычная Т.Н. Определение рациональных параметров приготовления бисквита на основе тритикалевой муки // Хлебопродукты. – 2010. – №7. – С.31–33.

5. Кириленко Н.М.Новые виды сырья в производстве мучных кондитерских изделий / Н.М.Кириленко, Е.Б. Суконкина // Кондитерское производство. – 2016. – № 1. С.16–18.

6. Магомедов М.Г. Технология производства зефира повышенной пищевой ценности с пастой из столовой свеклы / М.Г. Магомедов, Л.А. Лобосова, И.Х. Арсанукаев, А.З. Магомедова, А.С. Решетнева // Кондитерское производство. – 2016. – № 2. С.14–16.

7. Магомедов Г.О. Зефир на фруктозе с порошком из топинамбура / Г.О. Магомедов, Л.А. Лобосова, М.Г. Магомедов, И.Г. Барсукова, А.С. Решетнева, О.Я. Свиридова, А.А. Журавлев // Кондитерское производство. – 2016. – № 4. С.11–14.

8. Лобосова Л.А. Растительное сырье новых видов в рецептуре песочно-выемного печенья / Л.А. Лобосова, М.Г. Магомедов, А.В. Максименкова, И.Х. Арсанукаев // Кондитерское производство. – 2015. – №6. С. 10–12.

9. Пономарева Е.И. Разработка рецептуры хрустящих хлебцев, обогащённых пророщенной гречихой и кукурузным маслом / Е.И. Пономарева, Х.Ю. Боташева,, Н.Н. Алёхина, С.И. Лукина, О.Б. Скворцова // Хлебопродукты. – 2019. – № 8. – С. 31–33.

10. Магомедов Г.О. Использование пшенной муки в производстве безглютенового бисквита / Г.О. Магомедов И.В. Плотникова., Г.А. Шевякова., М.А. Колпакова / В сборнике: Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: Сборник статей VIII Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию технологического факультета ВГУИТ – Воронеж: ВГУИТ, . 2019. – С. 183–185.

11. Никифорова, Г.А. Новое направление использования вторичного сырья крупяного производства / Г.А. Никифорова, С.А. Леонова., И.А. Хон // Ползуновский вестник. – 2019. – № 1. – С. 34–37.

12. Зарипов Ф.А. Инновационные решения в производстве продуктов питания с повышенным фитохимическим потенциалом из плодов калины / Ф.А. Зарипов., Е.В. Бадамшина., С.А. Леонова., О.Ю. Калужина., Е.И. Кощина // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2019. – № 3 (56). – С. 46–51.

13. Чаплыгина И.А. Совершенствование техно-

логии получения хлеба с использованием муки из экструдата / И.А. Чаплыгина., В.В. Матюшев / В сборнике: Проблемы современной аграрной науки Материалы международной научной конференции. – 2018. – С. 200–202.

14. Корзун О.С. Возделывание просовидных культур в Республике Беларусь: монография / О.С. Корзун и др. − Гродно: ГГАУ, 2011 − 189 с.

15. Яценко С.В. Применение пайзовой муки в технологии хлебобулочных изделий с пролонгированным сроком / С.В. Яценко, М.К. Садыгова // «Научно-практический электронный журнал Аллея Науки». – №8 (24). – Т. 3. – 2018.

16. Яценко С.В.,.Перспективы применения пайзовой муки в технологии мучных кондитерских изделий Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство: Материалы V Международной научно-технической конференции / С.В. Яценко, М.К. Садыгова, Н.Н. Филонова. – Воронеж: ВГУИТ, 2018. – С. 127–131.

17. Яценко С.В. Влияние пайзовой муки на биотехнологические свойства хлебопекарного полуфабриката: материалы XVII Международной научно-практической конференции «Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике» / С.В. Яценко, М.К. Садыгова, Н.Н. Филонова. – Кемерово: Кемеровский ГСХИ, 2018. – С. 361–364.

18. Филонова Н.Н. Разработка рецептуры хлеба с использованием пайзовой муки для повышения качества хлебобулочных изделий / Н.Н. Филонова, М.К. Садыгова, С.В. Яценко//Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2019. – №1 (367). – С. 30–34.

19. Филонова Н.Н., Яценко С.В. Использование пайзовой муки в технологии хлебобулочных изделий на примере хлеба Паляница Украинская: Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции, проведенной в рамках Международного научно-практического форума, посвященного 75-летию образования Волгоградского государственного аграрного университета, Волгоград, 30 января – 01 февраля 2019 г. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волго-градский ГАУ, 2019. – Том 2. – С.17–23.

Статья поступила в редакцию 19.06.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 664.66

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ВОДНЫХ СУСПЕНЗИЙ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ

©2019

Панкина Илона Анатольевна, кандидат технических наук,
доцент Высшей школы биотехнологий и пищевых производств
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(194021, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 48, e-mail: pankina_ilona@mail.ru)
Черникова Дарья Алексеевна, магистрант Высшей школы биотехнологий и пищевых производств
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(194021, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 48, e-mail: dasha511997@yandex.ru)

Аннотация. Хлебопечение считается одной из ведущих отраслей пищевой промышленности. Хлеб и хлебобулочные изделия – это основной и наиболее привычный продукт питания для человека, употребляемый ежедневно. В связи с этим необходимо проводить подбор и анализ качества сырья и готовых выпускаемых хлебных изделий, а это, в свою очередь, является одной из важнейших задач для сохранения здоровья и благополучия населения. Технологический процесс производства хлеба и хлебобулочных изделий относится к сложным процессам, где от каждого компонента зависит выход и качество готовой продукции. На стадии тестоведения важную роль играют дрожжевые клетки вида *Saccharomyces cerevisiae* и их физиологическая активность, повышение которой способствует ускорению процесса брожения, тем самым снижает временные затраты на технологический процесс производства хлебных изделий, что является актуальным для производителей. В данной статье проведено исследование физико-химических показателей хлебопекарных прессованных дрожжей и влияния ультразвука на их физиологическую активность. Выявлено, что по всем физико-химическим показателям прессованные дрожжи соответствуют требованиям нормативной документации. В результате обработки ультразвуком в дрожжевой суспензии происходят физико-химические процессы, приводящие к угнетению жизнедеятельности дрожжевых клеток. С повышением температурного режима ультразвуковая обработка приводит к агглютинации дрожжевых клеток, в связи с чем необходимо правильно подбирать режимы ультразвуковой обработки, чтобы достичь нужного результата при производстве хлеба и хлебобулочных изделий.

Ключевые слова: хлеб, хлебобулочные изделия, дрожжи хлебопекарные, *Saccharomyces cerevisiae,* физико-химические способы активации дрожжевых клеток, ультразвук.

STUDY OF THE INFLUENCE OF ULTRASONIC TREATMENT OF WATER SUSPENSIONS ON THE PHYSIOLOGICAL ACTIVITY OF BAKERY YEAST

© 2019

Pankina Ilona Anatolevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
Graduate school of biotechnology and food science
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
(194021, Russia, Saint Petersburg, Novorossiyskaya St., 48, e-mail: pankina_ilona@mail.ru)
Chernikova Daria Alekseevna, graduate student
Graduate school of biotechnology and food science
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
(194021, Russia, St. Petersburg, Novorossiyskaya St., 48, e-mail: dasha511997@yandex.ru)

Abstract. Bakery is considered one of the leading branches of the food industry. Bread and bakery products - this is the main and most familiar food for humans, consumed daily. In this regard, it is necessary to select and analyze the quality of raw materials and finished manufactured bread products, and this, in turn, is one of the most important tasks for maintaining the health and well-being of the population. The technological process for the production of bread and bakery products refers to complex processes, where the output and quality of the finished product depend on each component. An important role at the testing stage is played by yeast cells of the Saccharomyces cerevisiae species and their physiological activity, the increase of which helps to accelerate the fermentation process, thereby reducing the time spent on the technological process of production of bread products, which is relevant for manufacturers. This article investigates the physicochemical parameters of baked pressed yeast and the effect of ultrasound on their physiological activity. It was revealed that for all physicochemical parameters, pressed yeast meets the requirements of regulatory documentation. As a result of sonication in a yeast suspension, physicochemical processes occur, leading to inhibition of the vital activity of yeast cells. With an increase in the temperature regime, ultrasonic processing leads to agglutination of yeast cells, and therefore it is necessary to choose the right ultrasonic processing modes to achieve the desired result in the production of bread and bakery products**.**

Keywords: bread, bakery products, baker’s yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, physico-chemical methods for activation of yeast cells, ultrasound.

Введение. Хлебопекарная промышленность считается ведущей отраслью пищевой промышленности, обеспечивающей население ценным продуктом питания – хлебом. Социальный статус хлеба обусловлен тем, что он является продуктом первой необходимости, содержащим в себе практически все нужные компоненты для поддержания жизнедеятельности и здоровья человека.

В современной хлебопекарной отрасли основными вопросами являются развитие производства, при котором будут применяться самые эффективные средства, расширение ассортимента классических видов изделий и с применением нетрадиционных компонентов для людей, страдающих различными заболеваниями, повышение пищевой и биологической ценностей, качества готовых изделий, а также повышение сохраняемости хлеба и хлебобулочной продукции.

В основе технологических процессов при производстве хлеба и хлебобулочных изделий лежат довольно таки сложные биотехнологические и биохимические процессы. Эти процессы находятся в тесной взаимосвязи микроорганизмами, в результате жизнедеятельности которых происходят многие важные изменения компонентов теста. При грамотной реализации процессов тестоведения и использовании современных технологий производства хлеба получают изделия высокого качества.

Интенсификация производства теста, как основной стадии технологического процесса получения хлеба, напрямую зависит от физиологической активности дрожжевых клеток, которая является важным показателем их качества [1-3]. В связи с этим, изучение различных видов хлебопекарных дрожжей, их свойств, физико-химических показателей, бродильной активности, адаптация дрожжевых клеток к мальтозно-мучной среде с использованием различных способов активации хлебопекарных дрожжей будет способствовать решению ряда вопросов по улучшению биотехнологических свойств, потребительских характеристик готовых изделий, а также интенсификации технологического процесса.

Дрожжи представляют собой биомассу живых дрожжевых клеток, которые способны сбраживать сахара и простые декстрины, а также усваивают этиловый спирт, уксусную и молочную кислоты. Дрожжи, применяемые в хлебопекарной отрасли, относят к виду *Saccharomyces cerevisiae* [1-2].

При производстве хлеба и хлебобулочной продукции основным видом сырья являются хлебопекарные дрожжи. Их основная функциональная и технологическая роль – биологическое разрыхление теста за счет образования углекислого газа, который выделяется при брожении; придание тесту необходимых структурно-механических свойств, образование этилового спирта и других продуктов процесса брожения, особенно тех, которые отвечают за формирование сенсорных характеристик хлеба и хлебобулочных изделий [4-5].

В хлебопекарной промышленности применяют следующие виды дрожжей: прессованные, сушеные, инстантные (быстрорастворимые), жидкие заквасочные дрожжи и дрожжевое молоко.

Прессованные дрожжи – культура дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, содержащая в своем составе только микроорганизмы определенной расы и сформирована в виде брикетов влажностью 65-75 %. В 1 г прессованных дрожжей содержится около 10-15 млрд. дрожжевых клеток. Преимуществом таких дрожжей является быстрое действие реакции, так как дрожжевые клетки находятся в активной стадии своей жизнедеятельности [2].

Известно, что в технологии производства хлеба достаточно продолжительным по времени является процесс приготовления теста, который во многом зависит от активности хлебопекарных дрожжей. В настоящее время известно большое количество различных способов активации дрожжей, которые происходят под действием химических и физических факторов воздействия (химическая и физическая активация). Характеристика этих способов активации дрожжей приведена на рисунке 1.

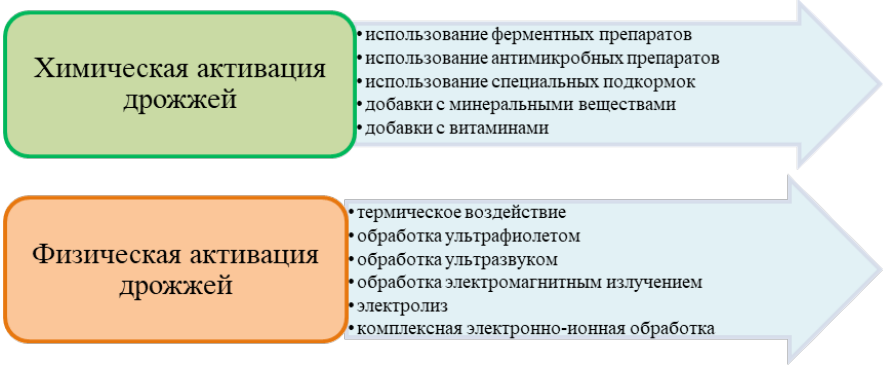


Рисунок 1 – Характеристика различных способов активации дрожжей

По мнению многочисленных исследований, обеспечить подъем теста до требуемого уровня за установленное время, можно путем их активации с применением различных способов воздействия или обработки [6-16].

Активация прессованных дрожжей – это этап адаптации клеток дрожжей к среде мальтозно-мучной суспензии, которая приводит к улучшению их

биотехнологических свойств и, как следствие, интенсификации процесса и формированию потребительских свойств хлебобулочных изделий.

По сведениям многих исследователей, основные факторы, влияющие на обмен веществ в дрожжах, это –температура, давление, состав углеводов, количество сахара и продуктов обмена веществ (этанола и углекислого газа), количественное содержание жирных кислот, кислород для синтеза ненасыщенных жирных кислот, наличие и концентрация пищевых компонентов (цинка, железа, марганца, меди, селена, витаминов), показатель активности ионов водорода (pH) и др.

Одним из эффективных способов активации дрожжей некоторые ученые считают обработку дрожжевых суспензий ультразвуком. Ультразвук влияет непосредственно на ускорение процессов брожения, что, в свою очередь, является весьма важным и необходимым при производстве хлебных изделий [17].

Исследования отечественных ученых по обработке хлебопекарных прессованных дрожжей в ультразвуковой ванне «Сапфир» с рабочей частотой 35 кГц позволили сделать вывод, что данная частота ультразвуковой обработки не оказывает отрицательного воздействия на дрожжевые клетки, а наоборот, при воздействии ультразвука на дрожжи в течение 5-7 мин способствует повышению их бродильной активности [18].

Опытным путем А.С. Гречишниковой и В.А. Демченко определено, что наиболее эффективной для хлебопекарных прессованных дрожжей является обработка в ультразвуковой установке с плотностью звуковой энергии $15 \cdot 10^3$- $20 \cdot 10^3$ кДж/м^3, частотой 30±1,0 кГц в течение 30 с [19].

Т.В. Саниной и её соавторами предложен способ активации хлебопекарных прессованных дрожжей, при котором дисперсию из дрожжей подвергали ультразвуковой обработке в ультразвуковой установке с плотностью звуковой энергии $15 \cdot 10^3$- $20 \cdot 10^3$ кДж/м^3 и с частотой 22±1,0 кГц в течение 3 мин [20].

Следовательно, подбор технологических режимов ультразвуковой обработки дрожжей является актуальным. Такой способ активации хлебопекарных прессованных дрожжей при правильно подобранных параметрах позволяет регулировать технологический процесс производства хлеба и хлебобулочных изделий, сокращать время процесса брожения, а также позволяет повысить качество выпускаемых хлебных изделий и снизить возможные риски при производстве.

Целью настоящей работы являлось исследование важнейших физико-химических показателей хлебопекарных прессованных дрожжей и проведение обработки их ультразвуком в ультразвуковой установке при различных температурных и временных режимах.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования были выбраны прессованные хлебопекарные дрожжи разных производителей (дрожжи хлебопекарные прессованные «ЛЮКС экстра», производитель ООО «САФ-НЕВА» и дрожжи хлебопекарные прессованные высокоактивные, производитель ОАО «Комбинат пищевых продуктов») и их водные суспензии при соотношении дрожжей и воды 1:3.

Исследование физико-химических показателей прессованных дрожжей (массовая доля сухого вещества, подъемная сила с имеющимся сроком хранения со дня выработки, кислотность, стойкость) проводили в соответствии с нормативной документацией – ГОСТ Р 54731-2011 [21]. Осмочувствительность дрожжей (свойство прессованных дрожжей снижать бродильную активность в средах с повышенным осмотическим давлением) определяли с помощью сравнительной оценки подъемной силы в тесте без соли и с повышенным содержанием соли. Разница между пересчитанными значениями подъемной силы для теста без соли и с повышенным содержанием соли характеризует степень осмочувствительности, которая необходима в целях выявления пригодности дрожжей для приготовления теста с повышенным содержанием сахара.

Обработку дрожжевых клеток при различных температурных и временных режимах осуществляли с использованием ультразвуковой установки с подогревом WiseClean WUC-A03H с частотой ультразвука не более 40кГц.

Анализ дрожжевых клеток после обработки ультразвуком проводили по полученным микроскопическим картинам, полученным с помощью микроскопа МИКМЕД-6 и программы Levenhuk ToupView.

Результаты исследования и их обсуждение. В таблице 1 представлены результаты физико-химических показателей прессованных хлебопекарных дрожжей.

Таблица 1 – Физико-химические показатели прессованных дрожжей

Наименование показателя	Значение показателя	
	Дрожжи хлебопекарные прессованные «ЛЮКС экстра»	*Дрожжи хлебопекарные прессованные высокоактивные*
Массовая доля сухого вещества, %	32,7±0,2	30,7±0,2
Подъемная сила дрожжей в момент исследования, мин	9,0±0,4	7,0±0,4
Кислотность 100 г дрожжей на 16-е сутки хранения (в пересчете на уксусную кислоту), мг	120,0±0,5	111,0±0,5
Стойкость, ч	более 72 ч, полного размягчения не наблюдалось	более 72 ч, полного размягчения не наблюдалось
Осмочувствительность, мин:		
в воде	6,0±0,1	6,5±0,1
в 3,35% растворе NaCl	9,0±0,1	9,5±0,1

В соответствии с полученными данными в таблице 1 отмечено, что результаты немного отличаются у исследуемых образцов. Это подтверждается и более ранними исследованиями [22]. Однако, экспериментальные образцы прессованных хлебопекарных дрожжей удовлетворяют требованиям нормативной документации.

В целях повышения физиологической активности дрожжей и изучения действия ультразвука на дрожжевые клетки проведена ультразвуковая обработка выбранных образцов прессованных дрожжей в ультразвуковой ванне с подогревом WiseClean. WUC-A03H. Режимы ультразвуковой обработки и результаты эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика ультразвуковой обработки хлебопекарных прессованных дрожжей

Название физико-химического способа активации хлебопекарных дрожжей	Подготовка хлебопекарных дрожжей к активации	Режимы активации	Ожидаемый результат эксперимента
Обработка дрожжевой суспензии ультразвуком в ультразвуковой установке	Приготовление дрожжевой суспензии при соотношении дрожжей хлебопекарных прессованных и воды 1:3	Время обработки 5-10 мин. Температурный режим 10, 20 и 30 ºС	В результате обработки ультразвуком в дрожжевой суспензии происходят физические и химические процессы. При высоких значениях температуры и частоты ультразвука возможно ослабление, угнетение жизнедеятельности дрожжевых клеток

Ультразвуковая обработка в зависимости от временного и температурного режима по-разному влияет на дрожжевую суспензию.

Из литературных данных известно, что наиболее оптимальная температура для активации хлебопекарных дрожжей – это та, при которой создаются благоприятные условия для размножения и жизнедеятельности дрожжевых клеток – 30-32 ºС. Поэтому максимальная температура исследования была выбрана 30 ºС.

Исследовали различные технологические режимы ультразвуковой обработки при их воздействии на дрожжевые суспензии. При малых температурах и непродолжительной ультразвуковой обработке изменений по сравнению с контрольным образцом суспензии, не подвергнутым обработке, при микроскопических исследованиях не наблюдалось.

Результаты влияния ультразвука на дрожжевые клетки на примере экспериментального образца суспензии прессованных дрожжей при минимальных значениях временных и температурных режимов (при 10 ºС в течение 5 мин) и максимальных значениях (при 30 ºС в течение 10 мин) представлены на рисунке 2.

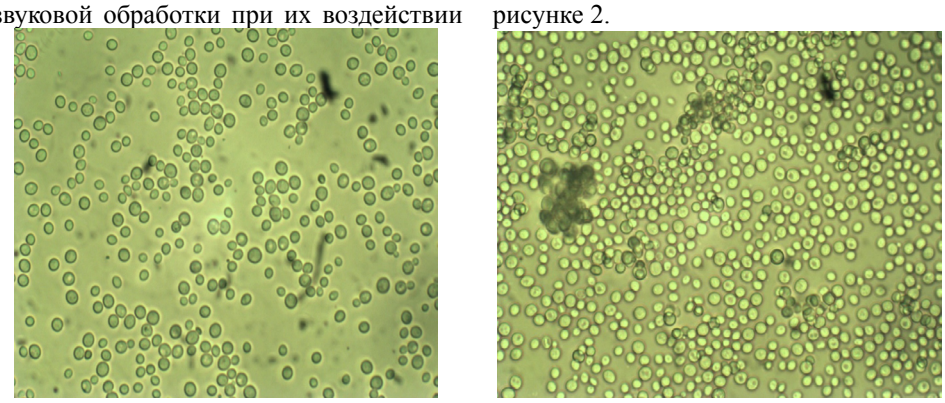


Рисунок 2 – Микроскопические картины ультразвуковой обработки хлебопекарных прессованных дрожжей (при увеличении 640х)

Как видно, имеются существенные различия в микроскопических картинах. В первом случае морфометрический анализ показал, что почти все дрожжевые клетки имеют правильную форму, сохраняют свою целостность. Во втором случае, после обработки ультразвуком в ультразвуковой установке в течение 10 мин при 20-30 ºС наблюдается флокуляция дрожжевых клеток и заметное разрушение их оболочки – ультразвуковая дезинтреграция. Связано это с тем, что ультразвуковые волны вызывают кавитацию в жидкости, разрушают стенки клеток и способствуют выделению компонентов клеточного матрикса.

Выводы. Исследование хлебопекарных дрожжей первый и важный аспект в хлебопекарном производстве. Известно, что в настоящее время существует большое количество способов активации дрожжей, однако одним из самых перспективных, не требующих больших затрат, а также внесения дополнительных компонентов, является ультразвуковая обработка дрожжевых суспензий. При этом важно знать, что немаловажным является подбор режимов ультразвуковой обработки. Как показал проведенный нами эксперимент, по-видимому, в зависимости от параметров ультразвук может оказывать конструктивное или деструктивное действие на дрожжевые клетки, вызывая ультразвуковую дезинтеграцию – разрушение клеток. Следовательно,

при подборе технологических режимов ультразвуковой обработки суспензий необходимо учитывать влияние параметров обработки на морфологические особенности дрожжевых клеток. Также для более тщательного анализа используемых параметров ультразвуковой обработки и подбора оптимальных режимом обработки дрожжевых клеток необходимо в дальнейшем изучить их физиологическую активность весовым методом технологической оценки активности по интенсивности выделения CO_2. Концентрации выделенного углекислого газа позволят сделать вывод о том, повышает ли предобработка дрожжей ультразвуком их бродильную активность и оценить зависимость бродильной активности от времени обработки и температуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Семихатова Н.М. Производство хлебопекарных дрожжей: Учеб. для проф. обучения рабочих на пр-ве / Н.М. Семихатова, М.Ф. Лозенко, Л.Д. Белова и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 271 с.

2. Хатко З.Н. Хлебопекарные дрожжи: характеристика и способы их активации / З.Н. Хатко, А.А. Стойкина // Новые технологии, 2016. – №2. – С. 39–44.

3. Никитина М.В., Белокурова Е.С. Определение бродильной активности некоторых видов сухих дрожжей Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием, 19-24 ноября 2018 г. Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. С. 29–31.

4. Пащенко Л.П. Интенсификация технологических процессов в производстве хлеба: Учебное пособие // Воронеж, гос. технол. акад. Воронеж, 2000. – 205 с.

5. Старовойтова О.В. Активация дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в технологии приготовления хлеба / О.В. Старовойтова, А.А. Садриева, З.Ш. Мингалеева, О.А. Решетник // Вестник технологического университета, 2014 – Т.17, В.1. – С. 235–237.

6. Способ активации хлебопекарных дрожжей: патент 2270247 Рос. Федерация / С.С. Есиев, В.К. Ильин, Л.В. Ракитская, В.Х. Агнаев; патентообладатель С.С. Есиев; заявл. 13.08.2003, опубл. 20.02.2006, Бюл. №5.

7. Способ активации дрожжей: патент 2272420 Рос. Федерация / Г.А. Баранов [и др.]; патентообладатель А. Баранов [и др.]; заявл. 16.09.2003, опубл. 27.03.2006, Бюл. №9.

8. Лукина О.В. Анализ способов и технических средств, предназначенных для активации хлебопекарных дрожжей / О.В. Лукина, Д.В. Лукина // Вестник Курганской ГСХА. – Издательство: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева (Лесниково), 2013. – № 4(8). – С. 82–84.

9. Сакина Д.М. Способы активации прессованных дрожжей с применением нетрадиционного растительного сырья / Д.М. Сакина, Е.И. Кощина, С.А. Леонова // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2016. – С. 186–190.

10. Способ предварительной активации прессованных дрожжей: патент 2208631 Рос. Федерация / З.И. Асмаева [и др.]; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Учебно-научно-производственная фирма «Липиды»; заявл. 03.01. 2002, опубл. 20.07.2003.

11. Способ предварительной активации прессованных дрожжей: патент 2240347 Рос. Федерация / А.А. Петрик [и др.]; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Учебно-научно-производственная фирма «Липиды»; заявл. 17.02. 2003, опубл. 20.11.2004.

12. Способ предварительной активации прессованных дрожжей: патент 2302457 Рос. Федерация / А.А. Петрик [и др.]; патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет» (ГОУВПО «КубГТУ»); заявл. 11.11. 2005, опубл. 10.07. 2007, Бюл. №19.

13. Способ предварительной активации прессованных дрожжей: патент 2358007 Рос. Федерация / В.И. Мартовщук [и др.]; патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет» (ГОУВПО «КубГТУ»); заявл. 09.07.2007, опубл. 10.06.2009, Бюл. №16.

14. Способ предварительной активации прессованных дрожжей: патент 2388227 Рос. Федерация / Е.В. Мартовщук [и др.]; патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет» (ГОУВПО «КубГТУ»); заявл. 26.09. 2008, опубл. 10.05. 2010, Бюл. №13.

15. Способ предварительной активации прессованных дрожжей: патент 2452771 Рос. Федерация / О.Л. Вершинина; патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет» (ГОУ ВПО «КубГТУ»); заявл. 25.11.2010, опубл. 10.06.2012, Бюл. №16.

16. Способ предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей: патент 2392308 Рос. Федерация / Ю.Ф. Росляков [и др.]; патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет» (ГОУВПО «КубГТУ»); заявл. 27.06.2008,

опубл. 20.06.2010, Бюл. №17.

17. Акопян В.Б. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами: Ультразвук в медицине, ветеринарии и экспериментальной биологии: Учеб. пособие / Под ред. С.И. Щукина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 224 с. – ил. – (Биомедицинская инженерия в техническом университете).

18. Салогуб Е.В. Изучение влияния ультразвуковой обработки на биосорбционные свойства дрожжей / Е.В. Салогуб, Ю.С. Боголюбова // Проблемы современной науки и образования. – Издательство: ООО «Олимп» (Иваново), 2017. – №22 (104). – С. 15–17.

19. Гречишникова А.С. Совершенствование процесса управления выращивания хлебопекарных дрожжей с использованием инновационных технологий / А.С. Гречишникова, В.А. Демченко // IV Всероссийский конгресс молодых ученых. – СПб., 2015. – С. 200–202.

20. Способ активации прессованных дрожжей: патент 2328119 Рос. Федерация / Т.В. Санина [и др.]; патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Воронежская государственная технологическая академия; заявл. 15.01.2007, опубл. 10.07.2008, Бюл. №19.

21. ГОСТ Р 54731-2011. Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия. – Введ. 2011-12-13. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 12 с.

22. Панкина И.А., Черникова Д.А. Хлебопекарные дрожжи: характеристика и изучение их физико-химических показателей. В сборнике: проблемы конкурентоспособности потребительских товаров и продуктов питания сборник научных статей материалы Международной научно-практической конференции. Курск, 2019. С. 241–244.

Статья поступила в редакцию 02.08.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 663.969/ 663.958.8

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНТИОКСИДАНТНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОНЦЕНТРАТА ЧАЙНОГО НАПИТКА

© 2019

Пастушкова Екатерина Владимировна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Товароведения и экспертиза»
Уральский государственный экономический университет,
(620144, Россия, г. Екатеринбург, ул.8 Марта/Народной Воли, 62/45,e-mail: pas-ekaterina@yandex.ru)
Чугунова Ольга Викторовна, доктор технических наук,заведующий кафедрой «Технологии питания»
Уральский государственный экономический университет
(620144, Россия, г. Екатеринбург, ул.8 Марта/Народной Воли, 62/45,e-mail: chugun_ova@yandex.ru)

Аннотация. С увеличением уровня неинфекционных заболеваний, особо остро встает вопрос о их предупреждении и профилактике. Одной из основных задач пищевой промышленности является обеспечение населения биологически активными веществами и разработка пищевых продуктов функциональной направленности, способствующих повышению сопротивляемости иммунной системы влиянию негативных экологических факторов. Анализ научной информации о наиболее важных вопросах в области здорового питания и ранее проведенные исследования химического состава лекарственно- технического сырья легли в основу выбора разработанных антиоксидантных комплексов с применением метода HPP. Метод HPP способствует мгновенной и равномерной обработке высоким давлением объема продукта, при этом размер и форма обрабатываемого продукта значения не имеют. Метод обработки высоким давлением приводит к увеличению выхода БАВ. В статье приведены результаты исследования использования антиоксидантных комплексов на основе лекарственно-технического сырья при разработке рецептур чайных концентратов/сиропов. С помощью программы ЭВМ по подбору пищевых ингредиентов антиоксидантной направленности, учитывающей органолептическую совместимость и антиоксидантную направленность разработаны 6 рецептур чайных концентратов. Прототипом технологии производства чайных концентратов является классическая технология жидких концентратов чайных напитков.На основании разработанной дегустационной оценки контрольного и опытных образцов чайных концентратов получены результаты сравнительной органолептической оценки, а, так же установлены градации качества опытных образцов. Экспериментально установлено, что содержание танинов увеличилось на 41,6%, флавоноидов на 46,3% в сравнении с контрольным образцом, показатель антиоксидантной активности увеличился в1,56 раз. Полученные результаты содержания основных биологически активных веществ и антиоксидантной активности чайных концентратов являются научным обоснованием применения антиоксидантных комплексов при разработке безалкогольных напитков.

Ключевые слова:концентрат чайного напитка, сироп, антиоксиданты, комплекс, лекарственно- техническое сырье, флавоноиды, антиоксидантная активность.

SCIENTIFIC JUSTIFICATION FOR THE USE OF ANTIOXIDANT COMPLEXES IN THE PRODUCTION OF TEA BEVERAGE CONCENTRATE

© 2019

Pastushkova Ekaterina Vladimirovna, candidate of technical sciences,
associate Professor of «Commodity Science and expertise»
Ural State University of Economics,
(620144, Russia, Ekaterinburg, 8 Marta/Narodnoyvoli St., 62/45,e-mail: pas-ekaterina@yandex.ru)
Chugunova Olga Viktorovna, doctor of technical Sciences, head of the Department of «Power Technology»
Ural State University of Economics
(620144, Russia, Ekaterinburg, 8 Marta/Narodnoyvoli St., 62/45,e-mail: chugun_ova@yandex.ru)

Abstract. With the increase in the level of noncommunicable diseases, the issue of their prevention and prevention is particularly acute. One of the main tasks of the food industry is to provide the population with biologically active substances and the development of functional food products that contribute to increasing the resistance of the immune system to the influence of negative environmental factors. Analysis of scientific information on the most important issues in the field of healthy nutrition and earlier studies of the chemical composition of medicinal and technical raw materials formed the basis for the selection of developed antioxidant complexes using the High Pressure Processing (HPP) method. The HPP method promotes instant and uniform high-pressure processing of the product volume, while the size and shape of the processed product do not matter. The method of high pressure treatment leads to the destruction of intracellular vacuoles that destroy cell walls and cytoplasmic membrane. High pressure affects only non-covalent chemical bonds (i.e. ionic, hydrogen and hydrophobic bonds), leaving the covalent bonds intact. The article presents the results of a study on the use of antioxidant complexes based on medicinal and technical raw materials in the development of formulations of tea concentrates/syrups. With the help of a computer program for the selection of food ingredients of antioxidant orientation, taking into account the organoleptic compatibility and antioxidant orientation, 6 formulations of tea concentrates were developed. The prototype of the technology of production of tea concentrates is the classical technology of liquid concentrates of tea drinks. On

the basis of the developed tasting evaluation of control and experimental samples of tea concentrates, the results of comparative organoleptic evaluation were obtained, as well as gradations of the quality of experimental samples were established. It was experimentally established that the content of tannins increased by 41.6%, flavonoids by 46.3% in comparison with the control sample, the antioxidant activity increased by 1.56 times. The results of the content of the main biologically active substances and antioxidant activity of tea concentrates are the scientific justification for the use of antioxidant complexes in the development of soft drinks.

Keywords: syrup, tea beverage concentrate, antioxidants, complex, medicinal and technical raw materials, flavonoids, antioxidant activity.

Введение. В последние годы все больше внимания уделяется разработке продуктов питания, способных оказывать определенное терапевтическое действие на организм в целом или на его конкретные системы и органы, повышающих сопротивляемость организма влиянию неблагоприятных экологических факторов.

Одной из серьезных проблем в области здорового питания является снижение уровня обеспечения населения биологически активными веществами (БАВ) антиоксидантного ряда в ежедневном рационе, что обуславливаетрост не инфекционных заболеваний (НИЗ), в том числе связанных с антиоксидантной недостаточностью. Анализ рационов питания населения РФ за период 2012-2017 г. показал, что дефицит витамина С в среднем составляет у 64% населения, дефицит флавоноидов и β-каротина обнаружен у 25 и 27% соответственно. Показано, что сбалансированность питания и обеспеченность населения витамина антиоксидантного ряда влияет на уровень заболеваемости региона. Недостаточная обеспеченность витамином С приводит к нарушению иммунной системы, снижает выработку кортизола, а, следовательно, приводит к развитию заболеваний эндокринной системы, дефицит БАВ в рационе питания обуславливает быструю утомляемость организма, развитие сердечно-сосудистых заболеваний [6]. В связи с этим, в соответствии с задачей программы «Здоровое питание – здоровье нации» - выполнение фундаментальных и прикладных научных исследований в области инновационных технологий производства пищевых продуктов антиоксидантного действия, способствующих восстановлению и поддержанию пищевого статуса, и качества жизни населения, разработка пищевых продуктов функциональной направленности является актуальным [8,11,15,21].

Анализ последних исследований и публикаций. Перспективным направлением в профилактике неинфекционных заболеваний и повышения общей сопротивляемости организма влиянию неблагоприятных экологических факторов является разработкапищевых продуктов функциональной направленностисиспользованиемрастительного сырья, обладающего специфическими органолептическими свойствами, терапевтическим действием на организм человека и отсутствием негативного воздействия при длительном применении.

Целью исследования является научное обоснование использования антиоксидантных комплексов в производстве пищевых продуктов функциональной направленности.

Работа выполнялась на базе единого лабораторного комплекса в Уральском государственном экономическом университете.

На подготовительном этапе разработки пищевых продуктов с антиоксидантными свойствами был проведен анализ ассортимента пищевых продуктов функциональной направленности на примере продовольственного рынка Свердловской области. Установлено, что приоритетным направлением для расширения ассортимента продукции функциональной или антиоксидантной направленности являются - безалкогольные напитки. Для расширения ассортимента было предложеноразработать технологию и рецептурыконцентрата чайного напитка/сиропа (КЧН), обладающего антиоксидантной направленности.

В качестве основы рецептуры для моделирования КЧН использовался чай байховый черный, обладающий невысокими органолептическими свойствами – слабый не характеризующий насыщенный и гармоничный вкус, с неразвитым чайным ароматом. Физико-химические показателиисследуемого образца чая соответствуют требованиям ГОСТ 32573-2013, установлено, что массовая доля влаги – 9,8%, содержание водорастворимых экстрактивных веществ – 33,8%; АОА составляет 3,9 моль экв./дм^3.

Подбор рецептурных компонентов КЧН основывался на решении следующих задач:

- антиоксидантная направленность напитка (изменение химического состава с целью повышения биологической и потребительской ценности напитка за счет АОК);
- выбор формы продукта для простоты использования;
- сочетаемость и натуральность выбранных компонентов КЧН [7,8,9].

В ранее проведенных исследованиях установлено, что высокими антиоксидантными свойствами обладает растительное сырье, а именно крапива двудомная (8,47 моль экв./дм^3) что объясняется высоким содержанием дубильных веществ (7,34%) и витамина С (17,4 мг/100г). На втором месте по значению АОА находится шалфей лекарственный (6,82 моль экв./дм^3), содержание дубильных веществ составляет 4,67%. Результаты АОА в анализируемом ЛТС, явились основанием для его использования при разработке АОК.

Авторами предложен алгоритм разработки АОК, с учетом специфики и функционального назначения ЛТС, состоящий следующих этапов: 1 этап – моделирование органолептических показателей, в наибольшей степени удовлетворяющих критерию;

2 этап – оптимизация компонентного состава АОК, осуществляемая путем оценки АОА проектируемых АОК; 3 этап – расчет экономических показателей, проектируемых АОК.

С целью обеспечения терапевтического эффекта, органолептической совместимости, содержания БАВ, показателя антиоксидантной активностис помощью программы подбора пищевых ингредиентов антиоксидантной направленности (Свидетельство ЭВМ № 2018611807 от 07.02.2018 г.) были разработаны 6 рецептур антиоксидантных комплексов (АОК) на основе ЛТС, с применением метода *HighPressureProcessing (HPP)* [15]. Сущность данного метода заключается в кратковременном равномерном воздействии давлением выше атмосферного, то есть от 100 до 1000 МПа, что приводит к разрушению межклеточных мембран и, как следствие, положительно сказывается на выход БАВ в экстракт, что приводит к констатации их количественного увеличения в обработанном АОК [3,12,19].

Поиск оптимальных режимов обработки АОК методом *HPP* основывался на результатах исследований БАВ и АОА (рисунок 1).

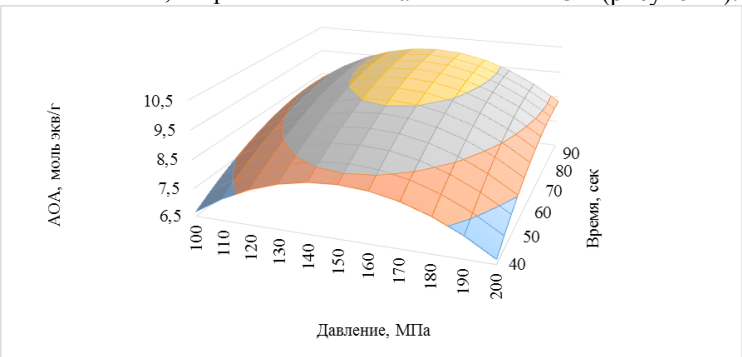


Рисунок 1 – Зависимость значения АОА от давления и времени воздействия метода HPP (составлено авторами)

В результате математической обработки экспериментальных данных были найдены оптимальные параметры метода обработки *HPP*: давление – 150 МПа, время воздействия – 90 сек.

На основании полученных данных оценки разработанных моделей АОК с применением методом *HPP* получены следующие результаты: разработанные модели АОК обладают прозрачным настоем, разной степенью интенсивности цветом, с приятным травянистым специфическим ароматом и гармоничным насыщенным вкусом, с травным тоном разной степени выраженности в зависимости от вносимого вида ЛТС, послевкусие – непродолжительное, приятное, физико-химические показатели: массовая доля влаги не более 18%, массовая доля водорастворимых экстрактивных веществ не менее 30 %, содержание витамина С – 1,93-7,85 мг/100 г; биофлавоноидов – 192–764 (64–235) мг/100 г; дубильных веществ – 0,05–0,16 г/100 г.

Для достижения поставленной цели была разработана технология производства КЧН с добавлением АОК, состав которых представлен в таблице 1. Рецептура дана из расчета на 100 литров готового продукта. В приведенной таблице 1 представлены рецептуры КЧН с оптимальным соотношением чая черного байхового, АОК и сахара. В соответствии с терминологией, представленной в ГОСТ Р 32593-2012, под жидким концентратом чайного напитка понимают композиционный сгущенный экстракт чая с добавлением растительного сырья, растворимый в воде, обладающий высоким потребительскими свойствами [6].

*Таблица 1 – Рецептурный состав КЧН, мас%**

Номер модели АОК	Ингредиентный состав АОК	Сухой кстракт АОК,%	Сухой экстракт чая черного байхового, %	Сахар, %	Вода подготовлен-ная, %	Лимонная кислота, %
№ 1	Крапива двудомная, зверобой продырявленный, шалфей лекарственный	1,229	0,132	58,0	39,7	0,939
№ 2	Крапива двудомная, зверобой продырявленный, лист брусники	1,225	0,134	58,0	39,7	0,939
№ 3	Душица обыкновенная; тысячелистник обыкновенный, чабрец (тимьян обыкновенный)	1,219	0,142	58,0	39,7	0,939
№ 4	Крапива двудомная, мята перечная; лист черной смородины	1,223	0,138	58,0	39,7	0,939
№ 5	Душица обыкновенная, тысячелистник обыкновенный, шалфей лекарственный, лист брусники	1,229	0,132	58,0	39,7	0,939

* составлено авторами

За основу технологии производства концентрата чайного напитка/сиропа взята технология получения концентратов чайных напитков (рисунок 2), включающая: дозирование и приготовление инвертного сахарного сиропа и экстракта сухого чая черного и АОК, смешивание приготовленных компонентов в купажном баке (типа КМ-500) в течении 10 минут, с дальнейшим охлаждением в цилиндро-коническом танке (типа ЦКТ-40), позволяющим получить готовый КЧН с t= $18^0 \pm 2^0$C с последующим розливом, укупоркой в бутылки для пищевых жидкостей из полиэтилена объемом не более 250 мл ($см^3$) и маркировкой.

В разработанной технологии приготовления КЧН микробиологическая безопасность готового продукта достигается за счет соблюдения температурных режимов. Новизна технического решения подтверждена патентом на изобретение № 2581529 A23L2/52.

При дальнейшем изучении опытных образцов КЧН были использованы общепринятые и специальные методы исследований:

- органолептическая оценка качества КЧН осуществлялась на основании разработанной методики определения органолептических показателей по 5-ти балльной шкале с коэффициентами весомости показателей (внешнего вида, аромата и вкуса, послевкусия) [13].

Словесная характеристика органолептических показателей КЧН представлена в таблице 2.

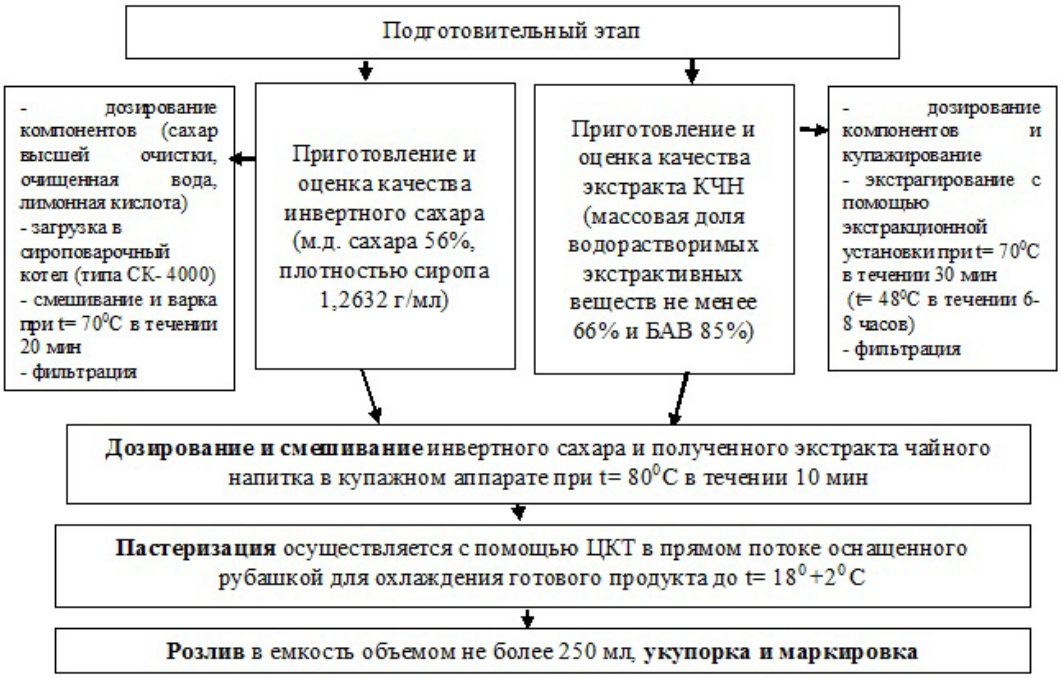


Рисунок 2 – Технологическая схема производства жидкого концентрата чайного напитка (составлено авторами)

*Таблица 2 – Пятибалльная шкала органолептической оценки качества КЧН, балл**

Наименование показателя	Качественные критерии оценки (количество баллов)				
	Отлично (5 баллов)	Хорошо (4 балла)	Удовлетворительно (3 балла)	Ниже среднего (2 балла)	Низший (1 балл)
Внешний вид и цвет /0,2	Прозрачный, однородный, без осадка и опалесценции	Менее прозрачный, однородный, без осадка и опалесценции	Тусклый, наличие небольшого осадка, не прозрачный, с наличием легкой опалесценции	Мутный, однородный, наличие осадка,	Мутный, однородный, с наличием частиц ЛТС
Вкус /0,3	Слаженный, мягкий, полный гармоничный, соответствует внесенным компонентам	Слаженный, мягкий, менее гармоничный, соответствует внесенным компонентам	Неполный, грубоватый, соответствует внесенным компонентам	Грубый, горький или сильно сладкий, не гармоничный	Пустой, не соответствует внесенным компонентам, с посторонними привкусами
Аромат/0,25	Насыщенный, гармоничный, приятный, с выраженными тонами трав, плодов	Мягкий, приятный, менее гармоничный, с тонами трав, плодов	Слабовыраженный, не гармоничный, травные и плодовые тона отсутствуют	Обезличенный, не гармоничный	Обезличенный, с посторонними запахами
Послевкусие/ 0,25	Гармоничное, с выраженным оттенком трав	Нежное, с выраженным наличием оттенка трав	Нежное, оттенки трав слабые	Слабое, оттенки трав быстро исчезают	Обезличенное, пустое

* составлено авторами

Дифференцирование КЧН по качеству в зависимости от балловых оценок представлено в таблице 3.

*Таблица 3 – Градация качества КЧН**

Качество концентрата чайного напитка	Совокупный балл
Отличное	4,6-5,0
Хорошее	4,0-4,5
Удовлетворительное	3,0-3,9
Неудовлетворительное (технически брак)	Менее 2,99

* составлено автором

Данная шкала понятна, проста и содержит значительное количество градаций качества. На основании разработанной шкалы проведена сравнительная органолептическая оценка качества разработанной чайной продукции. После математической обработки результатов дегустации составлены вкусо-ароматические профили объектов исследования.

- массовую долю сухого экстракта чая определяли по ГОСТ 6687.2 ареометрическим методом, сущность которого заключается в определении массовой доли сухих веществ с помощью ареометра-сахаромера после проведения в пробе продукции полной инверсии. Массовую долю сухого экстракта чая получают умножением показания ареометра (с учетом поправки на отклонение температуры от 20 °С) на 5 (фактор разбавления);

- массовую долю танина определяли по ГОСТ 19885, сущность метода заключается в окислении танина, содержащегося в КЧН марганцовокислым калием при участии индигокармина в качестве индикатора;

- общее содержание флавоноидов определяли в пересчете нарутин, определяли спектрофотометрическим методом после проведения реакции комплексообразования с хлоридом алюминия при λ=410 нм [1,6,10];

- антиоксидантную активность определяли с помощью оценки изменения окислительно-восстановительного потенциала до и после введения анализируемого вещества в специальный раствор, содержащий медиаторную пару [13].

Материалы и результаты исследования. Производство жидких КЧН с добавлением АОК, обработанных методом *HPP*,следует рассматривать как сложный технологический процесс, в результате которого происходит прекращение ферментативных превращений в сгущенном экстракте, что способствует стабилизации содержания БАВ и потребительских свойств при длительном хранении.

На начальном этапе оценки качества опытных образцов КЧН с добавлением АОК проведена дегустационная оценка.Результаты дегустационной оценки КЧН, представленные в таблице 4 свидетельствуют, что опытные образцы с добавлением АОК обладают высокими органолептическими показателями.

*Таблица 4– Органолептическая оценка КЧН с добавлением АОК, балл**

МодельЧК	Органолептические показатели, балл				Сумма баллов
	Внешний вид и цвет (max=1)	Вкус (max=1,5)	Аромат (max=1,25)	Послевкусие (max=1,25)	
Контроль	Менее прозрачный, однородный, без осадка и опалесценции	Неполный, грубоватый,	Слабовыраженный, не гармоничный	Выраженное нежное	3,20
	0,8	0,9	0,75	0,75	
Модель № 1	Прозрачный, однородный, без осадка и опалесценции	Мягкий, гармоничный вкус со сладостью с выраженным пряно - травным тоном	Насыщенный пряно – травяной гармоничный аромат	Нежное с выраженным оттенком трав	4,75
	1,0	1,5	1,25	1,0	
Модель № 2	Прозрачный, однородный, без осадка и опалесценции	Мягкий, гармоничный вкус со сладостью с выраженным травным тоном и горчинкой	Мягкий пряно - травяной аромат	Гармоничное с выраженным оттенком трав	4,45
	1,0	1,2	1,0	1,25	
Модель № 3	Прозрачный, однородный, без осадка и опалесценции	Мягкий, гармоничный вкус со сладостью с выраженным цветочно - травным тоном	Мягкий, гармоничный цветочно- травяной аромат	Гармоничное, с наличием оттенков трав	4,75
	1,0	1,5	1,0	1,25	
Модель № 4	Прозрачный, однородный, без осадка и опалесценции	Мягкий, гармоничный вкус со сладостью с выраженным мятным тоном трав	Насыщенный выраженный аромат с выраженными холодными нотками, гармоничный	Нежное с выраженным наличием оттенков трав	4,75
	1,0	1,5	1,25	1,0	
Модель № 5	Прозрачный, однородный, без осадка и опалесценции	Мягкий, гармоничный вкус со сладостью с легкой горчинкой	Мягкий пряно- травяной выраженный аромат	Гармоничное с выраженным оттенком трав	4,45
	1,0	1,2	1,0	1,25	

* составлено авторами

По результатам дегустации с использованием разработанной балльной шкалы определены градации качества КЧН: категория «отличное» – модель № 1 (4,75 балла), так как обладает высокими органолептическими показателями, обусловленные мягким гармоничным слаженным с выраженным тоном ЛТС во вкусе и аромате, послевкусие нежное с выраженным оттенком шалфея лекарственного, однородная слегка тягучая жидкость; модель № 3 (4,75 балла) обладает высокими органолептическими показателями, обусловленные мягким гармоничным слаженным с выраженным цветочно-травным тоном во вкусе и аромате, обусловленным содержанием в рецептуре душицы обыкновенной, послевкусие нежное с выраженным оттенком используемого ЛТС, жидкость однородная слегка тягучая; модель № 4 (4,75 балла) – обладает насыщенным выраженным ароматом трав во вкусе и аромате, обусловленные содержанием перечной мяты, послевкусие нежное с слабовыраженной горчинкой, однородная слегка тягучая жидкость; категория «хорошее» – модель № 2 (4,45 балла) – обладает мягким гармоничным слаженным тоном ЛТС во вкусе и аромате, с легкой горчинкой в послевкусии обусловленное содержанием листа брусники в рецептуре, жидкость однородная, слегка тягучая; модель № 5 (4,45 балла) – обладает мягким гармоничным слаженным вкусом и ароматом обусловленным содержанием душицы обыкновенной и шалфея лекарственного, послевкусие гармоничное выраженное, жидкость однородная слегка тягучая. Контрольный образец концентрата чайного напитка произведенный без добавления АОК отнесен к категории качества «удовлетворительное».

Для подтверждения функциональной направленности КЧН были исследованы следующие физико-химические показатели: массовая доля сухого экстракта, массовая доля дубильных веществ и флавоноидов, антиоксидантная активность (таблица 5).

*Таблица 5 – Результаты физико-химических показателей качества КЧН (n=3)**

Наименование показателя	Контроль	ЧК с добавлением АОК				
		№1	№2	№3	№4	№5
Массовая доля сухого экстракта чая, %	30,8±0,6	47,8±0,4	39,9±0,3	40,1±0,3	37,6±0,2	35,8±0,3
Массовая доля танина, %,	4,51± 0,3	7,80± 0,03	6,15± 0,03	7,10± 0,04	5,40± 0,03	5,50± 0,02
Массовая доля флавоноидов, %, в пересчете на рутин	0,160± 0,002	0,210± 0,002	0,185± 0,008	0,255± 0,004	0,280± 0,005	0,240± 0,003
Антиоксидантная активность, моль экв.\дм^3	3,9±0,07	8,45±0,04	7,63±0,02	7,89±0,02	7,96±0,04	8,23±0,04

* составлено авторами

Сравнительный анализ результатов физико–химических показателей контрольного образца и опытных образцов КЧН показал увеличение массовой доли танина на 41,2%, содержание флавоноидов на 46,4%, антиоксидантная активность увеличилась 1,85 раза.

Выводы. Внесение АОК в рецептуру концентрата чайного напиткаблагоприятно сказывается на органолептических показателях качества за счет ЛТС, входящего в рецептуру АОК. Увеличение массовой доли танинов на 41,2%, относящихся к дубильным веществам, придает КЧН не только вяжущий вкус напитку, обладает противоспалительным действием и способствует усвоению витамина С и выведению токсинов из организма человека. Известно, что флавоноиды относят к неферментным антиоксидантам, способствующим предупреждению клеточных повреждений, выведению активных форм кислорода, за счет чего достигается антиоксидантный эффект, предупреждают развитие неинфекционных заболеваний, улучшают метаболизм и состояние сердечно-сосудистой системы. Антиоксидантное действие КЧН и входящего в его состав АОК, достигается за счет увеличения БАВ, а именно флавоноидов и имеет большое значение в хелатировании металлов (Fe^+, Cu^+) переменной валентности.

Таким образом, внесение антиоксидантного комплекса в рецептуру концентрата чайного напитка способствует повышению потребительской ценности, изменению химического состава и биологической ценности, формирует приятные вкусо-ароматические характеристики напитка,а, так же расширяет групповой ассортимент безалкогольных напитков антиоксидантной направленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Drake, S.L.; DePaola, A.; Jaykus, L. An overview of Vibrio vulnificus and Vibrio parahaemolyticus. Comp. Rev. Food Sci. Saf. 2007, 6, P. 120–144.

2. Martinez-Monteagudo, S.I.; Saldaña, M.D.A.; Torres, J.A.; Kennelly, J.J. Effect of pressure-assisted thermal sterilization on conjugated linoleic acid (CLA) content in CLA-enriched milk. Innov. Food Sci. Emerg. Tech.2012, 16, P. 291–297.

3. Pastushkova E.V. Influence of the medical raw material processing with high pressure on the antioxidants exhaustion while water extraction. / Pastushkova E.V., Khabarov S.N. // Индустрияпитания. – 2018. – Т. 3. – № 1. – С. 39–46.

4. Rivalain N.,Roquain J.,Boiron J.M.,Maurel J.P.,Largeteau A.,Ivanovic Z.,Demazeau G. High hydrostatic pressure treatment for the inactivation of Staphylococcus aureus in human blood plasma. NewBiotechnol.2012. – №29. – P. 409–414.

5. Вяткин А.В. Обзор методов определения об-

щей антиоксидантной активности / Вяткин А.В., Пастушкова Е.В., Феофилактова О.В. // научный журнал «Современная наука и инновации». – 2018. №1 (21). – С. 58–66.

6. ГОСТ Р 32593-2012 Чай и чайная продукция. Термины и определения.

7. Гореликова Г.А. Научное обоснование и практические аспекты разработки и оценки потребительских свойств функциональных безалкогольных напитков // автореферат: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.18.15 / Кемерово. – 2008. – С. 45.

8. Заворохина Н.В. Комплексные подходы к моделированию напитков геронтологической направленности /Заворохина Н.В., Богомазова Ю.И.// Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2017. – № 3 (44). С. 76–81.

9. Заворохина Н.В. Обзор методов обработки результатов органолептической оценки/Заворохина Н.В., Леонтьева Н.А.//В сборнике: Пища. Экология. Качество Труды XIII международной научно-практической конференции. Отв. За вып.: О.К. Мотовилов, Н.И. Пыжикова и др. – 2016. С. 410–415.

10. Заворохина Н.В. Современные подходы к созданию напитков социальной направленности // В сборнике: Пища. Экология. Качество Труды XIII международной научно-практической конференции. Отв. За вып.: О.К. Мотовилов, Н.И. Пыжикова и др. – 2016. С. 404–409.

11. Мажаева Т.В.Влияние покупательной способности населения на структуру питания и заболеваемость // Индустрия питания. 2018. Т. 3. № 1. С. 56–68.

12. Пастушкова Е.В. Исследование процесса извлечения биологически активных веществ из лекарственно-технического сырья путем воздействия высоким давлением // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2018. – № 44. С. 56–62.

13. Патент № 2235998 Способ определения оксидантной / антиоксидантной активности растворов / Брайнина Х.З., Иванова А.В. // Патентообладатель (Уральский государственный экономический университет, Общество с ограниченной ответственностью научно-производственное внедренческое предприятие «ИВА», – дата публикации 10.09.2004 г.

14. Позняковский В.М. Сенсорный анализ продовольственных товаров вна предприятиях пищевой промышленности, торговли и общественного питания / В.М.Позняковский, О.В.Голуб, Н.В.Заворохина // Учебник. М., 2016. Сер. Бакалавриат.

15. Тихонов С.Л. Разработка новой бесконсервантной технологии сохранения пищевой продукции на примере охлаждённого мясного сырья / С.Л.Тихонов, А.В.Смирнова, А.Ю.Волков // Сборник: Пища. Экология. Качество Труды XIII международной научно-практической конференции. Ответственные за выпуск: О.К. Мотовилов, Н.И. Пыжикова и др. – Екатеринбург. – 2016. – С. 307–312.

16. Фозилова В.В. Разработка и исследование потребительских свойств чайных напитков на основе кипрея узколистного: автореферат.– Кемерово. – 2014. – С. 16.

17. Чугунова О. В. Теоретическое обоснование и практическое использование дескрипторно- профильного метода при разработке продуктов с заданными потребительскими свойствами: автореферат. – Кемерово. – 2012. – С. 32.

18. Чугунова О.В. Антиоксидантная активность как показатель профилактической эффективности функциональных продуктов / Чугунова О.В., Пастушкова Е.В. // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2010. – № 6 (32). – С. 174–177.

19. Шатнюк Л.Н. Пищевые микроингредиентыв создании продуктов здорового питания // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки, 2005. – №2. – С. 18–22.

20. Школьникова М.Н. Разработка классификации функциональных пищевых ингредиентов растительного происхождения / Школьникова М.Н., Аверьянова Е.В. // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 9 (132). С. 85–92.

21. Шмелева И.Ю. Перспективы использования дикорастущего сырья алтайского края для производства винных напитков / Шмелева И.Ю., Образцова П.А., Рожнов Е.Д., Школьникова М.Н. // В книге: Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании материалы Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к юбилею заслуженного деятеля науки РФ В.М. Позняковского. Ответственные за выпуск О.В. Чугунова, С.Л. Тихонов. – 2017. – С. 289–292.

Статья поступила в редакцию 12.08.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 66.063.8

О СВЕРХСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКЕ НЕОДНОРОДНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

© 2019

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)
Авроров Глеб Валерьевич, доцент кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(440028, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова / ул.Гагарина, 1а/11)
Сарафанкина Елена Александровна, старший преподаватель кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(440028, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова / ул.Гагарина, 1а/11)

Аннотация. Статья посвящена анализу характеристик неоднородных дисперсных систем (эмульсий и суспензий), используемых в пищевых производствах. Рассмотрены реологические свойства и условия обратимости фаз дисперсных систем. Проведен анализ известных способов и оборудования, применяемого в различных отраслях промышленности для диспергирования эмульсий и суспензий. Отмечены их преимущества и недостатки. Сформулированы основные направления обработки неоднородных дисперсных систем. Показано, что одним из перспективных направлений обработки, обеспечивающей однородность и стабильность, является сверхвысокоскоростное роторное диспергирование. Дано описание предложенного способа сверхвысокоскоростного диспергирования эмульсий и суспензий и разработанной в ПензГТУ конструкции компактного роторного диспергатора. Отмечена целесообразность его дальнейшей модернизации для обработки жидких сред, обладающих повышенной вязкостью, и предложен один из вариантов технического решения модернизированного диспергатора для дальнейших теоретических исследований и практической реализации.

Ключевые слова: неоднородные дисперсные системы, эмульсии и суспензии, способы диспергирования систем, сверхвысокоскоростное роторное диспергирование, роторный диспергатор.

ABOUT ULTRA-FAST PROCESSING OF HETEROGENEOUS DISPERSE SYSTEMS

© 2019

Avrorov Valeri Alexandrovich, 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)
Avrorov Gleb Valerievich, associate professor 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 Alexandrovna, 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)

Abstract. The article analyzes the characteristics of inhomogeneous dispersed systems (emulsions and suspensions) used in food production. Rheological properties and conditions of phase reversibility of disperse systems are considered. The analysis of known methods and equipment used in various industries for dispersion of emulsions and suspensions. Their advantages and disadvantages are noted. The basic directions of processing of a heterogeneous dispersed systems. It is shown that one of the promising directions of processing, providing uniformity and stability, is ultrahigh-speed rotary dispersion. The description of the proposed method of ultrahigh-speed dispersion of emulsions and suspensions and the design of a compact rotary disperser developed in Penza state technical University is given. The expediency of its further modernization for the treatment of liquid media with high viscosity is noted, and one of the variants of the technical solution of the modernized dispersant for further theoretical research and practical implementation is proposed.

Keyword: inhomogeneous dispersed systems, emulsions and suspensions, methods of dispersing systems, ultrahigh-speed rotary dispersion, rotary disperser

Введение. В различных отраслях промышленности широко используются жидкие, жидкогазовые и газовые неоднородные дисперсные системы, содержащие две основные составляющие, внешнюю, называемую *дисперсионной средой* и внутреннюю, являющуюся *дисперсной фазой*. В зависимости от агрегатного состояния различают неоднородные системы типа «жидкость-жидкость», у которых жид-

кая дисперсионная среда и жидкая дисперсная фаза. К этому типу относятся эмульсии. В пищевой промышленности примерами эмульсий являются молочные продукты (молоко, сливки, сметана и др.), у которых дисперсионной средой является вода, а фазой – шарики молочного жира.

Дисперсные системы с твердой дисперсной фазой относятся к суспензиям. Примерами суспензий являются сатурационная жидкость, содержащая частицы карбоната кальция в растворе сахара, образуемая при очистке диффузионного сока известковым молоком на свеклосахарных заводах, различные овощные и фруктовые пасты и др.

К системам «*жидкость-газ*» и «*твердые частицы – газ*» относятся аэрозоли, представляющие собой взвесь капелек влаги в воздухе или витающую в воздухе пыль. Первые могут образовываться при интенсивном выпаривании растворов, когда частицы жидкости в выпарном аппарате образуют над поверхностью раздела сред подобие тумана; вторые имеют место на мукомольных заводах, при просеивании твердых частиц после их дробления.

Задача получения высококачественных эмульсий и суспензий, отвечающих заданным свойствам, а также последующее их тонкое и ультратонкое диспергирование, обеспечивающее однородность и стабильность (устойчивость при хранении), имеет большое практическое значение.

Целью работы являлся анализ характеристик известных дисперсных систем и формулирование требований к созданию сверхвысокоскоростного роторного диспергатора, обеспечивающего их стабильность и однородность структуры.

Анализ характеристик неоднородных дисперсных систем. Известно, что эмульсии и суспензии находятся в метастабильном состоянии и многие из них обладают тиксотропными свойствами, т.е. их характеристики являются результатом, как реструктуризации, так и слияния частиц дисперсной фазы [1]. Так как частицы в эмульсиях и суспензиях имеют различные размеры и форму, то одним из показателей является размер частиц, характеризующий степень дисперсности неоднородной системы. Размер частиц дисперсной фазы принято определять эффективным диаметром частиц $d_э$. За эквивалентный диаметр частицы принимается диаметр сферы, объем которой равен объему частицы и состоит из того же материала, что и сама частица [3]

$$d_э = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}} = 1{,}24\sqrt[3]{V}, \qquad (1)$$

Так, по эффективному диаметру частиц суспензии подразделяют на крупнозернистые $d_э > 1$ мм; среднезернистые $d_э$ = 100мкм…1,0 мм; мелкозернистые $d_э = 5 \ldots 100$ мкм; тонкие $d_э = 100нм \ldots 5\ мкм$; коллоидные $d_э = 1 \ldots 100$ нм.

Степень дисперсности таких систем определяется как $D = 1/a$, где a - наименьший размер частиц дисперсной фазы. Кроме дисперсности частицы могут быть также охарактеризованы величиной удельной поверхности $S_{уд}$, которая равна отношению величины межфаз- ной поверхности к объёму, занимаемому частицами, $S_{уд} = S/V$.

С уменьшением размеров a увеличивается степень дисперсности D и удельная поверхность $S_{уд}$.

Физико-химическая неоднородность, полидисперсность, характерные для реальных неоднородных дисперсных систем, приводят к изменениям характера течения – нарушению сплошности, проявлению агрегатного разрушения структуры и к возникновению чередующихся твердо и жидкообразных слоев, ориентированных по направлению сдвига [2,4-6]. По Урьеву Н.Б. [5-10] устранение этих явлений в концентрированных дисперсиях возможно сочетанием непрерывного сдвига, модифицирования поверхности частиц поверхностно-активными веществами и ортогонально направленной осцилляцией.

Свойства различных видов реальных эмульсий и суспензий настолько разнообразны, что, как отмечается в [1], невозможно описать их какой-либо универсальной моделью или даже небольшим числом моделей. Поэтому их объединяют в зависимости от природы и подобия реологического поведения при обработке в несколько условных групп или классов. Характерным примером служат краски, которые могут рассматриваться как полимерные материалы, как коллоиды или как суспензии. То же относится ко многим пищевым продуктам, кремам, фармацевтическим материалам и др. Например, пасты и кремы могут рассматриваться как коллоидные системы или как многокомпонентные композиции. Реологические свойства различных видов масел и жиров сильно зависят от температуры и могут находиться в диапазоне от вязких жидкостей до вязкопластичных сред с определенным значением предела текучести.

Для повышения стойкости эмульсий к разделению сред из-за слияния капель дисперсной фазы используются поверхностно-активные вещества, например, в опалубочных эмульсиях. Эти вещества, адсорбируясь на поверхности капель, препятствуют их слиянию. В жировых эмульсиях (сливки, сметана) роль эмульгатора играет жир, который гидратными остатками направлен в сторону водной среды, а гидрофобными остатками – в сторону жира.

Эмульсии проявляют течение при очень низких напряжениях. Однако при некоторых условиях дисперсная фаза может образовывать подобие структуры из диспергированных капель с некоторым падением вязкости. При увеличении напряжений сдвига эмульсия проявляет свойства, характерные для неньютоновских жидкостей.

В эмульсиях при создании определенных условий наблюдается явление обращения фаз, т.е. происходит переход в эмульсии другого типа. Например, явление обращения фаз наблюдается при взбивании

сливочного масла. Исходным сырьем для получения масла служит цельное молоко, которое представляет собой полидисперсную систему, составляющие которой имеют различную степень дисперсности. Так, в теплом молоке дисперсная фаза (молочный жир) находится в эмульгированном состоянии; белки – в коллоидном, а некоторые соли – в виде истинных растворов. После сепарирования из молока получают сливки, являющиеся эмульсией типа «*масло-вода*». При их взбивании происходит переход в эмульсию «*вода-масло*», где вода уже является дисперсной фазой.

Условия обратимости фаз (инверсии) исследовались в работе [11], в которой проводился анализ факторов, обуславливающих инверсию, и определялись некоторые параметры данного явления.

Для определения объемной концентрации жира в водножировой эмульсии предложена формула

$$c = \frac{N\pi d^3}{\pi D^3}, \quad (2)$$

где c - объемная концентрация жира в смеси, м^3/м^3; N - количество жировых шариков в произвольно выбранной сфере диаметром D, $N = n^3$.

$$D = nd + (n-1)\delta, \text{ м}, \quad (3)$$

где n – число шариков, располагаемых на диаметре сферы; $(n-1)$ – число расстояний между шариками; δ – расстояние между шариками, м.

Тогда $c = \frac{d^3}{(d+\delta)^3}$, откуда средний диаметр жирового шарика равен

$$\bar{d} = \frac{\delta\sqrt[3]{c}}{1-\sqrt[3]{c}}, \quad (4)$$

Поскольку дисперсионной средой в водножировой эмульсии является вода, то, как показано в работе [11], она будет протекать между жировыми шариками (частицами дисперсной фазы) до тех пор, пока разность давления не станет меньше сил межфазного натяжения

$$Q_{д.с.} = \frac{\pi\delta^2\sigma_{д.с}}{32\eta}, \quad (5)$$

где $Q_{д.с.}$ – объемная производительность (расход) течения дисперсионной среды при ее течении между частицами дисперсной фазы, м^3/с; $\sigma_{д.с}$ – коэффициент поверхностного натяжения дисперсионной среды, Н/м, $\sigma_{д.с} = \frac{\Delta P\delta}{4}$;

ΔP – перепад давления, Па; η – эффективная вязкость дисперсионной среды, Па с.

Если в какой-то момент времени расстояние между жировыми шариками станет настолько мало, то давление, зависящее от межфазного поверхностного натяжения, прекратит поток дисперсионной среды. В этом случае возникают условия протекания частиц дисперсной фазы через промежутки между ними, что свидетельствует о наступлении инверсии. Это условие записывается в виде

$$Q_{д.ф.} = \frac{\pi\delta^2\sigma_{д.ф.}}{32\mu}, \quad (6)$$

где $Q_{д.ф.}$ – объемная производительность (расход) течения жировых шариков по каналам водной среды, превратившейся в дисперсной фазу, м^3/с; μ – ньютоновская вязкость жировой фазы, Па с; $\sigma_{д.ф.}$ – коэффициент поверхностного натяжения жировой фазы, Н/м.

Инверсия наступит тогда, когда $Q_{д.с.} = Q_{д.ф.}$. Из этого условия по известным значениям вязкости компонентов дисперсной системы и их коэффициентам поверхностного натяжения находится концентрация дисперсной фазы водно-жировой эмульсии, при которой наступает инверсия.

Анализ известных способов диспергирования и используемого оборудования. Можно выделить следующие основные направления развития технологии обработки неоднородных дисперсных систем (эмульсий и суспензий) в отраслях промышленности [22]:

- Получение систем с заданными свойствами.
- Распыление и сушка частиц дисперсной фазы эмульсий.
- Ультратонкое диспергирование неоднородных систем с целью улучшения их структуры.
- Разделение неоднородных систем.

Из этих направлений, на наш взгляд, наиболее важным является проведение исследований по ультратонкому диспергированию неоднородных дисперсных систем, что должно обеспечить их более высокую однородность и стабильность физико-механических показателей во времени.

Для улучшения свойств гетерогенных жидких сред используют механические, конденсационные, химические, пневматические, акустические (ультразвуковые) и электромагнитные способы, а также вибрационное воздействие, распыление или перемещение под давлением (форсунки, гомогенизаторы), роторное диспергирование [15-19].

Анализ известных способов показывает, что одной из проблем повышения качественных показателей выходящего продукта является ограниченность возможностей этих способов и оборудования из-за энергонапряженного режима работы, особенно при обработке эмульсий и суспензий с повышенной вязкостью. Примером могут служить известные форсуночные и гомогенизирующие устройства, требующие создания высокого давления [3].

Процесс диспергирования включает две операции: измельчение материала дисперсной фазы, например, в какой-либо эмульсии или суспензии, и смешивание во всем объеме дисперсионной среды, находящейся в рабочей зоне диспергатора.

В пищевой промышленности нашли широкое применение клапанные гомогенизаиторы и роторные диспергаторы.

Рабочая зона известного клапанного гомогенизаторав представляет собой пару «седло-клапан», размещенную в гомогенизирующей головке.

Через кольцевой зазор между клапаном и седлом под давлением до 20 МПа продавливается исходная эмульсия (рисунок 1), в результате чего частицы дисперсной фазы эмульсии разрушаются, благодаря чему улучшается однородность дисперсной системы.

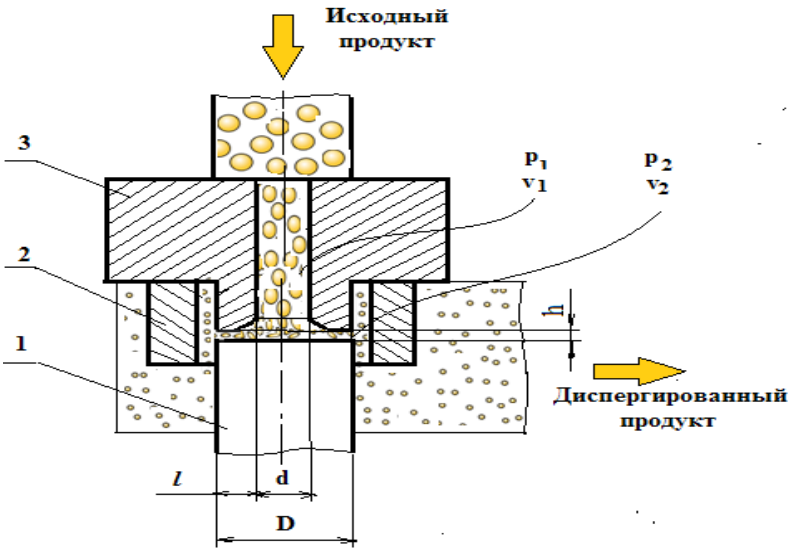


Рисунок 1 – Схема диспергирования эмульсии в зазоре между клапаном и седлом гомогенизатора

Клапанные гомогенизаторы обладают высокой производительностью и обеспечивают высокое качество продуктf. К недостаткам относятся высокие требования к точности изготовления, особенно элементов диспергирующей головки, необходимость применения высокого давления, что влечет комплектацию гомогенизатора высоконадежным насосом обеспечивающим стабильное давление во время эксплуатации, значительная металлоемкость конструкции. Все это существенно повышает стоимость изделия. Для крупных производств эти недостатки нивелируются большой производительностью и качеством выпускаемой продукции, однако для малых предприятий, которыми, например, могут быть фермерские хозяйства, занимающиеся производством молочной продукции в небольших сравнительно объемах, эти недостатки клапанных гомогенизаторов приобретают существенное значение.

Альтернативой им могут служить более дешевые, компактные роторные гомогенизаторы. Сущность роторного диспергирования эмульсий и суспензий заключается во взаимодействии потока подаваемой в диспергатор (роторный гомогенизатор) жидкости с элементами вращающегося ротора, установленного в неподвижном корпусе. Возникающая в рабочей зоне турбулентность и циркуляция потока, кавитационные явления, повторяющиеся ударные взаимодействия частиц дисперсной фазы с элементами ротора и статора приводят к измельчению частиц дисперсной фазы и ее интенсивному перемешиванию (рисунок 2).

К недостаткам данного типа гомогенизатора можно отнести относительно невысокую скорость диспергирования, ограниченную скоростными возможностями электропривода.

Рисунок 2 – Роторно-пульсационный гомогенизатор

Разработка способа и конструктивной схемы сверхвысокоскоростного роторного диспергатора неоднородных дисперсных систем. Одним из направлений дальнейшего увеличения эффективности роторного диспергирования является повышение частот вращения ротора до 100 и более тыс. мин^{1} и создание вихревого пульсирующего поля во вращающейся в роторе жидкости.

Для ультратонкого диспергирования жидких и пастообразных продуктов предложен способ и разработано устройство, в котором диспергирование осуществляется за счет деления продукта на отдельные струйки при их прохождении через отверстия высокоскоростного ротора и неподвижного статора и последующем их распаде на мельчайшие капли при выходе из отверстий статора [12]. Данное техническое решение может быть использовано в различных отраслях промышленности, например, в химической, парфюмерной, пищевой и др. для улучшения свойств эмульсий и суспензий.

На рисунке 3 приведена конструктивная схема разработанного высокоскоростного роторного диспергатора [12]. Устройство содержит корпус (статор), внутри которого на вертикальной оси установлен ротор, выполненный в виде чашеобразного диска. По периметру торцевой поверхности ротора выполнены радиальные отверстия, в одной плоскости с которыми в статоре находятся аналогичные отверстия для выхода продукта. Взаимодействие отверстий при вращении ротора приводит к появлению высокочастотных пульсирующих напряжений в потоке обрабатываемой среды и, как следствие, к возникновению гидродинамической кавитации, что позволяет увеличить эффективность диспергирования различных видов эмульсий и суспензий [13,14,20,21].

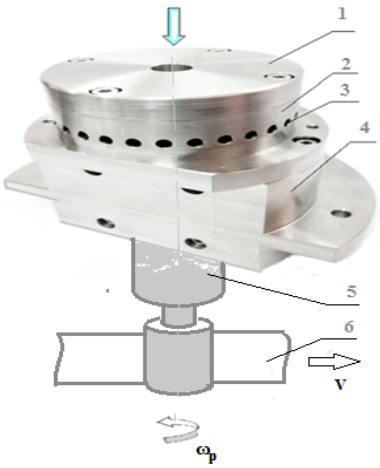


Рисунок 3 – 3D -модель высокоскоростного роторного диспергатора:
1 – фланец, 2 – статор, 3 – выходные отверстия статора, 4 – корпус, 5 – подшипник ротора, 6 – тангенциальный ремень

Проведенный анализ возможностей данного способа и разработанной конструкции диспергатора [22] показал целесообразность дальнейшего совершенствования полученного технического решения, необходимость которого обусловлена условиями обработки вязких неоднородных дисперсных систем. Задача модернизации заключалась в оснащении диспергатора дополнительным измельчающе-турбулизирующим устройством на входе обрабатываемой жидкой среды в ротор. В результате проведенных разработок предложен патентоспособный вариант исполнения диспергатора расширяющий возможности обработки вязких дисперсных систем. В настоящее время проводится теоретическое обоснование предложенного способа.

Выводы.

1. Дан анализ характеристик неоднородных дисперсных систем, применяемых в пищевой промышленности.

2. Рассмортены особенности применяемой технологии и оборудования для диспергирования жидких пищевых сред и отмечены их преимущества и недостатки.

3. Предложено техническое решение для модернизации созданного в ПензГТУ сверхвысокоскоростного роторного диспергатора эмульсий и суспензий с различной степенью вязкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Малкин А.Я., Исаев А.И. Реология: концепции, методы, приложения. – СПб: Профессия, 2007. – 560 с.

2. Фейман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Физика сплошных сред. Вып.7. – М: Мир,1977. – 288 с.

3. Стабников В.Н., Баранцев В.П. и др. Процессы и аппараты пищевых производств. – М: Агропромиздат, 1985. – 509 с.

4. Волков В.С. Анизотропная реология суспензий / Тезисы докладов на конференции молодых ученых «Реология и физико-химическая механика гетерофазных систем». – Карачарово, 2007. – С.17.

5. Урьев Н.Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. – М: Химия, 1980. – 320 с.

6. Урьев Н.Б., Потанин А.А. Текучесть суспензий и порошков. – М: Химия, 1982.

7. Урьев Н.Б. Физико-химическая динамика, реология и виброреология структурированных дисперсных систем / Тезисы докладов конференции молодых ученых «Реология и физико-химическая механика гетерофазных систем» – Карачарово, 2007. – С. 41–42.

8. Урьев Н.Б. Реология структурированных нанодисперсных систем / Тезисы докладов 24 симпозиума по реологии. – Карачарово, 2008. – С. 11–12.

9. Урьев Б.Н. Характер изменения нормальных напряжений при сдвиговом деформировании концентрированных дисперсий в условиях ортогональной осцилляции / Тезисы докладов 24 симпозиума по реологии. – Карачарово, 2008. – С. 101.

10. Урьев Н.Б. Реологические свойства структурированных дисперсий в условиях сочетания сдвиговых деформаций и ортогонально направленной осцилляции / Тезисы докладов конференции молодых ученых «Реология и физико-химическая механика гетерофазных систем» – Карачарово, 2007. – С. 126–127.

11. Березовский Ю.М., Андреев В.Н. Условия инверсии водножировых эмульсий / Сборник докладов первой научно-практической конференции «Управление реологическими свойствами пищевых продуктов» под ред. д.т.н. Мачихина С.А. – М: МГУПП, 2008. – С.127–131.

12. Авроров В.А., Авроров Г.В. Центрифуга. Патент РФ № 2422213, B04B5/12. 2009.

13. Червяков В.М. Теоретические основы методов расчета роторных аппаратов с учетом нестационарных гидродинамических течений. Автореферат дисс. д.т.н. – Тамбов: ТГУ, 2007. – 31 с.

14. Орешина М.Н. Импульсное диспергирование

многокомпоненитных пищевых систем и его аппаратурная реализация. Автореферат дисс. д.т.н. – М: 2010. – 50 с.

15. Андреев В.Н., Калошин Ю.А., Тимин В.М. Способы получения водно-жировых эмульсий. Тезисы научно-практической конференции МГЗИПП (филиал г. Мелеуз) «Будущее за новыми технологиями». – М: 1999. – С.14–15.

16. Гринь В.Г., Хагуров А.Л., Подображных А.И., Чекмарева И.Б. Приготовление эмульсии в аппарате электромагнитного поля. Масло-жировая промышленность, 1986, № 2.

17. Грузинов Е.В., Восканян О.С., Акопян В.Б. Ультразвуковой метод получения пищевых эмульсий. Тезисы докладов научной конференции МАЭН «Современные технологии и некоторые социально-экономические проблемы в АПК». – М: 1998, – 27 с.

18. Диспергирование при помощи высокопроизводительных установок по системе «ротор-статор» фирмы «EPCO GmbH». Техническая информация «EPCO GmbH», 1981.

19. Промтов М.А. Интенсификация химико-технологических процессов в импульсных потоках гетерогенних гидкостей. Автореферат дисс. д.т.н. – Тамбов: ТГУ, 2001. – 32 с.

20. Зимин А.И. Прикладная механика прерывистых течений. – М: Фолиант, 1997. – 308 с.

21. Зимин А.И. О бифуркационных явлениях в нестационарных гидромеханических процесах // Теорет. основы хим. технол. –1997, Т.31, №3. – С. 238–242.

22. Авроров В.А. Высокоскоростное роторное диспергирование неоднородных дисперсних систем. Монография. – Старый Оскол: ТНТ, 2019. – 124 с.

Статья поступила в редакцию 04.08.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 663.40

ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ДРОЖЖЕЙ ПРИ СБРАЖИВАНИИ ПИВНОГО СУСЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ЗЕРНА

© 2019

Гарькина Полина Константиновна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: worolina89@mail.ru)
Блинохватов Антон Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук,
и.о. заведующего кафедрой «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: bl-anton58@rambler.ru)
Шабурова Галина Васильевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: Shaburovs@mail.ru)

Аннотация. Изучены биологические эффекты при сбраживании пивного сусла, основой которого является экструдированное зерновое сырье, на метаболическую активность дрожжевых клеток. Приведены результаты исследования зависимости скорости сбраживания экстракта пивного сусла, удельной скорости роста дрожжевых клеток, времени генерации и точки флокуляции (степени сброженности пивного сусла) от дозировки экструдированного ячменя. Показано, что условия питательной среды оказывают значительное влияние на жизнедеятельность микроорганизмов. Пивное сусло, приготовленное с применением рациональной дозировки экструдированного ячменя, представляет собой сбалансированную питательную среду, способствующую заметной интенсификации сбраживания экстракта пивного сусла дрожжами – на 15,8 % в сравнении с контрольным образцом. Установлен активный прирост дрожжевых клеток при практически полном отсутствии лаг-фазы развития дрожжевых клеток на пивном сусле с применением экструдированного ячменя. Показано сокращение времени генерации пивных дрожжей в 1,4-1,5 раза в сравнении с контрольным вариантом. Выявлена оптимальная дозировка экструдированного ячменя, обусловливающая стимуляцию жизнедеятельности пивных дрожжей.

Ключевые слова: дрожжи пивные, брожение, пивное сусло, экструдированный ячмень.

LIFE ACTIVITY OF YEARS AT DRAINAGE OF BEER WASTE WITH THE USE OF EXTRUDED GRAIN

© 2019

Garkina Polina Konstantinovna, docent, associate Professor of sub-department «Food Production»
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: worolina89@mail.ru)
Blinokhvatov Anton Alexandrovich, Candidate of Agricultural Sciences,
Head of the department «Food production»
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail:bl-anton58@rambler.ru)
Shaburova Galina Vasilievna, candidate of technical sciences, associate Professor,
associate Professor of the department «Food Production»
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: Shaburovs@mail.ru)

Abstract. The biological effects of the fermentation of beer wort, the basis of which is extruded grain raw materials, on the metabolic activity of yeast cells are studied. The results of a study of the dependence of the fermentation rate of beer wort extract, the specific growth rate of yeast cells, the generation time and the flocculation point (degree of fermentation of beer wort) on the dosage of extruded barley are presented. It is shown that the conditions of the nutrient medium have a significant impact on the vital activity of microorganisms. Beer wort prepared using a rational dosage of extruded barley is a balanced nutrient medium that contributes to a noticeable intensification of the fermentation of beer wort extract by yeast - by 15.8% in comparison with the control sample. An active growth of yeast cells was established with an almost complete absence of the lag phase of the development of yeast cells in beer wort using extruded barley. Shown is a reduction in brewing yeast generation time of 1.4-1.5 times in comparison with the control version. The optimal dosage of extruded barley was revealed, which determines the stimulation of the vital activity of brewer's yeast.

Keywords: brewer's yeast, fermentation, beer wort, extruded barley.

Введение. Формирование органолептических и физико-химических показателей напитков брожения в значительной степени определяется интенсивностью метаболизма применяемых дрожжей. При производстве пива с использованием нетрадиционного сырья происходит модификация углеводного и азотистого состава среды, что, в свою очередь, обусловливает изменение интенсивности обмена веществ дрожжей [1,2,3]. Из этого следует, что получение продукции с высокими сенсорными показателями возможно в случае обеспечения оптимального состава среды для развития дрожжей и глубокого сбраживания ее экстракта. Следовательно, путем варьирования внешних условий возможно управление физиологическими и биохимическими процессами в дрожжевых клетках, и получение продукции с заданными свойствами.

Учитывая значительную роль интенсивности обмена веществ используемых дрожжей в формировании органолептических свойств пива, представляют интерес изучение важных свойств дрожжевых клеток, таких как рост, размножение, скорость сбраживания экстракта сусла.

Наиболее важное значение для метаболизма клеток микроорганизмов имеет массовая доля низкомолекулярных углеводов, содержащихся в питательной среде, и при расщеплении которых освобождается энергия, реализуемая на осуществление физиологических процессов и биологического синтеза питательных веществ, необходимых клетке [4,5,6].

Имеющиеся в научной литературе данные, свидетельствуют о существенной активации жизнедеятельности дрожжей, применяемых для сбраживания сред на основе экструдированных зерновых продуктов [7,8, 9,10,11].

При производстве пива основным компонентом, оказывающим существенное влияние на процесс приготовления пивного сусла, и, следовательно, на качество готовой продукции, является крахмал. Установлено, что экструзионная обработка зерна позволяет регулировать степень изменения структуры зерна, что способствует получению экструдированного полуфабриката с заданным уровнем деструкции молекул крахмала и образованию определенного количества моно-и дисахаров [12,13,14,15].

Применение методов оптической микроскопии позволило Ворониной П.К. (Гарькиной) наблюдать изменение микроструктуры экструдированного ячменя, свидетельствующего о деструкции зерен крахмала [16], что явилось обоснованием целесообразности применения при производстве пивного сусла экструдированного ячменя в рациональной дозировке 20 и 25% взамен части ячменного солода [17,18,19], а также при производстве хлебобулочных изделий [20].

Целью работы является исследование влияния состава пивного сусла на жизнедеятельность дрожжей в условиях производства напитков брожения с использованием экструдата ячменя.

Объект и методы исследования. Объектами исследований служили ячменный светлый солод, соответствующий требованиям показателей качества ГОСТ 29294-2014, ячмень (ГОСТ 5060-86), пивное сусло с массовой долей сухих веществ 11%, приготовленное с заменой части ячменного солода на экструдированный ячмень. Применяли хмель гранулированный *Northern Brewer* (Joh.Barth&Sohn, Германия), сухие пивные дрожжи *Saflager* расы W-34/70 (Fermentis, Франция). Использовали экструдированный ячмень, полученный на экструдере КМЗ-2У, модернизированном и оснащенном вакуумной камерой. Технологические свойства дрожжей оценивали по времени генерации, скорости сбраживания 1 % экстракта, накоплению количества клеток, точки флокуляции. Удельная скорость роста дрожжевых клеток рассчитана с учетом динамики количества дрожжевых клеток в логарифмической фазе роста клеток пивных дрожжей. Подсчет дрожжевых клеток, пребывающих во взвешенном состоянии в процессе сбраживания пивного сусла, осуществляли с помощью камеры Горяева.

Результаты и их обсуждение. Пивное сусло получено на основе ячменного солода и применения экструдированного ячменя в количестве 20% и 25% взамен части солода.

В качестве контрольного модельного образца использовали пивное сусло, полученное с использованием 85% солода и 15% несоложеного ячменя. Температура брожения всех образцов пивного сусла составляла 7-8°С. С целью изучению процесса брожения осуществляли внесение дрожжей из расчета 20 млн. жизнеспособных клеток на один $см^3$ пивного сусла.

Наиболее важными технологическими показателями, характеризующими активность метаболизма дрожжей являются скорость и степень сбраживания экстракта пивного сусла, удельная скорость роста, время генерации, а также способность к флокуляции, от которой зависит степень сбраживания и скорость осветления пива.

Результаты оценки технологических показателей дрожжей при сбраживании пивного сусла, полученного на основе экструдированного ячменя, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технологическая характеристика пивных дрожжей

Наименование показателя	Соотношение солода и экструдированного ячменя, %		
	100:0 (контроль)	80:20	75:25
Продолжительность сбраживания 1% экстракта, ч	19,0	16,0	16,0
Удельная скорость роста, $ч^{-1}$	0,017	0,022	0,025
Время генерации, ч	42,0	30,0	28,0
Точка флокуляции (степень сброженности пивного сусла), %	28,0	32,0	34,0

Динамика изменения видимого экстракта в процессе сбраживания сусла является определяющим показателем, вектор изменения которого позволяет судить об эффективности спиртового брожения. Результаты исследования динамики видимого экстракта в процессе сбраживания пивного сусла приведены на рисунке 1.

Применение экструдата ячменя приводит к заметной интенсификации сбраживания экстракта пивного сусла в сравнении с контрольным образцом. Продолжительность сбраживания 1% экстракта с применением экструдата ячменя в дозировке 20 и 25% к массе зернопродуктов снижается на 15,8% в сравнении с контрольным образцом.

В конце вторых суток сбраживания пивного сусла массовая доля экстракта в контрольном образце снизилась на 13,6%. В опытных вариантах отмечено более значительное снижение массовой доли экстракта. Так, в образце с использованием при приготовлении пивного сусла экструдированного ячменя в количестве 20% снижение экстракта на вторые сутки составило 22,7%.

В образце с использованием экструдированного ячменя в количестве 25% снижение массовой доли экстракта составило 27,3%, что подтверждает оптимальную сбалансированность среды для развития дрожжевых клеток в опытных образцах пивного сусла.

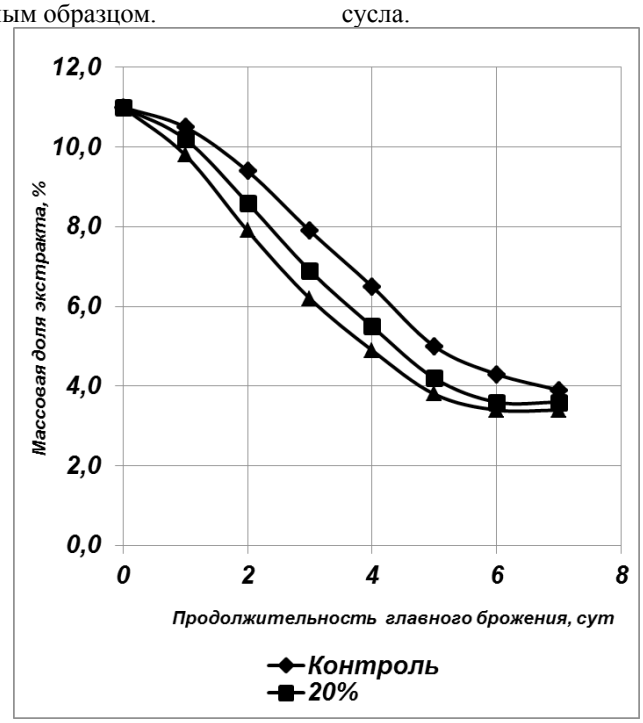


Рисунок 1 – Динамика видимого экстракта в процессе сбраживания пивного сусла с использованием экструдированного ячменя

В процессе сбраживания сусла осуществляли контроль за размножением дрожжей. Известно, что скорость роста дрожжевых клеток обусловливает процесс накопления биомассы, при определенном уровне которой отмечается интенсивное сбраживание пивного сусла. Установлена идентичность закономерностей процесса изменения количества клеток дрожжей в опытных и контрольном образцах (рисунок 2).

И в опытных и в контрольном образцах наблюдали активный прирост дрожжевых клеток в первые дни сбраживания пивного сусла, и дальнейшее снижение количества жизнеспособных микроорганизмов. При этом следует подчеркнуть, что в опытных вариантах наблюдали практически полное отсутствие лаг-фазы при развитии дрожжевых клеток на пивном сусле с применением экструдированного ячменя в дозировке 20 и 25%, что, вероятно, обусловлено особенностями химического состава пивного сусла опытных образцов. Концентрация клеток дрожжей в опытном образце с применением 20% экструдированного ячменя и 25% за первые сутки брожения увеличилось на 19,0 и 30,0%, за вторые сутки – на 40,0 и 50,0%, соответственно, в сравнении с контрольным образцом.

Анализ данных, приведенных в таблице 1 и на рисунке 2, свидетельствует об эффективности применения экструдированного ячменя при производстве пивного сусла. Модифицированный состав пивного сусла приводит к повышению удельной скорости роста дрожжей в образцах с применением 20 и 25% экструдированного ячменя в 1,29 и 1,47 раза выше, соответственно, чем в контрольном варианте.

На основании полученных данных о размножении дрожжевых клеток (рисунок 2), осуществлен расчет среднего времени генерации. Полученные результаты свидетельствуют о сокращении времени генерации пивных дрожжей в 1,4-1,5 раза в сравнении с контрольным вариантом (таблица 1).

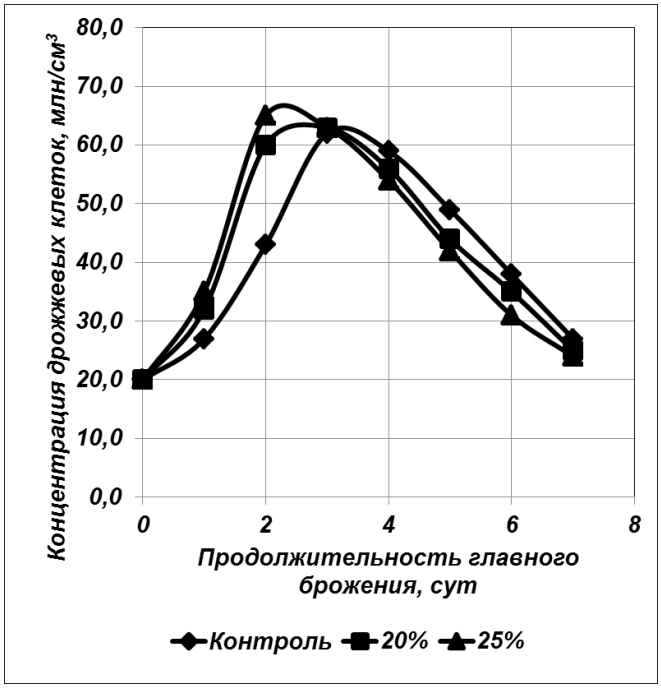


Рисунок 2 – Динамика клеток пивных дрожжей в процессе сбраживания пивного сусла с экструдированным ячменем

Велико в пивоварении значение флокуляции дрожжевых клеток. С флокуляционной способностью дрожжевых клеток коррелируют такие показатели, как степень сбраживания экстракта сусла, редукция диацетила, определяющего органолептические свойства пива. Кроме того, флокуляция дрожжевых клеток обуслолвивает биологическую и коллоидную стойкость напитков брожения.

В результате исследований показано, что степень сбраживания экстракта сусла, при которой начинается снижение концентрации суспендированных дрожжей в среде (точка флокуляции), для опытного образца с применением 20 % экструдированного ячменя находится в пределах 32,0 %, для образца с применением 25% экструдированного ячменя степень сбраживания экстракта сусла составляет 34,0%, а для контрольного образца – 28,0 % (таблица 1). При этом, важно подчеркнуть, что указанная степень сбраживания пивного сусла в опытных вариантах достигается на одни сутки раньше, чем в контрольном.

Интенсивность и полнота флокуляции зависит от определенных факторов внешней среды. Сбраживание пивного сусла, несбалансированного по сбраживаемым сахарам и ассимилируемому дрожжевыми организмами аминному азоту, приводит к преждевременной флокуляции, соответственно, при низкой степени сбраживания экстракта.

Таким образом, полученные результаты исследований свидетельствуют о сбалансированности состава сусла в образцах с применением экструдированного ячменя.

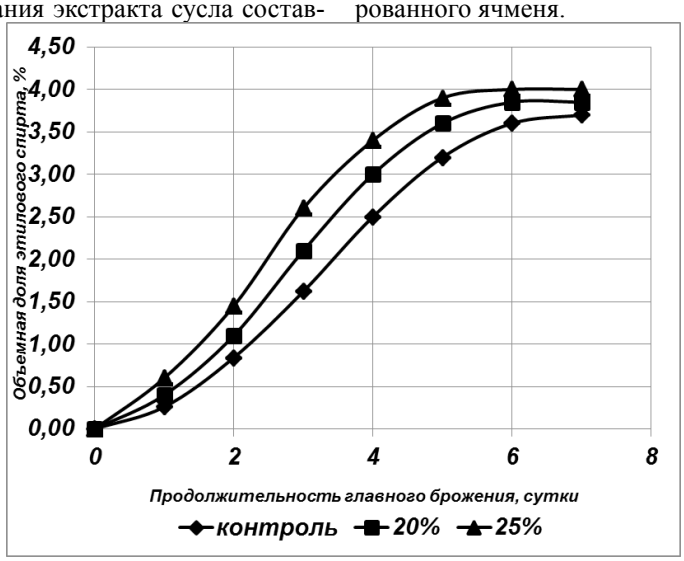


Рисунок 3 – Динамика образования объемной доли этилового спирта в процессе сбраживания пивного сусла с экструдированным ячменем

Об улучшении технологических свойств и активизации физиологического состояния дрожжей при сбраживании пивного сусла, приготовленного на основе экструдированного ячменя, свидетельствуют результаты оценки образования объемной доли этилового спирта в процессе главного брожения (рисунок 3).

Максимальное содержание этилового спирта в пивном сусле, приготовленном с экструдатом ячменя в дозировке 20 и 25% к массе зернопродуктов, на 11,0% и 7,0%, соответственно выше, чем в контроле. Образование этилового спирта в опытных образцах происходило значительно интенсивнее в сравнении с контрольным вариантом.

Полученные в этом эксперименте данные коррелируют с результатами исследования сбраживания экстракта пивного сусла (рисунок 1).

Основываясь на приведенных данных по накоплению этилового спирта при сбраживании пивного сусла, можно предположить, что использование экструдированного ячменя в приготовлении пивного сусла приводит к стимуляции функционирования системы анаэробиоза дрожжевых клеток, что, несомненно, является положительным фактором при производстве пива, и позволяет сократить продолжительность брожения пивного сусла в связи с достижением необходимых показателей содержания этилового спирта в пивном сусле.

Выводы. Таким образом, результаты выполненных исследований позволяют сделать вывод о сбалансированности состава пивного сусла, приготовленного с экструдатом ячменя в количестве 20 и 25% к массе зернопродуктов. Состав пивного сусла с экструдатом ячменя способствовал активизации физиологических показателей дрожжевых организмов – сокращению времени генерации дрожжей, повышению скорости сбраживания экстракта пивного сусла, интенсификации процесса главного брожения и, как следствие, возможности его сокращения на одни сутки в сравнении с контрольным образцом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Воронина П.К. Трансформация углеводного комплекса экструдированного ячменя / П.К. Воронина, Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, Е.В. Тюрина // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: сб. материалов III Всероссийской научно-практ. конф. – Челябинск, Т. 1. – 2010. – С. 46–48.

2. Kunz T. The influence of unmalted barley on the oxidative stability of wort and beer / T. Kunz, C. Müller, D. Mato-Gonzales, F.-J. Methner // J. Inst. Brew. – 2012. – V. 118. – № 1. – P. 32–39.

3. Курочкин А.А. Нетрадиционное сырье в производстве пива / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, П.К. Воронина // Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: достижения, проблемы, перспективы: сб. статей VII Международной научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский дом знаний, 2013. – С. 25–28.

4. Курочкин А.А. Научное обеспечение актуального направления в развитии пищевой термопластической экструзии (монография) // А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова. – Прага: Vědecko vydavatelské centrum «Sociosféra-CZ», 2015. – 185 с.

5. Курочкин А.А. Теоретическое обоснование применения экструдированного сырья в технологиях пищевых продуктов: монография / А.А. Курочкин, П.К. Воронина Г.В. Шабурова. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 2017. – 163 с.

6. Курочкин А.А. Использование экструдированного ячменя в пивоварении / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.В. Новиков // Пиво и напитки. – 2006. – № 5. – С. 16–17.

7. Гарш, З.Э. Совершенствование технологии ржаных солодовых экстрактов с применением экструзии: автореферат дис. … канд. техн. наук: 05.18.01 / Гарш Зинаида Эргардовна. – М., 2010. – 26 с.

8. Гудиева З. Б. Изучение качества и показателей безопасности пива с улучшенными потребительскими свойствами: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.18.15 / Гудиева Залина Бексолтановна. – СПб., 2007. – 17 с.

9. Таганова Н. С. Влияние экструдата ржи на потребительские свойства хлеба: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.18.15 / Таганова Наталья Сергеевна. – М., 2009. – 24 с.

10. Шариков А.Ю. Разработка экструзионно-гидролитической технологии получения высококонцентрированного зернового сусла в спиртовом производстве: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.18.07 / Шариков Антон Юрьевич. – М., 2012. – 24 с.

11. Batista Карла A. Development and optimization of a new culture media using extruded bean as nitrogen source / A. Karla Batista, Kátia F. Fernandes // MethodsX. 2015. № 2. P. 154–158.

12. Выгодин В.Л. Экструзионная техника и технология; состояние, перспективы / В.Л. Выгодин, В.Л. Касперович, Г.Б. Зинюхин, В.П. Попов, В.А. Буцко // Пищевая промышленность. – 1995. – № 7. – С. 4–5.

13.Altan A. Effect of extrusion process on antioxidant activity, total phenolics and beta-glucan content of extrudates developed from barley-fruit and vegetable by-products / A. Altan, K. L. McCarthy, M. Maskan // International Journal of Food Science and Technology. – 2009. – Vol. 44. – № 6. – P. 1263–1271.

14. Byung-Kee B. Extrusion of Regular and Waxy Barley Flours for Production of Expanded Cereals / B. Byung-Kee; J. Powers; L. Nguyen // Cereal Chemistry; 2004. – Vol. 81. – № 1. – P. 94–99.

15. Delcour J.A. Unmalted cereal Products for beer Brewing. part I. the use of high percentages of extruded or regular corn starch and sorghum / J.A. Delcour, M. E. Mechtilde Hennebert, R. Vancraenenbroeck, E. Moerman// J.Inst. Brew. – 1989. – Vol. 95. – P. 271–276.

16. Воронина П.К. Формирование качества и то-

вароведная характеристика пива и пивных напитков с использованием экструдированного ячменя: автореф. дис.. … канд. техн. наук: 05.18.15 / Воронина Полина Константиновна. – Кемерово., 2015. – 16 с.

17. Воронина П.К. Разработка технологии и товароведная характеристика пива с экструдатом ячменя/П.К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4. С. 108–113.

18. Патент 2412986 Российская Федерация МПК7 C12C 12/00. Способ производства пива / Г.В. Шабурова, Е.В. Тюрина, А.А. Курочкин, П.К. Воронина, А.Б. Терентьев. – № 2008149378/10; заявл. 15.12.2008; опубл. 27.02.2011, Бюл. № 6. – 3 с.

19. Курочкин А.А. Инновации в пищевой экструзии: монография / А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, А.А. Блинохватов и др. – Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – 247 с.

20. Патент 2579488 Российская Федерация МПК7 A21D 8/02 (2006.01). Способ производства хлебобулочных изделий / Шабурова Г.В., Воронина П.К., Курочкин А.А., Фролов Д.И., Шматкова Н.Н. – № 2014146596/13; заявл. 9.11.2014; опубл. 10.04.2016 Бюл. № 10.

Статья поступила в редакцию 04.08.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 635.2

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЗНАЧЕНИЙ ТЕМПЕРАТУР В СЛОЕ ОТПРЕССОВАННОГО СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА ПРИ ЕГО СУШКЕ

© 2019

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)
Фатыхов Юрий Адгамович, доктор технических наук,
профессор кафедры пищевых и холодильных машин
Калининградский государственный технический университет
(236022, Россия, г. Калининград, Советский проспек,1)
Авроров Глеб Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(440028, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова / ул.Гагарина, 1а/11)

Аннотация. Статья посвящена анализу процесса сушки дисперсных материалов растительного происхождения и определению методом конечных разностей значений температур в узловых точках разностной сетки элемента, выделенного из слоя материала, находящегося на ленте конвейерной сушилки. Приведена методология использования метода конечных разностей на примере сушки отпрессованного свекловичного жома при заданных температурных ограничениях, позволяющая получить оценку распределения численных значений температур в температурном поле по толщине высушиваемого слоя жома. Показано, что использование метода конечных разностей позволяет с достаточной для практики точностью при заданных начальных условиях сушки подобрать рациональный тепловой режим и обеспечить тем самым высокие качественные показатели выходящего продукта.

Ключевые слова: отпрессованный свекловичный жом, сушка жома, конвейерная сушильная установка, метод конечных разностей, определение значений температур в слое жома.

ABOUT DETERMINATION OF VALUES OF TEMPERATURES IN A LAYER OF THE PRESSED BEET PULP AT ITS DRYING

© 2019

Murashkina Oxana Alexandrovna, 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)
Fatyhov Ujri Adgamovich, doctor of technical sciences, professor of the department of food and cool machines
Kaliningrad State Technical University
(236022, Russia, Kaliningrad, Sowetski St.,1)
Avrorov Gleb Valerievich, associate professor of the department of food and cool machines
Penza State Technology University
(440039, Russia, Penza, Baidukova/Gagarina St., 1a/11, e-mail:xeniam13@yandex.ru)

Abstract. The Article is devoted to the analysis of the drying process of dispersed materials of plant origin and the determination by the method of finite differences of temperature values at the nodal points of the difference grid of the element isolated from the layer of material on the conveyor belt dryer. The methodology of using the method of finite differences on the example of drying pressed beet pulp at specified temperature limits, which allows to obtain an estimate of the distribution of numerical values of temperatures in the temperature field in the thickness of the dried pulp layer. It is shown that the use of the finite difference method allows with sufficient accuracy for practice under the given initial drying conditions to choose a rational thermal regime and thus provide high quality indicators of the output product.

Keyword: pressed beet pulp, pulp drying, conveyor drying plant, finite difference method, determination of the temperature values in the pulp layer.

Введение. При производстве сахара-песка в Российской Федерации основным сырьем является сахарная свекла, возделывание которой преимущественно сосредоточено в регионах Южного федерального округа и Среднего Поволжья (рисунок 1).

Хорошо известно, что при существующей технологии производства сахара получается большое количество отходов, из которых основную долю составляет свежий свекловичный жом, относящийся к ценным вторичным материальным ресурсам. После обработки из жома получают кормовые и пищевые добавки, этанол, биополимеры и другие полезные продукты. Однако часть жома продолжает утилизироваться, загрязняя окружающую среду [1-5]. К недостаткам свежего жома, обуславливающим энергозатратность производств при его дальнейшей переработке, относится повышенное содержание в нем влаги, что требует предварительного механического обезвоживания, последующей сушки и гранулирования.

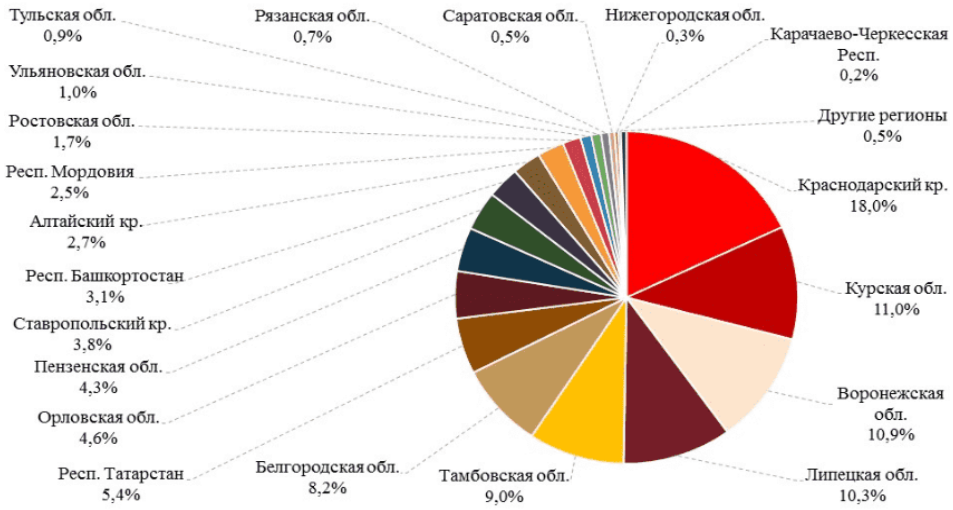


Рисунок 1 – Объемы выращивания сахарной свеклы по регионам РФ

Согласно действующим в отрасли нормам [6] на свеклосахарных заводах должно высушиваться не менее 65% получаемого свежего жома. Для сушки жома могут использоваться различные виды сушилок: барабанные, шахтные, ленточные, производительность которых по высушенному жому определяется по формуле

$$Q_{сж} = \frac{24(\sum V)W(CB_{пж}) \cdot (100 - R_c)}{1000 Q_в CB_{сж}}, \text{ т/сут}, \qquad (1)$$

где $(\sum V)$ – общий объем жомосушильных аппаратов, м^3; W – влагонапряжение единицы объема аппаратов, кг/м^3·ч; $CB_{пж}$ – содержание СВ в прессованном жоме, % к массе прессованного жома; $CB_{сж}$ – содержание СВ в сушеном жоме, % к массе сушеного жома; R_c – потери СВ при сушении, % к СВ прессованного жома, $Q_в$ – количество воды, испаряемой при сушении жома, % к массе прессованного жома, $Q_в = \frac{CB_{сж} - CB_{пж}}{CB_{сж}} 100$.

На отечественных свеклосахарных заводах преимущественно используются высокопроизводительные барабанные сушилки с газовым теплоносителем, которые относятся к наиболее энергозатратному и металлоемкому оборудованию и в которых расход условного топлива, зависящий от степени предварительного отжима свежего жома, составляет от 45 до 75 кг на 100 кг высушенного жома.

Поэтому поиск путей энергосбережения и совершенствования сушильных установок с позиций снижения энергозатрат для отрасли имеет актуальное значение. Решение данной задачи, прежде всего, требует проведения анализа распределения температур в тепловом поле слоя высушиваемого материала, что позволит определить рациональные конструктивные, технологические и режимные параметры сушильных установок.

Целью данной работы являлось исследование распределения температур в высушиваемом слое предварительно отпрессованного свекловичного жома, находящегося на ленте конвейерной сушилки.

Задачи работы:

- выбор метода для определения закономерности изменения теплового поля в слое высушиваемого свекловичного жома;
- определение численных значений температуры по высоте слоя по мере его нагрева.

Анализ особенностей и закономерностей процесса сушки. Закономерности распределения и связи влаги и термовлагопроводности в высушиваемых материалах, к которым относятся свекловичный жом, разработаны Ребиндером П.А., Лыковым А.В. и в дальнейшем развиты в работах Гинзбурга А.С., Казакова Е.Д. и многих других исследователей [7-17].

При сушке отпрессованного свекловичного жома и других материалов растительного происхождения необходимо учитывать их термостойкость и определять допустимые границы нагрева, не вызывающие ухудшения качественных показателей готовой продукции. Критерием термостойкости, как правило, выбирается максимально допустимая температура нагрева. Однако, эта величина не является однозначной, так как определяется опытным путем, и может иметь разные границы [18]. При сушке свекловичного жома его слои нагреваются неравномерно и в результате возникает разный температурный градиент. Поэтому для оценки степени нагрева используют температуру среднего или поверхностного слоя, из-за чего собственно, возникают расхождения в оценках. Использование для оценки температуры теплоносителя, которая, несмотря на то, что легко контролируется на входе, в рабочей зоне сушилки также имеет разные значения.

Известное дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье

$$\left(\frac{\partial T}{\partial \tau}\right) = a\nabla^2 T \qquad (2)$$

имеет множество решений, позволяющих определить температуру нагреваемого материала при заданных начальных и граничных условиях [17,19]. Однако, если изменение температуры является функцией координат и времени, то аналитическое решение данного уравнения затруднительно и приходится упрощать условия и находить более простые решения для пластин или стержней или использовать для определения значений температур в слое материала приближенные численные методы, что позволяет получить приемлемую для практики оценку.

Среди численных методов решения дифференциальных уравнений теплопроводности могут быть использованы метод конечных разностей, метод конечных элементов, метод аналогий или метод базовых вариаций [17].

Более простым по вычислительной процедуре является метод конечных разностей, который используем для определения значений температуры в слое жома при его нагреве.

Определение значений температуры в высушиваемом слое отпрессованного жома. Выделим из слоя жома элемент в виде пластинки. Нижняя часть пластинки контактирует с лентой конвейера, а верхняя является наружной поверхностью слоя. Нанесем на пластинку координатную сетку и обозначим пересечения осей координат цифрами 1,2,3 и 4, считая их узлами сетки (рисунок 1) [17].

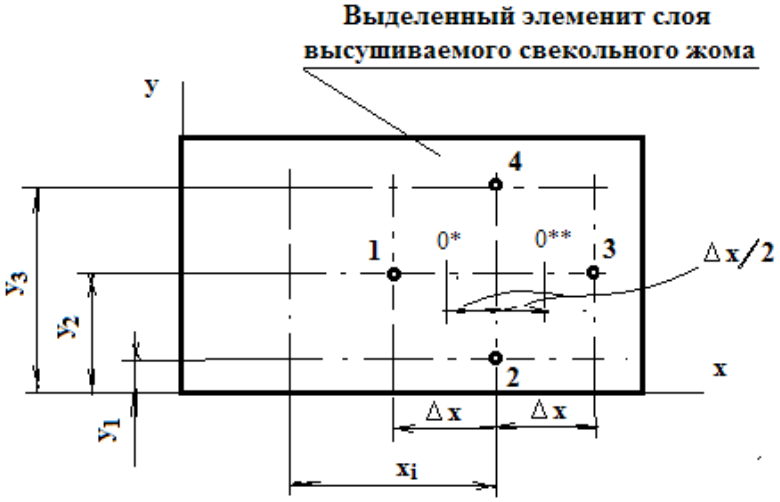


Рисунок 2 – Схема определения температур в узловых точках высушиваемого слоя свекловичного жома методом конечных разностей

Пусть в какой-то момент времени нагрева температура в точке 0 и узлах сетки 1,2,3 и 4 имеет значения t_0, t_1, t_2, t_3, t_4.

Градиент температуры в направлении оси x для точки 0* равен $\left(\frac{\partial t}{\partial x}\right)_{x+\frac{\Delta x}{2},y} \cong \frac{t_1 - t_0}{\Delta x}$, град/м. Для точки 0** $\left(\frac{\partial t}{\partial x}\right)_{x-\frac{\Delta x}{2},y} \cong \frac{t_0 - t_3}{\Delta x}$.

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \cong \frac{1}{\Delta x}\left[\left(\frac{\partial t}{\partial x}\right)_{x+\frac{\Delta x}{2},y} - \left(\frac{\partial t}{\partial x}\right)_{x-\frac{\Delta x}{2},y}\right] = \frac{1}{\Delta x^2}(t_1 + t_3 - 2t_0) \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 t}{\partial y^2} \cong \frac{1}{\Delta y^2}(t_2 + t_4 - 2t_0) \quad (4)$$

Имеем

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} \cong \frac{1}{\Delta x^2}(t_1 + t_2 + t_3 + t_4 - 4t_0) = 0$$

или

$$\sum t_i - 4t_0 = 0, i = 1,...,4 \quad (5)$$

Для трехмерного температурного поля можно записать

$$\sum t_i - 6t_0 = 0, i = 1,...,6 \quad (6)$$

Известно, что температура сушки материалов растительного происхождения, при которой в максимальной степени сохраняются их нативные свойства, находится в пределах от 40 до 90…95^{0}C. Поэтому для определения распределения температур в слое жома примем температуру верхней поверхности слоя равную 60^{0}C, а температуру нижней поверхности 90^{0}C.

Примем, что в какой-то момент времени температура в узлах выделенного элемента, находящихся на расстоянии y_2 от основания слоя, будет равна 80^{0}C, а в узлах, находящихся на расстоянии y_3, 55^{0}C.

Из условия $\sum t_i - 4t_0 = 0, i = 1,...,4$ найдем остаток

$\frac{R_1}{4} = \frac{(60+90+80+55-4\cdot 80)}{4} = -8{,}75^0 C$, который добавим к температуре в точке 1. Тогда температура в этой точке будет равна 71,25^{0}С.

Для точки 3 получим соответственно $\frac{R_3}{4} = \frac{(71{,}25+90+80+55-4\cdot 80)}{4} = -5{,}93^0 C$, и температура в данной точке будет равна 74,07^{0}С.

Подобным образом можно определить значения температур в узлах, находящихся на расстоянии y_1 и y_3 от контактной поверхности

Из уравнения Фурье (1) первую производную по времени τ можно записать следующей конечной разностью

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} \cong \frac{\Delta T}{\Delta \tau} = \frac{T_0' - T_0}{\Delta \tau}, \quad (7)$$

где T_0, T_0' – температура в рассматриваемой точке и в той же точке через времена $\Delta\tau$ соответственно.

Уравнение теплопроводности в конечных разностях будет иметь вид

$$\frac{T_0' - T_0}{a\Delta\tau} = \frac{T_1 + T_2 - 2T_0}{\Delta x^2} + \frac{T_3 + T_4 - 2T_0}{\Delta y^2} + \frac{T_5 + T_6 - 2T_0}{\Delta z^2}, \quad (8)$$

где $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ - бесконечно малые приращения.

При $\Delta x = \Delta y = \Delta z$

$\sum T_i - 6T_0 = \frac{(\Delta x)^2}{a\Delta\tau}(T_0' - T_0)$, откуда T_0' определится как:

$$T_0' = \frac{a\Delta\tau}{(\Delta x)^2}\left[\sum T_i + (\frac{(\Delta x)^2}{a\Delta\tau} - 6)T_0\right], \quad (9)$$

где $i = 1,...,6$.

Выражение (9) позволяет по температуре T_0 и по температурам T_i, $i = 1,...,6$ найти неизвестную температуру T_0' в данной точке в момент времени $\tau + \Delta\tau$. Для отыскания температуры в следующий момент времени через промежуток $2\Delta\tau$ температуру $T_0'(\tau + \Delta\tau)$ принимают за известную и находят $T_0''(\tau + 2\Delta\tau)$ и т.д.

Выводы. С помощью метода конечных разностей получено численное решение распределения поля температур в слое высушиваемого предварительно отпрессованного свежего жома, которое может быть использовано в качестве начальной оценки при выборе рациональных по энергосбережению сушильных установок и установлению технологических параметров процесса сушки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Редченко М.А. Научное обеспечение процесса обработки свекловичного жома и создание энергосберегающей технологии производства пищевых волокон. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук. – Пенза: ПензГТУ. 2019. – 210 с.

2. Белостоцкий Л.Г. Лагода В.А..Савун А.А и др., Образование и пути использования вторичных материальных ресурсов сахарной промышленности СССР. – М.: АгроНИИТЭИПП. Серия 23. Сахарная промышленность. Вып. 3. 1988г. – С.1–5.

3. Булавин С.А., Казаков К.В, Колесников А.С. Безотходная энергосберегающая технология переработки свекловичного жома / Сахар.№3, 2011. – С.36–40.

4. Донченко Л.В., Ковалева С.Е., Демина Н.В. Возможность использования вторичных сырьевых ресурсов свеклосахарного производства для дальнейшей переработки / – Краснодар: Куб ГАУ, 2006.№21. – С. 44–48.

5. Флейман П.Е. Свекловичный жом и его использование – М.: ЦИНТИПП, 1984. – С. 20–37.

6. Ведомственные нормы технологического проектирования свеклосахарных заводов. ВНТП 03-91. – М: Гипросахпром, 1991. – 106 с.

7. Валентас К., Ротштейн Э., Сингх Р. Пищевая инженерия: справочник с примерами расчетов. – С.Пб: Профессия, 2004. – 848 с.

8. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. – М: Пищевая промышленность, 1973. – 528 с.

9. Гинзбург А.С. Сушка пищевых продуктов. – М: Пищепромиздат, 1960. – 684 с.

10. Гинзбург А.С. и др. Влага в зерне. – М: Колос, 1969 – 224 с.

11. Лыков А.В. Михайлов Ю.А. Теория тепло и массопереноса. – М, Л: Госэнергоиздат, 1963, – 442 с.

12. Лыков А.В. Теория сушки. – М: Энергия, 1968. – 512 с.

13. Лыков А.В. Явления переноса в капиллярно-пористых телах. – М: Госэнергоиздат, 1956, – 198 с.

14. Лыков А.В.Теория теплопроводности. – М: Высшая школа, 1967, – 599 с.

15. Лыков А.В. Тепломассообмен. Справочник. – М: Энергия, 1978. – 480 с.

16. Лыков А.В. Тепломассообмен в процессах сушки. – М: Госэнергоиздат, 1956. – 452 с.

17. Юдаев Б.Н. Теплопередача. – М: Высшая школа, 1973. – 360 с.

18. Арапов В.М., Кретов И.Т. Моделирование допустимых температурных режимов конвективной сушки пищевых продуктов на основе законов химической кинетики / Прогрессивные технологии и оборудование для пищевой промышленности: материалы II междунар. научн. техн. конф. – Воронеж: Изд. ВГТА, ч.II, 2004. – С. 80–86.

19. Эберт Г.Краткий справочник по физике. – М: Физматлит,1963. – 551 с.

Статья поступила в редакцию 12.08.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК331.45

АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАБОТНИКОВ НА ПРИМЕРЕ ОАО «ДСК» РС(Я) В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

© 2019

Заровняев Александр Петрович, аспирант кафедры «Техносферная безопасность»
Горный институт, СВФУ им. М.К. Аммосова
(677013, Россия, г. Якутск, ул. Кулаковского 50, e-mail: Zarovnyaev00@mail.ru)

Аннотация. В статье рассмотрена сущность понятия «профессиональное заболевание».Определено, что жесткие факторы микроклимата особенно влияют на условия труда рабочих, которые находятся на открытых площадках. Приведен сравнительный анализ профессиональной заболеваемости населения г.Якутск и показателей по Российской Федерациииза 2015-2017 гг. Описано распределение работников г.Якутск с впервые выявленными профессиональными заболеваниями. В результате эмпирического исследованиязаболеваемости работников ОАО «ДСК» РС(Я) в зимнее время проведены: анкетирование с целью определения частоты и структуры заболеваемости; диагностика зависимости заболеваний работника от стажа и возраста. Выявлено, что неблагоприятные факторы окружающей среды могут привести к ряду заболеваний у строителей. Самый высокий уровень заболеваемости с временной утратой трудоспособности наблюдается среди бетонщиков и каменщиков. У них обнаруживают простудные заболевания, заболевания органов дыхания, опорно-двигательного аппарата, кожи и органов пищеварительной системы. Отмечено, что неоспоримым преимуществом матрицы градации заболеваемости (МГЗ) является возможность максимального охвата и оценки всех потенциально опасных событий в единой степени (шкале) для всего предприятия в целом. Применение методики позволило установить, что с возрастом и стажем возникновение профессиональных заболеваний в строительной отрасли в результате работы в зимнее время увеличивается.

Ключевые слова: строитель, заболеваемость, профессиональная заболеваемость, охрана труда, возраст, стаж.

ANALYSIS OF THE EMERGENCY OF WORKERS ON THE EXAMPLE OF JSC “DSK” RS (Y) DURING THE WINTER TIME

© 2019

Zarovnyaev Aleksandr Petrovish, graduate student, department “Technosphere safety”
Mining Institute, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov
(677013, Russia, Yakutsk, Kulakovskogo 50, e-mail: Zarovnyaev00@mail.ru)

Abstract. The article describes the essence of the concept of “occupational disease.” It is determined that the hard factors of the microclimate especially affect the working conditions of workers who are in open areas. A comparative analysis of occupational morbidity of the population of Yakutsk and indicators for the Russian Federation for 2015-2017 is given. The distribution of Yakutsk workers with newly diagnosed occupational diseases is described. As a result of the empirical study of the incidence of workers of the JSC “DSK” of the RS (Y) in the winter, the following were conducted: a survey to determine the incidence and structure of the incidence; diagnosis of the dependence of employee diseases on seniority and age. It is revealed that adverse environmental factors can lead to a number of diseases among builders. The highest incidence rate with temporary disability is observed among concrete workers and bricklayers. They find colds, diseases of the respiratory system, musculoskeletal system, skin and organs of the digestive system. It is noted that the indisputable advantage of the morbidity gradation matrix (MSD) is the possibility of maximum coverage and assessment of all potentially dangerous events in a single degree (scale) for the entire enterprise as a whole. The application of the technique allowed to establish that with age and experience the occurrence of occupational diseases in the construction industry as a result of work in the winter time increases.

Keywords: builder, morbidity, occupational morbidity, labor protection, age, length of service.

Введение. Строительная отрасль является одной из наиболее весомых с точки зрения объемов задействованного капитала и количества привлеченного персонала.Трудовая деятельность такого персонала обусловлена спецификой строительного производства. Она характеризуется тем, что строительство проводят на открытом воздухе, постоянных рабочих мест нет, работа требует беспрерывного движения. В связи с этим возникает необходимость и актуальность разработки методики оценки профессиональных заболеваний как одного из направлений оптимизации системы управления охраной труда. Это объясняется, прежде всего, тем, что с каждым годом увеличивается количествопрофессиональных заболеваний на производстве**.**

Анализ последних исследований и публикаций. Проблеме здоровья работающего населения Российской Федерации посвящены работы таких отечественных и зарубежных ученых, как Беляев Г.Ю. [1], Беляева А.В. [1], Зайцева Н.В. [2], Измеров Н.Ф. [3;4], Низова Л.М. [5], Яковлева Н.Л. [5], Маурицио С. [6], Бестген А. [7], Холзнер С. [7]. Крюков Н.П. [8], Жукова С.А. [8], Побережная Е. [9], Попова А.Ю. [10] в своих исследованиях приделяют значе-

ние состоянию условий труда и профессиональной заболеваемости в Российской Федерации. Ученые Томакова И.А. [11], Томаков М.В. [11], Олейник П.П. [12], Бродский В.И. [12] раскрывают особенности организации труда в строительной отрасли и ее влияние на уровень заболеваемости работников. При этом недостаточно раскрыты вопросы о заболеваемости работников строительного производства в зимнее время.

Цель статьи ценить профессиональную заболеваемость населения г.Якутск и Российской Федерации за 2015-2017 года; проанализировать заболеваемость работников ОАО «ДСК» в зимний период.

Материалы и результаты исследования. Изменения климата, наблюдаемые в последние годы на Земле, в России, проявляются в формировании более жестких условий микроклимата в зависимости от сезона, что обусловливает наличие очень низких температур воздуха в зимнее время. Жесткие факторы микроклимата особенно влияют на условия труда рабочих, которые находятся на открытых площадках. Наибольшее количество такого персонала составляют строители [13,с.47].

Неблагоприятный производственный фактор в строительстве (микроклиматические условия, особенно в зимнее время) сочетаются с физической перегрузкой при неполной механизации строительных работ, действием повышенных концентраций пыли цемента, извести, гипса, нерудных строительных материалов, токсичных веществ при работе с лаками и красками, нефтепродуктами, маслами, клеями, смолами, выхлопными газами машин. Кроме того, действуют повышенные уровни шума и вибрации, особенно при работе с ручными строительными машинами, а также нервно-эмоциональные перегрузки при работе на высоте [14,с.34].

В связи с этим существует повышенный риск профессиональных заболеваний работников строительной отрасли. Профессиональная заболеваемость работников является государственной проблемой, поскольку связана с неблагоприятными условиями труда и приводит к экономическим, социальным и материального ущерба общества [15,с.38].

К профессиональным заболеваниям относятся такие, которые возникают в результате профессиональной деятельности работающего и обусловленные исключительно или преимущественно воздействием вредных веществ, определенных видов работ и других факторов, связанных с работой [16,с.18].

По данным Министерства труда и социальной защиты Российской Федерациисреди профессий, представители которых чаще всего страдают от патологий, первое место занимают работники предприятий по добыче полезных ископаемых (46%), обрабатывающих производств (27,6%) и компаний, занимающихся транспортировкой и хранением (11,9%).

Также опасными для здоровья отраслями называют сельское хозяйство (5,1% сотрудников с профзаболеваниями работают в этой сфере) и строительство (4,8%) [17].

Сравнительный анализ профессиональной заболеваемости населения г.Якутск и показателей по Российской Федерации за 2015-2017 гг. можно увидеть в таблице 1.

Таблица 1 – Профессиональная заболеваемость населения по г. Якутск и Российской Федерации за 2015-2017 гг. (на 10000 работающих)

	2015	2016	2017	Абсолютное отклонение, +/-		Темп прироста, %	
				16/15	17/16	16/15	17/16
г.Якутск	0,9	0,3	0,1	-0,6	-0,2	-66,7	-66,7
Российская Федерация	1,65	1,47	1,3	-0,18	-0,17	-10,9	-11,6

*Составлено по данным Министерство труда и социального развития Республики Саха (Якутия) [18].

Как видно из таблицы 1, прослеживается ежегодное уменьшение количества профессиональных заболеваний на 10 000 работающих как в г.Якутск, так и по Российской Федерации. По Российской Федерации показатель в 2016 году уменьшился по сравнению с 2015 годом на 0,18 (или 10,9%), в 2017 году – на 0,17 (или 11,6%) по сравнению с 2016 годом. По г.Якутск профессиональная заболеваемость в 2016 году по сравнению с 2015 уменьшилась на 0,6 (или 66,7%), в 2017 году по сравнению с 2016 годом – на 0,2 (или 66,7%).

Данные по распределению работников г. Якутск с впервые выявленными профессиональными заболеваниями можно увидеть в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение работников г. Якутск с впервые выявленными профессиональными заболеваниями

	2015	2016	2017	Абсолютное отклонение, +/-		Темп прироста, %	
				16/15	17/16	16/15	17/16
Всего	205	203	185	-2	-18	-0,98	-8,9
в том числе: с хронической формой профессиональной патологии	205	203	185	-2	-18	-0,98	-8,9
с острой формой профессиональной патологии	0	0	0	-	-	-	-

*Составлено по данным Министерство труда и социального развития Республики Саха (Якутия) [18].

Как видно из таблицы 2, прослеживается ежегодное уменьшение количества работников с впервые выявленными профессиональными заболеваниями. В 2016 году заболеванияс хронической формой профессиональной патологииуменьшились по сравнению с 2015 годом на 2 (или 0,98%), в 2017 году – на 18 (или 8,9%) по сравнению с 2016 годом.

Вместе с тем, на данный момент отсутствует необходимое количество материалов для анализа заболеваемости работников строительных организаций в г. Якутск. В связи с этим, было проведено эмпирическое исследование, которое заключается в определение частоты и структуры профессиональных заболеванийработников в зимнее время на примере ОАО «ДСК» РС (Я), а также зависимости этих заболеваний от возраста и стажа. Эмпирическая выборка составила 896 работников предприятия в возрасте от 18 до 59 лет, из которых 115 (12,8%) женщин и 781 (87,2) мужчин. Для диагностики заболеваемости работников ОАО «ДСК» РС (Я) в зимнее время использовались:

1) анкетный опрос;

2) методика оценки влияния возраста и стажа работников на вероятность заболевания.

Эмпирическое исследование заболеваемости работников ОАО «ДСК» РС(Я) в зимнее время проводилось в два этапа:

1. Проведение анкетирования среди работников предприятия с целью определения частоты и структуры заболеваемости в зимнее время.

2. Диагностика зависимости заболеваний работника от стажа и возраста, которая были проведена на основание данных авторской анкеты «Анализ частоты и структуры заболеваемости работников ОАО «ДСК» РС (Я) в зимнее время».

I-й этап. По результатам анкетирования из 115 женщин 96 (83,5%) подвергаются ежегодному заболеванию в зимние время, 17 (14,8%) ответило, что болеют не каждую зиму (иногда – раз в три года), а 2 (1,7%) – раз в 5 лет. Из 781 мужчины 620 (79,4%) заболевает ежегодно, 104 (13,3%) – раз в 3 года, 57 (7,3%) – раз в 5 лет (рисунок 1).

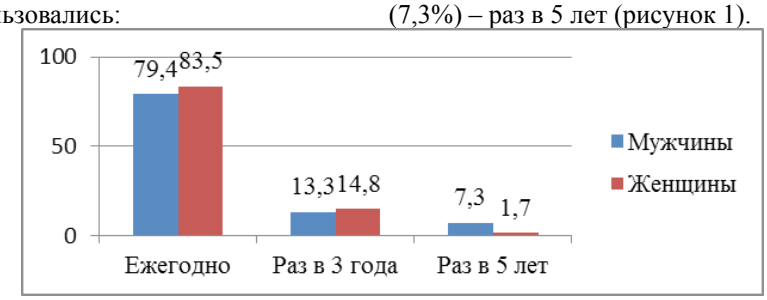


Рисунок 1 – Распределение работников ОАО «ДСК» по частоте заболевания в зимние время, %

Неблагоприятные факторы окружающей среды могут привести к ряду заболеваний у строителей. Определено, что самый высокий уровень заболеваемости с временной утратой трудоспособности наблюдается среди бетонщиков и каменщиков. У них обнаруживают простудные заболевания, заболевания органов дыхания, опорно-двигательного аппарата, кожи и органов пищеварительной системы. Далее в результате исследования было выведено структуру заболеваний работников ОАО «ДСК». Из 896 человек в результате работы на открытых площадках в зимне время у 620 (69,2%) наблюдаются простудные заболевания, у 25 (2,8%) – пневмокониозы, у 103 (11,5%) – профессиональный бронхит и профессиональная обструктивная болезнь легких, у 67(7,5%) – болезни опорно-двигательного аппарата, у 17 (1,9%) – заболевания кожи, у 258 (28,8%) – заболевания почек (рисунок 2).

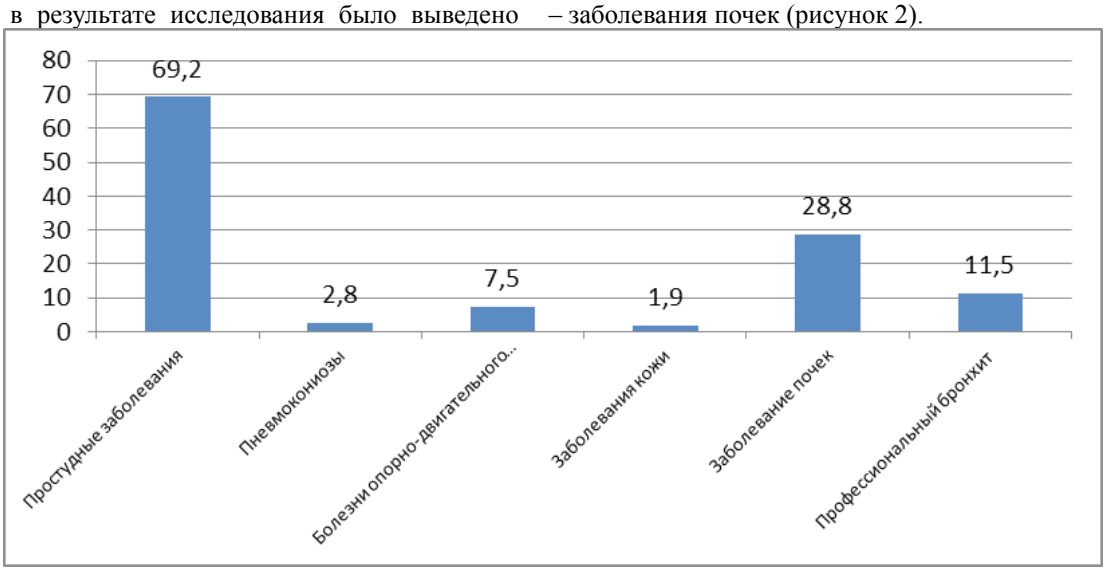


Рисунок 2 – Распределение работников ОАО «ДСК» по структуре заболеваний в зимнее время

II этап. Нами было диагностировано зависимость заболеваний работников ОАО «ДСК» от стажа и возраста. Необходимость учета возраста работающих обусловлена прямой зависимости стажа работы, возраста и трудоспособности. То есть с возрастом компенсаторные возможностиорганизма снижаются, что на фоне неудовлетворительных условий труда может стать одной из причин развития тех или заболеваний работников. Именно поэтому параметры возраста всегда используются для дифференциальной диагностики изменений в состоянии здоровья с целью решения задачи причинно-следственной зависимости состояния здоровья, возраста и стажа работы.

Исследованиями установлено, что развитие основной части профессиональных заболеваний приходится на группу по стажу, близкую к интервалу от 10 до 15 лет. При оценке вероятности потери работоспособности это позволяет использовать 10-летний стаж в качестве точки отсчета.

Исходя из этого, для анализа связи значений возраста и стажа во вредных условиях (низкая температура воздуха) труда с уровнем индивидуальных профессиональныхзаболеваний были введены:

- показатель возрастной группы работников, (A);
- показатель трудового стажа работника во вредных условиях труда, (W).

Сформировать четыре возрастные группыработников и группыв зависимости от стажа позволила матрица заболеваний (таблицы 3, 4).

Градация возможных сценариев относительно тяжести последствий и вероятности событий в таких матрицах обычно осуществляется по 3-5 диапазонам. Во время этого учитывается природа вреда, причиненного здоровью, от легкого до крайне вредного.

Таблица 3 – Значение показателя оценки трудового стажа работниковОАО «ДСК»

Порядковый номер показателя оценки трудового стажа работников (W)	Номер группы по стажу
1	0-10
2	11-15
3	16-20
4	Более 20

Неоспоримым преимуществом матрицы градации заболеваемости (МГЗ) является возможность максимального охвата и оценки всех потенциально опасных событий в единой степени (шкале) для всего предприятия в целом. Полученные величины заболеваемости могут быть оценены на приемлемость (допустимость).

На основе полученных результатов оценки заболеваемости осуществляется планирование мероприятий по их снижению.

Так как заболеваниями чаще всего страдает большое количество работающих, можно говорить как об индивидуальных, так и социальных заболеваниях.

Таблица 4 – Значение показателя оценки возрастной группыработников ОАО «ДСК»

Порядковый номер показателя оценки возрастной группы работников (A)	Номер возрастной группы
1	18-29
2	30-39
3	40-49
4	50-59

Величина степени индивидуального заболевания на предприятии (по отдельному негативному фактору – низкая температура воздуха или комплексом негативных факторов в каждой профессиональной, возрастной группе или группе по стажу) определяется по формуле [19]:

$$R(F) = 100/((1 + \exp(4 \times (F - F_k)) / \Delta F), \quad (1)$$

где F – значение уровня воздействующего фактора. Согласно табл. 3 и 4, значение уровня воздействующего фактора может быть представлен как показатель оценки трудового стажа работников (W), или как показатель оценки возрастной группы рабочих (A); F_k – критическое значение параметра F, для которого $R(F) = 50\%$; ΔF – ширина интервала значений параметра F, в рамках которого происходит резкое увеличение заболеваемости.

В то же время, степень социального риска на предприятии (вообще) [20]:

$$R = S \times P \times P_r \times D \times E, \quad (2)$$

где S – коэффициент значимости последствий заболеваемости; P -коэффициент вероятности возникновения заболеваемости; P_r – коэффициент давности события (профессионального заболевания); D – коэффициент продолжительности заболеваемости; E – факторы, влияющие на рискразвития профессиональных заболеваний.

Следствие влияния микросреды, которое заключается в возможности ухудшения состояния здоровья, подлежит процедуре определения величины риска заболеваемости по МГЗ (таблица 3–7).

Определение коэффициента значимости (S) в зависимости от тяжести последствий можно увидеть в таблицах 5-6.

Коэффициент давности профессионального заболевания (P_r) у нас варьируется от 1 (последние профзаболевание произошло больше года назад или вообще отсутствует) до 2 (последнее профзаболевание произошло 1 месяц назад).

Таблица 5 – Коэффициент значимости, (S)

Величина коэффициента значимости	Характеристика влияния	Примечание
1	Умеренное	Профзаболевание, которое приводит к временной потере работоспособности (перелом, ожоги)
2	Значительное	Острое или хроническое профессиональное заболевание (с возможностью дальнейшей работы по другой специальности). Тяжелые последствия, которые исключают возможность трудоустройства. Нужно специальное расследование.
3	Существенное	Профзаболевание со смертельным исходом. Нужно специальное расследование

Таблица 6 – Коэффициент вероятности возникновения профессионального заболевания (P)

Значение коэффициента вероятности	% вероятности	Характеристика вероятности	Примечание
1	Вероятность незначительная	0,01	1-2 заболевания в год
2	Очень вероятно	10	5-9 заболеваний в год
3	Высокая вероятность	50	Заболевания происходят каждых полгода, просматривается периодичность профзаболеваний

Продолжительность действия угрозы (D) (низкой температуры воздуха) определяется количеством часов воздействия опасности на работника в смену (1 – постоянное воздействие угрозы на работников отсутствует; 2 – влияние угрозы на работников меньше 2,5 ч в смену; 3 – влияние угрозы на работников 2,5-5 ч в смену; 4 – влияние угрозы на работников более 5-ти часов).

Фактором, влияющим на риск развития профессиональных заболеваний (E), является переохлаждение. На основании поведенного анкетирования нами было выявлено, что 470 человек из 896 имеют профзаболевания в результате работы в зимний период. Применение методики позволило установить, что с возрастом и стажем возникновение профессиональных заболеваний в строительной отрасли в результате работы в зимнее время увеличивается (рисунки 3,4).

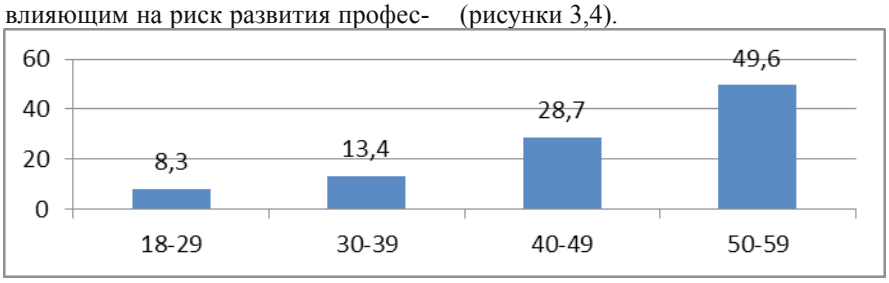


Рисунок 3 – Распределение работников ОАО «ДСК» попрофзаболеваниям в зависимости от возраста, %

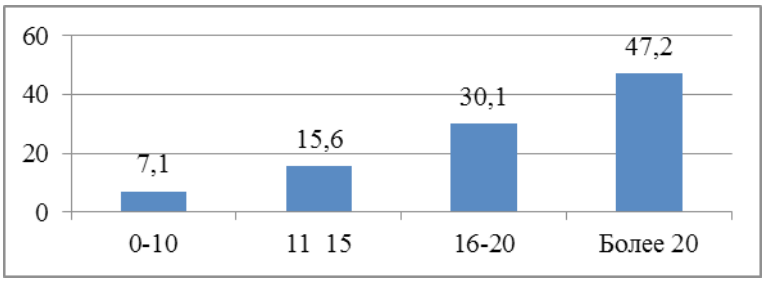


Рисунок 4 – Распределение работников ОАО «ДСК» по профзаболеваниям в зависимости от стажа, %

В общем, внедрение данной методики оценки заболеваемости позволяет повысить уровень профилактической работы по предотвращению профзаболеваний, усилить контроль за соблюдением нормативов по охране труда на предприятиях строительной отрасли [19].

Выводы. Таким образом, во-первых, нам удалось проанализировать профессиональную заболеваемость населения по г.Якутск и Российской Федерации за 2015-2017 гг. (на 10 000 работающих), а также распределить работников г. Якутск по впервые выявленным профессиональным заболеваниям.

Во-вторых, с целью диагностики заболеваемости работников ОАО «ДСК» РС(Я) в зимнее время использовалось анкетирование и методика оценки влияния возраста и стажа работников на вероят-

ность заболевания. Проведенное анкетирование среди работников предприятия позволило нам определить частоту и структуру заболеваемости в зимнее время. Выявлено, что из 115 женщин ОАО «ДСК» 96 (83,5%) подвергаются ежегодному заболеванию в зимнее время, 17 (14,8%) – (иногда – раз в три года), а 2 (1,7%) – раз в 5 лет. Из 781 мужчины 620 (79,4%) заболевает ежегодно, 104 (13,3%) – раз в 3 года, 57 (7,3%) – раз в 5 лет. В структуре заболеваемости в зимнее время у 620 (69,2%) работников наблюдаются простудные заболевания, у 25 (2,8%) – пневмокониозы, у 103 (11,5%) - профессиональный бронхит и профессиональная обструктивная болезнь легких, у 67(7,5%) - болезни опорно-двигательного аппарата, у 17 (1,9%) – заболевания кожи, у 258 (28,8%) – заболевания почек.

В-третьих, с помощью матрицы градации заболеваемости установлено влияние возраста и стажа на наличие профзаболеваний в ОАО «ДСК» в результате работы в зимнее время. Если профзаболевания в возрасте от 18 до 29 лет составляют у 8,3% работников, то в возрасте от 50 до 59 – у 47,2%. Также данный показатель присутствует у 7,1% человек со стажем от 0 до 10 лет и у 47,2% – со стажем более 20 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Беляев Г.Ю., Беляева А.В.Проблема формирования здорового образа жизни как ценностной модели воспитания (ЗОЖ-модели), соответствующей современной социальной ситуации // Образование личности. 2014. №2. С. 48–54.

2. Зайцева Н.В. Методы и технологии анализа риска здоровью в системе государственного управления при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Гигиена и санитария. 2015. № 94 (2). С. 93–98.

3. Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Прокопенко А.В., Шиган Е.Е. Реализация глобального плана ВОЗ по охране здоровья работающих в Российской Федерации // Профессия и здоровье: Материалы XIII Всероссийского конгресса. – Новосибирск, 2015. С. 4–11.

4. Измеров Н.Ф. Концепция осуществления государственной политики, направленной на сохранение здоровья работающего населения России на период до 2020 года и дальнейшую перспективу // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 9 (258). С. 4–8.

5. Низова Л.М., Яковлева Н.Л. Оценка условий труда как фактор социальной защиты работающих граждан // Охрана и экономика труда. 2017. №1(26). С. 32–36.

6. Maurizio C., Giovanni S. Human capital, employment protection and growth in Europe. JournalofComparativeEconomics. 2016.Vol. 44. Is. 2. pp. 213–230.

7. Bastgen A., Holzner C. L. Employment protection and the market for innovations. Labour Economics. 2017. Vol. 46. pp. 77–93.

8. Крюков Н.П., Жукова С.А. Взаимосвязь системы управления охраной труда, системы управления профессиональными рисками и специальной оценки условий труда //Охрана и экономика труда. 2014(15). №2. С. 61–63.

9. Побережная Е. Профессиональным заболеваниям – больше внимания // Охрана труда и социальное страхование. 2014. № 3. С. 38–45.

10. Попова А.Ю. Состояние условий труда и профессиональная заболеваемость в Российской Федерации // Медицина труда и экология человека. 2015. № 3. С. 713.

11. Томакова И. А., Томаков М. В. Особенности организационной культуры малых предприятий строительства в аспекте охраны труда // Российская наука и образование сегодня: проблемы и перспективы. 2015. №4(7). С. 224–228.

12. Олейник П. П., Бродский В. И. Техническое регулирование безопасности труда в строительстве // Технология и организация строительного производства. 2014. №1(6). С. 27–32.

13. Прасолов В. Минтруд России и НСБ: шаг навстречу // Охрана труда и социальное страхование. 2014. № 3. С. 46–51.

14. Финоченко Т.А. Специальная оценка условий труда: методическое пособие для членов комиссий предприятий по проведению специальной оценки условий труд: Ростов н/Д, 2016. 83 с.

15. Лякин Е., Власов В. Что дадут работникам новые законы? // Охрана труда и социальное страхование. 2014. № 2. С. 34–41.

16. Румянцева А.В., Самарская Н.А. Вопросы безопасности и охраны труда: зарубежный опыт // Безопасность труда в промышленности. 2016. № 6. С. 16–21.

17. Доклад о результатах и основных направлениях деятельности Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации на 2015–2017 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rosmintrud.ru/ministry/about/r eports/2.

18. Министерство труда и социального развития Республики Саха (Якутия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mintrud.sakha.gov.ru/doklad-o-sostojanii-uslovij-i-ohrany-truda-v-respublike-saha-jakutija-za-2016-god.

19. Хван Т. А. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие. – Ростов на Дону: Феникс, 2016. 443 с.

20. Файнбург Г. З. Охрана труда: Учебное пособие в 2 т.(Т.1). – Изд. 3-е, испр. и доп. – Нижний Новгород: Изд-во «Биота - Плюс», 2015. С. 133.

Статья поступила в редакцию 20.06.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 628.5

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ АДДИТИВНОЙ ДОЗОВОЙ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ОДНОРОДНОМ ТЕЛЕ ЧЕЛОВЕКА

© 2019

Закирова Альфия Резавановна, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Техносферная безопасность»
Уральский государственный университет путей сообщения
(*620034, Россия,* г. Екатеринбург, ул. Колмогорова*, 66,* e-*mail: AZakirova@usurt.ru*)

Аннотация**.** В настоящее время возросло внимание к проблеме электромагнитной безопасности человека, это во многом связано с интенсивным развитием современных технологий в электроэнергетике. В 60-х годах прошлого века считалось, что слабые низкочастотные ЭМП нетепловой интенсивности безопасны для человека, накопленные со временем опытные данные показали потенциальную опасность ЭМП. Статья посвящена усовершенствованной методике расчета магнитного и электрического полей в теле человеке, с учетом следующих показателей: частота поля, средняя проводимость (электропроводимость) и диэлектрическая проницаемость тканей, площадь поверхности тела, энергия излучения ЭМП и доза низкочастотного ЭМП. В связи с отсутствием методики оценки уровней энергии и дозы низкочастотного электромагнитного поля в теле человека, что актуально именно при аддитивном воздействии электрической и магнитной составляющих ЭМП, эти параметры ЭМП до сих пор не оцениваются и не нормируются. Представленное теоретическое решение расчета аддитивной дозовой оценки электромагнитных полей в однородном теле человека позволило расширить научные знания в области электромагнитной безопасности человека (персонала), и решить проблему в разработке метода аддитивной дозовой оценки электромагнитных полей в однородном теле человека.

Ключевые слова: магнитное поле, электрическое поле, дозовая оценка, человек, энергия электромагнитного поля, доза низкочастотного электромагнитного поля.

THEORETICAL JUSTIFICATION OF ADDITIVE DOSE ASSESSMENT OF ELECTROMAGNETTED FIELDS IN THE HOMOGENEOUS HUMAN BODY

© 2019

Zakirova Alphia Rezavanovna, candidate of technical sciences, associate Professor,
associate Professor of «Technosphere safety»
Ural State University of Railway Transport
(620034, Russia, Ekaterinburg, Kolmogorova St., 66, e-mail: AZakirova@usurt.ru)

Abstract. At present, attention to the problem of electromagnetic human security has increased, this is largely due to the intensive development of modern technologies in the power industry. In the 60s of the last century, it was believed that weak low-frequency electromagnetic fields of non-thermal intensity were safe for humans, and accumulated over time experimental data showed the potential danger of electromagnetic fields. The article is devoted to an improved method of calculating the magnetic and electric fields in the human body, taking into account the following parameters: field frequency, average conductivity (electrical conductivity) and dielectric constant of tissues, body surface area, EMF radiation energy and dose of low-frequency EMF. Due to the lack of a methodology for assessing the energy levels and doses of the low-frequency electromagnetic field in the human body, which is relevant precisely when the electrical and magnetic components of the EMF have an additive effect, these parameters of the EMF are still not estimated and not normalized. The presented theoretical solution for calculating the additive dose assessment of electromagnetic fields in a homogeneous human body allowed to expand scientific knowledge in the field of electromagnetic safety of a person (personnel), and solve the problem in developing the method of additive dose-based assessment of electromagnetic fields in a homogeneous human body.

Keywords: magnetic field, electric field, dose estimate, human, electromagnetic field energy, low-frequency electromagnetic field dose.

Введение. В настоящее время все актуальнее становится проблема электромагнитной без опасности человека [1-7], это связано с тем, что в электроэнергетике имеются источники электромагнитных полей, с высокими уровнями напряженностей электрических и магнитных полей, которые оказывают аддитивное вредное воздействие на человека [8-11]. Не секрет, что для решения проблем электромагнитной безопасности человека и окружающей среды специалисты разных государств объединены в рамках международных организаций – Всемирной организации здравоохранения (WHO), Международной комиссии по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP), Европейского комитета электротехнической стандартизации (CENELEC) и Международной организации труда (МОТ).

Не смотря на это, ряд проблем в этой области еще требует решения, например, отсутствует методика оценки электрической и магнитной составляющих ЭМП низкой частоты, при их аддитивном воздействии на человека (персонал). Разработка

и внедрение такой методики на законодательном уровне позволит сохранить здоровье персоналу, подвергающемуся данному производственному фактору.

Расчет аддитивной дозовой оценки электромагнитных полей в однородном теле человека. Представляется возможным оценить электрическую и магнитную составляющие электромагнитного поля (ЭМП) низкой частоты, индуцированные в теле человека, с учетом следующих показателей: частота поля, средняя проводимость (электропроводимость) и диэлектрическая проницаемость тканей, энергии излучения и доза ЭМП.

Из-за сложных биофизических процессов в теле человека расчет аддитивной дозовой оценки электромагнитных полей в однородном теле человека, проводится поэтапно и с учетом:

- ✓ электрической составляющей ЭМП;
- ✓ магнитной составляющей ЭМП;
- ✓ удельной энергии низкочастотного ЭМП.

Степень проникновения электрической составляющей ЭМП в воздушном пространстве через тело человека зависит не только от величины напряженности электрического поля, но и от соотношения электрических проводимостей воздуха, в котором распространяется электрическое поле и тканей человеческого организма, что определяет искажение электрического поля телом человека [8].

Примем допущение, что всё низкочастотное электромагнитное поле поглощается телом человека, тогда внутреннее электрическое поле E_i в области низких частот определяется:

$$E_i = \frac{\omega \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_в \cdot S_1 \cdot E_0}{\sigma \cdot S_2}, \qquad (1)$$

где, ω – частота, задающее число полных колебаний в единицу времени, 1/с; $\varepsilon_в$ – диэлектрическая проницаемость воздуха, равна $8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; ε – диэлектрическая проницаемость ткани, изменяется в зависимости от частоты поля, Ф/м; S_1 – площадь поверхности тела после поглощения излучения электрического поля, соответственно 0,87 м^2; S_2 – площадь поверхности тела человека при излучении электрического поля, равная 1,73 м^2; E_0 – напряженность внешнего электрического поля, В/м; σ – усредненная проводимость ткани, См/м.

Проводимость мышечной и нервной тканей для разных биологических объектов разная; в низкочастотном диапазоне до 10 кГц с низким содержанием воды изменяется до 0,03 См/м, а с высоким содержанием – до 1,5 См/м. Для расчета низкочастотного ЭМП, проникающего внутрь биологического тела, предлагается использовать усредненный показатель проводимости, равный 0,1 См/м. Результаты расчетов напряженностей электрических полей внутри тел в зависимости от частоты приведены в таблице 1.

Магнитное поле в тканях организма наводит по всей глубине тела циркулярное электрическое поле и, соответственно, циркулярный электрический ток.

Максимальное значение H_i определяется:

$$H_i = \square \cdot \square \cdot S \cdot \square \cdot H_0, \qquad (2)$$

где μ – магнитная проницаемость в вакууме $1{,}26 \cdot 10^{-6}$ Гн/м; S – площадь поверхности тела после поглощения излучения магнитного поля, равная 0,87 м^2; H_0 – напряженность внешнего магнитного поля, А/м; σ – проводимость ткани, при расчетах принята 0,7 См/м.

Результаты расчетов напряженностей магнитных полей внутри тел в зависимости от частоты приведены в таблице 1.

Энергия низкочастотного электромагнитного поля, для частоты f поглощенная в теле человека, при аддитивном воздействии электрической $E_i(f)$ и магнитной $H_i(f)$ составляющих ЭМП определяется:

$$Э_i(f) = E_i(f) \cdot H_i(f) \qquad (3)$$

где $E_i(f)$ – напряженность электрического поля для частоты f; $H_i(f)$ – напряженность магнитного поля для частоты f.

При известных показателях $E_i(f)$, $H_i(f)$ результаты уровней энергии низкочастотного электромагнитного поля сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Уровни напряженностей электрических и магнитных полей ЭМП и энергии низкочастотного ЭМП, поглощенные телом человека

Частота, Гц	$E_i(f)$ В/м	$H_i(f)$, А/м	$Э_i(f)$, Вт/м^2
50	6,99	0,02	0,14
100	11,18	0,04	0,45
200	20,96	0,08	1,68
300	29,35	0,12	3,52
400	36,33	0,15	5,45
500	41,92	0,19	7,96
600	46,12	0,23	10,61
700	48,91	0,27	13,21
800	50,31	0,31	15,60
900	54,08	0,35	18,93
1000	55,90	0,39	21,80

Как показывает результат расчета напряженностей электрических полей, индуцированных в теле человека, изменяются они в зависимости от частоты. При воздействии на человека внешнего электрического поля в 5000 В/м [12], значение напряженности ЭП 50 Гц внутри тела составило 6,99 В/м, максимальное зафиксировано при 1 кГц – 55,90 В/м.

При воздействии внешнего магнитного поля 80 А/м [12] на тело человека в нем индуцируется только часть этого поля, при этом, на частоте 50 Гц магнитное поле минимально (0,02 А/м) от внешнего (80 А/м), максимально оно при частоте 1000 Гц (0,39 А/м), то есть, чем выше частота, тем большая часть магнитного поля будет поглощена в теле человека.

При сравнении электрического и магнитного полей, индуцированных в теле человека, понятно, что магнитное поле проникает в тело глубже, опаснее воздействуя на организм человека, чем электрическое.

Энергия низкочастотного ЭМП, поглощенная телом человека, увеличивается от $0{,}14 \cdot 10^{-4}$ Вт/см^2 (50 Гц) до $21{,}80 \cdot 10^{-4}$ Вт/см^2 (1000 Гц). Величина энергии низкочастотного ЭМП, поглощенная телом человека, до сих пор не нормируется. Допустимое значение плотности потока энергии ЭМП в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц на рабочих местах персонала не должно превышать 1000 мкВт/см^2; указанные же расчетные значения энергии ЭМП для частоты 1000 Гц будут превышены.

Для перехода к оценке дозы ЭМП, поглощенной в низкочастотном диапазоне, необходимо учесть удельную энергию низкочастотного ЭМП, массу тела человека и время воздействия фактора.

Доза низкочастотного ЭМП, поглощенная телом человека, Вт·ч/кг:

$$D_i(f) = \frac{Э_i(f) \cdot t}{m}, \quad (5)$$

где $Э_i(f)$ – энергия электромагнитного поля, поглощенная в теле человека для частоты f, Вт/м^2; m – масса тела человека, кг, при расчетах принято 70 кг; t – время воздействия фактора.

Полученные расчетные значения дозы низкочастотного ЭМП, поглощенной телом человека, при 8-ми часовой экспозиции приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Доза низкочастотного ЭМП, поглощенная телом человека, Вт·ч/кг

Частота, Гц	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
$D_i(f)$	0,02	0,05	0,19	0,40	0,62	0,91	1,21	1,51	1,78	2,16	2,49

Доза низкочастотного ЭМП, поглощенная телом человека, при 8-часовом воздействии может достигать для 50 Гц – 0,02 Вт·ч/кг, для 1000 Гц – 2,49 Вт·ч/кг. На сегодняшний день ПДУ дозы низкочастотного ЭМП, поглощенной телом человека, отсутствуют. Для защиты персонала, обслуживающего электроустановки, подвергающегося данному фактору, необходимо усовершенствовать систему нормирования ЭМП в низкочастотном диапазоне, принимать ПДУ не только для электрической и магнитной составляющих ЭМП, но и для энергии ЭМП и действующей дозы рассматриваемого поля.

Заключение. В статье предложен метод аддитивной дозовой оценки низкочастотных электромагнитных полей в однородном теле человека. Выявлена необходимость по совершенствованию нормативной базы в области оценки низкочастотного ЭМП в производственных условиях. Обоснована возможность применения аддитивной дозовой оценки электромагнитных полей в однородном теле человека на практике. Представленные результаты теоретического исследования позволили расширить научные знания в области электромагнитной безопасности человека. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку методов контроля аддитивной дозовой оценки низкочастотных электромагнитных полей в однородном теле человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кузнецов К.Б. Основы электробезопасности в электроустановках: учеб. пособие. М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017. 495 с.

2. Закирова А.Р. Защита электротехнического персонала тягового электроснабжения от вредного воздействия электромагнитных полей: дис. … на соиск. уч. ст. канд. техн. наук: 23.05.2013. – Екатеринбург: УрГУПС, 2013. 160 с.

3. Бадер М.П. Электромагнитная совместимость: учебник для вузов железнодорожного транспорта. – М.: УМК МПС, 2002. 638 с.

4. Косарев А.Б., Косарев Б.И. Основы электромагнитной безопасности систем электроснабжения железнодорожного транспорта: учеб. для вузов. – М.: Интекс, 2008. 480 с.

5. Закиев Е.Э. Опасные электромагнитные поля на подвижном составе и в локомотивном депо электрифицированных железных дорог: дис. … на соиск. уч. ст. канд. техн. наук: 25.04.2007. Москва: ВНИИЖТ, 2007. 175 с.

6. Zakirova A.R., Kuznetsov K.B. Higher Harmonic Components of Rectifiers Magnetic Fields and their Adverse Health Effects // Procedia Engineering. 2015. no. 129. Pp. 415–419.

7 Zakirova A.R, Kuznetsov K.B. Assessment of Harmful Health Effects of AC Rectifier Converters Harmonic Components // Procedia Engineering. 2015. no. 129. Pp. 420–426.

8. Кузнецов А.Н. Биофизика электромагнитных воздействий: Основы дозометрии. – М.: Энергоатомиздат, 1994. 256 с.

9. Рубцова Н.Б., Перов С.Ю., Богачева Е.В. Информационные технологии как источник

неблагоприятного воздействия на человека электромагнитных полей. Классификация // Безопасность в техносфере. 2012. № 2 (март–апрель) С. 25–29.

10. Птицына Н.Г. Естественные и техногенные низкочастотные магнитные поля как факторы, потенциально опасные для здоровья // УФН. 1998. Т.168. № 7. С.767–791.

11. Мартынюк В.С. К вопросу о синхронизирующем действии магнитных полей инфранизких частот на биологические системы // Биофизика. 1992. Т. 37. № 4. С. 669–673.

12. СанПиН 2.2.4.3359−16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2016. 75 с.

Статья поступила в редакцию 29.05.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 614.8

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ УРОВНЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ТЕХНОСФЕРНОЙ И ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

© 2019

Романенко Александр Иванович, кандидат технических наук,
заведующий кафедрой «Холодильные технологии и техносферная безопасность»
Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского
(119049, Россия, г. Москва, ул. Шаболовка, 14, e-mail: rai-52@mail.ru)
Макаренко Алексей Игоревич, помощник оперативного дежурного службы
пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ по ТиНАО
Государственное казенное учреждение г. Москвы «Пожарно-спасательный центр»
(119049, Россия, г.Москва, ул.Шаболовка, 14, e-mail: rai-52@mail.ru)
Серёгин Максим Вадимович, старший помощник начальника дежурной смены службы пожаротушения
ФПС «ЦУКС ГУ МЧС России по г. Москве»
(119049, Россия, г. Москва, ул. Шаболовка, 14, e-mail: rai-52@mail.ru)
Максутов Набиулла Равильевич, магистрант
Московский государственный университет технологий и управления
имени К.Г. Разумовского ПКУ (филиал)
(119049, Россия, г. Пенза, ул. Володарского, 6, e-mail: woinova53@mail.ru)

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы организации профессиональной подготовки пожарных и спасателей. Анализируются новые тенденции развития подготовки специалистов техносферной и пожарной безопасности по направлениям: аварийная разведка и спасение пожарных, тактическая вентиляция. Показана необходимость проведения выездных занятий по обмену опытом, международных соревнований, а также использование современных методов обучения. Успешная профессиональная деятельность пожарных и спасателей гарантирована только при условии, качественного усвоения теоретического материала и приобретения стойких навыков, компетенций и умений в рассматриваемой профессиональной сфере.

Ключевые слова: профессиональная подготовка, аварийная разведка, спасение пожарных, выживание пожарных, тактическая вентиляция, техносферная безопасность, учебный процесс

TO THE QUESTION OF INCREASING THE LEVEL OF TRAINING OF SPECIALISTS OF TECHNOSPHERE AND FIRE SAFETY

© 2019

Romanenko Alexander Ivanovich, Candidate of Technical Sciences,
Head of the Department of Refrigeration Technologies and Technosphere Safety
Moscow State University of Technology and Management named after V.G. Razumovsky
(119049, Russia, Moscow, Shabolovka St., 14, e-mail: rai-52@mail.ru)
Makarenko Alexey Igorevich, Assistant Operational Emergency Fire Extinguishing
and Emergency Rescue Operations
State Government Institution Moscow «Fire and Rescue Center»
(119049, Russia, Moscow, Shabolovka St., 14, e-mail: rai-52@mail.ru)
Seregin Maxim Vadimovich, major Senior Assistant Chief of the duty shift of the fire extinguishing service
Federal Fire Service of Russia in Moscow"
(119049, Russia, Moscow, Shabolovka St., 14, e-mail: rai-52@mail.ru)
Maksutov Nabiulla Ravilyevich, Undergraduate
Moscow State University of Technology and Management named after V.G. Razumovsky PKU (branch)
(119049, Russia, Penza, Volodarskogo St., 6, e-mail: woinova53@mail.ru)

Abstract. The article deals with the organization of professional training for firefighters and rescuers. New trends in the development of training specialists in technosphere and fire safety in the following areas are analyzed: emergency reconnaissance and rescue of firefighters, tactical ventilation. The necessity of conducting field studies on the exchange of experience, international competitions, as well as the use of modern teaching methods. Successful professional activity of firefighters and rescuers is guaranteed only under the condition of high-quality mastering of theoretical material and the acquisition of persistent skills, competencies and skills in the considered professional sphere.

Keywords: vocational training, emergency reconnaissance, rescue of firefighters, survival of firefighters, tactical ventilation, technosphere safety, educational process

Введение. Одной из основных задач, стоящих перед пожарными и спасателями является повышение своего мастерства. Для обеспечения решения этой задачи в системе Государственной противопо-

жарной службы предусмотрена система первичного обучения и программа подготовки, которая подразумевает изучение работником основных направлений в деятельности при несении дежурства.

В основном, подготовка пожарных и спасателей в течении учебного года на рабочем месте, строиться на проведении теоретических и практических занятий, в период определенного времени, отведенного на дежурных сутках. В систему обучения входят занятия, основанные на закреплении полученных при первоначальном обучении навыков.

Цель работы: выявить особенности и специфику организации обучения специалистов в области пожарной и техносферной безопасности

Материалы и результаты исследований. Учебные занятия проводятся должностными лицами пожарно-спасательных подразделений, согласно тематическим планам на учебный год и типовым расписаниям занятий на календарный месяц [1,2]. При этом, в учет не берется способность руководителя занятий к какой-либо педагогической деятельности, так как проведение занятий является частью их должностных обязанностей. Вместе с этим, мотивация и стимуляция должностных лиц, выступающих в качестве руководителей занятий, не предусмотрена.

В целом, профессиональную подготовку личного состава пожарной охраны нельзя назвать не действенной. В ней заложен огромный объем теоретических знаний, а также необходимых навыков отработки практических упражнений и приемов, позволяющий полноценно выполнять задачи, возложенные на пожарно-спасательные подразделения. А между тем, внесение в программу подготовки новых методов и способов спасения людей требует значительных затрат времени.

Исходя из вышесказанного, на сегодняшний день, мы имеем подход к обучению пожарных, основывающийся на, безусловно, важных базовых принципах, но без учета современных тенденций и нововведений. Обучение использованию новых методов необходимо уже сейчас, не дожидаясь внесения в план программы подготовки.

Немаловажным звеном в обучении специалистов техносферной и пожарной безопасности является прогнозирование и моделирование различных ситуаций на конкретных объектах хозяйственной деятельности человека. Для этих целей можно использовать различные системы автоматического прогноза и моделирования чрезвычайных ситуаций [3,4].

Базовая система подготовки и подход к обучению не учитывает появление новых алгоритмов работы, а между тем именно эти методы, возможно, в ближайшем будущем смогут изменить сам подход к профессиональному образованию пожарных и спасателей.

В этой связи интересно было бы рассмотреть подходы к изучению таких дисциплин, как аварийная разведка и спасание пожарных (АРИСП) и основы проведения тактической вентиляции.

АРИСП, как предмет обучения включает в себя три основных блока (ступени):

- выживание пожарных в условиях пожара;
- пожарная разведка;
- аварийная пожарная разведка и спасание пожарных.

Выживание в условиях пожара можно назвать базой современной подготовки пожарного, основанной на приемах и способах избегания аварийных ситуаций (ситуаций угрожающих жизни и здоровью участников тушения пожара), а так же теоретических, практических знаниях и навыках выхода из этих ситуаций. В том случае, когда пожарный не способен помочь самому себе и не заботится о своей безопасности, то он представляет потенциальную угрозу для самого себя и других участников тушения пожара.

В комплекс «выживания в условиях пожара» входят несколько блоков. В первый блок входят теоретические и практические занятия по темам:

- основы и приоритеты безопасности участников тушения пожара;
- основные причины аварийных ситуаций;
- разбор примеров гибели участников тушения пожара;
- правила подачи сигнала бедствия;

Практические занятия:

-действия участников тушения пожара при запутывании в проволоке;

- падение в прогар;
- действия при разделении звена газодымозащитной службы;
- сердечно-легочная реанимация аварийному пожарному;
- правила и приемы использования универсальных спасательных петель;
- действия при истощении запасов воздуха/кислорода в средствах индивидуальной защиты органов дыхания;.
- покидание опасной зоны через оконный проем как с использованием спасательных устройств, так и без.

Второй блок, АРИСП, дает определение пожарной разведки. Под пожарной разведкой понимается быстрый и систематический поиск очага пожара и выживших пострадавших во время активной фазы пожара, с ожиданием нулевой видимости в незнакомой видоизмененной планировке.

Данный раздел включает в себя изучение ряда тем:

- алгоритмы проведения разведки на больших и малых площадях;
- разведка через оконный проем (ВЗИП);
- разведка вдоль рукавной линии и поиск пеленгованием источника сигнала;
- освоение навыков проведения работ в непригодной для дыхания среде при абсолютном отсут-

ствии видимости.

Аварийная пожарная разведка и спасание пожарных – блок, направленный на изучение алгоритмов проведения разведки в случае попадания участников тушения пожара в аварийную ситуацию. С обучаемыми разбираются тактические и стратегические приемы ведения действий направленных на спасание своих коллег, рассматриваются психологические особенности поведения в экстремальных условиях [5-7].

Существует пробная практика включения тематики АРИСП и тактической вентиляции в первоначальную подготовку принятых на службу сотрудников, но полноценно говорить о каких-либо результатах пока рано.

В курсе тактической вентиляции обучаемый изучает:

- основы вентиляции;
- основы развития и поведение опасных факторов пожара;
- управление газообменом на пожаре;
- правила и приемы проведения тактической вентиляции;
- управление тактической вентиляции (тактические и стратегические основы управления);
- положительные и отрицательные примеры тактической вентиляции.

Выходом из сложившейся ситуации можно считать программы дополнительного образования, разработанные с учетом развития профессионально-важных качеств [8,9]. На сегодняшней день разработаны и апробированы три курса:

- аварийная разведка и спасание пожарных;
- тактическая вентиляция;
- мастерство ствольщика.

Данные программы позволяют пожарным и спасателям на основе базовых знаний получить как теоретические сведения, так и практические навыки. Важным отличием данных курсов является максимальная приближенность к реальным ситуациям. Все практические занятия проходят в ограниченной видимости, что позволяет сформировать у слушателей устойчивый навык работы в непригодной для дыхания среде.

Практической частью курса можно считать участие пожарных и спасателей в открытых соревнованиях, посвящённых пожарным и спасателям, погибшим при исполнении своего профессионального долга, на звание «Лучшее звено АРИСП».

Регламент проведения данных соревнований предусматривает подготовку участников и команд к одиночным и групповым действиям не предусмотренных к изучению в течении учебного года:

- освобождение от боевой одежды пострадавшего газодымозащитника, с последующим оказанием ему первой помощи (проведение сердечно-легочной реанимации);
- переключение аварийного пожарного в резервный.
- извлечение аварийного пожарного из «Прогара»;
- преодоление комплексной полосы препятствий;
- пожарная разведка на малых площадях;
- транспортировка пострадавшего пожарного по горизонтали и вертикали;
- эвакуация пострадавшего пожарного с высоты при помощи ручных лестниц.

Изучая и отрабатывая предложенные упражнения, участники соревнований, совершенствуют свою профессиональную подготовку:

- приобретают навыки действий обеспечивающих успешное выполнение оперативно-служебных задач;
- формируют высокую психологическую устойчивость;
- развивают чувства самосохранения и взаимопомощи.

Участие в подобных мероприятиях команд из разных регионов страны и ближнего зарубежья ведет к полноценному обмену опытом и знаниями, что плодотворно сказывается на общем развитии профессиональной подготовки.

Освещение данных соревнований в СМИ, сети «Интернет» и социальных сетях приводит к повышению заинтересованности пожарных и спасателей к изучению новой для себя тематики, а отдельные упражнения становятся обязательными в подготовке газодымозащитников в дежурных караулах.

Важным остается и вопрос о необходимости прогнозирования возможности возникновения возгораний и чрезвычайных ситуаций, а соответственно и на это необходимо выделять время при обучении [10,с.25]

В настоящее время в разных регионах нашей страны (Москва, Санкт-Петербург, Тверь, Калуга, Курск, Архангельск и т.д.) периодически проходят экспериментальные занятия по тематике АРИСП и тактической вентиляции. Формат занятий предусматривает обязательный отрыв обучаемых от несения службы. Например, вывод одной или нескольких единиц техники из расчета на время обучения личного состава, приглашение сторонних преподавателей (инструкторов) для проведения теоретической и практической части занятий.

Выводы. Данный формат показал, что в ходе такой подготовки в учебном коллективе (дежурном карауле, отделении) усвоение материала проходит лучше, чем при проведении стандартных учебных занятий силами самого дежурного караула.

Заинтересованность и стремление гарнизонов пожарной охраны, а так же большого количества сотрудников и работников пожарно-спасательных подразделений, к проведению подобного рода занятий, показывает необходимость качественно нового изменения профессиональной подготовки, а альтернативные способы обучения (дополнительное образование, семинарские занятия), на данном этапе

ее развития, приведут к повышению уровня профессиональной подготовки пожарно-спасательных подразделений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Приказ МЧС России от 26.10.2017 г. №472 «Об утверждении порядка подготовки личного состава пожарной охраны».

2. Пожарная разведка: тактика, стратегия и культура – Екатеринбург: ООО «Издательство «Калан», 2016. – 348 с. ISBN 978-5-904915-22-3.

3. Казаков В.А., Виноградов О.С., Гуляева Н.А., Таранцева Б.Л. Снижение экологической опасности электрохимических производств // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2011. №25. С. 579–581.

4. Виноградова Н.А., Виноградов О.С. Система автоматизированного управления для электрохимического производства // Приоритетные направления развития науки и образования. Монография. Под общей редакцией Г.Ю. Гуляева. Пенза, 2017. С. 165–173.

5. Психология экстремальных ситуаций для спасателей и пожарных / Под общей ред. Ю.С. Шойгу. М.: Смысл, 2007. 319 с.

6. Психология деятельности в экстремальных условиях: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред.А.Н. Блеера. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 256 с.

7. Долгополова Е.В., Смирнов Б.А. Психология деятельности в экстремальных ситуациях. Х.: Гуманитарный центр, 2007. 276 с.

8. Шелепова Е.С. О проблеме профессионально важных качеств субъекта трудовой деятельности. Тверь: ТГУ, 2007. 225 с.

9. Казаков В.А., Бареева Р.З., Сайфетдинова М.К. Роль производственной практики в формировании профессиональных навыков спасателей // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного университета. – 2010. – №3(106). – С.231–236.

10. Виноградов О.С., Виноградова Н.А., Безбородова О.Е., Шерстнев В.В. Система сбора экологической информации о состоянии территориальной техносферы // Наука Красноярья. 2018. Т. 7. № 4. С. 7–26.

Статья поступила в редакцию 26.06.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 331.45 + 613.62

АНАЛИЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ВЛИЯНИЯ РИСКА ЗАБОЛЕВАНИЙ У РАБОТНИКОВ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ ПАССАЖИРСКИЙ ПОЕЗД

© 2019

Королева Анна Михайловна, аспирант,
старший преподаватель кафедры «Управление безопасностью в техносфере»
Российский университет транспорта
(127994, Россия, г. Москва, улица Образцова, 9, стр. 9, e-mail: annakoroleva@list.ru)
Пономарев Валентин Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Управление безопасностью в техносфере»
Российский университет транспорта
(127994, Россия, г. Москва, улица Образцова, 9, стр. 9)
Сачкова Оксана Сергеевна, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник
Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Железнодорожной Гигиены Роспотребнадзора
(125438, Россия, Москва, Пакгаузное шоссе, 1, к.1, e-mail: vniijg@yandex.ru)
Нарусова Елена Юрьевна, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Управление безопасностью в техносфере»
Российский университет транспорта
(127994, Россия, г. Москва, улица Образцова, 9, стр. 9)
Глинчиков Дмитрий Юрьевич, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Управление безопасностью в техносфере»
Российский университет транспорта
(127994, Россия, г. Москва, улица Образцова, 9, стр. 9)

Аннотация. В настоящее время все большее внимание уделяется процессам, связанным со здоровьем работников различных сфер. Именно поэтому в представленной статье проведен анализ актуального вопроса возникновения и влияния риска заболеваний у работников, сопровождающих пассажирский поезд. Методология исследования – анализ научной литературы по заданной проблеме, а также практического отечественного опыта. Новизна статьи заключается в предоставлении актуальной информации, относительно возможного риска заболеваний у тех работников, которые сопровождают пассажирский поезд, представленные виды исследований практически отсутствуют в современной российской практике, потому представленная проблема является актуальной как в теоретическом, так и в практическом аспекте. В качестве результатов исследования можно привести следующие факторы. Увеличение объема пассажирских перевозок определяет тенденции для развития всей транспортной инфраструктуры. Так, одной из самых динамично развивающихся отраслей в отечественной экономике является сфера железнодорожных пассажирских перевозок. Как отмечают специалисты в своих исследованиях, работники, сопровождающие поезда, трудятся в неблагоприятных условиях. На состояние их здоровья влияет целая совокупность факторов. Именно это и является ключевым направлением результатов исследования в рамках статьи.

Ключевые слова: вредные факторы производства, возникновение, влияние, риски, заболевание, работники, пассажирский поезд

ANALYSIS OF THE OCCURRENCE AND IMPACT OF RISK-RELATED DISEASES, ACCOMPANYING A PASSENGER TRAIN

© 2019

Koroleva Anna Mikhailovna, postgraduate student,
senior lecturer of the department “Management of safety in technosphere”
Russian University of transport
(127994, Russia, Moscow, Obraztsova St., 9, p. 9, e-mail: annakoroleva@list.ru)
Ponomarev Valentin Mikhaylovich, doctor of technical Sciences, professor,
head of the department “Management of safety in technosphere”
Russian University of transport (127994, Russia, Moscow, Obraztsova St., 9, p. 9)
Sachkova Oksana Sergeevna, doctor of technical sciences, associate professor, leading researcher
All-Russian Research Institute of Railway Hygiene Rospotrebnadzor
(125438, Russia, Moscow, Pakgauznoe shosse, 1, e-mail: vniijg@yandex.ru)
Narusova Elena Yur’yevna, candidate of Technical Sciences, associate professor,
associate professor of the department “Management of safety in technosphere”
Russian University of transport (127994, Russia, Moscow, Obraztsova St., 9, p. 9)
Glinchikov Dmitry Yuryevich, candidate of Technical Sciences, associate professor,
associate professor of the department “Management of safety in technosphere”
Russian University of transport (127994, Russia, Moscow, Obraztsova St., 9, p. 9)

Abstract. Currently, more and more attention is paid to the processes related to the health of workers in various fields. That is why the article analyzes the actual issue of the occurrence and impact of the risk of diseases in workers accompanying the passenger train. Research methodology – analysis of scientific literature on a given problem, as well as practical domestic experience. The novelty of the article is to provide relevant information on the possible risk of diseases in those workers who accompany the passenger train, the presented types of research are practically absent in modern Russian practice, because the presented problem is relevant both in theoretical and practical aspects. The following factors can be cited as the results of the study. The increase in the volume of passenger traffic determines the trends for the development of the entire transport infrastructure. Thus, one of the fastest growing industries in the domestic economy is the field of rail passenger transport. As the experts in their research, the staff accompanying the trains, working in adverse conditions. Their health is affected by a whole set of factors. This is the key direction of the research results in the article.

Key words: harmful factors of production, occurrence, influence, risks, disease, workers, passenger train.

Введение. В современном мире условия труда на протяжении последних десятилетий является одной из самых актуальных и социально значимых проблем. В этой связи одной из задач государственной стратегии «Здоровье для всех в XXI» является обеспечение здоровой и безопасной производственной среды. Стратегия охраны здоровья населения Российской Федерации на период 2013 – 2020 гг. предусматривает ряд мероприятий по укреплению здоровья работников и охране труда с целью создания трудовых условий для роста экономического потенциала страны.

Тем не менее, сохраняются проблемы, вызванные неблагоприятными факторами трудовой среды, в том числе и на железнодорожном транспорте.

Железнодорожный транспорт в Российской Федерации является приоритетным среди других видов транспорта, выполняющий около 75% от общего грузооборота и 35% пассажирских перевозок в стране. В связи с тем, что общая протяженность российских железных дорог составляет 7 % от мировой сети, он выполняет около четверти объема грузооборота и около 15 % пассажирооборота железных дорог мира [1,3].

К специфическим приоритетным задачам на железнодорожном пассажирском транспорте относятся задачи, состоящие из обеспечения безопасности движения поездов, оптимизации перевозочного процесса, охраны и укрепления здоровья, работающих [2,3]. Основное звено в решении перечисленных задач – технологическая система, состоящая из трех основных факторов «человек – технические средства – среда», при этом именно человек является наиболее значимым элементом данной системы, так как именно его профессиональная пригодность формирует устойчивую деятельность железнодорожной отрасли [3].

Цель исследования. Проводя анализ структуры причин, повлекших аварии на железнодорожном транспорте отметим, что они имеют прямопропорциональную зависимость от состояния здоровья работников рассматриваемой отрасли. Так, структура причин аварий на железнодорожном транспорте свидетельствует о высокой доли, более 60% причин, связанных именно с человеческим фактором. В связи с этим, медицинское обеспечение безопасности движения поездов является важным звеном в минимизации аварийности на железной дороге, а также снижении травмирования и заболеваемости работников [3,4].

Исследование вопросов по улучшению показателей трудовой деятельности работников сопровождающих пассажирский поезд представляет собой актуальную научную задачу, имеющую важное социально-экономическое значение.

Материалы и результаты исследований. На состояние здоровья работников железнодорожного транспорта влияют вредные и опасные факторы производственного типа. Основные вредные и неблагоприятные производственные факторы, присущие профессии работников пассажирского железнодорожного комплекса: можно разделить на 4 большие группы [1,3]:

1) санитарно-гигиенические;
2) психофизиологические;
3) эстетические;
4) социально-психологические.

Каждая из этих групп включает многочисленные факторы, воздействующие на работников. Первый и самый опасный фактр воздействия — это необходимость исполнения своих профессиональных обязанностей в условиях нервно-эмоционального напряжения, что коренным образом отражается на психическом состоянии здоровья работников железнодорожного транспорта [5]. Нервно-эмоциональное напряжение возникают в результате общения с пассажирами, коллегами, провожающими, руководством. Но, как показывают проведенные исследования, наибольшую психофизическую нагрузку носит общение с пассажирами, особенно с детьми. Наибольший стресс возникает у работников при недовольстве пассажиров, возникновении конфликтов их при алкогольном опьянении, либо при перевозке групп детей (экскурсионные маршруты).

Также стоит отметить при сопровождении пассажирских поездов работники сталкиваются с высоким пылеобразованием, перепадом температур, сильным шумом и вибрациями.

Эти условия труда определяют профессиональные риски. Как отмечают специалисты, риски развития заболеваний у работников железнодорожного транспорта растут в связи с технологическим износом оборудования и самих пассажирских вагонов.

При анализе возникновения и влияния рисков заболеваний также необходимо учитывать длительное пребывание работников в рейсе, смену климатических условий и часовых поясов. На этой почве у работников железнодорожного транспорта разви-

вается утомление, снижается иммунитет в связи с интенсивным расходованием сил организма на акклиматизацию.

Влияние профессиональных и вредных факторов создает риски для возникновения заболеваний, характерных именно для профессии железнодорожника.

Для изучения распространения рисков развития и распространения профессиональных заболеваний среди работников железнодорожного транспорта было проведено исследование при поддержке специалистов института иммунологии Санкт-Петербурга.

В нем приняли участие 1000 работников, сопровождающих пассажирские поезда. Самым частым заболеванием является вегето-сосудистая дистония, что связано с необходимостью длительной работы в положении стоя. В 16% случаев у работников были диагностированы заболевания нервной системы и органов чувств.

Примечательно, что в группе риска находятся работники в возрасте 55-60 лет. Именно в этой возрастной группе у каждого 4-го работника были диагностированы профессиональные заболевания. Чем больше стаж работников, тем тяжелее им справляться с влиянием производственных и вредных факторов.

При стаже работы на железной дороге 2-4 года уровень заболеваемости среди работников не вызывает опасений [6].

При стаже 8-10 лет у работников, сопровождающих поезда, в 2,5 раза чаще диагностируются острые инфекционные заболевания, болезни нервной системы и органов чувств. При стаже 12-14 лет значительно возрастают риски перехода острых заболеваний в хронические формы.

Статистические данные указывают на то, что при начале трудовой деятельности на железной дороге в возрасте 18-20 лет уже к 35-39 годам до 18% работников при прохождении очередной медицинской комиссии сталкиваются с ограничениями к продолжению профессиональной деятельности по состоянию здоровья.

В возрастной группе 45-49 лет в 35% случаев выявляются серьезные ограничения по состоянию здоровья. По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что при стаже работы на железной дороге 10-14 лет отмечаются наибольшие риски приобретения профессиональных заболеваний.

Стаж работы оказывает большее влияние на развитие заболеваний, нежели возраст работников.

Хронические заболевания у работников, сопровождающих пассажирские вагоны, диагностируются даже при наличии стажа от 0 до 2 лет в 6,5% случаев. Хронические патологии диагностируются чаще по мере увеличения профессионального стажа [7]. Так, в группе работников со стажем от 20 лет в 55,3% случаев у них были выявлены хронические патологии. Влияние вредных условий труда провоцирует формирование у работников хронических патологий.

Чаще всего такие заболевания диагностируются по результатам прохождения очередного медицинского освидетельствования (ежегодной медицинской комиссии). Среди 1000 прошедших медицинскую комиссию 71 работнику был поставлен диагноз вегето-сосудистой дистонии. У 40 работников в возрастной группе 45-59 лет были выявлены заболевания нервной системы.

У 18 работников были выявлены заболевания, связанные с патологиями системы кровообращения. У 17 работников из всех прошедших обследование были выявлены заболевания органов пищеварения. Специалисты сделали вывод, что главным негативным фактором является нервно-эмоциональное напряжение.

Более того, развитию проблем со слухом и органами дыхания способствует высокая концентрация пыли и вибрации. Специфические условия труда работников железнодорожного транспорта особым образом влияют не только на состояние их здоровья, но и на безопасность эксплуатации железнодорожной инфраструктуры.

Опасность представляет и тесное общение с пассажирами, работа в условиях ограниченного пространства [8].

Так, среди работников, сопровождающих пассажирские поезда, пик заболеваемости сезонными простудными заболеваниями приходится на октябрь-ноябрь, что связано с понижением температуры, появлением первых признаков авитаминоза. В условиях ограниченного пространства создаются оптимальные условия для заражения заболеваниями, передающимися воздушно-капельным путем.

К сожалению, отсутствие совершенных условий для поддержания гигиены провоцирует и более тяжелые заболевания, начиная от отравлений и заканчивая острыми кишечными инфекциями.

В весенне-летний сезон у работников железнодорожного транспорта часто диагностируется ангина, что обусловлено разницей температур в пассажирских вагонах и температурными условиями на улице. В салонах современных пассажирских вагонов установлены системы кондиционирования, отсутствие требований к качеству фильтрации воздуха создает оптимальные условия для развития аллергических реакций, заболеваний органов дыхания.

К сожалению, большая часть мер по профилактике профессиональных заболеваний оказывается несовершенной по причине низкой эффективности. Так, выдача одноразовых медицинских изделий для защиты органов дыхания (медицинских масок) не способна уберечь от заражения вирусными заболеваниями.

Заключение. Для того, чтобы решить проблему с заболеваемостью работников железнодорожного транспорта, необходимо обратиться к вопросу о реконструкции эксплуатируемых пассажирских вагонов [9].

Одним из основных предложений является полная утилизация вагонов, в которых отсутствует система кондиционирования, пульты управления

которых выработали свой ресурс, отсутствуют биотуалеты, невозможно выполнять зарядку сотового телефона. Работа проводников в этих вагонах наносит непоправимый вред их здоровью.

Повышение требований к качеству производства и защите вагонов позволит снизить уровень шума, влияние магнитного поля на состояние здоровья работников. А оснащение вагонов современной климатической техникой позволит решить проблему с качественной очисткой воздуха, что предупредит быстрое распространение микробных и вирусных инфекций, которыми работники железнодорожного транспорта могут заразиться от пассажиров.

Важным элементом станет расширение средств автоматизации деятельности поездной бригады. Прежде всего, процессов контроля и управления бортовым оборудованием, оформления отчетной документации, поиска неисправностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Евсеева И.В. Медико-социальная оценка здоровья железнодорожников различных профессиональных групп: автореф. дис. … канд. мед. наук / Евсеева И.В. – М., 2002. – 22 с

2. Капцов В.А. Новые организационно-методические подходы к профилактическим медицинским осмотрам на железнодорожном транспорте / В.А. Капцов, А.Ю. Троицкая, В.Б. Панкова // Гигиена и санитария.– 2012. – № 2. – С. 66–70.

3. Пономарев В.М. Анализ и расчеты рисков факторов трудовой деятельности работников железнодорожного комплекса на заболеваемость / В.М. Пономарев, О.С. Сачкова, А.М. Королева // Наука и техника транспорта. – 2018. – № 3. – С. 108–111.

4. Атьков О.Ю., Цфасман А.З.. Энциклопедия. – Медицина. – 2014 – 614 с.

5. Финоченко Т.А. Управление профессиональными рисками / Т.А. Финоченко, Е.А. Семиглазова // Транспорт и логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технолог. и эконом. связей: Ростов н/Д, РГУПС. – 2017. – С. 241–245.

6. Финоченко Т.А. 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. – Ростов н/Д, 2016. – 83 с.

7. Финоченко В.А., Кирищиева В.И. Социально-экономическая эффективность приведения рабочих мест к требованиям норм охраны труда // Инженерный вестник Дона. – 2013. – №1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1511/

8. Скорев М.М., Кирищиева И.Р. Реновация трудовых ресурсов как инструмент повышения эффективности труда // Инженерный вестник Дона. – 2016. – №1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/661/

9. Трушкова Е.А. Исследование этапов методологии определения профессионального риска // Инженерный вестник Дона. – 2015. – №4 (часть 2). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1317/

10. Лисобей В.А. Заболеваемость работников транспорта. Одесса: Черноморье, 2015. – С. 262

11. Камаев Игорь Александрович, Леонова Елена Сергеевна, Щёкотов Евгений Валерьевич Особенности заболеваемости машинистов локомотивов Горьковской железной дороги // Медицинский альманах. 2016. №3.

12. Панкова В.Б. Современные проблемы профессиональной патологии на железнодорожном транспорте России. Сайт ВНИИЖГ. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vniijg.ru/press-centr/sbornik-statej-k-90-letiyu-vniizhg/#_Toc442355232

13. Овечкина Ж.В., Юдаева О.С. Санитарно-гигиеническая безопасность пассажирских вагонов в условиях эксплуатации // История формирования и развития санитарно–эпидемиологической службы на железнодорожном транспорте России: материалы науч.-практич. конф. –М.: Изд–во ООО «СПМ–Индустрия», 2015. – С. 52–57.

14. Юдаева О.С., Королева А.М., Козлов А.С. Влияние освещенности в помещениях пассажирских вагонов на условия труда работников пассажирского комплекса // Проблемы безопасности российского общества. 2017. № 3. С. 99–100.

15. Юдаева О.С. Анализ условий труда и заболеваемости проводников пассажирских вагонов // Известия Транссиба. 2014. №2 (18).

16. Юдаева О.С., Егорова О.Г., Гладаренко А.С. Аналитический обзор негативного влияния шума и вибрации в пассажирских вагонах на комфортность проезда пассажиров и условия труда обслуживающего персонала // Наука и техника транспорта. – 2014. – № 2. – С.85–88.

17. Юдаева О.С., Королева А.М. Влияние цвета в пассажирских вагонах на психофизиологическое состояние пассажиров и проездных бригад // IX Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора «Современные проблемы эпидемиологии, микробиологии и гигиены». 2017 Иркутск. С. 164–165.

18. Панченко Л.Л., Спиридонова Н.Э. Профессиональный стресс и отношение к здоровью у проводников пассажирских вагонов / Л.Л. Панченко, Н.Э. Спиридонова // Вестник морского государственного университета – 2008. – № 29. – С. 93–106.

19. Хитрова М.А. Влияние цвета на здоровье и психику человека / М.А.Хитрова // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2013. – №11 (Т. 3). – С. 1284.

20. Liu Y-Z Inflammation: The Common Pathway of Stress-Related Diseases. / Liu Y-Z ,Wang Y-X and Jiang C-L // Front. Hum. Neurosci. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00316.

Статья поступила в редакцию 12.07.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 331.45

МЕХАНИЗМЫ РОЛЕТНОГО ТИПА КАК ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОТ ПАДЕНИЯ ПАССАЖИРОВ С ПЛАТФОРМ МЕТРОПОЛИТЕНА И ЖД ТРАНСПОРТА

© 2019

Седов Анатолий Владимирович, аспирант кафедры «Управление безопасностью в техносфере»
Российский университет транспорта (МИИТ)
(127994, ГСП-4, г. Москва, ул Образцова, 9, стр. 9, e-mail: Tol14_1992@mail.ru)
Фомина Надежда Борисовна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Управление безопасностью в техносфере»
Российский университет транспорта (МИИТ)
(127994, ГСП-4, г. Москва, ул Образцова, 9, стр. 9, e-mail: Fominanb@yandex.ru)

Аннотация. В настоящее время, в период развития норм общественной безопасности и повышения ценности человеческой жизни в глазах общества, существуют определенные тенденции в развитии инновационных технологий обеспечения безопасности на транспорте. В том числе в сфере обеспечения безопасности пассажиров на платформах метрополитена и на железнодорожных станциях. Одним из направлений развития механизма обеспечения безопасности пассажиров, является установка раздвижных дверей при посадке и высадке пассажиров. Но в данном случае требуются огромные вложения средств и времени на установку столь сложных технических устройств. Автором настоящей статьи предлагается к рассмотрению проект, который не требует существенных материальных и временных вложений - это механизмы ролетного типа с последовательным закрытием-открытием по мере отправления-прибытия подвижного состава как необходимое условие обеспечения современного уровня безопасности от падения пассажиров с платформ метрополитена и железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: механизмы ролетного типа, подвижный состав, обеспечение безопасности, падение пассажиров, метрополитен, железнодорожный транспорт, система безопасности, транспорт, безопасность пассажиров

MECHANISMS OF ROLL TYPE AS A PROVISION OF THE MODERN SAFETY LEVEL FROM FALLING OF PASSENGERS FROM METRO PLATFORMS AND RAILWAY TRANSPORT

© 2019

Sedov Anatoly Vladimirovich, graduate student of the department “Security Management in the Technosphere”
Russian University of Transport (MIIT)
(127994, GSP-4, Moscow, Obraztsova St., 9, bld. 9, e-mail: Tol14_1992@mail.ru)
Fomina Nadezhda Borisovna, gandidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department “Security Management in the Technosphere”
Federal State Budgetary Institution of Higher Education “Russian University of Transport (MIIT)
(127994, GSP-4, Moscow, Obraztsova St., 9, bld. 9, e-mail: Fominanb@yandex.ru)

Abstract. Now, during development of standards of public safety and increase in value of human life in the opinion of society, there are certain tendencies in development of innovative technologies of safety on transport. Including in the sphere of safety of passengers on platforms of the subway and at railway stations. One of the directions of development of the mechanism of safety of passengers, installation of sliding doors during the landing and disembarkation of passengers is. But in this case huge investments of capital and time for installation of so difficult technical devices are required. The author of the present article offers to consideration the project which doesn’t demand essential material and temporary investments – it is mechanisms of roletny type with consecutive closing opening in process of departure arrival of the rolling stock as a necessary condition of ensuring modern level of safety from falling of passengers from platforms of the subway and railway transport.

Keywords: rolling-type mechanisms, rolling stock, security, passenger fall, metro, railway transport, security system, transport, passenger safety.

Введение. Станция метрополитена закрытого типа представляет собой посадочную платформу, которая отделена от прибывающих поездов стеной с дверями, которые открываются в момент посадки пассажиров в вагоны. Такая конструкция позволяет предотвратить несанкционированный доступ посторонних в тоннель метрополитена, а также обеспечить безопасность пассажиров [1,с.57-6;8,с.25;9,с.7].

Анализ последних исследований и публикаций. Станции метрополитена закрытого типа (так называемые «горизонтальные лифты») представляют собой особую конструкцию колонно-стеновых станций, в которых нет посадочных боковых плат-

форм [10,с.18].

Обе стороны центрального зала ограничены стенами с проемами, закрытыми станционными дверями, которые отделяют помещение станции от тоннеля с прибывающими поездами. За схожесть с лифтами такие станции получили название «горизонтальные лифты», поскольку как и в лифте двери вагона раздвигаются синхронно с дверями станции. Вначале предлагалось внедрить данную конструкцию на станции «Чернышевская», однако первый в мире «горизонтальный лифт» начал свою работу в подземном зале «Парка Победы». Станция, разработанная А.К. Андреевым, была сдана в эксплуатацию в 1961 году. Станции, построенные по типу «горизонтальный лифт» в Советском Союзе прижились лишь в Ленинграде. Работающие на таких линиях машинисты получали повышенную зарплату [4,с.99-109;11,с.24;12,с.26].

Наиболее распространены два типа конструкций горизонтальных лифтов:

Раздвижные платформенные двери. Это конструкция состоит из стены, снабженной раздвижными дверями, чаще всего стеклянными, которые полностью изолируют станцию от путей и доходят до потолка (станции «Беговая», «Новокрестовская», метросистемы VAL, большинство станций китайского метрополитена).

Платформенные автоматические ворота представляют собой систему, которая состоит из барьера разной высоты, снабженного раздвижными дверями, изготовленными, как правили, из стекла, и которые не доходят до самого потолка, полностью изолируя станцию от тоннеля, и достигают иногда высоты поезда (Ang Mo Kio MRT Station), а чаще всего высоты примерно половины платформенных дверей (Син-Накано).

Достоинства:

- минимизирует риск несчастных случаев;
- предохраняет людей от случайного падения на пути;
- ограничивает доступ к тоннелям и путям, улучшая, тем самым, уровень безопасности;
- оптимизирует климат-контроль станции (изолированность от тоннеля повышает эффективность вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха);
- улучшает акустические показатели на платформе за счет звуковой изоляции станции от фонового шума тоннеля;
- защищает железнодорожные пути от падения на них посторонних предметов, среди которых могут быть пожароопасные.

Главный недостаток данной системы заключается в ее высокой стоимости - до нескольких миллионов долларов на одну станцию. При переоборудовании старых станций установка системы вызывает ограничения типа эксплуатируемого на линии подвижного состава, поскольку расстоянии между дверями поезда и платформы должны строго совпадать, что, в свою очередь, влечет за собой новые расходы на замену подвижного состава. Вариант системы с полной изоляцией станции от тоннеля также приводит к увеличению расходов на климат-контроль.

Свои риски безопасности также создают двери. Главный риск заключается в том, что есть возможность, что пассажир окажется зажатым между вагоном поезда и дверями платформы, что грозит ему смертельной опасностью в случае начало движения вагона. Такие случаи очень редки и зависят от дизайна дверей и надежности СКУД [3,с.480].

Станции метрополитена закрытого типа характеризуются сложностью и дороговизной эксплуатации. Для обслуживания станционных дверей требуются дополнительные затраты и мероприятия по его организации. Применение этой схемы приводит к снижению пропускной способности станции ввиду того, что точное совмещение дверей поезда со станционными дверями увеличивает время стоянки поезда, что, в свою очередь, влечет за собой увеличение интервалов следования поездов. Оборотные тупики за такими станциями могут быть размещены лишь с отклонениями по стрелочному переводу, следствием чего также становится уменьшение скорости поездов. Необходимо также отметить необходимость создания для ленинградского метрополитена подвижного состава новых типов, для того чтобы выдержать интервал между дверями поезда, заданный параметрами станции.

Материалы и результаты исследования. Развитие общественного транспорта предъявляет все более высокие требования к метрополитену, как-то [7,с.67]:

- необходимость увеличения пропускной способности станций;
- обеспечение высокой степени безопасности, защиты от падений и несчастных случаев;
- предоставление пассажирам повышенного комфорта;
- для повышения эффективности и надежности перевозок в метро начинают эксплуатироваться полностью автоматизированные поезда, для синхронизации с которыми необходимы платформенные автоматизированные барьеры безопасности.

Для обеспечения современного уровня безопасности необходима интеграция и новой системы безопасности, которая будет обеспечивать комфортное нахождение пассажиров на платформах. Рассмотрев положительные и отрицательные стороны имеющихся систем рассматривается возможность установки на платформах метрополитена системы безопасности от падения с платформ с автоматическими механизмами ролетного типа.

Вдоль края платформы по всей длине устанавливаются специальные механизмы ролетного типа, открывающимися и закрывающимися синхронно с дверями подвижного состава.

Механизмы ролетного типа являются барьером между путевыми тоннелями и зоной ожидания по-

езда, что исключает возможность случайного или намеренного падения пассажиров на рельсы [16, 48;17,с.32;18,с.68]. Система оборудована механизмами ролетного типа запасного выхода (по одной на каждый вагон). Со стороны рельсового пути дверь оснащена противопаниковым механизмом открывания.

Поверхность защитных экранов может использоваться в рекламно-информационных целях. В верхнюю часть механизмов ролетного типа могут встраиваться мощные светильники, обеспечивающие равномерное освещение станции (рисунок 1).

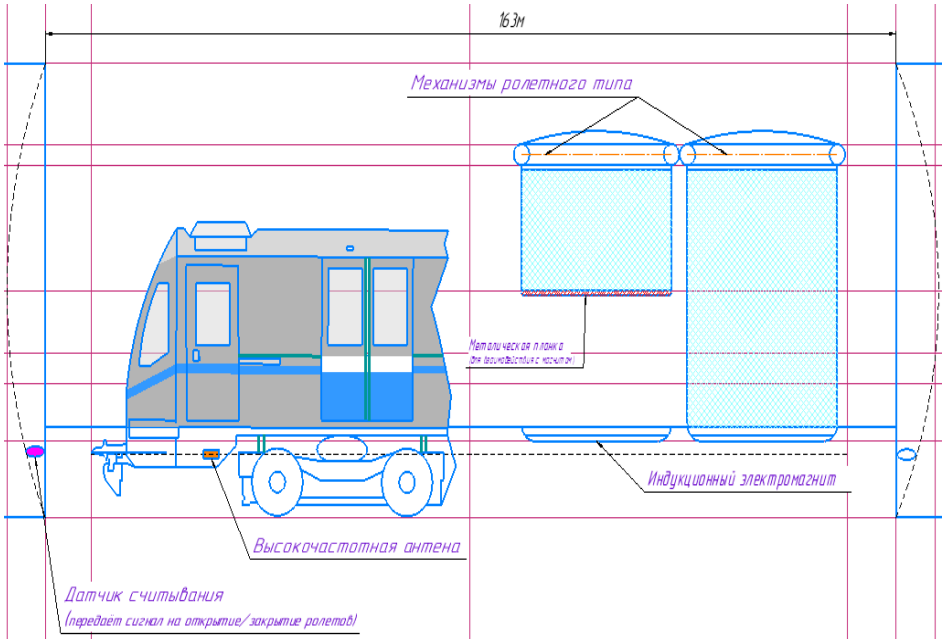


Рисунок 1 – Принцип срабатывания механизмов ролетного типа

Работа устройства осуществляется следующим образом. В исходном состоянии, при отсутствии подвижного состава на платформе, каждый блок состоящий из 3 механизмов ролетного типа находится в закрытом состоянии. При приближении подвижного состава к станции высокочастотная RFID-антенна установленная на боковой части головного вагона поезда передаёт высокочастотных сигнал (13,56 МГц) на RFID метку установленную на боковой стенке тоннеля при въезде на станцию пассивная RFID-метка не имеют встроенного источника энергии.

Электрический ток, индуцированный в антенне электромагнитным сигналом от считывателя, обеспечивает достаточную мощность для функционирования кремниевого КМОП-чипа, размещённого в метке, и передачи ответного сигнала на антенну и одновременно формирования сигнала на электродвигатели первого блока механизмов роллетного типа. Сигнал так же формируется на отключения электромагнита удерживающего заграждающее полипропиленовое полотно (сетка) и обеспечивает синхронизацию отключения электромагнита и пуск электродвигателей роллетов на открытие. При достижении 2- части электромагнита запаянного в полипропиленовое волокно верхней точки открытия происходит отключение электродвигателей открывающих роллеты. Далее при движении поезда по станции он последовательно считывает 17 RFID меток каждая из которых подаёт аналогичные сигналы на 17 блоков ролеттов.

В момент остановки поезда все роллеты находятся в открытом состоянии и не препятствуют посадке и высадке пассажиров в вагон поезда. После закрытия прислонно-раздвижных дверех поезда и приведения его в движении высокочастотная RFID-антенна передаёт сигнал на метку установленную на въезде в тоннель при отправлении. Метка формирует сигнал и возвращает его назад в антенну для передачи по цепям управления системы САУ «Витязь-М1» сигнала на активацию антенны установленной на боковой стенке хвостовой кабины, которая в свою очередь возбуждая сигналы во всех 17 метках установленных на станции формирует команды на включение электродвигателей роллетов на закрытие, а так же сигналы на включение электромагнитов при достижении полотна нижней точки на платформе. Таким образом система обеспечивает полную изоляцию пути следования поезда от платформы и обеспечение ограждения пассажиров от движущегося подвижного состава. Данная система интегрирована в систему управления поездом САУ «Витязь-М1» через блоки управления поездом головных вагонов с обеспечением вывода состояния открытия/закрытия роллетов на монитор машиниста. А также все данные воспринимаемые RFID-антеннами записываются на регистратор параметров движения поезда (РПДП) и могут быть проанализированы после снятия данных с ячеек записи.

Каждая метка при любой своей неисправности

отключается и в работу включается резервная находящаяся в паре с ней. Так же полное управление системой закрытия и открытия роллетов можно осуществлять в ручном режиме с поста централизации дежурного по станции по параллельной или аварийно цепи управления.

Преимущества механизмов ролетного типа:

1. Принципиальное отличие от платформенных раздвижных дверей и «горизонтальных лифтов» в том, что система ролетного типа располагается в подвешенном состоянии, что не препятствует перемещению пассажиропотока по всей платформе.

2. Повышенная безопасность: Отделение перронной области от железнодорожного пути предоставляет максимальную защиту пассажирам на платформе от подъезжающих и отъезжающих поездов.

3. Увеличение безопасного пространства на платформах: Благодаря установке механизмов ролетного типа пассажир инстинктивно чувствует себя защищенным от опасных зон рельсового пути и использует платформу по всей ширине.

4. Дизайн: Системы механизмов ролетного типа изменяют восприятие пространства, что влияет на общее настроение пассажиров. Широкий выбор вариантов окраски, материала исполнения, внутреннего освещения станции, коммуникативных средств массовой информации и т.д. дают архитектору большую свободу в проектировании и оформлении интерьера станции. Прозрачное сетчатое полотно из полипропилена обеспечивает надёжность, износостойкость и не мешает пассажиру видеть прибывающий поезд.

5. Увеличение частоты движения поездов: Потоком людей на платформах можно управлять более эффективно. Уменьшается время на вход и выход пассажиров из вагонов, из чего следует сокращение времени отправления поезда. Благодаря использованию механизмов ролетного типа возможно увеличить скорость прибытия-отправления поездов. Пунктуальность и надежность транспортной системы увеличиваются. Эксплуатация механизмов ролетного типа в комбинации с другими системами (сигнализации, торможения и остальной инфраструктуры) позволяет увеличить количество пар проходящих через станцию поездов. Более короткие интервалы между прибывающими поездами повышают эффективность транспортной системы в целом [5,с.207-219].

6. Более высокие показатели экономичности и рентабельности: Энергетические издержки на кондиционеры станции могут быть снижены. Дополнительные затраты, вызванные авариями и другими инцидентами, могут быть пресечены с помощью установки механизмов ролетного типа.

7. Повышенный комфорт: Пассажиры защищены от волн давления воздуха. Кондиционеры могут применяться более эффективно [14,с.8].

Устройство разработано для того, чтобы все пассажиры могли с легкостью осуществлять посадку и высадку из вагона.

- пассажиры с ограниченными физическими возможностями;
- пожилые люди, пользующиеся тростями или передвигающиеся на костылях;
- семьи с колясками;
- пассажиры с тяжелым багажом и т.д.

В конструкции раздвижных платформенных дверей предусмотрены специальные выдвижные платформы, облегчающие посадку в вагоны.

Подготовительный этап:

- производство и испытание опытного образца непосредственно на станции метрополитена.
- разработка проекта механической и электротехнической частей конструкции.
- расчет геометрических характеристик станции (изгибы, уклоны, укосины) [15,с.440].

Этап реализации:

- изготовление и фабричные приемо-сдаточные испытания механизмов ролетного типа;
- поставка оборудования.
- контроль заводского качества.
- подготовка платформ для установки механизмов ролетного типа.
- организация технической комнаты и подводка системы электропитания и сигнализации.
- монтаж модулей и системы сигнализации. Каждый из установленных модулей поставляется в собранном виде и является полностью работоспособным автономным элементом системы.
- после окончательной установки проведение испытаний на месте. Проводятся ответственной группой по установке под руководством контролеров.
- ввод в эксплуатацию.
- гарантийное сопровождение.

Так же в плане установки механизмов ролетного типа, следует интегрировать режим системы «Движение» для обеспечения увеличения пассажиропотока. При использовании механизмов ролетного типа будет обеспечена безопасность и дисциплинированность пассажиров перед входом в подвижной состав, тем самым организация пассажиропотока будет проходить на 5 % быстрее чем при нынешних условиях. Учитывая возможность увеличения скорости пассажиропотока, рассмотрена возможность увеличения парности поездов, для более комфортного пребывания пассажиров в поезде. Для увеличения парности необходимо задуматься о более быстром прохождении перегонов между станциями.

Режим системы «Движение», является фактически первым шагом на пути управления поездами в рамках концепции CBTC (Communication_based train control – система управления поездами, основанная на связи). Суть этой концепции иллюстрируется коричневыми стрелками на рисунке 2.

Если получает информацию о координатах и скорости впереди идущего поезда, она может выдать команду на дополнительное включение тяги, в результате чего произойдет переход с кривой скоро-

сти 3 на кривую 2 или с кривой 2 на кривую 1.

За счет этого дистанция между поездами сокращается до минимально возможной, определяемой длиной тормозного пути, а пропускная способность линии (обычно измеряется количеством пар поездов, проходящих через станцию за 1 час) повышается [2,с.51;13,с.576].

Для реализации концепции необходимо дальнейшее развитие системы «Движение», а именно - применение радиоканала для управления поездами на перегоне, когда в бортовой компьютер поступает информация не только о допустимой скорости, но и о координатах и скорости движения впереди идущего состава [1,с.57–61].

Бортовой компьютер на основании этих данных рассчитывает оптимальную кривую хода, а также минимально возможное расстояние до впереди идущего поезда.Расчеты показывают, что в этом случае может быть достигнута парность в 50 пар поездов в час.

Немаловажной функцией системы «Движение» является минимальное время и точность прицельного торможения. Заданная точность - ±1 м для станций открытого типа и ±45 см для станций закрытого типа.На практике точность прицельного торможения составляет ±10 см. Точность остановки достигается за счет применения корректирующих пройденный путь меток, установленных за 100 м и за 15 м до зоны «Остановка первого вагона» (ОПВ) [6,с.112]. В режиме АВ в системе «Движение» также реализована функция полностью автоматического открытия дверей, что позволяет увеличить время высадки посадки пассажиров. Условием их открытия является нахождение поезда в точке прицельного торможения, подтвержденное ПА и внепоездным устройством прибытия-убытия.

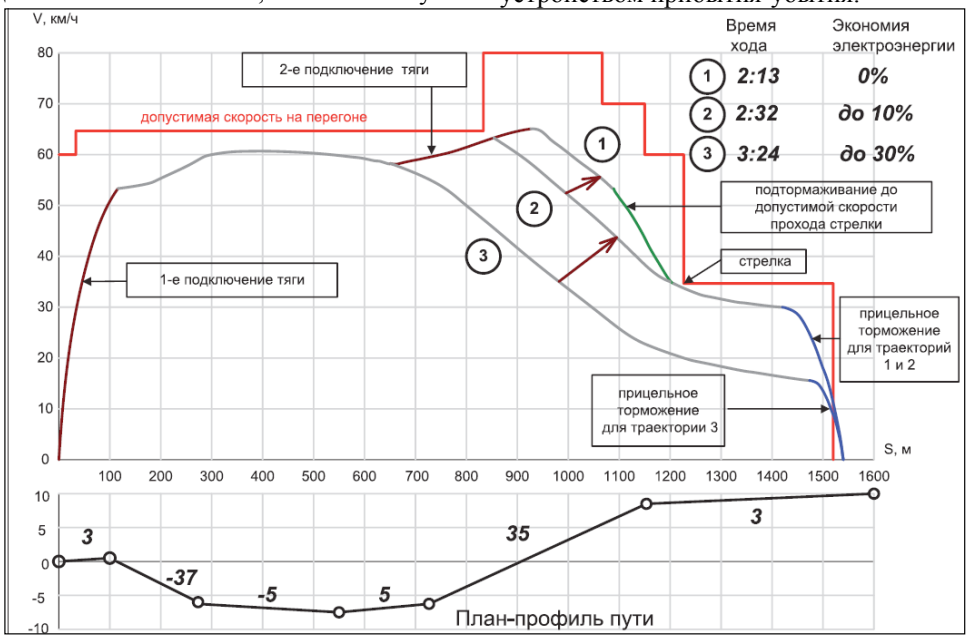


Рисунок 2 – Графики прохождения перегона для различных времен хода

Выводы. Создание подобной системы необходимо для увеличения пропускной способности Московского метрополитена, не справляющегося с текущей нагрузкой. Каждый день столичной подземкой пользуются более 10 миллионов жителей и гостей города. Установка системы механизмов ролетного типа с последовательным закрытием / открытием по мере отправления / прибытия подвижного состава, позволит увеличить количество пар поездов, и, как следствие, снизит загрузку на станции [19,с.68;20,с.1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Громов В.Н. Критические зоны инженерной инфраструктуры метрополитенов, влияющие на уровень транспортной безопасности в повседневных условиях и при чрезвычайных ситуациях / В.Н. Громов, Л.А. Белякова // Транспорт России: Проблемы и перспективы : матер. Междунар. юбил. науч.-практ. конф. – Санкт-Петербург, 2015. – С. 57–61.

2. За далью снова будет даль: третье десятилетие «Ленметрогипротранса» / сост.: Н.И.Кулагин, В.П.Тарасюгина. СПб: Петербургский модный базар, 2015. – С. 51.

3. Наше метро. Московский метрополитен уверенно смотрит в будущее. М.: Вечерняя Москва. 2015. 480 с.

4. Смирнова С.Е. Архитектор А.С. Гецкин. К истории проектирования станций метро в Ленинграде // в сб.: Индивидуальность художника и культурное наследие // по материалам научной конференции, посвященной памяти М.В. Доброклонского (22-24 апреля 2014). Ч. II. СПб, 2017. – С. 99–109.

5. Смирнова С.Е. Зарубежный опыт метростроения и его воздействие на архитектурное решение станций метро в Москве и Ленинграде // в сб.: Проблемы развития отечественного искусства. Науч-

ные труды. Выпуск 41. / Санкт-Петербургский государственный академический институт живописи, скульптуры и архитектуры имени И.Е.Репина. СПб. – 2017. – С. 207–219.

6. Швецов А.В. Проблемы и решения в обеспечении защиты станций метрополитена от террористических актов // Технические науки – от теории к практике: матер. LVI Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2016. – С. 112.

7. Швецов А.В. Транспортная безопасность объектов метрополитена / А.В. Швецов, С.В. Швецова // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2016. – № 6 – С. 67.

8. Федеральный закон РФ от 10.01.2003 №17-ФЗ О железнодорожном транспорте в Российской Федерации: [федер. закон: принят Гос. Думой 24 дек. 2002 г.: по состоянию на 3 июля 2016 г.] – М.: Кремль, 2003. – 25 с.

9. Федеральный закон РФ от 9.02.2007 №16-ФЗ О транспортной безопасности: [федер. закон: принят Гос. Думой 19 янв. 2007 г.: по состоянию на 6 июля 2016 г.] – М.: Кремль, 2007. – 7 с.

10. Анализ транспортных происшествий с причинением вреда жизни или здоровью пассажиров, не связанных с производством, на территории объектов инфраструктуры ГУП «Московский метрополитен» в 2011 г. – М., 2012. – 18 с.

11. Отчет о транспортных происшествиях с причинением вреда жизни или здоровью пассажиров, не связанных с производством, на территории объектов инфраструктуры ГУП «Московский метрополитен», 2014 г. – М., 2014. – 24 с.

12. Отчет о транспортных происшествиях с причинением вреда жизни или здоровью пассажиров, не связанных с производством, на территории объектов инфраструктуры ГУП «Московский метрополитен», 2015 г. – М., 2015. – 26 с.

13. Вентцель Е. С. Теория вероятностей : учебное пособие для вузов. – 6-е изд. стер. – М.: Высшая школа, 1999. – 576 с.

14. Совещание у НГ МЖД Вязанкина С. А. по вопросам охраны труда: протокол совещания, 2015. – 8 с.

15. Общая теория статистики: статистическая методология в изучении коммерческой деятельности: учебник / под ред. О. Э. Башиной, А. А. Спирина. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 440 с.

16. СТО ГУП «Московский метрополитен» 15.014-2013 Система управления охраной труда в ГУП «Московский метрополитен». Управление профессиональными рисками: общие положения. – М., 2013. – 48 с.

17. СТО ГУП «Московский метрополитен» 02.045-2013 Порядок оценки риска травматизма пассажиров на станциях метрополитена. – М., 2013. – 32 с.

18. СТО ГУП «Московский метрополитен» 15.002-2012 Система управления охраной труда в ГУП «Московский метрополитен»: общие положения. – М., 2012. – 68 с.

19. Распоряжение Правительства РФ от 30.07.2010 №1285-р Об утверждении Комплексной программа обеспечения безопасности населения на транспорте. – М.: Кремль, 2010. – 68 с.

20. Указ Президента РФ от 31.03.2010 №403 О создании комплексной системы обеспечения безопасности населения на транспорте. – М.: Кремль, 2010. – 1 с.

Статья поступила в редакцию 20.05.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 504: 656.2

ОЦЕНКА ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

© 2019

Донцов Сергей Александрович, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Управление безопасностью в техносфере»
Российский университет транспорта (МИИТ)
(127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, 9 стр. 9, e-mail: sdonzov@rambler.ru)

Аннотация. Особенности воздействия промышленности и транспорта РФ на водные ресурсы напрямую связаны с водопользованием, основными элементами которого являются забор воды из природных водных объектов, использование воды и сброс сточных вод. Железнодорожный транспорт является крупным потребителем водных ресурсов, специфика водопотребления и водоотведения предприятиями ОАО «РЖД» заключается в их удаленности на линии, работе в различных климатических условиях и зонах ограниченного пользования. Выполнен расчет водопотребления, для оценки действующей модели водопользования предложен ряд индикаторов: сокращение водопотребления, снижение сброса загрязненных вод и недопущение сброса загрязненных сточных вод без очистки. Для оценки эффективности действующей программы по охране и рациональному использованию водных ресурсов в отрасли разработан и определен интегральный показатель эффективности. Расчет данного показателя свидетельствует об эффективности существующих подходов и решений, но для дальнейшего улучшения экологических характеристик холдинга, необходимо увеличение доли оборотного водоснабжения. Одним из возможных решений является использование электрохимической очистки при блочно-модульной компоновки водоочистного оборудования с размещением очистных сооружений на накопителе с обязательным резервом площади до 80%, позволяющее экономить водные ресурсы, снизить эмиссию поступления загрязняющих веществ, сократить затраты на НИР и НИОКР.

Ключевые слова: водопользование, водопотребление, сточные воды, индикаторы, железнодорожный транспорт, эффективность.

ASSESSMENT OF WATER USE BY THE ENTERPRISES OF RAILWAY TRANSPORT

© 2019

Dontsov Sergey Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences,
associate professor “Management of safety in a technosphere”
Russian University of Transport (MIIT)
(127994, Russia, Moscow, Obraztsov St., 9 building 9, e-mail: sdonzov@rambler.ru)

Abstract. Features of impact of the industry and Russian Federation transport on water resources are directly connected with water use which basic elements are a water intake from natural water objects, use of water and dumping of sewage. Railway transport is a large consumer of water resources, specifics of water consumption and water disposal by the enterprises of JSC “Russian Railways” consist in their remoteness on the line, work in various climatic conditions and zones of limited use. Calculation of water consumption is executed, for assessment of the working model of water use a number of indicators is offered: reduction of water consumption, decrease in dumping of the polluted waters and prevention of dumping of the polluted sewage without cleaning. For assessment of efficiency of the existing program for protection and rational use of water resources in the industry the integrated indicator of efficiency is developed and defined. Calculation of this indicator demonstrates efficiency of the existing approaches and decisions, but for further improvement of ecological characteristics of holding, increase in a share of reverse water supply is necessary. One of possible decisions is use of electrochemical cleaning at block and modular configurations of the water treatment equipment with placement of treatment facilities on the store with an obligatory reserve of the area to 80%, allowing to save water resources, to reduce issue of intake of pollutants, to reduce costs of research and research and development.

Keywords: water use, water consumption, sewage, indicators, railway transport, efficiency.

Введение. Российская Федерация по запасам воды занимает первое место в Европе и второе в мире, по открытым статистическим источникам запасы пресной воды составляют 88,9 тыс. куб. км, причем значительная их часть сосредоточена в ледниках, озерах и подземных водах.

Согласно Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году» [1] динамические показатели запаса воды составляют 4258,6 куб. км. в год, однако учитывая огромную территорию страны, часть субъектов РФ уже давно испытывает водный дефицит, что объясняется неравномерным распределением водных ресурсов, так например для проживающих на Европейской части России 80% населения приходится всего 10-15% этого ресурса.

Согласно Водного кодекса Российской Федерации [2], водопользование это использование различными способами водных объектов для удовлетворения потребностей субъектов экономики.

Так согласно [1] объем забора воды из природных источников составил 68 887,55 млн куб м. При

этом потери воды при транспортировке составили 6 892,64 млн куб. м (10% от общего объема забора воды). За период 2010-2017 гг. показатель общего водозабора в Российской Федерации уменьшился с 78 955,53 млн куб. м до 68 887,55 млн куб. м, или на 12,8%. В 2017 г. по сравнению с предыдущим 2016 г. также наблюдалось небольшое уменьшение забора воды (на 611 млн куб. м, или 0,9%). Объемы потери воды при транспортировке за период 2010-2017 гг. сократились с 7687,69 млн. куб. м до 6892,64 млн куб. м, или на 10,3%, при этом их доля от общего объема забора воды выросла на 0,3% – таблица 1.

Таблица 1 – Основные показатели забора воды и потерь при транспортировке в целом по Российской Федерации в 2010-2017 гг.

Вид воздействия	Год							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Забор воды из природных источников	78955,53	75220,45	72052,59	69924,70	70806,83	68614,27	69498,54	68887,55
Потеря воды при транспортировке	7687,69	7195,93	7532,03	6976,29	7695,63	6824,73	6790,91	6892,64

Водопотребление в стране осуществляется в подавляющей степени за счет забора пресной воды [3-4]. В 2017 г. ее изъятие из водных объектов (с учетом забора воды в целях перераспределения водных ресурсов и т.п.) составило 62649 млн.куб. м. За период 2010-2017 гг. объем забора пресной воды сократился с 72687 млн куб.м в 2010 г. до 62649 млн. куб.м в 2017 г., или на 13,9%, в то время как забор морской воды сократился за рассматриваемый период на 5,6% (с 5830 млн.куб. м в 2010 г. до 5509 млн куб м в 2017 г.), а забор пресной воды из подземных источников вырос на 13,2% (с 9364 млн куб м в 2010 г. до 10599 млн.куб.м в 2017 г. Очевиден тот факт, что в последние семь лет общее снижение изъятия воды из водных объектов происходило в подавляющей части за счет уменьшения ее забора из поверхностных источников [5-7].

Целью настоящего исследования явилось изучение водопотребления и водоотведения стационарными и передвижными источниками железнодорожного транспорта, разработка индикаторов оценки эффективности существующих мероприятий, направленных на сокращение расхода воды, снижение антропогенной нагрузки на биогеоценозы и пути дальнейшего развития этих решений.

Материалы и методы исследования. Для определения водопотребления в отрасли на примере ОАО «РЖД» был произведен расчет водопотребления в 2016-2017 г. по зависимости:

$$B_{ОАОРЖД} = \sum_{j=1}^{m} q_1 \cdot Ч_i + \sum_{j=1}^{m} g_2 \cdot K_i + \sum_{j=1}^{m} q_3 \cdot K_i \quad (1)$$

где $B_{ОАО «РЖД»}$ *– годовое водопотребление в млн. куб. м;*

q_1, q_2, q_3 – удельные нормы водопотребления в отрасли для хозяйственно-питьевых нужд, производственных и иных нужд;

$Ч_i$ – количество персонала работающего в смене (принимается согласно данным ЕК АСУТР);

K_i – количество потребителей;

m – количество групп работающих и типа оборудования.

В 2016 году:

$B_{ОАО «РЖД»} = 43,44 + 38,54 + 4,24 = 86,22$ *млн.куб. м.*

В 2017 году:

$B_{ОАО «РЖД»} = 40,58 + 38,04 + 3,71 = 82,33$ *млн. куб. м.*

Как видно из приведенного расчета наблюдается снижение водопотребления на 3,89 млн куб м (6,0%), что можно объяснить внедрением водосберегающих технологий, частичной передачей объектов водоснабжения в муниципальную собственность, нормирования и приборного учета водопотребления [7-10,19].

Проранжируем водопользование на полигонах железных дорог и филиалах компании [10-12,15,19] (таблица 2.

Из представленных данных видно, что самые «водоемкие» полигоны: Московской (15,6%), Октябрьской (12%), Юго-Восточной дорог (11,7%), а по функциональным филиалам: ЦДТВ (73%), РЦКУ (9,3%) и ЦДИ (5%).

Филиалами Холдинга в 2017 году суммарно было сброшено в окружающую среду 149,424 млн. куб. м сточных вод, в том числе: в муниципальные канализационные системы – 45,032 млн. куб. м, в поверхностные водные объекты и на рельеф – 104,392 млн. куб. м.).

В поверхностные водные объекты сброшено 104,546 млн. куб. м сточных вод, в том числе:

- 6,625 млн. куб. м – нормативно очищенных в водный объект;
- 91,559 млн. куб. м – нормативно чистых в водный объект;
- 6,058 млн. куб. м – недостаточно очищенных в водный объект;
- 0,303 млн. куб. м – без очистки в водный объект.

Таблица 2 – Ранжирование полигонов железных дорог и филиалов Холдинга по водопользованию в млн. куб. м

Полигон железной дороги / центральные дирекции	Использовано всего, млн. куб. м	Использовано на производственные нужды, млн. куб. м
Калининградская	0,20	0,30
Дальневосточная	1,52	2,63
Октябрьская	4,55	9,87
Забайкальская	1,37	4,98
Московская	5,82	12,89
ВосточноСибирская	2,59	3,67
Красноярская	1,34	3,88
Горьковская	1,04	3,15
ЗападноСибирская	1,16	3,31
Северная	0,88	3,67
Южно-Уральская	1,84	3,48
Свердловская	2,85	5,21
СевероКавказская	2,0	8,94
Куйбышевская	2,02	3,68
Юго-Восточная	8,39	9,63
Приволжская	0,47	3,05
Центральная дирекция по теплоснабжению (ЦДТВ)	32,0	60,60
Региональные центра корпоративного управления (РЦКУ)	1,74	7,71
Центральная дирекция по ремонту пути (ЦДРП)	0,14	0,36
Дирекция тяги (ЦТ)	0,34	0,78
Центральная дирекция инфраструктуры (ЦДИ)	1,01	4,08
Трансэнерго	0,04	0,15
Центральная дирекция моторвагонного подвижного состава (ЦДМВ)	0,75	1,18
Росжелдорснаб (РЖДС)	0,06	0,63
Центральная дирекция по управлению терминально-складским комплексом (ЦМ)	0,09	0,19
Сервисные компании (СК)	1,73	2,81
Дирекция железнодорожных вокзалов (ДЖВ)	0,13	1,84
Центральная дирекция пассажирских обустройств (ЦДПО)	0,00	0,33
Центральная дирекция управления движением (ЦД)	0,00	0,08
Центральная станция связи (ЦСС)	0,00	0,07
Главный вычислительный центр (ГВЦ)	0,00	0,03
Прочие	0,00	1,45

Проанализируем сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (недостаточно-очищенных на очистных сооружениях и без очистки), так, в 2017 году он составил 6,361 млн. куб. м, то есть снижение по сравнению с 2016 годом составило 0,434 млн. куб. м или 6,4%.

Основными загрязнителями из шестнадцати полигонов железных дорог явились: Южно-Уральская (2,14 млн. куб. м), Московская (0,92 млн. куб. м), Красноярская (0,86 млн. куб. м), а из функциональных структур Холдинга: ЦДТВ (5,595 млн.куб.м), Сервисные компании (0,303 млн.куб.м).

В 2013 году в Компании была принята «Экологическая стратегия ОАО «РЖД» на период до 2017 года и на перспективу до 2030 года [8,11]. Оценка перспектив и стратегических альтернатив развития природоохранной деятельности в этом документе основана на возможности развития трех сценариев: (оптимистичном, консервативном и пессимистическим) и тесно связана с экономико-социальной обстановкой в отрасли и в стране – рисунок 1.

Согласно первого сценария – экономическая стабильность в стране и в отрасли (при росте от 3,4% в год) позволят в полном объеме выполнить все экологические инвестиции.

Второй сценарий предусматривает постепенное улучшение основных экологических показателей при экономическом росте в стране порядка – 2,7-3,5%.

И третий или пессимистический вариант, который предполагает сохранение текущих показателей в перспективе и отсутствие значимых экологических ухудшений.

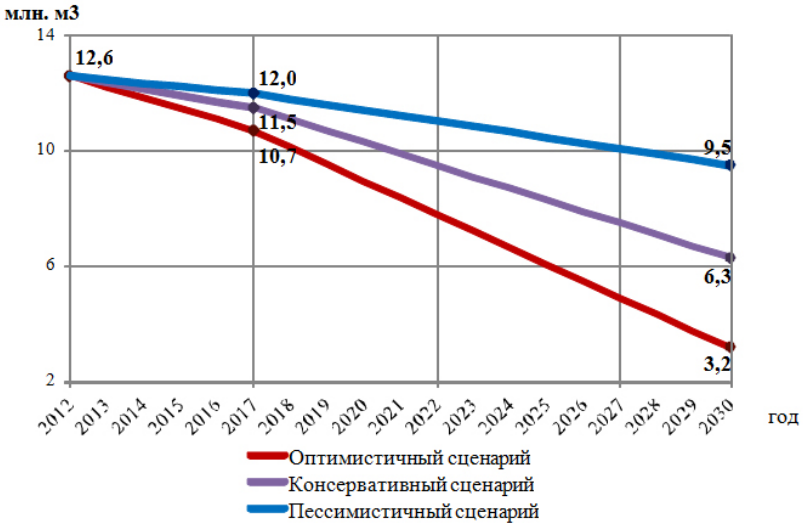


Рисунок 1 – Возможные сценарии развития сброса сточных вод ОАО «РЖД» в поверхностные объекты и на рельеф до 2030 г., млн. куб. м

Результаты исследования. Для оценки водопользования и выполнения критериев программы «в сфере охраны и рационального использования водных ресурсов» в рамках действующей «Экологической стратегии» предлагаются следующие индикаторы:

1. Сокращение потребления водных ресурсов. Предлагается определять по формуле:

$$Исп = \frac{(Бзн - Бтек)}{(Бзн - Бплан)} \cdot 100\ \%, \qquad (2)$$

где $И_{СП}$ – индикатор сокращения потребления водных ресурсов, %;

$Б_{ЭН}$ – базовое значение индикатора (в качестве базового года используется значение 2013 г. – начало действия документа [8]), принимаем 111,91 млн. куб. м;

$Б_{ТЕХ_}$ текущее значение индикатора (в качестве текущего года используется значение 2016 г., определяется по формуле (1) принимаем 86,22 млн. куб. м);

$Б_{ПЛАН}$ – плановое значение индикатора (используется значение 2017 г., определяется по формуле (1) принимаем 82,33 млн. куб. м).

$$Исп = \frac{(111,91 - 86,22)}{(111,91 - 82,33)} \cdot 100\% = 86,84\%$$

2. Снижение сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, предлагается определять по формуле:

$$Исб = \frac{(Бзн - Бтек)}{(Бзн - Бплан)} \cdot 100\%, \qquad (3)$$

где $И_{СБ}$ – индикатор снижения сброса загрязненных сточных вод, %;

$Б_{ЭН}$ – базовое значение индикатора (в качестве базового года используется значение 2013 г. – начало действия документа [8]), принимаем 14,923 млн. куб. м;

$Б_{ТЕХ_}$ текущее значение индикатора (в качестве текущего года используется значение 2016 г., определяется по формуле (1) принимаем 6,7795 млн. куб. м);

$Б_{ПЛАН}$ – плановое значение индикатора (используется значение 2017 г., определяется по [10] принимаем 6,361 млн куб м).

$$Исб = \frac{(14,923 - 6,795)}{(14,923 - 6,361)} \cdot 100\% = 94,93\%$$

3. Недопущение сброса загрязненных сточных вод без очистки.

$$Инс = \frac{(Бзн - Бтек)}{(Бзн - Бплан)} \cdot 100\%, \qquad (4)$$

где $И_{СБ}$ – индикатор недопущения сброса сточных вод без очистки, %;

$Б_{ЭН}$ – базовое значение индикатора (в качестве базового года используется значение 2013 г. – начало действия документа [8]), принимаем 0,586 млн. куб. м;

$Б_{ТЕХ_}$ текущее значение индикатора (в качестве текущего года используется значение 2016 г., определяется по [10], принимаем 0,354 млн. куб. м);

$Б_{ПЛАН}$ – плановое значение индикатора (используется значение 2017 г., определяется по [10] принимаем 0,303 млн. куб. м).

$$Инс = \frac{(0,586 - 0,354)}{(0,586 - 0,303)} \cdot 100\% = 81,97\%$$

Для оценки эффективности действующей программы «в сфере охраны и рационального использования водных ресурсов» в рамках действующей «Экологической стратегии» разработан интегральный коэффициент, определяемый по формуле:

$$Э = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(И_{сп} + И_{сб} + И_{нс}), \qquad (5)$$

где Э – эффективность действующих индикаторов, %. При значении Э ≥ 80% принимаемые решения являются высоко эффективными, при 50 ≤ Э ≥ 79% эффективными и Э ≤ 50% низко эффективными.

$$Э = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} 86{,}84 + 94{,}93 + 81{,}97) = 87{,}91$$

Приведенный расчет показывает, что принимаемые решения в сфере охраны и рационального использования водных ресурсов высокоэффективны.

Однако в отрасли до сих пор не полностью решена проблема увеличения доли оборотного водоснабжения, так на сегодняшний день эта цифра составляет всего 27,4% [10,19].

В настоящее время эта проблема достигается за счет выхода на полную проектную мощность ряда биологических очистных сооружений, реконструкции отдельных очистных сооружений, соблюдения технологического режима работы очистных сооружений.

Однако, необходимо отметить, что комплекс данных мероприятий не всегда эффективен и своевременен, а увеличение ассортимента перевозимых грузов и веществ, возможность чрезвычайных ситуаций или актов незаконного вмешательства на железнодорожной инфраструктуре не способствуют снижению водопотребления и предупреждению загрязнения окружающей среды.

Специфика образования загрязнений водных экосистем при производственной эксплуатации функциональных филиалов и предприятий ОАО «РЖД» заключается в их удаленности на линии, работе в различных климатических условиях и даже зонах частичного ограниченного пользования, все это подтверждает исключительную важность выбора технологических решений для очистки производственных стоков и экономии водных ресурсов.

В этих условиях необходим новый подход, позволяющий с минимальными затратами решать поставленные задачи, проведенный научно-технический анализ [12-14;16-18;20] позволяет рекомендовать блочно-модульный принцип компоновки водоочистного оборудования с размещением очистных сооружений на накопителе с обязательным резервом площади до 80%, что позволяет при ужесточении нормативных требований к очищаемой воде возможность дополнительной установки съемных модулей.

Большое значение имеет выбор оптимальной технологии очистки с учетом заданной эффективности, экологичности, безопасности и минимизации затрат. Из основных методов выделения поллютантов из воды: физических, химических, физико-химических и биологических, наиболее подходящим является электрохимический способ [6;9,14;17-18,20].

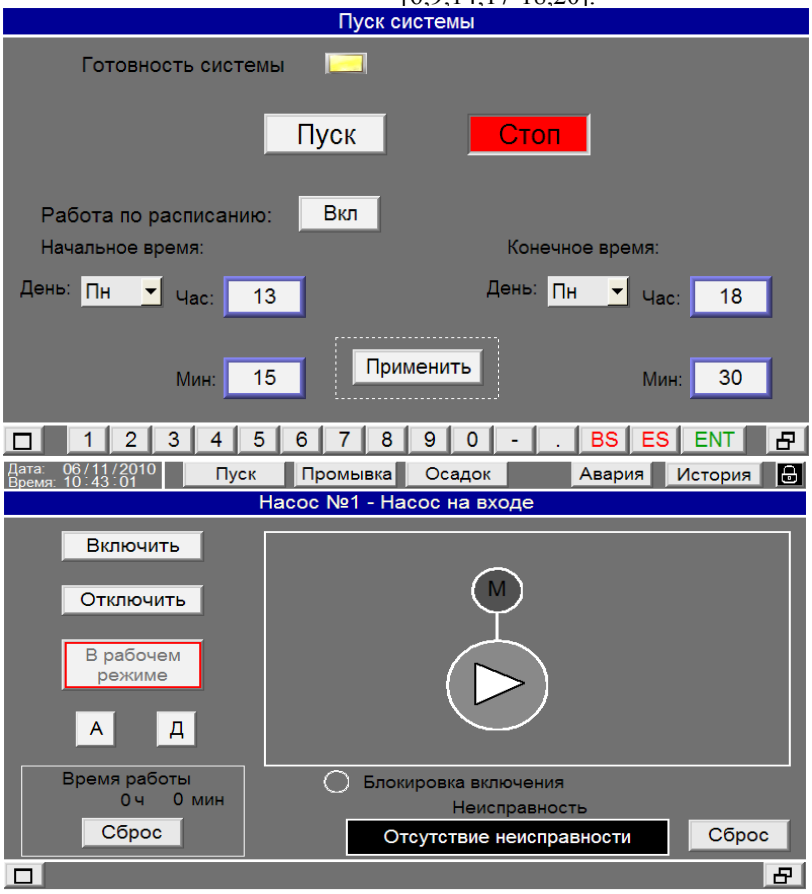


Рисунок 2 – Автоматическое и ручное управление очисткой с контролем функционирования рабочих органов и механизмов

Преимуществами этого способа являются:

- экономическая целесообразность использования и очистка до нормативных критериев;
- отсутствие токсичных ингредиентов, что обеспечивает безопасность как для персонала, так и для окружающей среды;
- визуализация процесса состояния оборудования и очистки;
- возможность автоматического и ручного управления с контролем функционирования рабочих органов и механизмов (рисунок 2);
- минимизация воздействия человеческого фактора за счет наличия системы блокировки ошибочных команд человека-оператора;
- возможность просмотра диаграмм работы технологического оборудования.

Выводы. Для оценки действующей программы в сфере охраны и рационального использования водных ресурсов разработан и определенен интегральный коэффициент эффективности, учитывающий приоритетные индикаторы. Проведенный расчет свидетельствует об эффективности принимаемых решений. Для увеличения доли оборотного водоснабжения в водном балансе холдинга предложено использование электрохимической очистки при блочно-модульной компоновке водоочистного оборудования, позволяющее экономить водные ресурсы, снизить эмиссию поступления загрязняющих веществ, тем самым выполнять периодически ужесточающиеся требования надзорных органов, сократить затраты на НИР и НИОКР, массово внедрять типовые установки на линейных объектах железнодорожного транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2018. 888 с.

2. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ в ред. от 27.12.2018 (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.07.2019)

3. Донцов С.А. Основы устойчивого развития регионов России / С.А. Донцов, Г.К. Ивахнюк, Б.С. Липнер, Л.В. Птушкина. – СПб.: Печатный цех, 2016. – 571 с.

4. Донцов С.А Экологическая безопасность железнодорожного транспорта / С.А. Донцов, Г.К. Ивахнюк, Ю.Н. Хмельницкий, Ю.И. Матяш. – М.: УМЦ ЖДТ, 2017. – 255 с.

5. Высотин С.А. Железнодорожный транспорт как источник загрязнения объектов водной среды / С.А. Высотин, А.Т. Сайфитова, М.В. Хацков, Е.А. Рязанова // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 6.

6. Донцов С.А. Экологическая безопасность железнодорожного транспорта. – Брянск: ООО «Ладомир», 2010 – 430 с

7. Донцов С.А. Концепция устойчивого развития регионов / С.А. Донцов, А.П. Ковалев. – Брянск: ООО «Ладомир», 2010 – 585с.

8. Экологическая стратегия ОАО «РЖД» на период до 2020 г. и на перспективу до 2030 года. Утв. распоряжением ОАО «РЖД». 13.02.2009. № 269 р.

9. Донцов С.А. Основные направления экологической политики железнодорожного транспорта России / Инновационные материалы в технологии и дизайне: тр. II Всерос. науч.-техн. конф. с участием молод. учен. (Санкт-Петербург, 24-25 мар. 2016). – СПб.: СПбГИКИТ, 2016 – С. 76.

10. Анализ природоохранной деятельности в ОАО «РЖД» за 2017 год. – М.: ОАО «РЖД», 2017 – 67 с.

11. Распоряжение ОАО «РЖД» от 14.01.2017 N 70р «Об утверждении СТО РЖД 16.002-2017 «Система управления охраной окружающей среды в ОАО «РЖД». Производственный экологический контроль. Общие положения».

12. Распоряжение ОАО «РЖД» от 31.08. 2013 N 1881р «Об утверждении СТО РЖД 16.001-2013 «Система управления охраной окружающей среды в ОАО «РЖД».

13. ГОСТ 25150-82. Канализация. Термины и определения.

14. ИТС 10-2015 Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов.

15. ГОСТ Р 14.07-2005 Экологический менеджмент. Руководство по включению аспектов безопасности окружающей среды в технические регламенты.

16. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие в 2 т. Т.2 / А.Е. Кузнецов. – М: Бином Лаборатория знаний, 2010. – 485 с.

17. Донцов С.А. Eichornia crassipes как элемент биологической доочистки сточных вод от производственной деятельности промывочно-пропарочных станций железнодорожного транспорта // Технические, экономические и экологические проблемы транспорта. Мат. межд. науч. конф., посвященной 170 -летию железных дорог России – 10-12 января 2008 г. Брянск: РГОТУПС, 2008, Т.1.

18. Донцов С.А. Оценка токсичности почв промывочно-пропарочных станций – фактор комплексной безопасности труда / С.А. Донцов, С.Г. Ивахнюк, А.Ю. Лебедев // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2012. – № 3. – С. 6–14.

19. Сайт ОАО «Российские железные дороги». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.rzd.ru/ent/public/ru. (дата обращения 28.06.2019 г.).

20. Сайт научно-инженерного центра очистки природных сточных вод «Потенцтал-2» [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://potential-2.ru/. (дата обращения 25.06.2019 г.).

Статья поступила в редакцию 30.05.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 614.7,630,0 631.0

АНАЛИЗ БИОЛОГО-СОЦИАЛЬНЫХ АСПЕКТОВ СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИЙ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ПОСЛЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД

© 2019

Левкина Галина Валерьевна, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры промышленной экологии и техносферной безопасности
Брянский государственный инженерно-технологический университет
(241037, Россия, г. Брянск, проспект Станке Димитрова, 3, e-mail: gvlevkina@mail.ru)
Иванченкова Оксана Андреевна, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры промышленной экологии и техносферной безопасности
Брянский государственный инженерно-технологический университет
(241037, Россия, г. Брянск, проспект Станке Димитрова, 3, e-mail: oa-iva79@mail.ru)

Аннотация. Статья посвящена комплексному исследованию различных факторов, влияющих на биолого-социальную обстановку и безопасность жизнедеятельности населения юго-западных районов Брянской области в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС. Эта тематика является актуальной до сих пор, так как значительные территории, на которых проживает население и ведет хозяйственную и иные виды деятельности, загрязнены радионуклидами. Непосредственное влияние на экономику Брянской области оказало радиоактивное загрязнение местности, которое привело к необходимости вывода из хозяйственного оборота или ограничение хозяйственной деятельности на значительных территориях. Все это ухудшало социально-экономическую обстановку, сокращение производства, и, как следствие, уровень жизни людей. Отмечено, что в настоящее время в Брянской области в зоне отчуждения находится 4 населенных пункта, в зоне отселения – 26, в зоне с правом на отселение – 191. Авторами были поставлены цели исследования: оценить и проанализировать несколько аспектов последствий аварии, влияющих на жизнедеятельности населения радиоактивно-загрязненных территорий. В ходе выполнения исследований была проведена оценка доз облучения населения, изучение вклада различных источников радиации на население юго-западных районов Брянской области. При выполнении полевых работ были заложены пробные площади на землях лесного фонда в трех районах области – Новозыбковском, Злынковском и Клинцовском, где проводился отбор проб и измерения радиационного фона. Выполнен радиологический анализ продуктов питания жителей юго-западных районов и почвы пробных участков. Проведена оценка риска ухудшения радиационной обстановки вследствие лесных пожаров. На основе проведенного исследования установлено, что вклад техногенного радиационного фона в дозы облучения юго-западных районов Брянской области составляет 30%, а содержание радионуклидов в дикорастущих грибах превышает нормативный показатель более чем в 50 раз, что способствует увеличению внутренней дозы облучения жителей. Особое внимание следует уделять мониторингу пожарной обстановки в лесах, так как помимо ухудшения биолого-социальной ситуации, пожары приводят к вторичному загрязнению территорий радионуклидами.

Ключевые слова: жизнедеятельность, авария, Чернобыльская АЭС, радиоактивное загрязнение, доза облучения, радиационный фон, МЭД, цезий-137, радиологический анализ, продукты питания, грибы, лесные пожары, зона отселения.

ANALYSIS OF THE BIOLOGICAL-SOCIAL ASPECTS OF THE STATUS OF TERRITORIES CONTAMINATED WITH RADIONUCLIDES AFTER THE CHERNOBYL ACCIDENT IN REMOTE PERIOD

© 2019

Levkina Galina Valerievna, candidate of agricultural Sciences,
associate Professor of Department of industrial ecology and technosphere safety
Bryansk engineering-technological university
(241037, Russia, Bryansk, Stanke Dimitrova Avenue, 3, e-mail: gvlevkina@mail.ru)
Ivanchenkova Oksana Andreevna, candidate of agricultural Sciences, associate Professor of Department of industrial ecology and technosphere safety
Bryansk engineering-technological university
(241037, Russia, Bryansk, Stanke Dimitrova Avenue, 3, e-mail: oa-iva79@mail.ru)

Abstract. The article is devoted to a comprehensive study of various factors affecting the biological and social situation and life safety of the population of the South-Western regions of the Bryansk region in the remote period after the Chernobyl accident. This topic is still relevant, since the significant territories in which the population lives and conducts economic and other activities, are contaminated with radionuclides. The area radiocontamination, which resulted in need of a conclusion from economic circulation or restriction of economic activity in the considerable territories had an immediate impact on economy of the Bryansk region. All this worsened a social

and economic situation, reduction in production, and, as a result, the standard of living of people. It is noted, that at present in the Bryansk region in an exclusion zone there are 4 settlements, in a resettlement zone – 26, in a zone with the right for resettlement – 191. The authors set the research objectives: to evaluate and analyze several aspects of the accident consequences that affect the life of the population of radioactively contaminated territories. During realization of researches the assessment of exposure doses of the population, studying of a contribution of various sources of radiation on the population of southwest areas of the Bryansk region was carried out. When performing field works the trial areas on the forest land in three districts of the area – Novozybkovsky, Zlynkovsky and Klintsy where sample drawing and measurements of a background radiation was made were put. The radiological analysis of food of residents of southwest areas and the soil of trial sites is made. The assessment of risk of deterioration in a radiation situation in a corollary of wildfires is carried out. On the basis of the study it was found that the contribution of anthropogenic background radiation to the radiation dose of the South-Western regions of the Bryansk region is 30%, and the content of radionuclides in wild mushrooms exceeds the standard rate by more than 50 times, which contributes to an increase in the internal dose of residents. Particular attention should be paid to monitoring the fire situation in the forests, as in addition to the deterioration of the biological and social situation, fires lead to secondary contamination of territories with radionuclides.

Keywords: life activity, accident, Chernobyl NPP, radiocontamination, exposure dose, background radiation, MED, cesium-137, radiological analysis, food, fungi, wildfires, resettlement zone.

Введение. Одной из крупных техногенных аварий в конце XX века стала катастрофа на Чернобыльской АЭС, учитывая весь масштаб последствий. Жизнедеятельность миллионов людей была нарушена вследствие радиоактивного загрязнения местности. Как описано в различных источниках, активность радиоактивного облака в атмосфере составила около $1{,}5\times10^{19}$Бк, а площадь загрязнения охватила свыше 200 тысяч км^2 [1].

Как в годы сразу после аварии, так и в настоящее время остается актуальным вопросы реабилитации пострадавших территорий, так как на них в 1986 году проживало более 18 млн. человек. Реабилитация должна включать различные мероприятия для минимизации последствий Чернобыльской аварии. Это затрагивает все сферы общественной жизни, научные исследования, усовершенствования технологических процессов производства, учет психологических аспектов жизни населения [2].

Из всей территории Российской Федерации стала самым пострадавшим регионом – Брянская область. В 1986 году на загрязненных радионуклидами территориях проживало более 475 тысяч человек. На площади около 12 тыс. км^2 жители проживали в более чем 1,7 тыс. населенных пунктах. После зонирования загрязненных территорий по плотности загрязнения почвы и переселения населения в «чистые районы», вплоть до 2015 года на этих землях проживало около 330 тыс. человек. Из них не оставили свои жилища жители зоны отселения (плотность загрязнения почвы цезием-137 выше 15 Ки/км^2). Это около 58 тысяч человек, включая 15 тысяч детей.

«При рассмотрении социально-экономической ситуации следует учитывать неравномерность экономического развития, что связано с обеспеченностью природными ресурсами, исторически сложившейся инфраструктурой, климатическими показателями, менталитетом населения и другими факторами. Непосредственное влияние на экономику Брянской области оказало радиоактивное загрязнение местности, которое привело к необходимости вывода из хозяйственного оборота или ограничение хозяйственной деятельности на значительных территориях» [3]. Так, из хозяйственного оборота было выведено более 17 тыс. га сельхозугодий, 30 тыс. га лесов (юго-западные районы области), на площади более 900 тыс. га, занимаемых лесами, введены ограничения на хозяйственную деятельность. Происходило переселение жителей в «чистые» районы, уезжала молодежь и трудоспособное население (около 50 тыс. человек). В связи с запретом использования и сбыта продукции сельского и лесного хозяйства, производство сокращалось, а продукция дорожала. Все это приводило к ухудшение социально-экономической ситуации в юго-западных районах области [4].

После аварии на Чернобыльской АЭС прошло 33 года. В 2016 году вступило в силу Постановление Правительства РФ от 8 октября 2015 г. N 1074 «Перечень населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» [5]. В соответствии с ним, в настоящее время в Брянской области в зоне отчуждения находится 4 населенных пункта, в зоне отселения – 26, в зоне с правом на отселение – 191. Из зоны радиоактивного загрязнения выведено 43 населенных пункта, а 183 был понижен статус.

Цель работы: оценить и проанализировать несколько аспектов жизнедеятельности населения, проживающего на радиоактивно-загрязненных территориях. Основная задача – комплексное исследование различных факторов, влияющих на биолого-социальную обстановку и безопасность жизнедеятельности жителей юго-западных районов Брянской области в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС. Она включала: оценку накопления доз внутреннего и внешнего облучения, анализ загрязнения лесной и сельскохозяйственной продукции цезием-137, а также оценку опасности

вторичного загрязнения территорий от лесных пожаров.

Оценка динамики накопления доз внутреннего и внешнего облучения населения проводилась путем анализа данных медицинских учреждений Брянской области и материалов, представленных в ежегодном докладе Управления Роспотребнадзора по Брянской области. Исследования загрязнения лесной и сельскохозяйственной продукции проводились путем обработки собственных экспериментальных данных по отобранным пробам образцов с пробных участков в Новозыбковском, Злынковском и Клинцовском районах области, а также анализ данных ФГБУ «БРЯНСКАГРОХИМРАДИОЛОГИЯ» [6]. Оценка радиологического загрязнения почв и радиационного фона проводилось в течение двух лет на заложенных пробных площадях.

Материалы и результаты исследования. При выполнении исследований использовались различные научные подходы и методики эмпирического системного анализа. Это: закладка опытных участков, проведение гамма-съемки земельных участков, отбор проб почвы в соответствии с международным стандартом, включающим общие требования по отбору проб почвы ГОСТ 17.4.3.01-83, социально-гигиенический мониторинг растительного сырья и пищевой продукции, радиологический анализ активности радионуклидов, социологический опрос населения.

Радиологическое обследование участков леса проводилось по установленным методикам с использованием дозиметра ДРГ–01Т. Предел допускаемой основной относительной погрешности измерения в режиме измерения – 15%. Измерения удельной активности цезия-137 проводили с использованием гамма-спектрометра МКС-01А «МУЛЬТИРАД» расширенного энергетического диапазона 0,05 – 3 МэВ, эксплуатируемого в ФГБОУ ВО БГИТУ. На основании методик, изложенных в [7,8], проведена оценка динамики доз облучения населения юго-западных районов Брянской области, Брянской области в целом и Российской Федерации.

В таблице 1 представлена численность населённых пунктов Брянской области, которые на данный период времени относятся к регионам, пострадавшим от Чернобыльской АЭС. Критерием градации выбрана величина среднегодовой эффективной дозы облучения жителей. Данные представлены на 01.01.2018.

Таблица 1 – Количество населённых пунктов Брянской области в зависимости от средней годовой эффективной дозы облучения жителей на 01.01.2018

Кол-во н.п.	в том числе, в интервале доз, мЗв/год				
	< 0,3	0,3 – 1,0	≥ 1,0	≥ 5,0	Максимум
749	347	245	153	4	7,8

Как известно, допустимой для населения, считается годовая эффективная доза – 1мЗв/год согласно НРБ-99/209 [9]. Таким образом, в настоящее время в 157 населенных пунктах наблюдается превышение нормативных показателей. Здесь проживают более 7000 человек.

Для сравнения вклада различных источников поступления радионуклидов в дозу облучения населения, был проведен анализ данных по Российской Федерации в целом, включая Брянскую область.

Результаты представлены на рисунке 1.

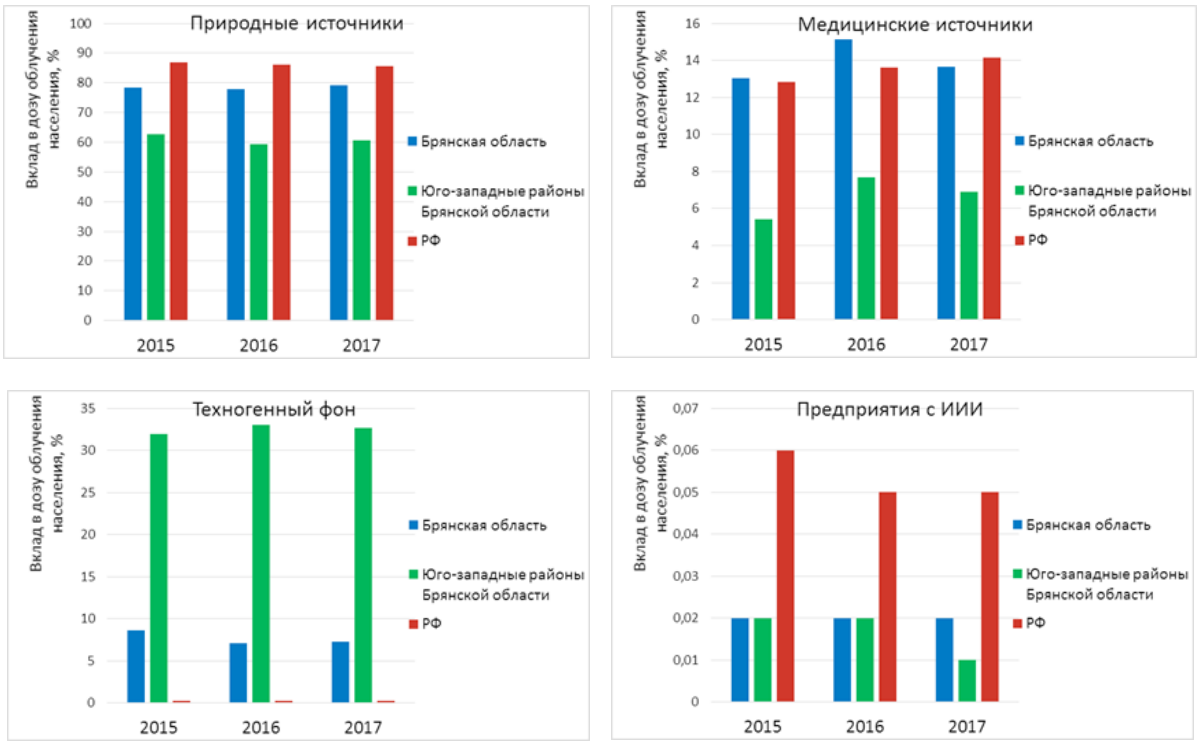


Рисунок 1 – Динамика вклада различных источников радиации в дозы облучения населения, %

Как видно из рисунка 1, вклад техногенного радиационного фона в дозы облучения юго-западных районов Брянской области составляет 30%, что в 4,5 раза превышает областные показатели и в 130 раз российские.

В рамках социально-гигиенического мониторинга проводились исследования проб продуктов питания. Они подразделялись на растительные продукты личных хозяйств и «дары леса» (грибы и ягоды). В исследуемых выявлено пробах превышение допустимого содержания цезия – 137 [10]. Нами проводились измерения удельной активности лесных грибов и ягод из Новозыбковского, Клинцовского и Злынковского районов. По результатам спектрометрических исследований отмечено высокое содержание радионуклидов цезия – 137 в пробах лесных ягод – 4839 Бк/кг, грибов – 25770 Бк/кг (при норме 500), т.е. превышение составило более чем 50 раз по свежим грибам.

В некоторых населённых пунктах ежегодно регистрируются пробы молока с превышением нормативных уровней. Максимальная удельная активность цезия-137 в образцах молока из личных хозяйств юго-западных районов составила: 2016 год – 214,8 Бк/л, 2017 год – 244,0 Бк/л, 2018 год – 242 Бк/л (при норме 100 Бк/л) [11]. Овощная продукция из приусадебных участков соответствовала нормативам [12]. Среднее содержание цезия-137 по результатам спектрометрических измерений за 2015-2017 г.г. находилось на одном уровне и составило в 2017 году 6,8 Бк/кг (2016 – 7,1 Бк/кг; 2015 – 6,2 Бк/кг). Максимальное значение за три года составило – 45,8 Бк/кг.

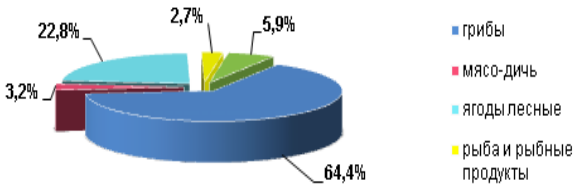


Рисунок 2 – Структура проб продовольственного сырья и пищевых продуктов, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию цезия – 137, %

Таким образом, можно сделать вывод, что содержание цезия-137 в продуктах питания из личных хозяйств относительно удовлетворительное. Однако в дикорастущих грибах и ягодах наблюдается значительное количество проб с превышением норм. Основной объём продукции, не отвечающей гигиеническим нормативам в 2017-2018 гг, это грибы (64,4%) и ягоды лесные (22,8%). На рисунке 2 представлена структура процентного распределения исследуемых проб продуктов питания, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию цезия – 137 в 2018 году.

При проведении полевых исследований в 2018 году проводились дозиметрические измерения уровней гамма-фона на открытой местности в населённых пунктах и на лесных территориях. Из населенных пунктов повышенный гамма-фон наблюдается в г. Злынка (0,71 мкЗв/час), Вышков (0,69 мкЗв/час) Злынковского района, Старый Вышков (0,61 мкЗв/час) Новозыбковского района. На лесных участках мощность экспозиционной дозы (МЭД) сильно варьирует и составляет от 0,27 до 1,07 мкЗв/час. Последний показатель зарегистрирован в Новозыбковском районе на участке леса, охваченного пожаром, прошедшим в 2015 году.

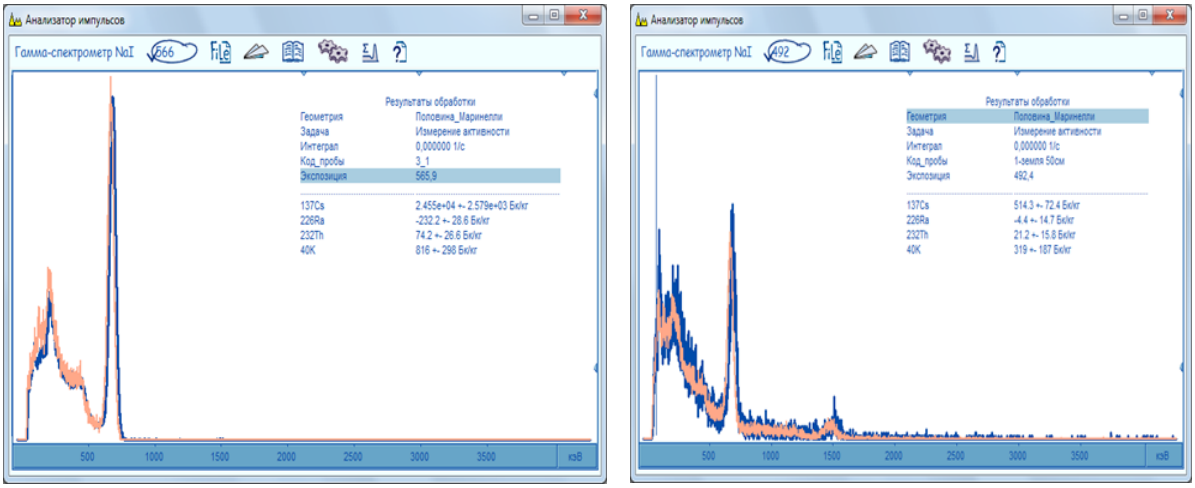
Как известно, лесные пожары на радиационных территориях способствуют вторичному загрязнению как воздушной среды, так и почвенного покрова. При этом, радионуклиды, осаждённые на поверхности аэрозольных частиц, представляют опасность для здоровья человека, повышая риски как внешнего, так и внутреннего облучения. В почвенном разрезе наблюдается изменение миграции радионуклидов, они перемещаются в верхние слои. Этому способствует изменение физико-химических форм радионуклидов, находящихся в лесной подстилке и минеральной части почвы. В результате выгорания лесной подстилки ликвидируется природный барьер на пути миграции радионуклидов в почвенном профиле. В то же время, при верховых пожарах радиоактивные вещества относительно легко и быстро могут проникать в нижние, водонасыщенные почвенные горизонты. Может возникнут проблема загрязнения подземных вод [13,14].

Экспериментальные участки были выбраны с различной величиной плотности загрязнения цезием-137 на местах прошедших пожаров. Отбор образцов лесной подстилки и почвы проводился в осенью 2018г. Первый экспериментальный участок находился на территории леса бывшего ХПК «Комсомолец», в районе с. Старый Вышков (52.562732, 31.702617), площадь которого составляет 5,5 Га.

Второй экспериментальный участок находился на территории бывших торфоразработок (52.688913, 31.743048). На первом участке МЭД составляла 80-107 мкР/час, что соответствует зоне отчуждения, а на втором участке МЭД была в пределах нормы. Была изучена зависимость объёмной активности цезия-137 в почвенных слоях и содержания цезия в них (таблица 2, рисунок 3).

Таблица 2 – Результаты измерения удельной активности

№ слоя	137Cs, Бк/кг	226Ra, Бк/кг	232Th, Бк/кг	40K, Бк/кг
с. Старый Вышков				
1	39420 ± 4148	-361,8 ± 53,4	113 ± 45,4	879 ± 448
2	24550 ± 2574	-239,9 ± 27,8	74,5 ± 26	833 ± 296
3	8368 ± 898	-209 ± 22,7	56,6 ± 20,9	443 ± 210
4	223,4 ± 34	16,5 ± 12,6	27 ± 13,7	742 ± 226
5	165,4 ± 29,2	14,8 ± 13,7	16,5 ± 14,1	476 ± 205
д. Вихолка				
1	134,5± 24,8	13,7± 13,2	4,5± 12,8	-12 ± 134
2	235,5± 48,4	24,6± 25,5	8,6± 23,8	-66 ± 239



а) верхний слой почвы б)30-50-сантиметровый слой почвы

Рисунок 3 – Спектрограмма активности на экспериментальном участке с. Старый Вышков

Так как, первый участок находится в зоне радиоактивно загрязнения выше 40 Ки/км^2, основные виды лесохозяйственной деятельности не ведутся. Вследствие пожара, произошедшего 15 октября 2015 года, произошло вторичное загрязнение лесной подстилки и почвы радионуклидами. Как видно из таблицы 2, основное их содержание сосредоточено в верхнем 5-сантиметровом слое. Это приводит к значительному увеличению радиационного фона, что отражается на накоплении дозы внешнего облучения. Второй участок находится в зоне радиоактивного загрязнения 5-15 Ки/км^2, в пойме реки Вихолка. Содержание радионуклидов значительно ниже и прослеживается тенденция накопления радионуклидов в более низких слоях почвы, что характерно для увлажненных почв [15].

Выводы. Таким образом, в настоящее время проблемы жизнедеятельности присутствуют в жизни населения юго-западных районов Брянской области в связи с последствиями аварии на Чернобыльской АЭС. По результатам проведенного исследования можно отметить:

– более 7000 человек проживают на территориях, загрязненных радионуклидами, имея эффективную дозу более 1 мЗв/год;

– вклад техногенного радиационного фона в дозы облучения юго-западных районов Брянской области составляет 30%;

– содержание радионуклидов в дикорастущих грибах превышает нормативный показатель более чем в 50 раз, что способствует увеличению внутренней дозы облучения жителей;

– содержание радионуклидов в образцах почвы и лесной подстилки на участках, после прошедших лесных пожаров значительно превышает показатели с таких же территорий, где не было пожаров, что повышает радиационную опасность юго-западных районов Брянской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Левкина Г.В., Драпеза Ю.А. Анализ радиоактивного загрязнения почвы в результате лесных пожаров на территории Брянской области // Среда, окружающая человека. Природная, техногенная, социальная: материалы междунар. науч.-практич. конф. – Брянск: БГИТУ, 2018. – С. 29–32.

2. Корсаков А.В., Комогорцева Л.К. Последствия аварии на Чернобыльской АЭС для Брянщины: 31 год спустя [Электронный ресурс] // Информационный портал Брянск НОВОСТИ.RU: – URL: https://bryansknovosti.ru/ (дата обращения: 4.06.2019).

3. Социально-экономические проблемы и перспективы развития территорий, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС» / Под общей редакцией доктора технических наук, профессора Матвеева А.В. – Брянск, 2006.

4. Электронный реестр земель, выведенных из землепользования после аварии на ЧАЭС / Шубина О.А., Титов И.Е., Кречетников В.В., Прудников П.В. // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12–1. С. 51–56.

5. Постановление Правительства Российской Федерации от 08.10.2015 № 1074 «Об утверждении перечня населённых пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС».

6. Показатели агрохимического, радиологического и эколого-токсикологического состояния почв земель сельскохозяйственного назначения за 2018 г. [Электронный ресурс] // официальный сайт Федерального государственного бюджетного учреждения «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский». – URL: http://agrohim32.ru/Monitor.htm / (дата обращения 12.06.2019).

7. Миненко В.Ф. Реконструкция среднегрупповых и коллективных накопленных доз облучения жителей населенных пунктов Беларуси, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС: методические указания. Мн.: Комчернобыль, 2012. С. 25–27.

8. Краткий обзор результатов паспортизации сельскохозяйственных предприятий на территориях Брянской области, пострадавших после аварии на ЧАЭС / Шубина О.А., Титов И.Е., Кречетников В.В., Карпенко Е.И.// Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 11–3 (42). С. 99–103.

9. СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009/ [Электронный ресурс] // СПС «Консультант – URL: www.consultant.ru / (дата обращения: 21.05.2019).

10. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Брянской области в 2017 г.» // Управление федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по брянской области. 2018, С 45–70.

11. Российская Федерация – СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» (с изменениями на 6 июля 2011 года).

12. Посевные площади и производство основных продуктов растениеводства в хозяйствах всех категорий / Стат. сб. // Брянскстат. – Брянск, 2015. – 60 с.

13. Маркина З.Н. Принципы лесовосстановления на основе анализа радиоэкологического состояния почвенно-растительного покрова Брянской области. – БГИТА, Брянск, 2011. – 135 с.

14. Дворник А.А. Определение содержания ^{137}Cs в радиоактивных продуктах сгорания лесных горючих материалов // Вестник НАН Беларуси. 2013. № 4. С. 93–98.

15. Левкина Г.В. Оценка вторичного радиационного загрязнения земель лесного фонда в следствие торфяных пожаров // Инновационные пути решения актуальных проблем природопользования и защиты окружающей среды: сб. докл. Международной научно-технической конференции, 4-8 июня – Белгород: Белгор. гос. технол. ун-т, 2018. – Ч. III, С. 257–261.

Статья поступила в редакцию 10.06.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 628.517.2

ВОЗМОЖНОСТИ РЕАКТИВНЫХ ГЛУШИТЕЛЕЙ С ИЗОГНУТЫМИ ПЕРЕГОРОДКАМИ В ВЫТЯЖНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

© 2019

Плицына Ольга Витальевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Управление безопасностью в техносфере»
Российский университет транспорта
(127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9, e-mail: plitsa@yandex.ru)
Рогова Татьяна Николаевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Управление безопасностью в техносфере»
Российский университет транспорта
(127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9, e-mail: tatnik2009@rambler.ru)

Аннотация. Статья посвящена защите от аэродинамического шума вытяжных вентиляционных систем с большими магистральными каналами. Приведено обоснование использования глушителей, не содержащих звукопоглощающий материал, в системах с двухфазными потоками. Указано ограничение применения глушителей без звукопоглощающего материала в больших каналах вентиляционных систем. Для обеспечения требуемого снижения шума предложена схема реактивного глушителя в виде прямоугольного канала, разделенного изогнутыми перегородками на ряды расширительных или резонаторных камер, по одной координате поперечного сечения которых распространяются только плоские волны. Представлены выявленные на основе расчетных и экспериментальных данных параметры схемы реактивного глушителя, которые позволяют с допустимыми в вентиляционных системах потерями давления достичь плавного широкополосного снижения шума. Продемонстрирована коррекция схемы глушителя для различных вентиляционных систем на примере формирования устройств, имеющих акустические характеристики, сходные с акустическими характеристиками стандартных в больших каналах пластинчатых глушителей длиной 1000, 2000 и 3000 мм. По результатам сравнения возможностей стандартных и формируемых устройств установлена эффективность предложенных реактивных глушителей с изогнутыми перегородками в вытяжных вентиляционных системах.

Ключевые слова: реактивный глушитель, многомодовый характер поля, изогнутые перегородки, расширительные камеры; резонаторные камеры, акустическая характеристика, равномерное снижение шума, широкий диапазон частот, вытяжная вентиляция.

ABILITIES OF REACTIVE SILENCERS WITH BENT PARTITIONS IN EXHAUST VENTILATION SYSTEMS

© 2019

Plitsyna Olga Vital'evna, Ph.D. of Engineering Science,
Assistant Professor of Safety Management in the Technosphere
Russian University of Transport
(127994, Russia, Moscow, Obraztsova St., 9, building 9, e-mail: plitsa@yandex.ru)
Rogova Tatyana Nikolaevna, Ph.D. of Engineering Science,
Assistant Professor of Safety Management in the Technosphere
Russian University of Transport
(127994, Russia, Moscow, Obraztsova St., 9, building 9, e-mail: tatnik2009@rambler.ru)

Abstract. The paper is devoted to aerodynamic noise control in exhausted ventilation systems which main ducts are large. The substantiation to apply the silencers that don't contain sound-absorbing material in systems with two-phase flows is given. The restriction of using the standard silencers without sound-absorbing material in ventilation systems' large ducts is noted. To ensure the required noise reduction the reactive silencer scheme is proposed as rectangular duct separated by bent partitions into expansion or resonator chambers series through which one coordinate of cross section only plane waves propagate. Parameters of reactive silencer scheme that were identified on the basis of calculated and experimental data and allowing achieve smooth broadband noise reduction at permissible pressure losses in ventilation systems are presented. The correction of silencer scheme for various ventilation systems is demonstrated on example forming the devices having acoustic characteristics similar with acoustic characteristics of plate silencers length of 1000, 2000 and 300 mm which are standard in large ducts is shown. According to the results of comparing the abilities of standard and formed devices the efficiency of proposed reactive silencers with bent partitions in exhaust ventilation systems have been established.

Keywords: reactive silencer, multimode field character, bent partitions, expansion chambers, resonator chambers, acoustic characteristics, even noise reduction, wide range of frequencies, exhaust ventilation.

Введение. Применение стандартных глушителей со звукопоглощающим материалом, например, пластинчатых, в вентиляционных системах, по которым движутся потоки, содержащие твердые или жидкие примеси, ограничено забиванием пор звукопоглощающего материала и ухудшением акустической характеристики в процессе эксплуатации [1-3]. Поэтому в вытяжных вентиляционных системах перспективны глушители без звукопоглощающего материала. Однако установка стандартного реактивного глушителя [4-6], например, расширительной камеры, на магистральном воздуховоде, размеры поперечного сечения которого соизмеримы с длинами распространяющихся звуковых волн, неэффективна из-за многомодового характера звукового поля и реализации лучевой передачи звука через устройство [7-10].

Было высказано предположение, что, если создать условия распространения плоских волн хотя бы по одной координате поперечного сечения реактивного глушителя и сформировать различно настроенные отражающие элементы, то удастся достичь необходимого широкополосного [11-13] снижения шума. Такой глушитель может быть выполнен в виде узких по одной координате каналов, образованных изогнутыми перегородками [14].

Целью работы является определение параметров реактивного глушителя с изогнутыми перегородками, позволяющих получить эффективное снижение шума по всему нормируемому диапазону частот.

Задачи работы – расчетное и экспериментальное выявление возможностей вариантов глушителя.

Материалы и результаты исследования. Изогнутые перегородки (рисунки 1а,1г) образуют в глушителе ряды различно настроенных расширительных или резонаторных камер.

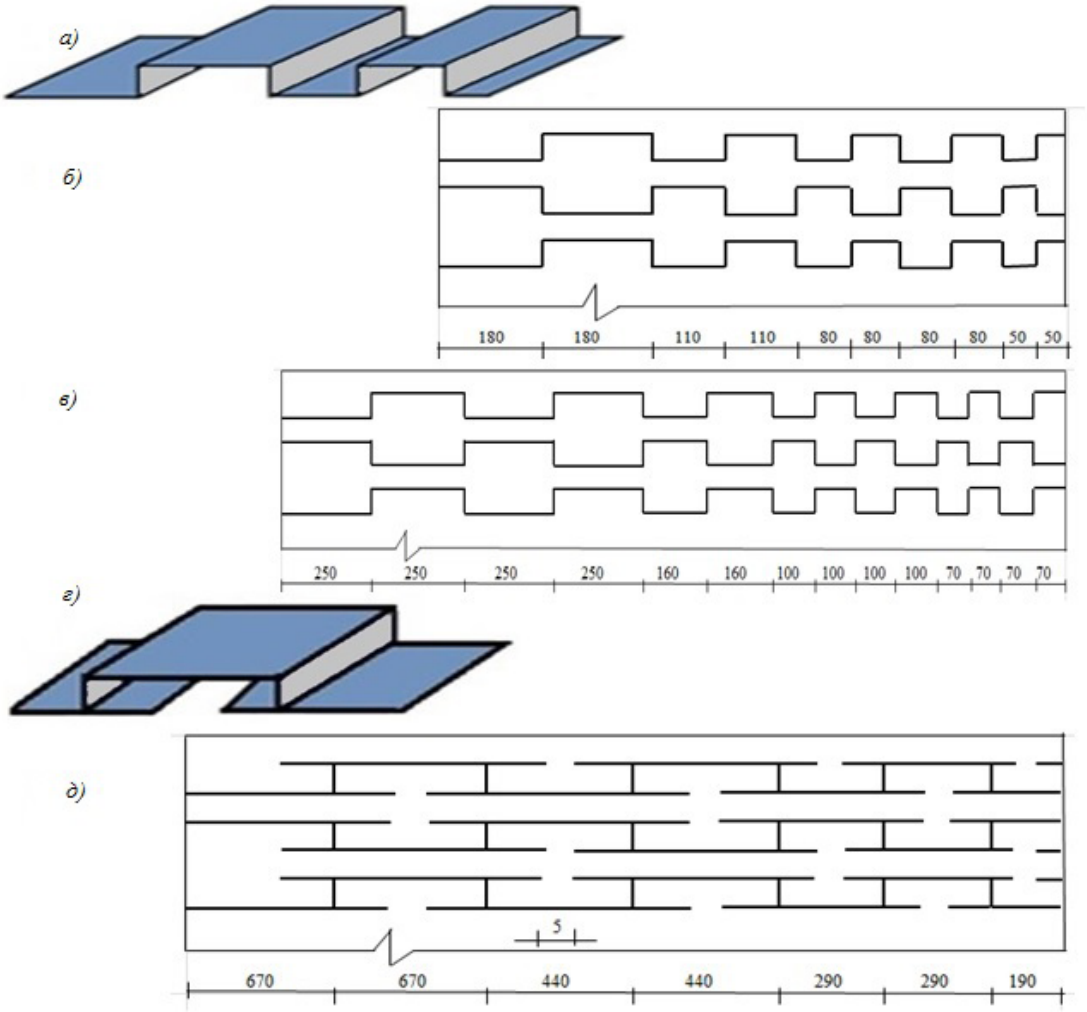


Рисунок 1 – Варианты реактивного глушителя: а – форма перегородок, образующих ряды расширительных камер; б – участки в глушителе длиной 1000 мм; в – участки в глушителе длиной 2000 мм; б – форма перегородок, образующих ряды резонансных камер; д – участки в глушителе длиной 3000 мм

Для описания схемы, предполагающего рассмотрение не менее ста видов распространяющихся волн [15,16], использован метод эквивалентных многомерных цепей четырехполюсников. Расчеты акустических характеристик выполнялись посредством Simulink.

Физические модели глушителя испытывались на аэроакустическом стенде с потоками скоростью до

20 м/с [17,18].

Были установлены параметры схемы глушителя, позволяющие с приемлемым аэродинамическим сопротивлением получать равномерное снижения шума в широком диапазоне частот:

– степень расширения для участков крайних рядов глушителя – 2.5, для участков остальных рядов – 4;

– показатель изменения длин для попарно равных участков сужения и расширения – $2^{-0.6}$.

Для выявления возможностей схемы в вытяжных вентиляционных системах разрабатывались глушители, акустические характеристики которых близки к акустическим характеристикам пластинчатых глушителей. В пластинчатых глушителях распространенного исполнения [19]:

– пластины со звукопоглощающим материалом, имеющие толщину 200 мм, размещаются чрез 200 мм;

– длина устройства составляет 1000, 2000 и 3000 мм.

В формируемых реактивных глушителях:

– высота внутренних каналов, исходя из верхней нормируемой частоты [20], составляет 4 мм на участках сужения, 140 (крайние ряды глушителя) и 160 мм (остальные ряды) на участках расширения;

– ширина внутренних каналов принята равной 1000 мм;

– количество внутренних каналов принято равным 10.

– длины участков внутренних каналов соответствуют длинам, указанным на рисунках 1б, 1в, 1д.

Рассчитанные акустические характеристики реактивных глушителей и известные акустические характеристики пластинчатых глушителей приведены на рисунке 2.

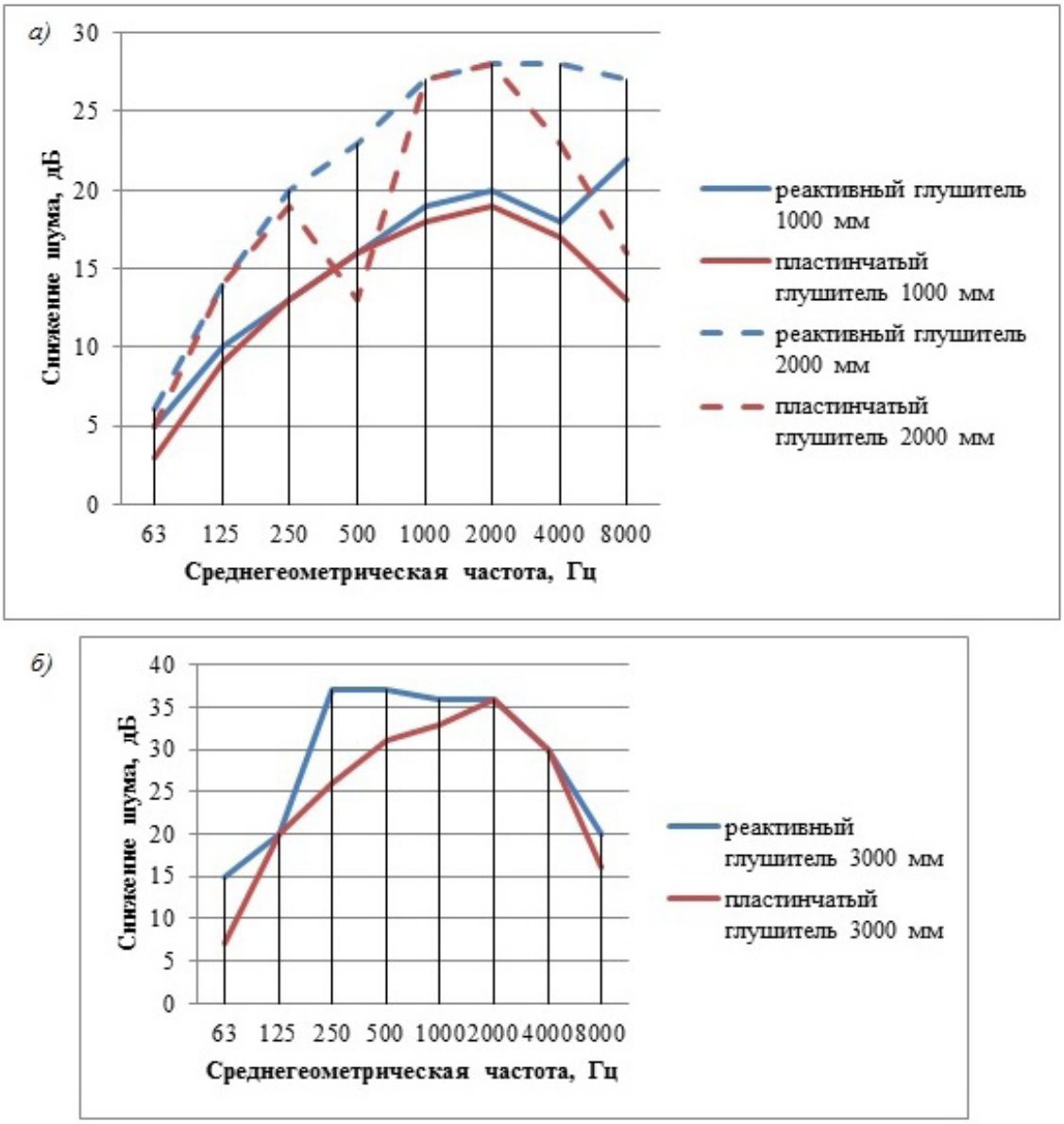


Рисунок 2 – Возможности глушителей вентиляционного шума: а – глушители длиной1000 и 2000 мм; б – глушители длиной 3000 мм

Акустические характеристики разработанных устройств свидетельствуют, что реактивный глушитель с изогнутыми перегородками обеспечивает эффективное снижение шума вытяжных вентиляционных систем.

Вывод. Установлены параметры схемы реактивного глушителя с изогнутыми перегородками, позволяющие с приемлемым аэродинамическим сопротивлением получать эффективное снижение шума по всему нормируемому диапазону частот.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ГОСТ 31328-2006 (ИСО 14163:1998) Шум. Руководство по снижению шума глушителями, М.: Стандартинформ, 2008, 42 с.

2. Гусев В.П. Опыт борьбы с шумом оборудования инженерных систем // Academia. Архитектура и строительство, 2009, вып. 5, С. 184–192.

3. Рогова Т.Н. Конструирование устройств местной вытяжной вентиляции // Проблемы безопасности российского общества, 2017, № 1, С. 16–19.

4. Glav R. Study of folded resonator including the effects of higher order modes / R. Glav, P.L. Regaund, M. Abom // Journal of Sound and Vibration, 2004, Vol. 273, № 4–5, P. 777–792.

5. Kar T. Generalized analysis of a muffler with any number of interacting ducts / T. Kar, M.I. Munjal // Journal of Sound and Vibration, 2005, Vol. 285, № 3, P. 585–596.

6. Gerges S.N.Y. Muffler modeling by transfer matrix method and experimental verification / S.N.Y. Gerges, R. Jordan, F.A. Thieme, J.L. Bento Coelho // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 2005, Vol. 27, № 2, P. 132–140.

7. Ji Z.L. Acoustic attenuation performance analysis of multi-chamber reactive silencers // Journal of Sound and Vibration, Vol. 283, № 1–2, P. 439–446, 2005.

8. Агафонова А.А. Исследование акустической эффективности глушителей / А.А. Агафонова, С.Г. Миронов, В.В. Тупов // Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2015, № 9, С. 75–82.

9. Николаева В.А. Исследование эффективности реактивных элементов глушителей шума / В.А. Николаева, А.И. Быков, С.Г. Смирнов / Акустика среды обитания-2016: сб. тр. Первой Всерос. конф. молодых учен. и специалистов (Москва, 13 мая, 2016), М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016, С. 127–134.

10. Комкин А.И. Интегральные показатели акустической эффективности диссипативных глушителей шума / А.И. Комкин, Л.С. Карнаухова Л.С. / Акустика среды обитания-2016: сб. тр. Первой Всерос. конф. молодых учен. и специалистов (Москва, 13 мая, 2016), М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016, С. 80–87.

11. Гусев В.П. Глушители шума систем вентиляции и их акустические характеристики / В.П. Гусев, М.Ю. Лешко // АВОК, 2002, № 4, С. 46–50.

12. Теребнев А.В. Совершенствование шумоглушителей сбросов газа высокого давления / А.В. Теребнев, О.Н. Емельянов, Л.Р. Яблоник // Вести газовой науки, 2017, № 5, С. 100–105.

13. Груданов В.Я. Моделирование и оптимизация гидравлических и акустических характеристик глушителей шума поршневых двигателей / В.Я. Груданов, Л.Т. Ткачева // Вестник Белорусско-Российского университета, 2017, № 4, С. 17–28.

14. Плицына О.В. Защитная щелевая конструкция в газоводах / О.В. Плицына, Д.Ю. Глинчиков / Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов: сб. тр. IV Междунар. эколог. конгр. (Тольятти-Самара, 18-22 сент., 2013), Тольятти: ТГУ, 2013, Т.6, С.218–221.

15. Комкин А.И. Особенности конечно-элементного моделирования глушителей шума / А.И. Комкин, Л.С. Воробьева // Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2013, № 4, С. 50–59.

16. Аграфонова А.А. Расчет трехкамерного глушителя шума / А.А. Аграфонова, А.И. Комкин / Акустика среды обитания-2016: сб. тр. Первой Всерос. конф. молодых учен. и специалистов (Москва, 13 мая, 2016), М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016, С.14–23.

17. Плицына О.В. Улучшение аэродинамической характеристики щелевых глушителей / О.В. Плицына, Д.Ю. Глинчиков / Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов: сб. тр. VI Междунар. эколог. конгр. (Самара-Тольятти, 20-24 сент., 2017), Самара: Самарский научный центр, 2017, Т. 6, С. 144–147.

18. Гусев В.П. К вопросу об аэроакустических испытаниях вентоборудования / В.П. Гусев, М.Ю. Лешко // АВОК, 2002, № 2, С. 75–76.

19. Гусев В.П. Пластинчатые глушители шума вентиляционных установок. Акустические и аэродинамические характеристики / В.П. Гусев, М.Ю. Лешко // АВОК, 2006, № 8, С. 34–40.

20. Защита от шума. Свод правил. СП 51.13330.2011 (Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003), М.: Проспект, 2017, 64 с.

Статья поступила в редакцию 02.07.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 699.8

ПАСПОРТИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ЖИЛИЩНОГО ФОНДА, КАК СРЕДСТВО ОБОСНОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

© 2019

Рыбаков Анатолий Валерьевич, доктор технических наук, доцент, начальник лаборатории Информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС
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, адъюнкт
Академия гражданской защиты МЧС России
(141435, Россия, Московская обл., г. Химки, мкр. Новогорск, e-mail: linia-zhizni@yandex.ru)
Кочелаев Алексей Анатольлевич, кандидат технических наук, адъюнкт
Академия гражданской защиты МЧС России
(141435, Россия, Московская обл., г. Химки, мкр. Новогорск, e-mail: alexej911@mail.ru)
Глотов Евгений Николаевич, кандидат химических наук,
доцент, научный сотрудник Института специальной подготовки
Академия гражданской защиты МЧС России
(141435, Россия, Московская обл., г. Химки, мкр.Новогорск, e-mail: agz.u.s@yandex.ru)

Аннотация. В работе представлен подход к разработке паспорта защищенности объектов жилого фонда на основе комплексного показателя, характеризующего защищенность объектов жилого фонда от воздействия поражающих факторов ЧС. В основу подхода положено применение показателя, позволяющего учесть параметры поражающих факторов, оказывающих воздействие на объект и риск их проявления, характеристики собственно объекта защиты, возможности восстановительных систем. Изложены основные принципы для разработки паспорта защищенности.

Ключевые слова. Показатель защищенности, паспорт защищенности, поражающие факторы, объекты жилого фонда, устойчивое развитие.

CERTIFICATION OF OBJECTS OF THE HOUSING STOCK AS A MEANS OF JUSTIFICATION OF MEASURES TO REDUCE THE CONSEQUENCES OF EMERGENCY SITUATIONS

© 2019

Rybakov Anatolii Valerevich, Doctor of technical Sciences, associate Professor,
Head of laboratory information support of the population and technologies of information support
Civil Defense Academy of EMERCOM of Russia
(141435, Russia, Moscow region, Khimki, md. Novogorsk, e-mail: anatol_rubakov@mail.ru)
Ivanov Evgenii Viacheslavovich, candidate of technical Sciences, adjunct
Civil Defense Academy of EMERCOM of Russia
(141435, Russia, Moscow region, Khimki, md. Novogorsk, e-mail: linia-zhizni@yandex.ru)
Kochelaev Aleksei Anatollevich, candidate of technical Sciences, adjunct
Civil Defense Academy of EMERCOM of Russia
(141435, Russia, Moscow region, Khimki, md. Novogorsk, e-mail: alexej911@mail.ru)
Glotov Evgenii Nikolaevich, candidate of chemical Sciences, associate Professor,
researcher at the Institute of special training
Civil Defense Academy of EMERCOM of Russia
(141435, Russia, Moscow region, Khimki, md. Novogorsk, e-mail: agz.u.s@yandex.ru)

Abstract. The paper presents an approach to the development of the passport of protection of housing on the basis of a comprehensive indicator characterizing the protection of housing from the impact of damaging factors of emergencies. The approach is based on the use of an indicator that allows to take into account the parameters of the damaging factors affecting the object and the risk of their manifestation, the characteristics of the object of protection, the possibility of recovery systems. The basic principles for the development of the passport security.

Keywords. indicator of security, passport security, affecting factors, residential real estate, sustainable development.

Введение. Статистические данные свидетельствуют о том, что на территории Российской Федерации за год в среднем происходит до 230-250 событий чрезвычайного характера, связанных с опасными природными процессами, и до 900-950 чрезвычайных ситуаций, связанных с производственной деятельностью. Рост производственных аварий и катастроф, стихийных бедствий последних лет создает чрезвычайные ситуации (далее – ЧС) с тяжелыми последствиями для жизни людей и усугубляет экологическую обстановку [1].

При этом, происходящая в настоящее время активная урбанизация, характерная для всех стран, приводит к росту городского населения и, как следствие, повышению его уязвимости к бедствиям из-за некачественного планирования территории, заселения прибрежных территорий, и территорий, подверженных затоплению, оползням, селям и

другим опасностям.

В соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации (от 29.12.2004 № 190-ФЗ) устойчивое развитие территорий – обеспечение при осуществлении градостроительной деятельности безопасности и благоприятных условий жизнедеятельности человека, ограничение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и обеспечение охраны и рационального использования природных ресурсов в интересах настоящего и будущего поколений [2].

Вопросам повышения устойчивости городов в настоящее время уделяется значительное внимание, в качестве примеров можно отметить ряд программ, в том числе и международных, таких как «Обеспечение устойчивости городов – мой город готовится», «Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий на 2015-2030 годы» [3;4].

Однако сформированных требований по достижению безопасного состояния жилых объектов в настоящий момент не существует. Одним из наиболее интересным, на наш взгляд, подходом может являться паспортизация объектов инфраструктуры города, как путь повышения безопасности жизнедеятельности человека.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых рассматривались аспекты этой проблемы и на которых обосновывается автор; выделение неразрешенных раньше частей общей проблемы. В качестве наименьшей структурной единицы городской территории предлагается рассматривать объект жилого фонда. Данное предложение обусловлено тем, что ЧС связанные с объектами жилого фонда сопряжены, как правило, с наибольшим человеческими жертвами и материальным ущербом. О правильности данного выбора говорит и тот факт, что объекты жилого фонда в настоящее время рассматриваются качестве объектов при реализации мероприятий антитеррористической защищенности [5].

Под объектом жилищного фонда понимаются здания, предназначенные для проживания. Совокупность всех жилых помещений, находящихся на территории городского округа будет составлять жилищный фонд [6].

Разработка перечня мероприятий по гражданской обороне и мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на объектах капитального строительства, к которым относятся также и объекты жилого фонда, осуществляется при разработке подраздела «Перечень мероприятий по гражданской обороне, мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» в составе проектной документации [7].

К сожалению, разрабатываемый в соответствии с [7] раздел по большей части относится к объектам капитального строительства, которые сами являются потенциальными источниками ЧС. К объектам жилого фонда он может быть применен лишь частично, так как помимо поражающих факторов ЧС, риска их возникновения необходимо рассматривать совокупность свойств самого объекта жилого фонда, инфраструктуры, мест дислокации и характеристик аварийных (аварийно-спасательных) служб и т.п. факторов.

Формирование целей статьи (постановка задания). Проведенный анализ нормативно-правовой базы показал, что для объектов жилищного фонда в настоящее время разрабатываются:

- проектная документация;
- паспорт безопасности;
- эксплуатационный (эксплуатационно-технический) паспорт;
- энергетический паспорт;
- технический паспорт объекта и т.п. документы.

Данные документы зачастую никак не связанны, дублируют, либо противоречат друг другу. Все это приводит к разобщенности действий функциональных подсистем РСЧС при осуществлении деятельности по предупреждению и ликвидации ЧС, связанных с объектами жилищного фонда.

С целью решения задачи унификации разрабатываемых документов может быть осуществлено создание паспорта защищенности объекта жилого фонда, где были бы отражены основные сведения о параметрах влияющих на защищенность населения от ЧС.

Пример общей структуры паспорта защищенности представлена на рисунке 1.

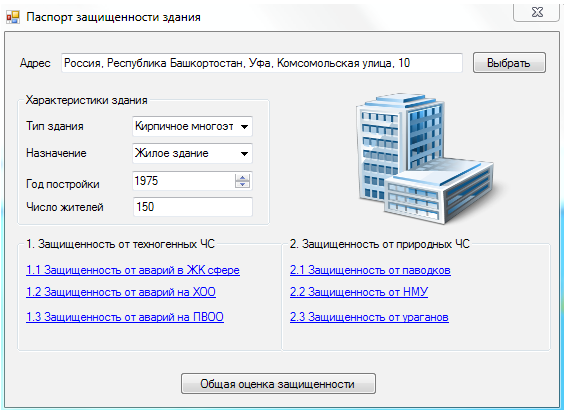


Рисунок 1 – Общая структура паспорта защищенности объекта

Основу паспорта составляет показатель защищенности объекта, т.е. это такое свойство объекта городской застройки, которое позволяет оценить на сколько безопасны и благоприятны условия жизнедеятельности человека.

Показатель защищенности является комплексным и состоит из частных показателей, входящих в него.

$$k_z = \alpha_1 k_1 + \alpha_2 k_2, \quad (1)$$

где α_1 – риск возникновения техногенных ЧС,

α_2 – риск возникновения природных ЧС,

k_1 – значения показателя защищенности от техногенных ЧС,

k_2 – значения показателя защищенности от природных ЧС.

$$k_1 = \alpha_{11} k_{11} + \alpha_{12} k_{12} + \ldots + \alpha_{1n} k_{1n}, \quad (2)$$

где α_{1n} – риск возникновения n-ой техногенной ЧС,

k_{1n} – значения показателя защищенности от n-ой техногенной ЧС.

$$k_2 = \alpha_{21} k_{21} + \alpha_{22} k_{22} + \ldots + \alpha_{2m} k_{2m}, \quad (3)$$

где α_{2m} – риск возникновения m-ой природной ЧС,

k_{2m} – значения показателя защищенности от m-ой природной ЧС.

Исходными данными для проведения расчета являются:

1. Тип ЧС для которой осуществляется расчет (авария на химически опасном объекте, авария на объектах теплоснабжения и т.п.);

2. Риск возникновения ЧС для которой осуществляется расчет с определенными значениями поражающих факторов;

3. Сведения о состоянии структурных элементов объектов жилого строительства (инженерные коммуникации, несущие конструкции и т.п.).

Вопросу оценки риска ЧС в настоящее время посвящено множество нормативно-утвержденных методик [8-10].

Подход, описывающий порядок взаимосвязи влияния собственных характеристик объекта воздействия, параметров поражающих факторов ЧС, через показатель защищенности был описан для ряда ЧС в [11-13].

В данных работах предлагается рассматривать показатель защищенности как функцию от собственных характеристик объекта воздействия и значений поражающих факторов рассматриваемых ЧС.

$$k_{i,j} = f(P, \psi), \quad (4)$$

где P – значения поражающего фактора ЧС,

Ψ – значения собственных характеристик объекта.

В основе предлагаемого подхода лежит принцип сравнения прогнозируемого в результате потенциальной ЧС состояния объекта, с состоянием, когда объект устойчиво функционирует. С точки зрения объектов жилого фонда устойчивым функционированием является состояние объекта жилого фонда, обеспечивающего безопасность и благоприятные условия жизнедеятельности человека.

Изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов. Схематичное представление подхода к определению комплексного показателя защищенности представлено на рисунке 2.

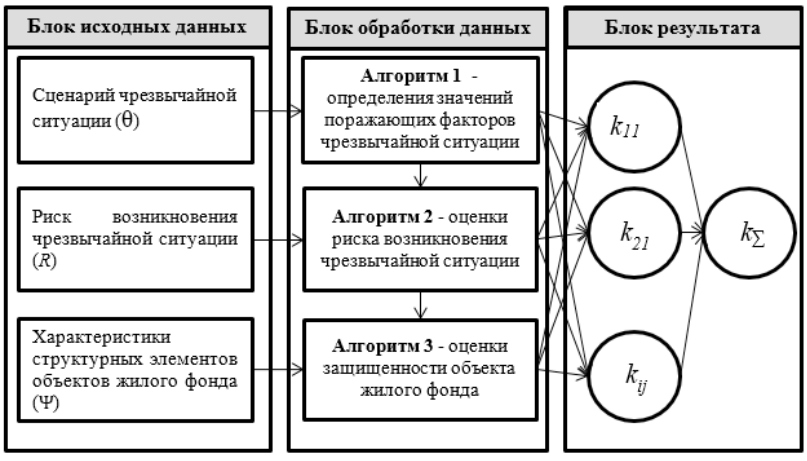


Рисунок 2 – Структурно-функциональная схема определения значений обобщенного показателя защищенности

В качестве алгоритмов, применяемых для обработки исходных данных, используются существующие наставления и методики. Опираясь на известные методики, можно сформировать перечень основных исходных данных, необходимых для проведения расчетов.

Так для ЧС, связанных с авариями на химически опасных объектах [12] необходимы следующие исходные данные:

– для алгоритма 1 – тип веществ, используемых

на объекте; масса, концентрация, доза воздействия опасного вещества [9].

– для алгоритма 2 – тип веществ, используемых на объекте; степень разрушения объекта (количество вещества, выбрасываемого в окружающую среду в ходе аварии); метеорологическая обстановка на момент аварии; характеристик рельефа и подстилающей поверхности [14,15].

– для алгоритма 3 – тип объекта жилого фонда; удаленность объекта от источника аварии; характеристики конструкций оконных и балконных [12].

В качестве примера расчета рассмотрим железнодорожную аварию (цистерна для хлора, модели 15-1556) со следующими характеристиками:

Опасное вещество – хлор;

Количество – 50 тонн;

Время экспозиции 600 секунд;

Удаленность от объекта жилого фонда – 1 000 метров;

Метеоусловия – день, температура воздуха и почвы 20^0C;

Тип подстилающей поверхности – бетон, щебень;

Застройка – городская;

Объект жилого фонда – пятиэтажный дом проекта II-03 (материал рам пластик).

По результатам расчета в программе «Toxi» [16] была найдена величина дозы на удалении 1000 метров: D=1,1 кг·с/м^3 (превышает смертельную равную 0,36), и концентрация на указанном расстоянии (на оси следа): C=0,0077 кг/м^3 (7,7 мг/л).

Как было показано в работе [12], наибольшей опасности будут подвергаться жители нижних этажей, в связи с большим объемом инфильтрируемого воздуха, поэтом расчет будем вести по наиболее опасному варианту (однокомнатная квартира на первом этаже).

Расход инфильтрируемого воздуха будет рассчитаем по формуле, приведенной в [17].

$$G = \frac{0{,}216A\Delta p^{0{,}67}}{R} = \frac{0{,}216 \cdot (1{,}2 \cdot 1{,}7) \cdot 30^{0{,}67}}{0{,}5} = 8{,}6\frac{\text{кг}}{\text{ч}} = 0{,}11\ \text{м}^3/\text{мин}, \quad (5)$$

где A - площадь световых проемов (окон, балконных дверей), (м^2) ,

-Δp расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях окна на расчетном этаже, (Па),

R - коэффициент сопротивления воздухопроницанию, $(\text{м}^2\text{чПа/кг})$.

Учитывая, что время экспозиции равно 600 секундам, а объем свободного пространства 75,6 м^3 получим

$$C_в = \frac{CG}{V_{k_1}} = \frac{7{,}7 \cdot 0{,}11}{75{,}6} = 0{,}011\frac{\text{мг}}{\text{л}} = 0{,}000011\ ^{\text{кг}}/_{\text{м}^3}, \quad (6)$$

где V_{k_1} – свободный объем однокомнатной квартиры, (м^3).

$$D_в = C_в t = 0{,}000011 \cdot 600 = 0{,}0066\ \text{кг} \cdot \text{с/м}^3 \quad (7)$$

где t – время экспозиции, (с).

Таким образом, значения показателя защищенности составят:

$$k = D/D_в = 1{,}1 \cdot 0{,}0066 = 167, \quad (8)$$

Результаты расчетов позволяют говорить о том, что рассматриваемый объект жилого фонда с рассчитанным показателем защищенности позволяет обеспечить защиту укрываемого в нем населения при исходном сценарии ЧС.

Соответственно для каждого вида ЧС должен быть проработан аналогичный механизм обработки входных данных, которые будут влиять на значения частных показателей защищенности по видам ЧС и комплексный показатель защищенности в целом.

В настоящее время аналогичный подход реализован при разработке «Интерактивной информационной системы моделирования последствий чрезвычайных ситуаций» и аналогичных программных продуктах [18-20], где сведения о потенциальных источниках опасности, сведения о объектах жилого фонда и т.п. информация закладывается в базы данных и используется по мере выбора сценария ЧС, моделирование последствий воздействия которой осуществляется. В данной программе также реализован подход «подгружения» части информации из внешних баз данных, что также может быть реализовано в рамках работы над паспортом.

Одной из перспектив, при создании паспорта защищенности, может стать его цифровизация, проведение которой можно считать реализацией национального проекта «Цифровая экономика».

Таким образом, при разработке требований к паспорту защищенности и в ходе его создания необходимо руководствоваться следующими принципами:

– комплексность, при проведении оценки потенциальных угроз и опасностей, а также собственных свойств объекта;

– доступность, для заинтересованных ведомств и жителей, при условии соблюдения требований к защите информации;

– цифровой формат, с интеграцией в АПК «Безопасный город» и «Умный город».

Выводы. В работе обосновывается необходимость разработки паспортов защищенности объектов жилого фонда, как одного из путей смягчения последствий ЧС. Показан подход к разработке паспорта на основе комплексного показателя, характеризующего защищенность объектов жилого фонда от воздействия поражающих факторов ЧС. Изложены основные принципы для разработки паспорта защищенности, а также пути его применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Защита в чрезвычайных ситуациях / издание 2-е, переработанное. МЧС России. М.: АГЗ МЧС России, 2018. – 400 с.

2. Градостроительный кодекс Российской Федерации. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/901919338 (дата обращения: 03.07.2019).

3. Сендайская рамочная программ по снижению риска бедствий на 2015-2030 годы. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.mchs.gov.ru/activities/international/Sendajskaya_ramochnaya_programm (дата обращения: 03.07.2019).

4. Олтян И.Ю., Арефьева Е.В., Крапухин В.В., Ляховец Т.Л. О реализации в Российской Федерации Сендайской рамочной программы и глобальной кампании МСУОБ ООН по повышению устойчивости городов «Мой город готовится!» // Технологии гражданской безопасности. – 2017. – №2 (52). – С.32–38.

5. Бардинов М. В начале был проект // Безопасность зданий и сооружений. – 2019. – №1. – С. 134–139.

6. ГОСТ Р 58033-2017 Здания и сооружения. Словарь. Часть 1. Общие термины. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/556380967 (дата обращения: 03.07.2019).

7. ГОСТ Р 55201-2012 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Порядок разработки перечня мероприятий по гражданской обороне, мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера при проектировании объектов капитального строительства. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200097854 (дата обращения: 03.07.2019).

8. ГОСТ Р 22.2.02-2015 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Оценка риска чрезвычайной ситуации при разработке проектной документации объектов капитального строительства. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200124969 (дата обращения: 03.07.2019).

9. Методика комплексной оценки индивидуального риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://sra-russia.ru/e_docs/prirodnye-chs/metodika-kompleksnoy-otsenki-individualnogo-riska-chrezvychaynykh-situatsiy-prirodnogo-i-tekhnogenno (дата обращения: 03.07.2019).

10. ГОСТ Р 51901.1-2002 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200030153 (дата обращения: 03.07.2019).

11. 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 – С. 344–352.

12. Рыбаков А.В., Кочелаев А.А., Иванов Е.В. О показателе защищенности населения в жилых зданиях при химическом заражении территории // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2018. – №1 – С.24–30.

13. Геккель И.Я., Рыбаков А.В., Окунцов И.И., Глушаченков А.А. Общая постановка задачи оценки показателя защищенности населения при чрезвычайных ситуациях связанных с аварийным отключением теплоснабжения жилых зданий // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2019. – №1. – С. 86–94.

14. Методические рекомендации по ликвидации последствий химических аварий. В.А. Владимиров, А.Г. Лукъянченков, А.И. Ткачев, К.Н. Павлов, В.А. Пучков, Р.ф. Садиков, под общей редакцией В.А. Владимирова. М. ВНИИ ГОЧС. – 2005. – 157 с.

15. Гладких В.В., Мурадов М.М., Колосова Н.А., Касаткин И.К., Сластилова Л.М. Нормативно-правовые и научно-производственные аспекты состояния и перспектив развития системы антидотной терапии в Российской Федерации // Вестник войск РХБ защиты. – 2018. – №4 (Т.2). – С.10–19.

16. Приказ РТН №158 от 20.04. 2012 г. Об утверждении Руководства по безопасности «Методика моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ». [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/420271040 (дата обращения: 03.07.2019).

17. Рекомендации по расчету инфильтрации наружного воздуха в одноэтажные производственные здания. – М., 1993.

18. Качанов С.А., Нехорошев С.Н., Попов А.П., Информатизационные технологии поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях [монография], МЧС России, ВНИИГОЧС. Москва: Деловой экспресс, 2011. – 400 с.

19. Рыбаков А.В., Иванов Е.В., Седов Д.С., Иванова Л.Е. О построении технологии обеспечения устойчивости территории городов к поражающим факторам техногенного характера // Комплексные проблемы техносферной безопасности. Актуальные вопросы безопасности при формировании культуры безопасности жизни: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., посвященной Году культуры безопасности. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2018. Ч. 1. – С.50–57.

20. Измалков В.А. Современные тенденции развития программного и других видов обеспечения АИУС РСЧС // Технологии гражданской безопасности. 2018. Т. 15. № 4. – С.48–51.

Статья поступила в редакцию 15.07.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 331.453

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

© 2019

Легкий Николай Михайлович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой
МИРЭА – Российский технологический университет
(109129, Россия, г. Москва, ул. Малышева, 3, e-mail: legki@mirea.ru)

Аннотация. В статье рассматривается возможности обеспечение безопасности труда при воздействии электромагнитных полей радиочастотного диапазона экранированием. Приведена классификация экранирующих материалов. Исследуются защитные поглощающие экраны, изготовленные из металла и с углеродным наполнителем. Сравниваются их характеристики на определенной частоте сантиметрового диапазона, полученные расчетным путем, моделированием и экспериментальным путем. Приведены расчетные формулы, результаты компьютерного моделирования и эксперимента металлического экрана и экрана с наполнителем в виде технического углерода. Результаты представлены на графиках. Показано, что защитные поглощающие экраны с наполнителем в виде технического углерода имеют меньший коэффициент отражения, но существенно не влияют на функцию экранирования при внешнем источнике электромагнитного излучения по сравнению с классическими экранами из металла, но имеют более высокую цену. Поглощающий экран с техническим углеродом более эффективен, чем классический из металла, в случае, если работник и излучающая аппаратура находятся внутри экранированного помещения. Анализ и сравнение поглощающих характеристик проводилось с использованием метода ЭПР – исследование эффективной площади рассеивания экрана.

Ключевые слова. Безопасность труда, электромагнитные волны, экранирование, моделирование, эксперимент, эффективная площадь рассеяния.

ENSURING SAFETY AT EXPOSURE TO RADIO FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS

© 2019

Ligki Nikolay Mihaylovich, Doctor of Technical Sciences, Chif of the department
MIREA – Russian Technological University
(109129, Russia, Moscow, Malyshev St., 3, e-mail: legki@mirea.ru)

Abstract. The article discusses the possibilities of ensuring occupational safety when exposed to electromagnetic fields of the radio frequency range by shielding. The classification of shielding materials is given. Protective absorbing screens made of metal and carbon filler are being investigated. Their characteristics at a certain frequency of the centimeter range, obtained by calculation, simulation and experimentally, are compared. The calculation formulas, the results of computer simulation and experiment of a metal screen and a screen with a carbon black filler are given. The results are presented in graphs. It is shown that protective absorbing screens with a filler in the form of carbon black have a lower reflectivity, but do not significantly affect the shielding function with an external source of electromagnetic radiation compared to classic metal screens, but have a higher price. The carbon black absorption screen is more efficient than the classic metal one in case the worker and the radiating equipment are inside the shielded room. The analysis and comparison of the absorbing characteristics was carried out using the ESR method - the study of the effective area of screen dispersion.

Keywords: Labor safety, electromagnetic waves, microwave, shielding, simulation, experiment, EPR.

Введение. При работе с радиоизлучающим оборудованием, а так же с устройствами, формирующими мощные электромагнитные поля (ЭМП), например, индукционные печи или силовые преобразователи, возникает необходимость защиты работников от этих полей.

В настоящее время не существует однозначного мнения, которое объясняло бы биологическое действие электромагнитного поля на организм человека. Большинство авторов статей по этому вопросу отмечают, прежде всего, тепловой эффект воздействия ЭМП радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ), который при определенных условиях способен вызвать как общий перегрев тела, так и локальные перегревы с нарушением функций отдельный органов и тканей. В результате такого влияния происходят изменения в организме человека, его органах и даже в клетках, которые выражаются в поражение нервных окончаний, сердечно-сосудистых заболеваниях, появляется повышенная утомляемость и дискомфорт, головная боль, ухудшается память.

Цель работы – экспериментальное исследование и сравнение двух типов защитных экранов: классических металлических и наполненных порошковым техническим углеродом. Результаты эксперимента сравниваются с результатами расчетов и моделирования.

Исследования, анализ и сравнение характеристик проводилось с использованием метода ЭПР – исследование эффективной площади рассеивания экрана.

Методы и средства защиты от электромагнитных полей и излучений. Электро-

магнитные экраны могут быть двух типов: отражающие (переотражающие) и поглощающие.

Одним из самых эффективных методов защиты от ЭМП РЧ является экранирование.

Некоторые требования относительно экранирования электромагнитных полей содержится в санитарных нормах [1] и стандартах [2-4].

Исследованию защиты работающих от электромагнитных полей радиочастотного диапазона посвящено немало работ, например [5-15]. Классификация материалов для экранирования приведена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Классификация экранирующих материалов [5]

Расчетные методы защиты от ЭМП РЧ

В общем случае, коэффициент экранирования (ослабления) ЭМП РЧ можно определить как [16]

$$A_E=20\lg(E_o/E_A),$$

$$A_H=20\lg(H_o/H_A),$$

где A_E - коэффициент экранирования (ослабления) по электрической составляющей электромагнитного поля, дБ;

A_H - коэффициент экранирования (ослабления) по магнитной составляющей электромагнитного поля, дБ;

E_0 - напряжённость электрической составляющей электромагнитного поля в точке измерения в отсутствии экрана, В/м;

E_A - напряжённость электрической составляющей электромагнитного поля в точке измерения при наличии экрана, В/м,

H_0 - напряжённость магнитной составляющей электромагнитного поля в точке измерения в отсутствии экрана, А/м;

H_A - напряжённость электрической составляющей электромагнитного поля в точке измерения при наличии экрана, А/м.

Ослабление электромагнитной волны Ке в экране опрелеляется как:

$$K_e=\frac{(n+1)+\chi^z}{4n}\exp\left(\frac{z\cdot\chi\cdot\omega\cdot x}{c}\right),,$$

где n - коэффициент преломления материала

χ - коэффициент экстинкции материала, который определяет скорость затухания волны

ω - круговая частота излучения ($\omega=2\pi f$)

x - толщина образца.

В случае нормально падающей волны коэффициент отражения Кв экрана определяется как

$$Kв=\frac{(n-1)^2+\chi^z}{(n+1)^2+\chi^z},$$

где n - коэффициент преломления экранирующего материала;

χ - коэффициент экстинкции материала, который определяет скорость затухания волны.

Величина коэффициенту экстинкции χ и величина коэффициенту преломления материала n определяется из соотношений:

$$\chi=\sqrt{\frac{\varepsilon'-\sqrt{\varepsilon'^2+\varepsilon''^2}}{2}},$$

$$n=\sqrt{\frac{\varepsilon'+\sqrt{\varepsilon'^2+\varepsilon''^2}}{2}},$$

где ε’ - действительная часть комплексной диэлектрической проницаемости экрана;

ε›› - мнимая часть комплексной диэлектрической проницаемости.

$$\omega=\varepsilon+i(4\sigma/\omega)$$

где σ - электропроводимость материала,

ω - круговая частота излучения.

Экспериментальные исследования экранов в диапазоне СВЧ

Проведем исследования электромагнитных отражательных экранов методом ЭПР. ЭПР – эффективная площадь рассеивания, которая является количественной мерой свойства экрана отражать электромагнитную волну. Конструктивно экран представляет из себя прямоугольный параллелепипед с квадратной полостью со стороной с=156 мм и глубиной h=4мм, в который в ходе измерений будут помещаться образцы исследуемых материалов. Частота, на которой будем проводить исследования, равна 4 ГГц.

На рисунке 2 показаны результаты моделирования ЭПР в программе CST в распределении Дб·Вт/м^2. Данный график показывает распределение отраженных и поглощенных составляющих спектра в различных направлениях. Из графика видно, что основное отражение идет в направлении источника.

На рисунке 3 показана экспериментальная характеристика ЭПР. Из рисунка видно, что отраженные сигналы и при моделировании и при эксперименте практически одинаковые.

На рисунке 4 показаны экспериментальных исследований экрана из технического углерода. На графике видно, что часть электромагнитного излучения при той же мощности частично поглощается техническим углеродом.

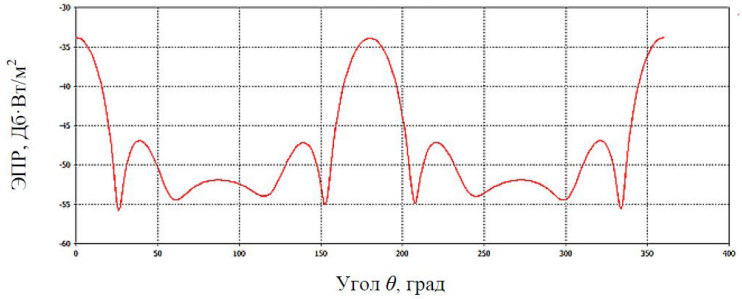


Рисунок 2 – Распределение ЭПР по результатам моделирования

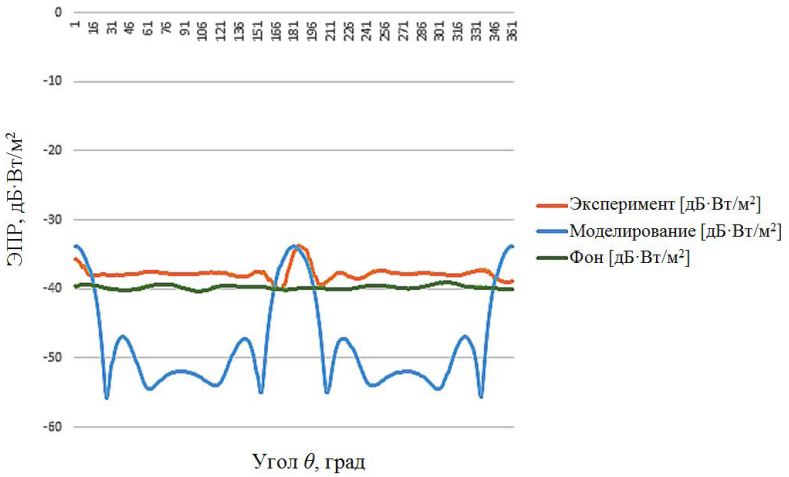


Рисунок 3 – Сравнение экспериментальных результатов с моделированием

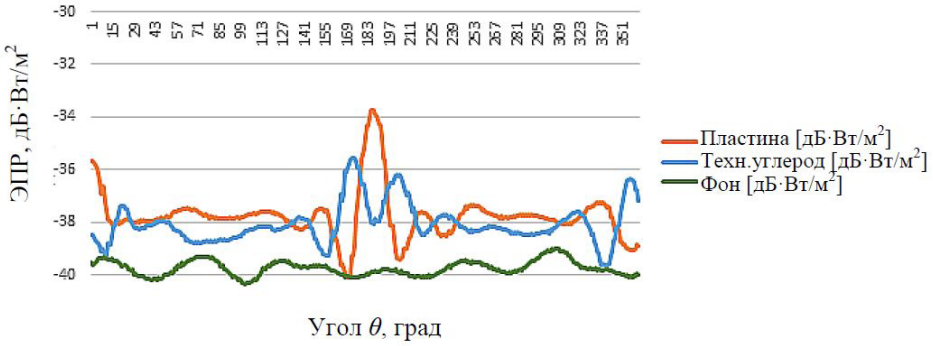


Рисунок 4 – Сравнение экспериментальных характеристик двух пластин

Выводы. Использование металлических экранов является наиболее эффективным способом экранирования, в первую очередь при настройке и испытании радиоэлектронных высокочастотных систем, например антенн [17-19]. Использование более дорогостоящих экранов, например из технического углерода с металлической подложкой существенно не влияет на качество экранирования, а только уменьшает отраженный сигнал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

2. ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

3. ГОСТ 12.4.305-2016 Система стандартов безопасности труда. Комплект экранирующий для защиты персонала от электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Общие технические требования

4. ГОСТ 12.4.306-2016 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Комплект экранирующий для защиты персонала от электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Методы испытаний.

5. Абасов Р.К. Применение углеродных материалов в экранировании электромагнитных полей / Политехнический молодежный журнал. 2016. № 5. С.1–9.

6. Панова Е.В. Защита работающих от влияния электромагнитных полей экранированием: дис.на соиск. степени к.т.н. / Киев: Национальный авиационный университет. 2014. 151 с.

7. Рубцова Н.Б., Перов С.Ю., Богачева Е.В. Оценка эффективности средств индивидуальной защиты от электромагнитных полей радиочастотного диапазона в лабораторных условиях / В сборнике: Актуальные проблемы медицины труда Сборник трудов института. Саратов, 2018. С. 434–440.

8. Легкий Н.М. Автоматизированная система контроля качества и диагностики неисправностей радиоэлектронной аппаратуры в процессе производства: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / М.: МИРЭА, 2004, 130 с.

9. Григорьев О.А., Меркулов А.В. Экспериментальная оценка свойств нетрадиционных средств защиты от ЭМП / В сборнике: Электромагнитные поля и здоровье человека Материалы 2-й международной конференции «Проблемы электромагнитной безопасности человека. Фундаментальные и прикладные исследования. Нормирование ЭМП: философия, критерии и гармонизация». 1999. С. 160.

10. Сбитнева А.А., Поляничко К.С. Влияние электромагнитного поля на человека / В сборнике: Инновационное развитие современной науки: проблемы, закономерности, перспективы сборник статей VII Международной научно-практической конференции: в 2 ч.. 2018. С. 17–19.

11. Иваница М.Г., Тестов И.О. Исследование эффективности применения магнитных наполнителей для создания гибких электромагнитных экранов / В сборнике: Неделя науки СПбПУ материалы научной конференции с международным участием. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. 2018. С. 21–24.

12. Бочев А.С. Безопасность жизнедеятельности при воздействии электромагнитных полей на живые организмы (электромагнитные поля и защита от них) / Бочев А.С., Воробьев Е.Б., Гарин В.М., Клименко Л.Н., Криворудченко В.Ф., Переверзев И.Г., Сапрыкин В.И. // Ростовский государственный университет путей сообщения. Ростов-на-Дону, 2003.

13. Закирова А.Р Защита электротехнического персонала от вредного воздействия электромагнитных полей / Екатеринбург: УрГУПС, 2018. – 171 с.

14. Рубцова Н.Б., Перов С.Ю., Белая О.В. Оценка эффективности средств индивидуальной защиты от электромагнитных полей радиочастотного диапазона на рабочих местах персонала / В сборнике: Актуальные проблемы медицины труда Сборник трудов института. Саратов, 2018. С. 426–433.

15. Легкий Н.М. Управление охраной труда на предприятии / Естественные и технические науки, 2019, №5, С. 283–284.

16. Кривенцов С.М., Легкий Н.М., Михайлов В.М., Шумилин В.К. Безопасность жизнедеятельности. Обеспечение безопасных условий труда на предприятиях: учебное пособие. – Москва: РТУ МИРЭА. – 2019. 368 с.

17. Легкий Н.М., Сабиров Т.Р. Повышение эффективности качества разработки и производства антенных систем для транспортных приложений // Наука и техника транспорта. 2016. № 2. С. 40–44.

18. Легкий Н.М., Унченко И.В. Формирование диаграммы направленности в фазированных антенных решетках // Российский технологический журнал. 2019. Т. 7. № 2. С. 29–38.

19. Легкий Н.М., Милкина Е.В. Охрана труда на предприятиях. Перспективы автоматизации // Естественные и технические науки, 2019, №3, С. 256–257.

Статья поступила в редакцию 14.06.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 331.45

СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ОТ ПРОНИКНОВЕНИЯ ПАССАЖИРОВ НА ОБЪЕКТЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА И МЕТРОПОЛИТЕНА

© 2019

Седов Анатолий Владимирович, аспирант кафедры «Управление безопасностью в техносфере»
Российский университет транспорта (МИИТ)
(127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9, e-mail: Tol14_1992@mail.ru)
Фомина Надежда Борисовна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Управление безопасностью в техносфере»
Российский университет транспорта (МИИТ)
(127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9, e-mail: Fominanb@yandex.ru)

Аннотация. В настоящее время существует острая потребность обезопасить объекты железнодорожного сообщения и метро от несанкционированного проникновения и вмешательства третьих лиц. Это связано прежде всего с тем, что ежегодно на линиях метрополитена и объектах железных дорог, гибнут сотни человек, по тем или иным причинам, оказавшимся на пути следования подвижного состава. С увеличением скоростей передвижения поездов, развитие которых будет происходить в ближайшем будущем, данная проблема будет только усугубляться. В связи с вышеизложенным, автором принято решение, рассмотреть в данной статье системы защиты от проникновения пассажиров на железнодорожные пути, тоннели и другие объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта и метрополитена.

Ключевые слова: системы защиты, несанкционированное проникновение, объекты инфраструктуры, железнодорожный транспорт, метрополитен.

SYSTEM OF PROTECTION AGAINST THE PASSION OF PASSENGERS ON OBJECTS OF INFRASTRUCTURE OF RAILWAY TRANSPORT AND METRO

© 2019

Sedov Anatoly Vladimirovich, graduate student of the department “Security Management in the Technosphere”
Russian University of Transport (MIIT)
(127994, GSP-4, Moscow, Obraztsova St., 9, bld. 9, e-mail: Tol14_1992@mail.ru)
Fomina Nadezhda Borisovna, gandidate of Technical Sciences, Associate Professor
of the Department “Security Management in the Technosphere”
Russian University of Transport (MIIT)
(127994, GSP-4, Moscow, Obraztsova St., 9, bld. 9, e-mail: Fominanb@yandex.ru)

Abstract. Now there is a sharp need to secure objects of railway communication and the subway against unauthorized penetration and intervention of the third parties. It is connected first of all with the fact that annually on lines of the subway and objects of the railroads, hundreds of people perish for one reason or another appeared along the line the rolling stock. With increase in speeds of movement of trains which development will happen in the near future this problem will only be aggravated. Due to the above, the author has made the decision, to consider in this article of system of protection against penetration of passengers on railway tracks, tunnels and other infrastructure facilities of railway transport and the subway.

Keywords: systems of protection, unauthorized penetration, infrastructure facilities, railway transport, subway.

Введение. Московский метрополитен является на сегодняшний день самым загруженным транспортным узлом России и регулярно входит в десятку самых загруженных транспортных артерий мира. Ежедневно Московский метрополитен обслуживает около 15 млн пассажиров, при этом оставаясь одним из самых безопасных и надёжных средств транспорта. Однако мелкие происшествия происходят в метро практически каждый день, порой просто парализуя целые линии метро. Такими мелкими происшествиями, в основном, являются случаи падения человека на пути.

Анализ последних исследований и публикаций. Для повышения безопасности в метрополитене делают станции закрытого типа, тем самым ограждая платформу с пассажирами от путей электропоезда метрополитена. Современная система управления механизмом ролетного типа с последовательным закрытием / открытием по мере отправления / прибытия подвижного состава должна отвечать высоким требованиям безопасности и надёжности, в особенности в условиях загруженного Московского транспортного узла.

Конечной **целью** разработки установки механизмов ролетного типа с последовательным закрытием / открытием по мере отправления / прибытия подвижного состава является создание полностью автоматизированной системы управления метрополитеном (проект «Автоматическое метро»). «Автоматизированная система управления (АСУ) метрополитеном является комплексом методов и технических средств, которые наиболее четко и полно исполняют функции управления процессом перевозок на основе использования теории управления соци-

ально-экологическими системами, экономико-математических методов, а также электронно-вычислительных машин в сочетании с разнообразной техникой регистрации, диагностики и передачи первичной информации в вычислительный центр» [6,с.24;10,с.5;13,с.168].

Материал и результаты исследования. Функция автоведения, под которой понимается безопасное управление тягой-торможением и дверями поезда, еще 10-15 лет назад вызывала достаточно острые споры среди специалистов о необходимости ее применения. Однако накопленный российский и международный опыт показал, что при относительно небольших затратах на реализацию системы автоведения как в автономном режиме, так и в комплексном варианте обеспечивается экономия энергоресурсов (до 5%). «Кроме этого, имеется возможность применения функции прицельного торможения, которая необходима при использовании на станциях, оборудованных механизмом ролетного типа с последовательным закрытием / открытием по мере отправления / прибытия подвижного состава.

Преимущества использования механизмов ролетного типа с последовательным закрытием / открытием по мере отправления / прибытия подвижного состава:

– легкость и простота установки данного механизма;

– повышенная безопасность: отделение перронной области от железнодорожного пути предоставляет максимальную защиту пассажирам на платформе от подъезжающих и отъезжающих поездов;

– увеличение безопасного пространства на платформах: благодаря установке механизмов ролетного типа с последовательным закрытием / открытием по мере отправления / прибытия подвижного состава, пассажир инстинктивно чувствует себя защищенным от опасных зон рельсового пути и использует платформу по всей ширине;

– дизайн: Системы ролетного типа с последовательным закрытием / открытием по мере отправления / прибытия подвижного состава изменяют восприятие пространства, что влияет на общее настроение пассажиров. Широкий выбор вариантов окраски, материала исполнения, внутреннего освещения станции, коммуникативных средств массовой информации и т.д. дают архитектору большую свободу в проектировании и оформлении интерьера станции.

– увеличение частоты движения поездов: Потоком людей на платформах можно управлять более эффективно. Уменьшается время на вход и выход пассажиров из вагонов, из чего следует сокращение времени отправления поезда. Благодаря механизмам ролетного типа с последовательным закрытием / открытием по мере отправления / прибытия подвижного состава возможно увеличить скорость прибытия/ отправления поездов. Пунктуальность и надежность транспортной системы увеличиваются. Эксплуатация механизмов ролетного типа с последовательным закрытием / открытием по мере отправления / прибытия подвижного состава в комбинации с другими системами (сигнализации, торможения и остальной инфраструктуры) позволяет увеличить количество пар проходящих через станцию поездов. Более короткие интервалы между прибывающими поездами повышают эффективность транспортной системы в целом;

– более высокие показатели экономичности и рентабельности: энергетические издержки на кондиционеры станции могут быть снижены. Дополнительные затраты, вызванные авариями и другими инцидентами, могут быть пресечены с помощью установки механизмов ролетного типа с последовательным закрытием / открытием по мере отправления / прибытия подвижного состава.

– повышенный комфорт: Пассажиры защищены от волн давления воздуха. Кондиционеры могут применяться более эффективно.

– механизмы ролетного типа с последовательным закрытием / открытием по мере отправления / прибытия подвижного состава являются дополнительными информационными площадями.

Немаловажную роль на любом виде транспорта играет безопасность. Механизмы ролетного типа с последовательным закрытием / открытием по мере отправления / прибытия подвижного состава, способствуют значительному повышению безопасности на станциях метро, защищая пассажиров от несчастных случаев, таких как падение на рельсы.

Механизмы ролетного типа с последовательным закрытием / открытием по мере отправления / прибытия подвижного состава, открываются одновременно с дверями вагона, тем самым ограничивая пассажиров от края платформы.

Создание подобной системы необходимо для увеличения пропускной способности Московского метрополитена, не справляющегося с текущей нагрузкой. Каждый день столичной подземкой пользуются более 10 миллионов жителей и гостей города. Установка системы механизмов ролетного типа с последовательным закрытием / открытием по мере отправления / прибытия подвижного состава, позволит увеличить количество пар поездов, и, как следствие, снизит загрузку на станции. Реализация системы управления механизмом ролетного типа с последовательным закрытием / открытием по мере отправления / прибытия подвижного состава, позволила бы в дальнейшем перейти на полную автоматизацию движения поездов, т.е. создать первую в Россию систему «Автоматическое метро» (систему, в которой управление движением осуществляется без машиниста и без сопровождающего персонала) (далее – «Система») [8,с.33].

Для обеспечения безопасности перевозок на железнодорожном транспорте и метрополитене, защиты от террористических актов, а также для предотвращения несчастных случаев необходимо гаранти-

ровать своевременное оповещение служб безопасности об инцидентах, связанных со случайным или умышленным появлением в запрещенных зонах посторонних людей и предметов дополнительно внедрив в систему технологию лазерного сканирования пространства и путь движения поезда.

Падение на рельсы перед приближающимся поездом – это один из наиболее опасных инцидентов, зачастую заканчивающийся трагически. Ежегодно только в столичном метрополитене гибнет больше сотни пассажиров. Одни падают на путь случайно, почувствовав себя плохо, других могут столкнуть с переполненной платформы, третьих – умышленно подвергнуть опасности в момент конфликта. Система, способная определить, что человек попал на путь, и отправить предупреждающий сигнал службам безопасности или машинисту, может спасти не одну жизнь [17,с.99;19,с.28].

Технология лазерного сканирования легко справляется со сложными условиями освещения, имеющимися в туннеле или на станции, а область обнаружения настраивается так, что датчик не срабатывает на проезжающий поезд, но при этом реагирует на появление человека. Наряду с повышением безопасности пассажирских перевозок, подобное решение защищает от террористических актов и актов вандализма. Персонал и сотрудники службы охраны незамедлительно узнают о том, что кто-то проник на пути или что на рельсы был брошен посторонний предмет [9,с.88-96].

Так же с помощью внедрения в систему технологии лазерного сканирования возможно обеспечить контроль перемещения и актов незаконного вмешательства в режимные объекты метрополитена а так же проникновения в закрытые для пассажиров и посторонних лиц места (тоннели, административные и служебные помещения)

К системам безопасности на транспорте традиционно выдвигается целый ряд высоких технических требований:

1. Точное обнаружение посторонних людей и предметов;

2. Стабильная работа в сложных условиях;

3. Отсутствие тревог от проезжающих поездов.

Испытаниям подвергалось множество различных систем. Решение на базе видеокамер не обеспечило требуемой точности – много ложных тревог и пропуски действительно важных событий. Традиционные активные и пассивные датчики не смогли справиться с сильной вибрацией и интенсивными воздушными потоками от железнодорожных составов и поездов метрополитена. Существует ли альтернативное решение?

Это лазерные сканирующие извещатели (RLS), которые способны обнаружить объект при любых условиях освещения, точно определить его размер, местоположение и скорость перемещения. Движение воздуха, вибрация, колебания температуры и влажности для RLS - не проблема. Для исключения ложных тревог область обнаружения может быть настроена так, что извещатель будет контролировать только интересующий участок.

Описание,работа и задачи предлагаемой системы:

Гибкая система настроек позволет также установить размер детектируемых объектов - извещатель будет игнорировать проезжающие поезда и с высочайшей точностью распознавать людей и посторонние предметы. Извещатель может быть привязан к камерам для точного наведения на зону тревоги и отправлять сигнал оператору или системе сигнализации [16,с.162].

Сегодня с целью укрепления позиций железнодорожного транспорта на рынке транспортных услуг западные специалисты создают специализированные высокоскоростные линии, по которым поезда движутся со скоростью 300 км/ч и выше. Западный опыт показывает, что пассажиров можно заинтересовать, только создавая систему конкурентоспособных пассажирских перевозок, предусматривающую уменьшение времени нахождения в пути при обеспечении полной безопасности и комфортности, уменьшение воздействия на окружающую среду и конкурентоспособности стоимости проезда [2,с.74-79].

Введение ускоренного движения пассажирских поездов требует от РЖД повысить безопасность движения, особенно на пересечениях железнодорожных путей с автомобильными дорогами (железнодорожные переезды), тоннелями, станциями посадки и высадки пассажиров [12].

На дорогах ежегодно гибнут люди, теряют здоровье, работоспособность, и эти потери нельзя оправдать никакой экономической выгодой. Многие научные работы посвящены железнодорожным переездам и, как правило, рассматривались они с точки зрения экономики, автоматики и телемеханики.

Бесперебойные и безопасные перевозки является приоритетной задачей в транспортной отрасли. Железнодорожный переезд является местом повышенной опасности, барьерным местом, поэтому в этих местах случаются аварии с высоким уровнем травматизма. Отсюда, главной целью работы является анализ различных подходов к повышению безопасности в местах одноуровневого пересечения автомобильной дороги с железной дорогой и определения наиболее эффективных способов обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте [14,с.160].

Обеспечить полную безопасность движения на переезде, устраивая дополнительные средства безопасности, такие как назначение дежурного на переезде, устройство двух или четырех шлагбаумов или заградительные барьерные установки, невозможно, поскольку вероятность попадания автомобиля на путь остается на уровне 100 % [3,с.86].

Только строительство разноуровневых развязок обеспечивает полную безопасность движе-

ния как автомобильного, так и железнодорожного транспорта. Проведение модернизации железной дороги предусматривает восстановление первичных эксплуатационных параметров железнодорожной инфраструктуры, способствующей улучшению качества и безопасности транспортных услуг. Так основными задачами, которые должны быть выполнены до 2015г., являются замена установок автоматической сигнализации на переездах, устаревшего оборудования и переездного настила [15,с.25].

Одним из факторов, который определяет безопасность движения автотранспорта через переезд, является состояние железнодорожно-автодорожного покрытия. Действующее положение о технических условиях, которым должны соответствовать пересечения железнодорожных линий с дорогами общего пользования и их расположение, к сожалению, не определяет требований и строительных норм, касающихся дорожного покрытия в районе переезда, сосредотачиваясь только на требованиях в области геометрии пути, шлагбаумов, светофоров, освещения и условий видимости.

Настил переездов может быть железобетонной, деревянной и гумокордовой конструкции. Рекомендации Инструкции о том, что на переездах I и II категорий преимущество необходимо отдавать более прогрессивным типам настила не являются достаточными. Рассмотрим этот вопрос более подробно [11,с.115].

Исследование этого вопроса показало, что решающее влияние на состояние покрытия железнодорожного переезда имеет автомобильное движение. Поэтому, при модернизации переездов учитываются нагрузки от грузовых автомобилей, которые непосредственно влияют на износ дорожного покрытия. Установлено, что при определении типа дорожного покрытия на железнодорожном переезде, решающую роль играют ее несущая способность, равенство, прочность и состояние поверхности.

На эти параметры главным образом влияют: качество материалов, из которых выполнено покрытие, стабильность укладки и состояние основания. Основой верхнего строения пути является мало или крупногабаритные плиты, положенные на балласт. Наиболее значительное влияние на деформации и повреждения таких конструкций имеют загрязнения, которые проникают с поверхности дороги до основания, а также высокие нагрузки от автомобильного транспорта [4,с.47].

Они вызывают деградацию элементов конструкции верхнего строения и балласта, а в результате неровности и повреждения проезжей части. Динамическим воздействием, которые вызывают неровности и повреждения настила, является покрытие, прочно не соединенное с железнодорожными путями. Поэтому использовать их можно только для переездов с малым движением автомобильного транспорта.

Покрытие, промежуточно соединенное с путями, характеризуется значительно большей долговечностью, которая зависит от состояния балласта и нижнего строения пути, а также водоотведения в районе переезда. Такие конструкции требуют периодического проведения ремонтных работ, что связано с закрытием переезда для движения железнодорожного и автомобильного транспорта.

Покрытие этого типа должны использоваться на переездах со средним движением автомобильного транспорта. Безбалластное покрытие, интегрированное с путями, характеризуется герметичностью, прочностью крепления, а благодаря сплошному заключению, значительно меньшим динамичным воздействиям, которые передаются на нижнее строение пути, чем в случае покрытия с малогабаритных плит, считается покрытием, гарантирующим безаварийную эксплуатацию в течение длительного времени, и требует минимальных затрат на эксплуатацию.

Такие конструкции должны использоваться на переездах с высокой интенсивностью движения, где в основном происходит движение грузовых транспортных средств, а также на переездах, расположенных на железнодорожных линиях, на которых закрытие железнодорожного движения нежелательно. Примером такого подхода может быть модернизация около 70 железнодорожных переездов с применением конструкции интегрированного железнодорожно-автодорожного покрытия, предлагаемой компанией «TINES» на сети польских железных дорог [5,с.24].

Данная разработка применяется на переездах, которые эксплуатируются в условиях интенсивного железнодорожного и автомобильного движения, где нагрузка оси подвижного состава достигает 245 кН, а автомобилей – до 140 кН. Решение характеризуется высокой прочностью, устойчивостью к воздействию атмосферных факторов, равномерным, ограниченным до минимума просадкой пути и проезжей части, а также способностью снижения динамического воздействия от движения транспортных средств на конструкцию рельсового пути и окружающую среду.

Такие факторы, как простой и быстрый монтаж (благодаря интеграции железнодорожного пути и проезжей части) и возможность применения крупногабаритных плит длиной оптимально подобранных к длине переезда, непосредственно влияют на сокращение времени закрытия участка железной дороги в период ремонтных работ.

Нововведение было также впервые применено на участке казахстанской железнодорожной линии Кзилсай – Казигурт, что является частью международного транспортного коридора Западная Европа – Западный Китай.

На железных дорогах России для обеспечения безопасности дорожного движения предлагается на всех железнодорожных переездах, не оборудованных устройствами заграждения переезда, устано-

вить «лежачие полицейские». Эти штучные неровности, по мнению руководства службы пути, будут предотвращать нарушения водителями автомобилей скоростного режима, так как в большинстве случаев ДТП случаются из-за того, что водители не могут адекватно оценить скорость подвижного состава. Им кажется, что он движется медленнее, чем на самом деле. Поэтому водители авто спешат переехать переезд и не сбавляют скорость, а «лежачий полицейский» может поспособствовать их остановке [7,с.125].

В РФ, как на всем постсоветском пространстве, для обеспечения безопасности на железнодорожных переездах применяются устройства ограждения, действующих по принципу фиксированного расстояния (светофорная сигнализация, дорожные знаки). Суть идеи заключается в необходимой и достаточной функции обеспечения безопасности движения на переезде своевременным и надежным сообщением водителей автотранспортных средств и пешеходов о приближении поезда [1].

Эта идея проста, и устройство ограждения оказался относительно дешевым в технической реализации. Однако в условиях повышения скоростей и интенсивности движения транспорта эти устройства ограждения оказываются все менее эффективными. Функция своевременного и надежного оповещения водителей автотранспортных средств и пешеходов о приближении поезда оказалась действительно необходимой, но совершенно недостаточной для обеспечения высокого уровня безопасности.

Выводы. В РФ на особо опасных переездах, на которых применялись системы ограждения фиксированного расстояния, в последние годы обустраиваются дополнительными устройствами, такими как:

- сигнализация;
- дополнительная пара автоматических шлагбаумов;
- заградительные барьерные установки.

Кроме этого на сегодняшний день находятся в стадии разработки устройства, использование которых в совокупности с вышеприведенными устройствами способны нейтрализовать практически все факторы риска на железнодорожных переездах. К таким относятся:

- уравнивание времени оповещения о приближении поезда;
- контроль аварийности на переездах;
- автоматическая регистрация нарушение правил движения водителями автотранспорта;
- уведомления машиниста приближающегося поезда о ситуации на переезде.

Конечно, при этом возникают вопросы стоимости повышения безопасности на железнодорожном переезде, какие устройства целесообразно применять и развивать и при каких условиях становится целесообразным устраивать развязки в разных уровнях. Ответить на эти вопросы чрезвычайно непросто, поскольку из-за влияния человеческого фактора, зависимости между основными показателями транспортного процесса на переезде несут очень сложный вероятностный характер и наиболее полно могут быть определены методами статистического моделирования [18;20,с.126].

Например, использование систем ограждения устройствами фиксированного расстояния вызывают сверхнормативные простои автотранспорта, приводящие к негативным последствиям. Прежде всего, сверхнормативный простой вызывает у водителей автотранспорта недоверие к оградительным устройствам и провоцирует на нарушение правил дорожного движения. Кроме этого, сверхурочный простой имеют негативный экологический и экономический аспекты.

Так для обеспечения безопасности система безопасности на основе лазерного излучения совместно с системой «Автоматическое метро» необходимо дорабатывать и внедрять как на метрополитенах, так и на железнодорожном транспорте. Уход от заграждающих устройств и внедрение лазерных технологий отслеживания актов незаконных вмешательств обеспечит надёжную и современную информационную составляющую системы безопасности при контроле и управлении трафиками, как пассажиропотоками, так и автомобильным трафиком. Совместная работа систем безопасности и систем автоматического ведения обеспечит инновационный переход в сфере транспортного сообщения в России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Анализ мероприятий направленных на решение проблемы безопасности на железнодорожных переездах // Молодой ученый. – 2015. – 15 апреля.

2. Вовк А.А. Проблемы оценки срока окупаемости инвестиционных проектов / А.А. Вовк, Ю.А.Вовк, С.Н. Остапенко // Экономика железных дорог. – 2013. – № 5. – С. 74–79.

3. Галабурда В. Г. Критерии оценки эффективности и качества работы различных видов транспорта / В.Г. Галабурда, Д.С. Проскурнин // Экономика железных дорог. – 2013. – № 3. – С. 86.

4. Елизарьев Ю.В. Новые формы долгосрочного государственного регулирования железнодорожного транспорта / А.К. Анжелину, М.Э. Дмитриев, Ю.В. Елизарьев и др.; Под ред. Ю.В. Елизарьева. – М.: МФЦР, 2015. – С. 47.

5. Коваленко Н.И. Определение потерь перевозочного процесса с учётом снижения доли дохода компании ОАО «РЖД» при выборе продолжительности «окон» для путевых работ / Н.И. Коваленко, Н.А. Коваленко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2015. – № 9. – С. 24.

6. Кузнецов С.В. Автоматический метрополитен»: безопасность и перспективная модель функционирования линии / С.В. Кузнецов, А.В. Волков. – 2015. – С. 24.

7. Межох З.П. Попроцессный подход к постро-

ению системы управления рисками транспортных компаний // Транспортное дело России. – 2014.– № 4. – С. 125.

8. Чепец В. Оценка и предупреждение потенциальных угроз // Транспортная стратегия XXI век. – 2012. – № 16. – С. 33.

9. Швецов А.В. Структурно-логическая модель защиты метрополитена // Наука и техника транспорта. – 2017. – №1. – С. 88–96.

10. Правила нахождения пассажиров и размещения объектов в зонах повышенной опасности, выполнения в этих зонах работ, проезда и прохода через железнодорожные пути. – М.: Минтранс РФ, 2007. – 5 с.

11. Пономарев В. М. Влияние реформирования железнодорожного транспорта на состояние комплексной безопасности: методические указания / В. М. Пономарев, В.И. Жуков, Л. В. Птушкина. – М.: МИИТ, 2014. – 115 с.

12. Приказ президента ОАО «РЖД» от 10.10.2003 №19. – М., 2003.

13. Шевандин М. А. Системы автоматического оповещения о приближении подвижного состава к месту работ на железнодорожных путях: учебное пособие / М.А. Шевандин, В.И. Жуков, В.Д. Федосов. – М.: МИИТ, 2005. – 168 с.

14. Пономарев В.М. Специфические условия труда работников на железнодорожном транспорте / В.М. Пономарев, В.И. Жуков, В.Д. Федосов, Л.В. Птушкина. – М.: МИИТ, 2013. – 160 с.

15. Технические требования к служебным проходам по территориям железнодорожных станций и других структурных подразделений ОАО «РЖД»: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 24 дек. 2012 г. №2667. – М., 2012. – 25 с.

16. ОСТ 32.146-2000 Аппаратура железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: общие технические условия – М.: МПС РФ, 2000. – 162 с.

17. ПОТ РО-13153-ЦШ-877-02 Отраслевые правила по охране труда при техническом обслуживании и ремонте устройств сигнализации, централизации и блокировки на федеральном железнодорожном транспорте: утв. МПС РФ 19 фев. 2002 г. – М.: МПС РФ, 2002. – 99 с.

18. Анализ состояния охраны труда, электробезопасности, промышленной и пожарной безопасности, непроизводственного травматизма в Московской дирекции инфраструктуры за 6 месяцев 2012 года.

19. Пешеходные переходы через железнодорожные пути. Технические требования: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 23 дек. 2009 г. №2655. М., 2009. – 28 с.

20. Протопопов В.А. Методическое обеспечение уровня оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры: дис. … канд. техн. наук: 05.13.01 / Протопопов Валерий Александрович – Иркутск, 2014. – 126 с.

Статья поступила в редакцию 20.05.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 614.8

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

© 2019

Алекина Елена Викторовна, кандидат химических наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности»
Самарский государственный технический университет
(*443100, Россия, г. Самара ул. Молодогвардейская, 244, e-mail:alekina-samgtu@mail.ru)*
Алекин Дмитрий Юрьевич, аспирант
Самарский государственный технический университет
(*443100, Россия, г. Самара ул. Молодогвардейская, 244, e-mail:bjd@list.ru)*
Яговкин Герман Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности «
Самарский государственный технический университет
(*443100, Россия, г. Самара ул. Молодогвардейская, 244, e-mail: bjd@list.ru)*

Аннотация. В работе представлена методика оценки качества деятельности оперативного персонала с учетом всех четырех этапов. Первый этап деятельности включает оценку информации о техническом состоянии электроустановки, снимаемой с выходных устройств (сигнализаторов, индикаторов и других устройств) контрольно-проверочного оборудования. Второй этап в деятельности оперативного персонала реализуется лишь при появлении альтернативы первого этапа, при которой имела место констатация факта «система потеряла работоспособность». На третьем этапе формулируются задачи профилактики или ремонта потерявшей работоспособность электроустановки, определяется порядок восстановления, оценивается время, необходимое для профилактики или ремонта, и сопоставляется с временем, которым он располагает, определяются необходимые средства, запасные элементы (модулей, узлов, блоков), инструменты, приспособления и приборы необходимые для профилактических и ремонтных работ. Четвертому этапу характерна подготовка средств ремонта (инструмента, приспособлений, приборов), с дальнейшей реализацией плана профилактики (ремонта), сформированного в процессе принятия решения, и последующей проверке работоспособности восстановленной системы. Реализация четырех этапов технического обслуживания электроустановок требует оценки качества деятельности оперативного персонала. В работе представлен критерий эффективности деятельности оперативного персонала, определяющий верность принятых решений на каждом этапе технического обслуживания.

Ключевые слова: оперативный персонал, деятельность, работоспособность, средства контроля, операция, неисправность, профилактика, ремонт, проверка, моделирование.

QUALITY ASSESSMENT OF OPERATIONAL PERSONNEL ACTIVITIES AT TECHNICAL SERVICE OF ELECTRICAL INSTALLATIONS

© 2019

Alekina Elena Viktorovna, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Life Safety
Samara State Technical University
(443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya St., 244, e-mail: alekina-samgtu@mail.ru)
Alekin Dmitry Yuryevich, graduate student
Samara State Technical University
(443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya St., 244, e-mail: bjd@list.ru)
Yagovkin German Nikolaevich, doctor of technical sciences, professor of the Department of life safety
Samara State Technical University
(443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya St., 244, e-mail: bjd@list.ru)

Abstract. The paper presents a methodology for assessing the quality of the activities of operational personnel, taking into account all four stages. The first stage of activity includes the assessment of information about the technical condition of electrical installations, taking pictures of output devices (alarms, indicators and other devices) of the control and testing equipment. The second stage in the activities of operational personnel is realized only when the alternative of the first stage appears, during which the statement of the fact "the system has lost operability" took place. At the third stage, the tasks of preventive maintenance or repair of the electrical installation that lost its operation are formulated, the restoration order is determined, the time required for maintenance or repair is evaluated, and compared with the time it has, the necessary funds, spare parts (modules, units, units) are determined tools, devices and devices necessary for maintenance and repair work. The fourth stage is characterized by the preparation of repair tools (tools, appliances, devices), with the further implementation of a prevention plan (repair), formed in the decision-making process, and subsequent testing of the performance of the restored system. The implementation of the four stages of maintenance of electrical installations requires an assessment of the

quality of the activities of operating personnel. The implementation of the four stages of maintenance of electrical installations requires an assessment of the quality of the activities of operating personnel. The paper presents a performance criterion for operational personnel, which determines the accuracy of decisions taken at each stage of maintenance.

Keywords: operational personnel, activities, operability, controls, operation, malfunction, prevention, repair, testing, modeling.

Введение и постановка задачи. В процессе эксплуатации объектом электроэнергетики периодически возникают причины технологических нарушений, вызванные внешними и внутренними факторами [1-9]. Они могут нарастать постоянно или происходить мгновенно. Часть из этих причин, являющиеся наиболее характерными для данного объекта и возникающие наиболее часто закладываются в модель управления объектом и устраняются автоматической системой управления [10-12]. Другая часть является не характерной и возникает крайне редко, поэтому их и устранение требует участия оперативного персонала [10-12]. Но в любом случае необходимо диагностирование технического состояния объекта управления. При этом его основная функция состоит в принятии решения, обеспечивающее безаварийность или легкие последствия после устранения причин технологического нарушения, которые в отличие от логического вывода содержит элементы творческого выбора в конкретной ситуации [13-15].

Материалы и результаты исследования. Для оперативного персонала, обеспечивающего техническое обслуживание электроустановки, первый этап деятельности включает оценку информации о техническом состоянии электроустановки, снимаемой с выходных устройств (сигнализаторов, индикаторов и других устройств) контрольно-проверочного оборудования [16], т.е. оценку значений функций работоспособности по каждому из i определяющих параметров (i = 1, 2, ..., k) путем проверки выполнимости логических зависимостей

$$B(t_{\text{пр}}) = \left\{ B_1(t_{\text{пр}}) \| \wedge B_2(t_{\text{пр}}) \wedge \cdots \wedge B_k(t_{\text{пр}}) \right\} ;$$

$$B_i(t_{\text{пр}}) = \begin{cases} 1 \text{ при } \delta_i \le \delta_{i\,\text{доп}}; \\ 0 \text{ при } \delta_i > \delta_{i\,\text{доп}}. \end{cases}$$

Считается, что электроустановка работоспособна в момент $t_{\text{пр}}$ проверки, если конъюнкция функций работоспособности $B_i(t_{\text{пр}})$ по всем k определяющим параметрам равна единице, и не работоспособна, если $B(t_{\text{пр}}) = 0$.

Предполагается, что все возможные состояния системы управления известны и требуется выявить по заданному вектору переменных в каком конкретном состоянии она находится. Из этого следует, что первичное – набор состояния, который для сложного объекта очень обширен. Это не конструктивно для построения модели деятельности.

В отношении оперативного персонала справедливо утверждение, что он располагает набором возможных неисправностей, перечень которых ограничен по сравнению с числом возможных состояний объекта. Степень конкретизации неисправностей зависит от задачи управления электроэнергетическим объектом. Образующей деятельностью оперативного персонала является диагностика неисправности, как способность оперативного персонала на основе обработки информации выяснить изменения в объекте управления по ограниченному числу признаков (параметров), которыми он характеризуется [17-18].

Основными причинами отклонений параметров являются санкционированные возмущения, т.е те которые управляются и вводятся непосредственно оперативным персоналом или устройствами автоматики, либо несанкционированные, образующиеся в следствие неисправности или изменений внешней среды.

На этом этапе роль оперативного персонала сводится к констатации фактов «система работоспособна» или «система потеряла работоспособность». Поиск же первичной информации, характеризующей работоспособность электроустановки, и ее декодирование осуществляется, как правило, автоматическими средствами [19].

Второй этап в деятельности оперативного персонала реализуется лишь при появлении второй альтернативы первого этапа, при которой имела место констатация факта «система потеряла работоспособность», т.е. при $B(t_{\text{пр}}) = 0$. При такой альтернативе роль персонала сводится либо к анализу дополнительной информации, получаемой от выводных устройств контрольно-проверочного оборудования и позволяет установить причины потери работоспособности электроустановкой, либо при наличии средств для автоматической диагностики неисправностей к сопоставительному анализу наиболее вероятных причин и мест неисправностей, индицируемых автоматом, и анализу информации, характеризующей работоспособность автоматических средств контроля и диагностики. Таким образом, стратегия реализации второго этапа определяется отсутствием или наличием в составе производственной системы автоматизированных средств контроля и диагностики оборудования (АСК).

При отсутствии АСК из набора решающих функций

$$\pi_1 = d_1(x_1);$$
$$\pi_2 = d_2(x_1, x_2);$$
$$\text{----------}$$
$$\pi_2 = d_2(x_1, x_2, \ldots, x_n)$$

выбирается нерандомизированная стратегия поиска неисправностей

$$\theta=\{d_n, n\geq 1\},$$

где d_i – i-я решающая функция, определяющая порядок проведения проверок элементов;

$\{x_i\}$ (i = 1, 2, ..., n) – конечное пространство состояний проверяемой системы, каждое из которых описывается многомерным вектором с координатами, принимающими значения 0, если соответствующий этой координате элемент уже охвачен некоторой проверкой и оказался исправным, и 1, если данный элемент еще не проверен и является «подозрительным» на неисправность.

В зависимости от принятой глубины контроля в качестве элемента можно рассматривать функциональный блок, тракт прохождения сигналов, сменную плату, узел и т.д. В этом случае выбор стратегии поиска осуществляется по набору переходных вероятностей $\{P_{\pi i}(x_{i+1}/x_i)\}$, зависящих от проверок $\pi_i \in \pi$, где $P_{\pi i}(x_{i+1}/x_i)$ – вероятность обнаружения факта перехода проверяемой системы из состояния x_i в x_{i+1} при использовании решающей функции π_i, входящей в совокупность известных проверок π.

На III этапе оперативный персонал формируется задача профилактики или ремонта потерявшей работоспособность, определяет порядок ее восстановления, сопоставляет время, необходимое для профилактики или ремонта, с временем, которым он располагает, определяет необходимый состав расходных материалов, запасных элементов (модулей, узлов, блоков), инструмента, приспособлений и приборов. В данном случае задачу принятия решений персонал вынужден решать, как задачу многопараметрической оптимизации, сводящуюся к выбору j-й стратегии технического обслуживания (ТО) в виде последовательности профилактических и ремонтных операций, при которой функционал [20]

$$f_j = f\left(T_{\text{пр}}, T_{\text{в}}, t_{\text{проф}}, t_{\text{расп}}, n_{\text{з}}, m_v\right) \to \underset{j}{\text{extr}},$$

где $T_{\text{пр}}$ – момент начала профилактики (ремонта);

$T_{\text{в}}$ – время восстановления потерявшей работоспособность системы;

$T_{\text{проф}}$ – время профилактики;

$T_{\text{расп}}$ – располагаемое время возможного восстановления отказавших систем;

$n_{\text{з}}$ – потребное для профилактики (ремонта) число запасных элементов;

m_v – состав расходных материалов, инструмента, приспособлений и контрольно-измерительной аппаратуры для v-го комплекта, подлежащего восстановлению оборудования.

Деятельность оперативного персонала на IV этапе сводится к подготовке и реализации плана профилактики (ремонта), сформированного в процессе принятия решения и дальнейшей проверке работоспособности восстановленной электроустановки. Следовательно, если причина потери работоспособности электроустановкой была установлена правильно и верно был реализован план профилактики или ремонта, то заключительная проверка на данном этапе покажет, что система работоспособна. Если же в результате проверки установлено, что подвергавшаяся профилактике или ремонту электроустановка неработоспособна, то оперативный персонал должен вновь вернуться к I этапу своей деятельности и повторить заново все остальные ее этапы, т.е. на IV этапе функции оперативного персонала сводятся к выполнению условия $f_j \leftrightarrow B(t_{\text{пр}}) = 1$, согласно которому j-я стратегия технического обслуживания считается реализованной тогда и только тогда, когда после выполнения предусмотренных ею вспомогательных, профилактических и ремонтных операций функция работоспособности электроустановки $B(t_{\text{пр}})$ окажется равной единице. Указанное обстоятельство позволяет сделать вывод о том, что при моделировании деятельности оперативного персонала в стрессовых условиях интегральную оценку эффективности его работы целесообразно осуществлять по критерию, который учитывал бы не только сложность ремонтных операций и суммарное время восстановления потерявшей работоспособность, но и число переходов от IV этапа к I, так как в целом оно при заданной ремонтопригодности объекта характеризует качество выполнения профилактических и ремонтных работ.

В первом приближении оценка качества деятельности оперативного персонала может быть осуществлена в соответствии с выражением

$$\text{Э}=\frac{K_{\text{у.р}} K_{\text{р}} \xi}{T_{\Sigma}\left(1+N_{\text{IV}\to\text{I}}\right)}; \quad \text{Э}=0\div 1,$$

где $K_{\text{у.р}}$ – коэффициент удобства работы ($0 < K_{\text{у.р}} \leq 1$), определяемый отношением средних трудозатрат на выполнение специалистом заданного комплекса моторных и логических операций в удобной рабочей позе к средним трудозатратам, имевшим место при выполнении этого же комплекса операций на реальном объекте ремонта;

$K_{\text{р}}$ – коэффициент рациональности технологического процесса профилактических и ремонтных работ ($0 < K_{\text{р}} \leq 1$), представляющий собой отношение средних трудозатрат на основные операции к средним суммарным трудозатратам, имевшим место при выполнении полного комплекса как основных, так и вспомогательных операций;

T_{Σ} – суммарное время восстановления (профилактики) потерявшей работоспособность или находящейся на профилактике электроустановки;

ξ – коэффициент приведения числовых значений $K_{\text{у.р}}K_{\text{р}}$ к порядку значений T_{Σ};

$N_{\text{IV}\to\text{I}}$ – число переходов от IV этапа к I и повторения в дальнейшем всех остальных этапов.

Желательно при $K_{\text{у.р}}K_{\text{р}} \to \max$ и $N_{\text{IV}\to\text{I}} \to \min$

иметь $T_{\Sigma} \to \min$. Чем меньше Э, тем меньше эффективность (качество) работы оперативного персонала. В наилучшем случае Э близко к единице, а в наихудшем – к нулю.

При наличии автоматизированной системы контроля оперативным персоналом реализуется совокупность операций

$$\left\{x^1_{\text{ак}} \equiv \left(x^1_{\text{ак}}\right)_{\text{доп}};\ x^2_{\text{ак}} \equiv \left(x^2_{\text{ак}}\right)_{\text{доп}};\ ...;\ x^m_{\text{ак}} \equiv \left(x^m_{\text{ак}}\right)_{\text{доп}}\right\}$$

т.е. осуществляется установление тождественности фактических значений параметров $\left\{x^1_{\text{ак}}\right.$, характеризующих работоспособности автоматических или автоматизированных средств контроля и диагностики, соответствующим их допустимым значениям $\left(x^1_{\text{ак}}\right)_{\text{доп}}$.

Все остальные операции, связанные с оценкой технического состояния самого объекта контроля (проверяемой системы), реализуются посредством автоматизированной системы контроля.

В общем случае задачи II этапа решаются эвристически в определенной последовательности:

в порядке поступления информации осуществляется ее сбор, аналитически представляемый зависимостью

$$V_{y_1,\dots,y_{k-1}}(k) = \frac{1}{t_k}\sum_{y_k} P_{y_1,\dots,y_{k-1}}(y_k)\left[\sum_{\mu}\left\{P_{y_1,\dots,y_k}(\mu)\right\} \text{x } \log_2\left\{P_{y_1,\dots,y_k}(\mu)\right\} - \right.$$
$$\left. -\sum_{\mu}\left\{P_{y_1,\dots,y_{k-1}}(\mu)\right\}\log_2\left\{P_{y_1,\dots,y_{k-1}}(\mu)\right\}\right]$$

информация накапливается и упорядочивается в соответствии с выражением

$$\left\{P_{y_1,\dots,y_k}(\mu)\right\} = \frac{\left\{P_{y_1,\dots,y_{k-1}}(\mu)\right\} P_{\mu,y_1,\dots,y_{k-1}}(y_k)}{\sum_{\mu}\left\{P_{y_1,\dots,y_{k-1}}(\mu)\right\} P_{\mu,y_1,\dots,y_{k-1}}(y_k)}$$

на основании полученной информации делается вывод о месте или причине неисправности[4]

$$\left\{P_{y_1,\dots,y_k}\left(\mu=\mu^*\right)\right\} \geq 1-\Delta$$

,

где μ – условный индекс причины или места неисправности;

k – k-й по порядку восприятия образ-носитель диагностической информации, например, решение тестовой задачи, электрический и другие сигналы;

y_k – результат соотнесения k-го носителя информации с эталоном ($y_k = 0$ – носитель совпадает с эталоном, $y_k = 1$ противоположный результат);

t_k – время получения специалистом, реализующим процедуру диагностики k-го носителя информации;

$V_{y_1,\dots,y_{k-1}}(k)$ – объем диагностической информации, собираемой специалистом с k воспринимаемых последовательно носителей;

$\left\{P_{y_1,\dots,y_k}(\mu)\right\}$ – распределение вероятностей возможных диагнозов после восприятия персоналом k носителей информации;

$P_{\mu,y_1,\dots,y_{k-1}}(y_k)$ – вероятность того, что персонал, проводящий диагноз, безошибочно извлечет информацию из k-го носителя о месте или причине неисправности, имеющей условный индекс μ;

D – мера риска ошибки в выборе диагноза $|\mu^*$ при недостатке информации.

Результаты исследования. Таким образом критерий эффективности деятельности оперативного персонала Э, включающий коэффициент удобства работы, коэффициент рациональности технологического процесса профилактических и ремонтных работ, суммарное время восстановления (профилактики) потерявшей работоспособность или находящейся на профилактике электроустановки, число переходов от IV этапа к I и повторения в дальнейшем всех остальных этапов позволяет дать комплексную оценку деятельности оперативного персонала на каждом этапе технического обслуживания.

Заключение. Разработанная методика оценки качества деятельности оперативного персонала на всех 4 эксплуатационных этапах управления сложным электроэнергетическим объектом может являться основой для разработки оптимизации действий оперативного персонала. Построенная модель позволяет прогнозировать технологические нарушения, аварии и несчастные случаи, а также определять профессиональные компетенции, необходимые для правильного реагирования в нештатной ситуации, что необходимо при разработке квалификационных требований пригодности оперативного персонала к деятельности на электроэнергетических объектах. Критерий эффективности деятельности оперативного персонала определяет верность принятых решений на каждом этапе технического обслуживания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Диагностика технических устройств / Г. А. Бигус, [и др.]. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014 – 615 с.

2. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций: учебное пособие / А. И. Хальясмаа [и др.]. – Екатеринбург: Издво Урал. ун-та, 2015. – 64 с.

3. Ящура А.И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования: справочник. М.: Энас, 2012.

4. Карибский В.В. Техническая диагностика объектов контроля / Карибский, В.В., Пархоменко, П.П., Согомонян, Е.С. – М.: Энергия, 1967. – 80 с.

5. Биргер И.А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978. С. 240.

6. Вдовико В.П. Методология системы диагностики электрооборудования высокого напряжения //

Электричество. 2010. № 2. С. 14–20.

7. Чичев С.И. Система контроля и управления электротехническим оборудованием подстанций / С.И. Чичев, В.Ф. Калинин, Е.И. Глинкин – М.: Спектр, 2011. С. 139.

8. Барков А.В. Основа для перевода вращающегося оборудования на обслуживание и ремонт по фактическому состоянию [Электронный ресурс] // Вибродиагностические системы Ассоциации ВАСТ. URL: http:// www.vibrotek.ru/russian/biblioteka/book22 (дата обращения: 06.06.2019). Загл. с экрана.

9. Захаров О.Г. Поиск дефектов в релейно-контакторных схемах. М.: НТФ «Энергопресс», «Энергетик», 2010. С. 96.

10. Сви П.М. Методы и средства диагностики оборудования высокого напряжения. М.: Энергоатомиздат, 1992. С. 240.

11. Гуменюк В.М. Надежность и диагностика электротехнических систем: учеб. пособие для вузов. – Владивосток: Изд-во Дальневост. гос. техн. ун-та, 2010. – 218 с.

12. Садовников М.Е. Надежность и диагностика электрооборудования. Введение в надежность электромеханических и электротехнических систем: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Уральской гос. горногеол. акад., 2003. – 46 с.

13. Осотов В.Н. Методы диагностирования высоковольтного маслонаполненного силового электрооборудования: учеб. пособие / В.Н. Осотов, Ю.А. Хлюпин. – Екатеринбург, Изд-во УТГУ-УПИ, 2002. – 34 с.

14. Осотов В.Н. Эксплуатация и диагностирование оборудования электрических сетей: учебное пособие / В.Н. Осотов, Н.Н. Новиков. Екатеринбург: УРФУ, 2011.

15. Михеев Г.М. Электростанции и электрические сети. Диагностика и контроль электрооборудования. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2010. – 224 с.

16. Михеев Г.М. Цифровая диагностика высоковольтного электрооборудования. – М.: Издательский дом «Додэка-XX1», 2008. – 304 с.

17. Алексеев Б.А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов. – М.: НЦ ЭНАС, 2002.

18. Грунтович Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования М.: Инфра-М, Новое знание, 2013. – 271 с.

19. Балашов В.В. Диагностика электроустановок оперативного постоянного тока на подстанциях ОАО «Мосэнерго» / В.В. Балашов, Ю.П. Гусев, А.М. Поляков, В.А. Фещенко // Электрические станции. 2000. № 8. С. 39–46.

20. Алекина Е.В., Мельникова, Д.А., Яговкин, Г.Н. Теоретические основы формирования интегральной система управления безопасностью производства: Монография / Е.В. Алекина, Д.А. Мельникова, Г.Н. Яговкин / Под общ. Ред. Г. Н. Яговкина – Самара: Самар. Го. Техн. ун-т, 2018. – 281 с.

Статья поступила в редакцию 06.06.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК331.45

ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТАЮЩИХ

© 2019

Заровняев Александр Петрович, аспирант кафедры «Техносферная безопасность»
Горный институт СВФУ им. М.К. Аммосова
(677013, Россия, г. Якутск, ул. Кулаковского, 50, e-mail: zarovnyaev00@mail.ru)

Аннотация. В статье определена значимость низких температур, в которых проходит трудовая деятельность работников. Рассмотрены деструктивные следствия низких температур (обморожение, облитерирующий эндартериит). Выявлены основные болезни рабочего населения Республики Саха в результате влияния низких температур за 2013-2017 гг. Определены векторы нивелирования данных процессов. В результате проведенного эмпирического исследования выведена структура заболеваний работников горно-добывающего сектора и строителей г.Якутск. Рассмотрена реакция организма работающих на обморожение тела и его верхних конечностей. Выявлены основные требования и профилактические мероприятия, которые влияют на повышение безопасности труда работающих и недопущение обморожения в условиях низких температур.

Ключевые слова: низкие температуры, работающие, заболевания, обморожение, безопасность, Якутск.

EFFECTS OF LOW TEMPERATURES ON THE SAFETY OF WORKERS

© 2019

Zarovnyaev Alexander Petrovich, graduate student of the department “Technosphere safety”
Mining Institute NEFU them. M.K. Ammosova
(677013, Russia, Yakutsk, Kulakovskogo St., 50, e-mail: zarovnyaev00@mail.ru)

Abstract. The article defines the importance of low temperatures in which the labor activity of workers. Destructive consequences of low temperatures (frostbite, obliterating endarteritis) are considered. Identified the main diseases of the working population of the Republic of Sakha as a result of influence of low temperatures for 2013-2017 Identified the vectors of leveling these processes. As a result of the empirical research the structure of diseases of workers of mining sector and builders of Yakutsk is deduced. Considered reaction running on frostbite body and upper extremities. The basic requirements and preventive measures that affect the safety of workers and prevent frostbite at low temperatures are identified.

Keywords: low temperatures, working, diseases, frostbite, safety, Yakutsk.

Введение. На протяжении многих лет востребованными и актуальными в Республике Саха (Якутия) и в ее столице остаются профессии, осуществление которых сопряжено с неизбежным длительным нахождением работников в условиях низкого температурного режима. Работники горно-добывающего сектора, ландшафтные рабочие; лица, занятые на производственных объектах, чей труд осуществляется на открытом воздухе, – все эти категории могут быть определены, как находящиеся в группе существенного риска. Известно, что средняя температура января в регионе составляет около 40 градус по Цельсию, также нередко отмечается показатель минус 60 градусов .

Влияния низких температур на безопасность работающих детерминировано однозначным выделением общего вектора: возникает нарушение процессов теплообмена, что инспирирует переохлаждение организма.

Механизм данного процесса заключается в одновременной динамике: снижение организмом теплоотдачи и увеличение уровня теплообразования. Все это влечет за собой возникновение у названной категории лиц комплексных спастических процессов в сосудах кожного покрова, замедлением кровотока, активизации секреции со стороны гипофиза, надпочечников, щитовидной железы. В связи с этим, изучение проблемы влияния низких температур на безопасность работающих г. Якутск является весьма актуальным.

Анализ публикаций по теме исследования. Важными в контексте базовых принципов обеспечения безопасности труда в условиях низких температур являются труды М.Х. Аликберова [6], Н.И. Белоуськo [6], В.Н. Морозова [1], С.А. Колесова [6], Д.В. Непряхина [6], Н.Н. Потехиной [6], Р.С. Рахманова [6], А.В. Румянцевой [8], Е.И. Савина [1], Н.А. Самарской [8], А.В. Тарасова [6]. Проблема профессиональных болезней рассматривается в трудах таких ученых, как Т.Я. Биндюк [4;5], О.В. Бессчетнова [4;5]. Отдельные аспекты обозначенной темы освещены в научных исследованиях В.И. Бродского [3], С.И. Жаргалова [6], П.П. Олейник [3], Т.И. Субботиной [1]. Недостаточно изученным является влияние низких температур на трудовую деятельность отдельных групп работников.

Целью статьи является оценка влияние низких температур на безопасность работающих г. Якутск. Достижение поставленной цели обусловливает решение следующих *задач*: определить структуру заболеваний работающих в условиях низких температур, а также реакцию организма на обморожение

тела и его верхних конечностей. Выявить основные требования и профилактические мероприятия, которые, по мнению работников, способствуют повышению безопасности их труда.

Материалы и результаты исследования. Холодовая травма выделенной нами категории работников инспирирует три основных следствия (заболеваний): во-первых, облитерирующий эндартериит, во-вторых, гипотермия (то есть общее переохлаждение тела), в-третьих, отморожение.

Имеет место статистические данные, согласно которым не менее 80-85% рассматриваемой нами категории работников Якутска сталкивались с данными деструктивными явлениями [5].

Весьма распространенным заболеванием, являющимся непосредственным следствием осуществления трудовой деятельности в условиях низких температур, может быть назван облитерирующий эндартериит, который дифференцируется четырьмя стадиями.

Если первая стадия, для которой характерны ангиоспастические деструкции (боль, онемение конечностей, снижение показателей пульса на периферических сосудах), знакома подавляющему большинству выделенной нами группы работников и может при соответствующей профилактике проходить практически без последствий, то уже вторая стадия (здесь отмечаются структурные изменения в стенках сосудов, возможно возникновение тромбов), или стадия третья (нарушение питания тканей становится фактором появления язв) могут стать факторами последовательной утраты здоровья и, как итог, работоспособности.

В крайних случаях болезнь может прогрессировать вплоть до диагностирования четвертой стадии: ее симптомы – влажная и сухая гангрена.

Не менее опасны обморожения, которые также с точки зрения медицинской науки дифференцированы тремя степенями, лечение крайних их которых требует назначения антибиотиков.

Полное нивелирование деструктивных факторов профессиональной трудовой деятельности рассматриваемой категории работников затруднительно, кроме того, важным является фактор индивидуальной переносимости низких температур, некоторый их «пороговый» уровень, которые может быть значительно индивидуализирован. Распределение болезней работающего населения Республики Саха в результате влияния низких температур за 2013-2017 гг. можно увидеть в таблице 1.

Таблица 1 – Болезни работающего населения Республики Саха в результате влияния низких температур за 2013-2017 гг., тыс.чел.

Группа	Заболевание	2013	2014	2015	2016	2017	Абсолютное отклонение, +/-			
							14/13	15/14	16/15	17/16
1	Болезни органов дыхания	468,6	472,1	479,1	517,6	545,0	+3,5	+7	+38,5	+27,4
2	Болезни кожи и подкожной клетчатки	61,1	59,4	53,1	53,4	49,7	-1,7	-6,3	+0,3	-3,7
3	Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	39,1	37,0	25,8	29,8	23,6	-2,1	-11,2	+4	-6,2
4	Травмы и отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин	98,5	100,3	100,9	108,2	113,4	+1,8	+0,6	+7,3	+5,2

*Составлено автором по данным [7; 9].

Как видно из таблицы 1, наблюдается ежегодное увеличение количества заболеваемости населения по группам 1 и 4. Так, в 2014 году по сравнению с 2013 годом показатель возрос на 3,5 и 1,8 тыс. чел. и составил 472,1 и 100,3 тыс.чел. соответственно. В 2015 году болезни органов дыхания отмечено у 479,1 тыс.чел, что на 7,0 тыс.чел. больше по отношению к 2014 году; травмы и отравления – у 100,9 тыс.чел, что на 0,6 тыс.чел. больше по сравнению с 2014 годом. В 2016 году по отношению к 2015 году количество заболеваемости населения увеличилось на 38,5 и 7,3 тыс. чел. соответственно, а в 2017 году показатель составил 545,0 и 113,4 тыс.чел., что на 27,4 и 5,2 тыс. чел. больше по сравнению с 2016 годом.

По группам 2 и 3 прослеживается практически ежегодное снижение показателя. Если в 2013 году болезни по данным группам зафиксированы у 61,1 и 39,1 тыс.чел. соответственно, то в 2017 году – у 49,7 и 23,6 тыс.чел.

Вместе с тем, на сегодняшний день отсутствует необходимое количество материалов для оценке влияния низких температур на безопасность работающих г. Якутск. В связи с этим, было проведено эмпирическое исследование, которое заключается в определение структуры заболеваний у респондентов в условиях низких температур, а также реакции организма на обморожение тела и его верхних конечностей. Выявлены основные требования, соблюдение которых, по мнению работников, способствует повышению безопасности их труда и недопущению обморожения.

Выборку составили 183 респондента, из которых 75 испытуемых (или 40,9%) – работники горно-добывающего сектора и 108 респондентов (или 59,1%) – строители г. Якутск (рисунок 1).

На основе проведенного анкетирования среди работников нами выяснены основные заболевания, связанные с работой на открытом воздухе в условиях низких температур (рисунок 2).

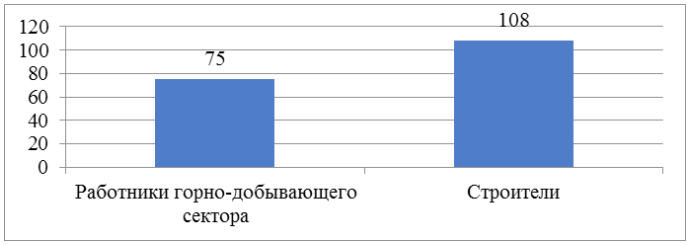


Рисунок 1 – Распределение респондентов в разрезе специальностей, чел.

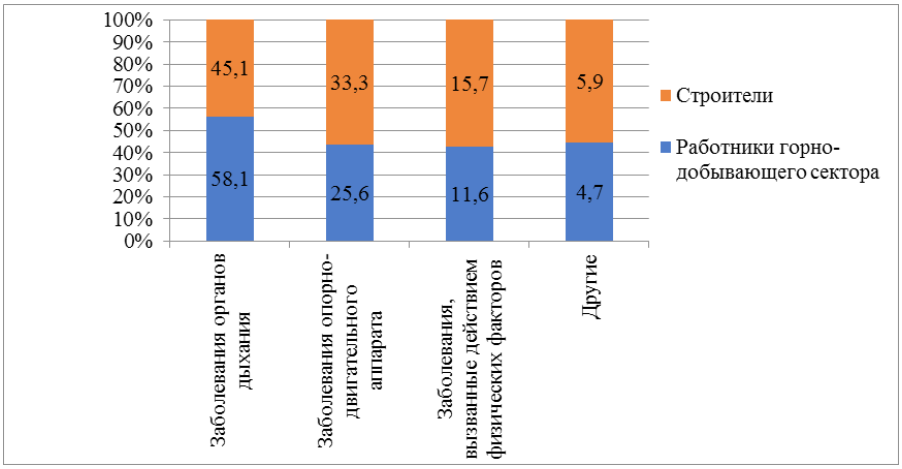


Рисунок 2 – Основные заболевания респондентов, связанные с работой на открытом воздухе в условиях низких температур, %

Как видно из рисунка 2, первое место занимают заболевания органов дыхания. Они выявлены у наибольшего числа респондентов (работники горно-добывающего сектора – 58,1% (или 25 человек), строители – 45,1% (или 23 испытуемых). На второй позиции заболевания опорно-двигательного аппарата, которые наблюдаются у 25,6% (или 11) работников горно-добывающего сектора и 33,3% (или 17 человек) строителей. Заболевания, вызванные действием физических факторов, находятся на третьем месте (11,6%) или 5 человек – работники горно-добывающего сектора; 15,7% или 8 человек – строители).

Также нами обнаружено, что 20% заболеваний было вызвано под влиянием производственной пыли, что приводит к пневмокониозу, хроническому обструктивному заболеванию легких и хроническому бронхиту; заболевания опорно-двигательного аппарата составляют 15,3%, включая заболевания периферической нервной системы (81% от количества в этой группе), такие как вегето-сенсорная полинейропатия, радикулопатия шейного и поясничнo-крестцового отделов; такие заболевания, как артрит, периартрит, эпикондилит, спондилиоз, асептический некроз и др. наблюдаются у 19% респондентов этой группы.

Вибрационная болезнь составляет 8,2% от общего числа респондентов в э группе (заболевания, вызванные действием физических факторов), а нейросенсорная тугоухость – у 15,6%.

Большая часть заболеваний возникает в результате переохлаждения тела.

Поэтому, с помощью опроса респондентов, нами определена реакция человека на обморожение всего тела и его верхних конечностей, которую можно увидеть в таблицах 2-3.

Таблица 2 – Реакция организма работника на обморожение тела

Температура тела, ºС	Реакция организма работника
36,1-37	Нормальная температура тела
35,1-36	Частично ухудшается общее состояние
34,1-35	Наступает чувство холода, появляется бледный вид и дрожание
33,1-34	Личностные изменения (уход в себя, «отключение»). Человек заикается, падает, прослеживается спутанность речи. Отмечается неадекватность в поведении (раздевание).
32,1-33	Наступает затуманенное сознание. Прекращение дрожания.
31,1-32	Происходит остановка сердца. Без оказания помощи у человека наблюдается дальнейшая потеря тепла. Конечности не сгибаются
30,1-31	Человек находится в бессознательном состояние
29-30	Не прослеживается дыхание или пульс
25-28	При воздействия света зрачки находятся в неподвижном расширенном состояние
19-24	Дальнейшее охлаждение приводит к невозможности выживания
18	Температура случайной гипотермии, при которой наблюдалось дальнейшее восстановление организма
9	Температура преднамеренной гипотермии, при которой наблюдалось дальнейшее восстановление организма

Таблица 3 – Реакция верхних конечностей работника на обморожение

Температура кожи рук, ºС	Влияние низких температур на руки
33-36	Руки и пальцы нормально функционируют
27-32	Снижается ловкость рук, а также точность и скорость их функционирования
20-26	В процессе работы с малыми деталями ухудшаются функциональные характеристики. Наблюдается снижение выносливости
15-19	Ухудшаются функциональные характеристики при выполнение грубой работы пальцами
10-14	Снижаются общее силы мышц и координация. Появляется чувство боли
<9	Происходит снижение функциональных характеристик работы рук до простого захвата, толкания. Наступает онемение.

При проведении работ руководители должны учитывать следующие требования [1-3;4;6;8;10]:

– не допускать к трудовой деятельности рабочих при очень низких температурах;

– персоналу, который не имеет медицинских противопоказаний для работы в условиях низких температур, должна быть предоставлена информация о негативном влияние холода на организм, а также о безопасных действиях в процессе выполнения должностных обязанностей;

– обратить внимание на присутствие у сотрудников любых симптомов (болезнь сердца, кожные заболевания, избыточный вес тела), которые влияют на их выдержку по отношению к холоду;

– пожилые или молодые работников, а также сотрудники с ограниченными возможностями не должны привлекаться к работам в условиях низких температур;

– работникам должны быть проведены инструктажи с целью определения признаков обморожения и умения оказать первую помощь. Для работодателей обязательным является обеспечение, во-первых, рабочих мест средствами первой помощи, а, во-вторых, наличием сотрудников, которые обучены их практическому применению.

Поэтому, исходя из вышеизложенного, далее нами выявлены основные требования, соблюдение которых, по мнению респондентов, способствует повышению безопасности их труда и недопущению обморожения в условиях низких температур (рисунок 3).

Как видно из рисунка 3, среди двух групп опрошенных респондентов, 93,9% (или 172 человека) отметили, что при работе на холоде рабочие программы должны отвечать условиям окружающей среды. Это связано с тем, что при пересечении труднопроходимых мест прослеживается рост уровня расходов физической энергии. Также в результате ношения верхней одежды происходит нарушение координации и ловкости, а исполнение в рукавицах точной работы сопровождается дополнительными нагрузками. В связи с этим, количество рабочих программ необходимо снижать, а время для их выполнения продлевать.

Рисунок 3 – Основные требования, соблюдение которых способствует повышению безопасности работающих и недопущению их обморожения в условиях низких температур, %

Так 88,5% респондентов (или 162 испытуемых) считают, что важную роль в защите от воздействия низких температур играет специальная одежда, которая отличается наличием воздушных зазоров. В безопасной системе такой одежды прослеживается три уровня. Первый включает в себя нижнее белье, где происходит поглощение влаги. Обязательным наличием второго уровня является рубашка или свитера. Данный уровень отличается изоляцией и транспортировкой влаги. Третий уровень представ-

лен ветровкой или арктическим типом одежды. Обладает способностью защищать от внешней среды и передавать влагу. Свобода, отсутствие скованных движений и сжатости конечностей, по словам респондентов, также является неотъемлемой частью. Сухость является главным требованием к одежде. В связи с этим, в процессе работы важна возможность периодических замен предметов одежды (носки, перчатки и т.п.).

Среди опрошенных респондентов 87,4% (или 160 работников) делали акцент на том, что в целях безопасности особое внимание необходимо уделять вопросам перемещения работников и транспорта. Важно обладать ориентацией в местности, информировать диспетчера о начале работы и предполагаемом времени возврата, иметь план экстренных мер по эвакуации.

Так как затраты энергии при работе в условиях низких температур растут, то не маловажным является вопрос о правилах питания. По мнению 78,7% или 144 работников, необходимо употреблять горячие напитки. Известно, что алкоголь и кофе приводят к расширению кровеносных сосудов, что влечёт за собой быструю потерю тепла организмом. Поэтому стоит запретить их употребление. Также важно повышение калорийности продуктов, которые потребляются работающими на холоде, на 25-50%. Такие быстро усваивающие углеводы, как сахар и сладости, стоит употреблять в процессе работы.

Считают, что необходимо наличие специального сотрудника, который ответственный за проведение работ в условиях низких температур, 75,4% (или 138). При отрицательных температурах обязательным является регулярный контроль на рабочих местах основных показателей - температуры и скорости ветра. Ведь, чем выше скорость ветра, тем больше вероятность обморожения.

51,4% опрошенных придали особое значение соблюдению правил личной гигиены. Эти правила состоят из следующего: чаще мыться, если позволяют условия; подстригать и сбривать или коротко стричь бороду, так как длинные волосы или борода маскируют проявления обморожения; следует бриться электрическими бритвами, так они не снимают защитный слой на поверхности кожи. Бриться лезвием можно за несколько часов перед выходом на холод, а лучше бриться после работы (перед сном), чем утром; одевать следует шерстяные носки, а не синтетические или хлопчатобумажные; чаще всего менять нижнее белье и рубашки.

С нашей точки зрения, существенную значимость имеет и круг профилактических мероприятий. Важно, чтобы предварительные и периодические осмотры носили не формальный характер, но реализовывались комиссией врачей, в состав которой входили бы терапевт, невропатолог, хирург, отоларинголог.

Кроме этого следует в полной мере соблюдать правила техники безопасности, проводить комплекс мероприятий по реализации в круга обязательных инструктажей.

Заключение. Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Холодовая травма, полученная в процессе работы на открытом воздухе в условиях низких температур, имеет три основных следствия (облитерирующий эндартериит, гипотермия – то есть общее переохлаждение тела, отморожение).

2. Основными болезнями работающего населения Республики Саха в результате влияния низких температур являются болезни органов дыхания; болезни кожи и подкожной клетчатки; болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани; травмы и отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин. Ежегодное увеличение заболеваемости наблюдается по группам болезни органов дыхания, травмы и отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин: с 468,6 и 98,5 тыс. чел. до 545,0 и 113,4 тыс.чел. соответственно. По группам болезни кожи и подкожной клетчат-ки; болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани прослеживается ежегодное снижение показателя: с 61,1 и 39,1 тыс.чел. до 49,7 и 23,6 тыс. чел. соответственно.

3. Работники горно-добывающего сектора и строители г. Якутск находятся в группе существенно риска.

4. Первое место среди указанных специальностей занимают заболевания органов дыхания (пневмокониоз, хроническое обструктивное заболевание легких и хронический бронхит), что связано с влиянием производственной пыли. Они выявлены у 58,1% работников горно-добывающего сектора и 45,1% строителей. Заболевания опорно-двигательного аппарата (веге-тосенсорная полинейропатия, радикулопатия шейного и поясничнокрестцового отделов, артрит, периартрит, эпикондилит, спондилиоз, асепти-ческий некроз) находятся на второй позиции (25,6% работников горно-добывающего сектора и 33,3% строителей) и обусловлены большими физическими нагрузками. Третье место занимают заболевания, вызванные действием физических факторов, которые встречаются у 11,6% работников горно-добывающего сектора и 15,7% строителей (вибрационная болезнь составляет 8,2% от общего числа респондентов в этой группе, а нейросенсорная тугоухость – у 25,6%).

5. Большая часть заболеваний респондентов возникает в результате переохлаждения и обморожения тела. На основе опроса нами выяснена реакция всего организма работника на обморожение тела: с 37 ºС (нормальная температура тела) до 9 ºС (самая низкая температура преднамеренной гипотермии с восстановлением). Также определили реакцию верхних конечностей работника на обморожение: с 33-36ºС (руки и пальцы нормально

функционируют) до <9 ºС (происходит снижение функциональных характеристик работы рук до простого захвата, толкания и наступает онемение). В связи с этим, должны проводиться инструктажи по определению первых признаках обморожения и оказанию первой помощи.

6. Выделены такие основные требования, соблюдение которых способствует повышению безопасности работающих и недопущению их обморожения в условиях низких температур, как защитная одежда, к которой выдвигаются особые требования (88,5% респондентов), правила питания (78,7%), правила личной гигиены (51,4%), адаптация рабочих программ и заданий к условиям окружающей среды (93,9%), наличие специального сотрудника, который ответственный за организацию работ, обучение и контроль действий персонала, работающего в условиях низких температур (75,4%), четкое планирование и организация передвижения персонала и транспортных средств (87,4%). В связи с этим, объем рабочих программ, необходимо уменьшать, а время для их выполнения увеличивать; обеспечивать периодическую замену предметов одежды (носки, перчатки, нательное белье и т.п.) в процессе работы; осуществлять контроль на рабочих местах основных показателей – температуры и скорости ветра; предоставлять полноценное, калорийное питание.

7. В результате проведения профилактических мероприятий работодателям необходимо учитывать медицинские показания на наличие у работников любых склонностей, которые влияют на их способность переносить холод.

8. Следует оптимизировать степень ответственности, как самих работников, так и их руководителей: объективные условия низких температур изменить невозможно, однако минимизировать вред здоровью, снизить риски хронических заболеваний, влекущих потенциальную утрату работоспособности – все эти задачи могут и должны быть реализованы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Морозов В.Н., Субботина Т.И., Савин Е.И. Воздействие низких температур на организм: результаты исследований и профилактика осложнений (монография) // Международный журнал экспериментального образования. 2013. № 9. С. 6.

2. Низова Л.М., Яковлева Н.Л. Оценка условий труда как фактор социальной защиты работающих граждан // Охрана и экономика труда. 2017. №1(26). С. 32–36.

3. Олейник П. П., Бродский В. И. Техническое регулирование безопасности труда в строительстве // Технология и организация строительного производства. 2014. №1(6). С. 27–32.

4. Профессиональные болезни: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений, обучающихся по специальности 033300 «Безопасность жизнедеятельности» / авт.-сост. Т.Я. Биндюк, О. В. Бессчетнова. Балашов: Николаев, 2007. 128 с.

5. Профессиональные болезни / авт.-сост. Т.Я. Биндюк, О. В. Бессчетнова. Балашов: М. Фрост, 2017.

6. Рахманов Р.С., Колесов С.А., Аликберов М.Х., Потехина Н.Н., Белоусько Н.И., Тарасов А.В., Непряхин Д.В., Жаргалов С.И. К вопросу о риске здоровью при влиянии погодно-климатических условий в холодный период года у работающих // Анализ риска здоровью. 2018. № 2. С. 70–77.

7. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2018: Стат. сб. / Росстат. М., 2018. 1162 с.

8. Румянцева А.В., Самарскя Н.А. Вопросы безопасности и охраны труда: зарубежный опыт // Безопасность труда в промышленности. 2016. № 6. С. 16–21.

9. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республики Саха (Якутия) [Электронный ресурс]: Режим доступа: [http://sakha.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/sakha/ru/publications/official_publications/electronic_versions/3a2a93004900cdf8addefdf96bd95409].

10. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4570.

Статья поступила в редакцию 10.07.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 629.7

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ШУМА В КАБИНЕ ПИЛОТОВ ВОЗДУШНОГО СУДНА НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ПОЛЕТА

© 2019

Шуреков Владимир Васильевич, кандидат биологических наук,
доцент кафедры «Поискового и аварийно-спасательного обеспечения полетов
и техносферной безопасности»
Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева»
(432071, Россия, г. Ульяновск, ул. Можайского, 8/8, e-mail: nodes@list.ru)
Самохина Светлана Сергеевна, кандидат педагогических наук, доцент, профессор РАЕ
доцент кафедры «Естественнонаучных дисциплин»
Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева»
(432071, Россия, г. Ульяновск, ул. Можайского, 8/8, e-mail: sv_samohina@rambler.ru)
Ясько Анатолий Андреевич, пилот Boeing 737-800, студент
Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева»
(432071, Россия, г. Ульяновск, ул. Можайского, 8/8, e-mail: gost24@list.ru)

Аннотация. В статье приводятся результаты исследования уровня шума в кабине пилотов воздушного судна во время его эксплуатации. Выявлено, что шумовые характеристики на разных этапах полета отличаются, так как зависят от режимов работы двигателей и этапов полета. В кабине пилота воздушного судна во время взлета и набора высоты уровень шума зафиксирован в пределах 85 – 99 дБ, на эшелоне более 11000 м – в пределах 81 – 90 дБ, во время снижения и при посадке – в пределах 80 – 94 дБ. Шумовые нагрузки, получаемые экипажем воздушного судна находятся в пределах допустимых значений.

Ключевые слова: Воздушное судно, режим работы двигателей, шумомер, уровень шума, реверс двигателя, этапы полета, кабина пилотов.

RESEARCH OF THE NOISE LEVEL IN THE PASSENGER CABIN OF THE AIRCRAFT AT DIFFERENT FLIGHT STAGES

© 2019

Shurekov Vladimir Vasilyevich, Ph of biology, associate Professor
of the Department of Search and Rescue and Technosphere safety
Ulyanovsk Institute of civil aviation named after Chief Marshal of aviation B.P. Bugaev
(432071, Russia, Ulyanovsk, Mozhaiskogo St., 8/8, e-mail: nodes@list.ru)
Samokhina Svetlana Sergeevna, Ph of pedagogy, associate Professor,
Professor of the Russian Academy of natural history, associate Professor
of the Department of Natural Science subjects
Ulyanovsk Institute of civil aviation named after Chief Marshal of aviation B. P. Bugaev
(432071, Russia, Ulyanovsk, Mozhaiskogo St., 8/8, e-mail: sv_samohina@rambler.ru)
Yasko Anatoliy Andreevich, the pilot of the Boeing 737-800, student
Ulyanovsk Institute of civil aviation named after Chief Marshal of aviation B. P. Bugaev
(432071, Russia, Ulyanovsk, Mozhaiskogo St., 8/8, e-mail: gost24@list.ru)

Abstract. The article presents the results of the study of the noise level in the cockpit of the aircraft during its operation. It was found that the noise characteristics at different stages of the flight are different, as they depend on the operating modes of the engines and flight stages. The noise level In the cockpit of the aircraft during takeoff and climb is fixed within 85 – 99 dB, at flight level 11,000 meters – in the range of 81 – 90 dB, during the descent and landing – within 80 – 94 dB. Noise loads received by the crew of the aircraft are within acceptable values. It is established that the noise load on the crew of the aircraft are within acceptable values.

Keywords: Aircraft, engine operating mode, noise level, sound level meter, aviation noise, engine reverse, flight stage, cockpit of the aircraft.

Введение. При эксплуатации воздушных судов (ВС) работа двигательных установок в аэропорту и в процессе полета вызывает значительные звуковые нагрузки на пилотов ВС, технический персонал в аэропорту, пассажиров [1,2]. Актуальным является контроль шумовых нагрузок на экипаж ВС и исследование их влияния на работоспособность человека.

Цель исследования – провести мониторинг уровня шума в кабине пилотов на различных этапах полета ВС.

Методика исследования. Исследование уровня шума производилось в кабине пилотов двухдвигательного узкофюзеляжного пассажирского ВС типа Boeing 737-800 в процессе его эксплуатации. Измерения проводились в соответствии с методикой, приведенной в ГОСТ 20296-2014 [3]. Стандарт ИКАО от 1971 года устанавливает требования по шуму на местности от ВС. Мерой оценки шума служит эффективный уровень воспринимаемого шума

EPNL (effective perceive noise level), дающий оценку субъективного восприятия воздействия авиационного шума на человека (в дБ). Международных норм по шуму в салоне и кабине ВС не существует.

В нашей стране в 1974 был принят ГОСТ, который переутвержден в 1981 году без изменений. В 2014 году вступил в действие ГОСТ 20296-2014, в котором определены допустимые уровни шума в пассажирских салонах и кабинах экипажа и методы измерения шума (введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 01 января 2015 года взамен ГОСТ 20296-81) [3].

Источником инфразвуковых волн в процессе работы компрессорных машин является воздухозаборная система. Наиболее велика интенсивность шума на инфразвуковых частота турбинах. Нормируемый параметр авиационного шума «допустимый» (не вызывающий поражения органа слуха при ежедневном 8-часовом воздействии 40-часовой рабочей недели) соответствует эквивалентному уровню шума 80 дБ. Длительные акустические нагрузки (воздействие шума свыше 75 дБ) может привести не только к профессиональной потере слуха, но вызвать нарушения в нервной и сердечно – сосудистой системе, изменения в органе зрения человека (снижается острота зрения, изменяется чувствительность к различным цветам и др.) и вестибулярном аппарате и т. п.). Понижение слуха в основном определяется спектральным составом звука, с уровнями звукового давления высоких частот, в меньшей степени от суммарной интенсивности шума [4].

Для измерения уровня шума использовался мобильный телефон модели iPhone10 с новым процессором A11 Bionic, на котором было установлено приложение «Шумомер – шум под контролем» [2]. Главное достоинство программного обеспечения – способность сохранять и экспортировать результаты измерений в виде аудиофайла, экспорт в текстовом формате замеров в Excel, сохранение геопозиции измерений, проведение спектрального анализа. Программное обеспечение откалибровано с использованием профессионального высокоточного шумомера Testo-816.

Измерение уровня шума в кабине пилотов ВС производилось на нескольких этапах полета [5,6,7]: во время взлета (начало разбега, середина разбега, отрыв и первоначальный набор высоты); набора высоты (закрылки в положении 5 градусов, уборка механизации и шасси, набор высоты на чистом крыле); на эшелоне более 11000 м (в разные промежутки времени); во время снижения на малом газу и чистом крыле; при скоростном снижении на чистом крыле; при скоростном снижении с выпущенным воздушным тормозом; при посадке (в момент выпуска шасси и закрылков в положении 15 градусов; выпущенное шасси и закрылки в посадочном положении 40 градусов; пробег (после посадки).

Результаты измерений с помощью шумомера сохранялись в виде скриншотов (фотофиксация экрана мобильного телефона). Измерение производилось в нескольких контрольных точках в кабине пилотов ВС (в правой части кабины, центральной части кабины, на третьем кресле дополнительного члена экипажа ВС).

Результаты исследования. Уровень шума измерялся на ВС, выполнявших рейсы Москва (аэропорт Внуково) – Калининград (аэропорт Храброво) в феврале 2019 года; Тбилиси (Грузия, аэропорт имени Шота Руставели) – Пермь (аэропорт Большое Савино) в марте 2019 года.

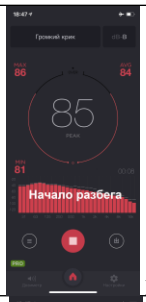
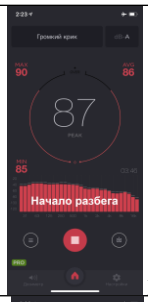
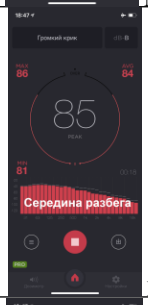
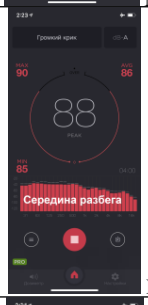
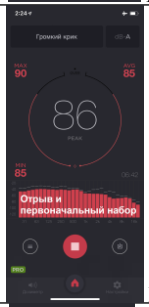
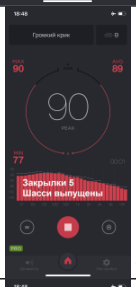
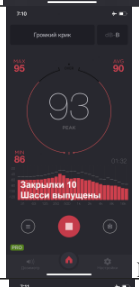
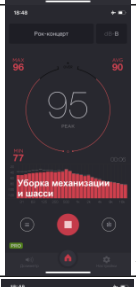
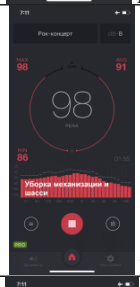
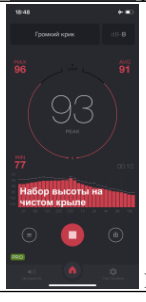
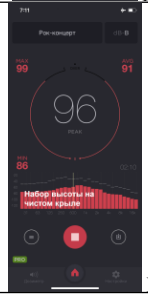
Режим работы двигателей ВС и, соответственно, уровень шума зависит от многих условий: превышения аэродрома над уровнем моря, состояния взлетно-посадочной полосы, располагаемой взлетной дистанции, факторов погоды (температура, давление, плотность воздуха, осадки), взлётной массы.

Взлет в аэропорту Москвы производился в стандартной конфигурации (закрылки 5 градусов, отбор воздуха от двигателей включен) на уменьшенной тяге двигателей, при отрицательных температурах и высокой плотности воздуха. В начале разбега при выводе двигателей на взлетный режим и дальнейшем разбеге по полосе уровень шума не превышал 86 дБ. Начальный набор высоты и отрыв на расчетной скорости 154 узла сопровождался небольшим изменением уровня шума из-за неровностей полосы (значение шума не превышало 86 дБ).

Взлет в аэропорту Тбилиси также производился в стандартной конфигурации (закрылки 10 градусов, отбор воздуха от двигателей включен), на полной тяге двигателей, при положительных температурах и высокой плотности воздуха. В начале разбега при выводе двигателей на взлетный режим уровень шума не превышал 90 дБ. Зафиксировано незначительное изменение уровня шума при дальнейшем разбеге, так как передняя стойка начала «бить» о неровности полосы (не превышало 90 дБ). Это значение сохранилось при начальном наборе и отрыве на расчетной скорости 158 узлов. После отрыва шасси от неровностей полосы уровень шума уменьшился и не превышал 90 дБ. Скриншоты с результатами измерений уровня шума в кабине пилотов ВС во время взлета приведены в таблице 1.

Шумовые показатели связаны с такими условиями как скорость отрыва, скорость набора и необходимый выдерживаемый градиент набора высоты, так как это связано с изменением режимов работы двигателей. Набор высоты в Московской зоне, после отрыва, производился с минимальным градиентом 2,4%, с закрылками в положении 5 градусов (значение шума не превышает 90 дБ), на скорости 164 узла. Дальнейший набор и уборка механизации характеризуется небольшим увеличением шума (максимальное значение не превышает 96 дБ). Набор высоты на чистом крыле (без шасси и механизации) с дальнейшим увеличением скорости до 250 узлов происходил при небольшом снижении шума (таблица 1).

Таблица 1 – Уровень шума в кабине пилотов ВС во время взлета и набора высоты

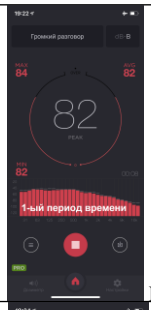
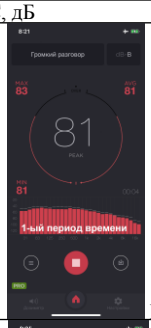
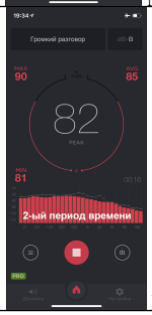
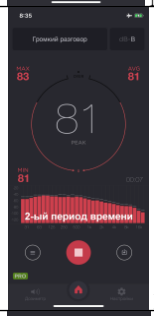
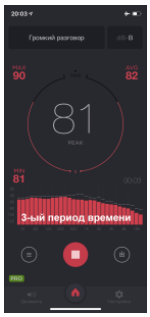
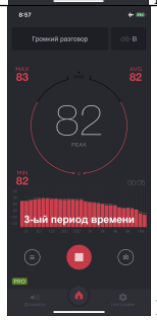
Дата, маршрут, регистрационный номер и возраст ВС		24.02.2019, Москва – Калининград, VQ-BTS, 4.8 года	25.03.2019, Тбилиси – Пермь, VP-BQG, 4 месяца
		Уровень шума в кабине пилотов ВС, дБ	
Взлет	**начало разбега**	 Max: 86	 Max: 90
	середина разбега,	 Max:86	 Max:90
	отрыв и первоначальный набор	Max:86	 Max:90
Набор высоты	**Закрылки 5 (10) Шасси выпущены**	 Max:90	 Max: 95
	Уборка механизации и шасси	 Max:96	 Max:98
	Набор высоты на чистом крыле	 Max:96	 Max:99

Набор высоты в районе Тбилиси после отрыва производился с градиентом 6%, с закрылками в положении 10 градусов (значение шума не превышает 95 дБ), на скорости 168 узлов. Ввиду большого градиента набор высоты для сохранения вертикальной скорости 1300 футов в минуту производился на повышенных режимах работы двигателей. Дальнейший набор и уборка механизации привели к небольшому увеличению шума (максимальное значение не превышало 98 дБ). При наборе высоты на чистом крыле зафиксировано небольшое снижение шума (таблица 1).

При полете воздушного судна на эшелоне двигатели работают практически на одном режиме. Кратковременные изменения режимов работы двигателя возможны в условиях турбулентности. Измерения на эшелоне проводились трижды.

Данные измерения уровня шума в кабине пилотов ВС при полете на эшелоне представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Уровень шума в кабине пилотов ВС при полете на эшелоне

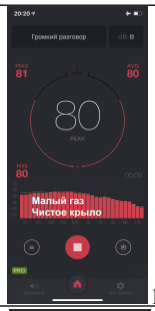
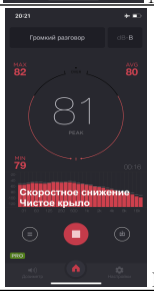
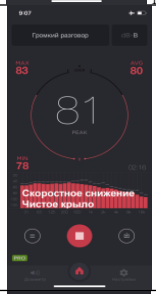
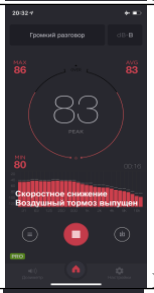
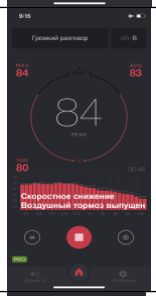
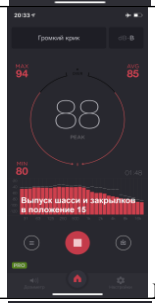
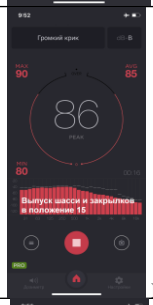
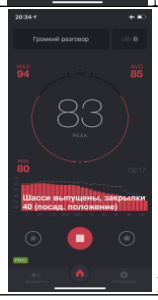
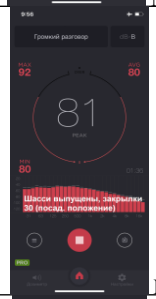
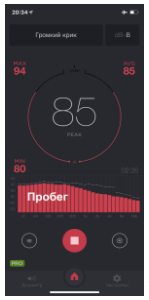
Дата, маршрут, регистрационный номер и возраст ВС		24.02.2019, Москва – Калининград, VQ-BTS, 4.8 года	25.03.2019, Тбилиси – Пермь, VP-BQG, 4 месяца
		Уровень шума в кабине пилотов ВС, дБ	
Полет на эшелоне	**1-ый период времени**	 Max: 84	 Max: 83
	2-ой период времени	 Max:90	 Max:83
	3-ий период времени	 Max:90	 Max:83

Обычно на снижении шум в кабине ВС минимален, так как двигатели работают на режиме малого газа. Однако, в зависимости от условий полета и команд диспетчера может быть выпущен воздушный тормоз. Снижение производилось тремя способами. При снижении на малом газу и чистом крыле (без шасси и механизации) на скорости 248-250 узлов отмечалось снижение шума (максимальное значение шума не превышает 81/82 дБ). Дальнейший разгон скорости до 270-280 узлов без выпуска воздушного тормоза характеризовался незначительным увеличением шума (максимальное значение не превышало 82/83 дБ). При дальнейшем увеличении скорости до 290-300 узлов и выпуске воздушного тормоза отмечено возрастание шума (максимальное значение шума не превышает 86/84 дБ). Вышеуказанные результаты представлены в таблице 3.

Шум на посадке будет сильно зависеть от режима работы двигателей ВС, который в свою очередь, зависит от таких факторов как положение закрылков, поступательная скорость, режим работы реверса на пробеге, а также метеорологических факторов (температура, давление, плотность воздуха, наличие осадков).

Полученные результаты показывают, что в районе аэропорта Калининграда при резком увеличения сопротивления в момент выпуска шасси и закрылков в положение 15 градусов шум резко увеличился, затем произошло его снижение. Дальнейший выпуск закрылков в положение 40 градусов привел к кратковременному незначительному увеличению шума (таблица 3).

Таблица 3 – Уровень шума в кабине пилотов ВС во время снижения и посадки

№ Маршрута авиарейса		24.02.2019, Москва – Калининград, VQ-BTS, 4.8 года	25.03.2019, Тбилиси – Пермь, VP-BQG, 4 месяца
		Уровень шума в кабине пилотов ВС, дБ	
Снижение	Малый газ Чистое крыло	 Max: 81	Max: 82
	Скоростное снижение	 Max:82	 Max:83
	Скоростное снижение воздушный тормоз выпущен	 Max:86	 Max:84
Посадка	**Выпуск шасси и закрылков в положение 15**	 Max: 94	 Max: 90
	Шасси выпущены закрылки 40 (30)	 Max:94	 Max:92
	Пробег	 Max: 94	Max:94

В момент снижения на предпосадочной прямой шум пеоиодически измененялся из-за режима сохранения постоянной скорости и угла снижения (максимальное значение шума не превышает 94 дБ). После касания из-за использования реверса на пробеге постепенно шум нарастал, ввиду вывода двигателей на максимальный режим обратной тяги (при этом максимальное значение шума не превышало 94 дБ). Аналогичные результаты получены в аэропорту Перми (таблица 3).

Выводы. Шумовые характеристики в кабине ВС на различных этапах полета ВС изменяются в зависимости от этапа полета и режима работы двигателей, метеорологических условий. Полученные результаты свидетельствуют, что режимы работы экипажа ВС, связанные с наличием шума находится в пределах нормы, отклонения от допустимых значений в контрольных точках не превышает 10%. При этом следует отметить, что звуковая нагрузка на слуховой аппарат длится в процессе всего полета, вызывая усталость пилотов ВС. Отсюда вытекает требование о соблюдении временных интервалов между полетами для отдыха пилотов с целью восстановления функционального состояния слуховой сенсорной системы. Уменьшение уровня шума на рабочем месте экипажа ВС благоприятно скажется на эффективности работы и обеспечении безопасности полетов в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Солдатов С.К. Человек и авиационный шум / С.К. Солдатов, В.Н. Зинкин, А.В. Богомолов, Ю.А. Кукушкин // Безопасность жизнедеятельности. – 2012. – № 9. – Приложение. – С. 2–17.

2. Шуреков В.В., Самохина С.С. Исследование уровня шума в пассажирском салоне воздушного судна на разных этапах полета. – Вестник НЦ БЖД. – № 1 (39). – С. 167–172.

3. ГОСТ 20296-2014. Самолеты и вертолеты гражданской авиации. Допустимые уровни шума в салонах и кабинах экипажа и методы измерения шума. – Взамен ГОСТ20296-8; введ. 1.01.2015.– М.: Стандартинформ, 2014. –12 с.

4. Суворов Г.А. Гигиеническое нормирование производственных шумов и вибраций / Г.А. Суворов, Э.И. Денисов, Л.Н. Шкаринов – М.: Медицина, 1984. – 240 с.

5. 737 Flight Crew Operations Manual. The Boeing Company. – 2005.

6. 737 Flight Crew Training Manual. The Boeing Company. – 2007.

7. Doc 8168. – Производство полетов воздушных судов. – Т. 1. Правила производства полетов. – Изд. 5-е. – Канада, Монреаль: ИКАО, 2006.

8. Козлов В.В. Методология медико-психологического анализа причин авиационных событий // Проблемы безопасности полетов. 2012. № 3. С. 24-28.

9. Федеральные авиационные правила «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации» (ФАП-128). Ред. от 2.02.2014. М., 2014. – 86 с.

10. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 21.07.2016 г. № 81 «Об утверждении СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

11. Рекомендации для ВЛЭК по обследованию и экспертной оценке слуховой функции летного и диспетчерского состава гражданской авиации. – М.: МГА, ГосНИИ ГА. – 1981.

12. Альтман Я. А. Руководство по аудиологии / Я.А. Альтман, Г.А. Таварткиладзе. – М.: ДМК Пресс, 2003. – 359 с.

13. Таварткиладзе Г.А. Клиническая аудиология / Г.А. Таварткиладзе, Т.Г. Гвелесиани. – М.: Святигор Пресс, 2003 (ИПЦ Святигор в ГУП ИПК Чувашия). – 74 с.

Статья поступила в редакцию 19.08.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 331

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧИМОСТИ ОБЪЕКТОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ОХРАНЫ И ОБОРОНЫ ОБЪЕКТОВ НА ВОЕННО-АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

© 2019

Сурмачев Дмитрий Валентинович, доцент по кафедре управления подразделениями в мирное время
Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва
(199034, Россия, г. Санкт-Петербург, набережная Макарова, 8, e-mail: d.surmachev@mail.ru)

Аннотация. В статье рассматривается одна из проблем обеспечения безопасности на транспорте, в частности предлагается порядок расчёта определения значимости объекта на военно-автомобильных дорогах. Основное значение автор в статье уделят вопросам соответствия общегражданских норм безопасности передвижения по дорогам с военными стандартами подобной процедуры. Основным значением при этом остается обеспечение безопасного передвижения человека при использовании дорог военного назначения. В статье не рассматривается вопрос передвижения по военно-автомобильным дорогам гражданского и пешеходного транспорта, так как в целом это относится к категории чрезвычайных ситуаций, которые в статье не рассматриваются. Автором приводится опыт использования разработанных методик при определении перспектив использования дорог, спроектированных по военным стандартам в сфере гражданского оборота. Автор статьи определил условия, структурные составляющие и формы развития определенных составляющих при обеспечении безопасности передвижения в целом. В целом автором выделены основные параметры безопасности жизнедеятельности человека на объектах военного и гражданского назначения при планировании передвижения организованной колонны. Цель статьи заключается исследовании основных методических и математических форм обеспечения процесса проектирования безопасного передвижения транспорта на военно-автомобильных дорогах. Для этого автор проведет анализ существующих теоретических методов определения значимости объектов при организации охраны и обороны объектов на военно-автомобильных дорогах, выделит актуальные методы, использующиеся на данный момент, в том числе в математических формах обеспечения проектирования безопасности.

Ключевые слова: объект на военно-автомобильной дороге, безопасность на транспорте, охрана и оборона объекта, пропускная способность, интенсивность движения.

A METHOD OF DETERMINING THE SIGNIFICANCE OF OBJECTS IN THE COURSE OF PROTECTION AND DEFENSE FACILITIES ON MILITARY ROADS

© 2019

Surmachev Dmitry Valentinovich, associate Professor at the Department of management of units in peacetime
Military Institute (engineering) of the Military Academy of logistics. army General A.V. Khrulev
(199034, Russia, St. Petersburg, Naberezhnaya Makarova, 8, e-mail: d.surmachev@mail.ru)

Abstract. The article deals with one of the problems of transport security, in particular, the procedure for calculating the significance of the object on the military roads. The main importance of the author in the article will be given to the issues of compliance with the General civil safety standards of movement on roads with military standards of such a procedure. The main importance remains to ensure the safe movement of people using roads for military purposes. The article does not consider the issue of movement on military roads of civil and pedestrian transport, as in General it belongs to the category of emergency situations, which are not considered in the article. The author presents the experience of using the developed methods in determining the prospects of using roads designed according to military standards in the field of civil turnover. The author of the article defines the conditions, structural components and forms of development of certain components while ensuring the safety of movement as a whole. In General, the authors identified the main parameters of human life safety at military and civil facilities when planning the movement of an organized column. The article is designed as a theoretical support of the process and identified the main methodological and mathematical forms to ensure the process of designing for the safe movement of vehicles.

Keywords: the object on the military highway, transport security, security and defense of the object, capacity, traffic.

Введение. Вопросы организации охраны и обороны объектов на транспортных коммуникациях являются составной частью проблемы обеспечения безопасности на транспорте [1]. С особой остротой задачи организации охраны и обороны объектов на автомобильных дорогах проявились в условиях нарастания угрозы террористических акций. События в Сумгаите 1989г., Фергане и Абхазии 1989г., НКО Азербайджанской ССР 1989-92г., Баку 1990 г., Чечне 1994-2006 г., Абхазии и Южной Осетии 2008г., Сирия 2016г. и другие говорят о том, что обеспечение безопасности на транспорте должно уделяться самое пристальное внимание. Методы обеспечения безопасности объектов на военно-автомобильных-дорогах до конца не изучены и представляют интерес в рамках данного исследования.

Анализ последних исследований и публикаций. Эффективность организации охраны и обороны объектов на автомобильных и военно-автомобильных дорогах зависит от комплексного использования сил и средств, выделяемых для этих целей. Однако определение перечня проводимых мероприятий по организации охраны и обороны сдерживается отсутствием методов, позволяющих определить значимость объекта при угрозе террористических актов в мирное время и нападений десантно-диверсионных сил (ДДС) в условиях войны.

Цель статьи найти актуальный метод определения значимости объекта на военно-автомобильных дорогах. Суть метода сводится к расчету важности объектов с учетом не только их линейных характеристик (большие, средние, малые мосты и т.п.), но и расположение этих объектов в тыловой полосе объединения, а также принадлежности ВАД к направлению действия войск (оперативно-тыловой значимости ВАД). Это позволит эффективно распределить имеющиеся средства охраны и обороны на сети ВАД и повысить устойчивость дорог. Рассмотрим состав и структуру предлагаемого метода.

Материала и результаты исследования. Количество объектов на ВАД, требующих организации охраны и обороны, превышает возможности выделенных для этих целей сил и средств на транспортных коммуникациях. В связи с этим с целью повышения эффективности организации охраны и обороны объектов на ВАД, как при традиционных способах охраны и обороны, так и с применением технических средств охраны, важное значение будет иметь определение значимости объектов. Для этого необходимо ранжировать объекты на ВАД по нескольким критериям [2]:

1) время восстановления прерванного движения;

2) затраты сил и средств на восстановление движения с требуемой пропускной способностью восстановленного объекта;

3) вероятность повторного разрушения объекта.

Существующие методы определения важности дорожных объектов, как правило, позволяют оценить их значимость либо по одному из перечисленных показателей, либо через их “взвешенную сумму”. В первом случае оценка важности объектов может быть выполнена применительно к достижению одной из целей организации охраны и обороны: сокращению времени перерыва движения; сокращения затрат на организацию охраны и обороны и т.д. [3-6] Для расчета важности объектов методом “мультиаддитивной свертки” частных показателей важности объектов сложно определить веса самих показателей. Более того, по вполне понятным причинам значение “весов показателей” будут меняться в ходе операции в соответствии с предназначением и ролью ВАД. Так на этапе заблаговременной подготовки ВАД наиболее значимым будет критерий сил и средств на возобновление движения с требуемой пропускной способностью восстановленного объекта. В ходе операции особенно при организации дорожного обеспечения контрударов и ввода в сражение вторых эшелонов, наиболее важным критерием будет время восстановления движения. Для объектов на тыловых участках ВАД, где количество сил и средств дорожных войск ограничено, особую значимость приобретает вероятность повторного разрушения.

Однако не один из этих критериев не учитывает, не только изменения весов рассмотренных показателей, но и значимость самой дороги [7-9].

К настоящему времени метод оценки значимости объектов учитывающих их роль и значение на ВАД в операции не разработан. По мнению автора, наиболее целесообразным выходом из данной ситуации является учет значимости объектов через интенсивность движения по ВАД. Интенсивность движения являясь его характеристикой отражает как объем подвоза материальных средств войскам, ведущим боевые действия, так и другие составляющие воинского движения, характеризующие перегруппировки войск и тыла. Вполне очевидно, что дороги с наибольшей интенсивностью движения находятся на направлении сосредоточения основных усилий войск и тыла [10]. Указанные обстоятельства в полной мере относятся и к объектам на этой дороге, то есть, чем выше интенсивность движения на объекте, тем он важнее [10-12]. К этому допущению следует добавить, что на значимость объекта, кроме интенсивности движения влияет наличие обходов, дублирующих мостовых переходов и так далее.

В связи с этим суть предлагаемого метода сводится к следующим этапам (рисунок 1):

Определение интенсивности движения (N_k) на k-ом объекте, (k=1…m)

где: m – количество объектов на ВАД требующих организации охраны и обороны.

При прогнозировании и планировании организации мероприятий охраны и обороны на ВАД данные об интенсивности движения по ним могут быть получены из Планов распределения движения на сети ВАД разрабатываемых ДС объединения совместно со штабом тыла объединения. В реальных условиях обстановки эти данные определяются на основе диспетчерских донесений и исполнительных графиков движения автомобильных колонн по ВАД, представляемых в дорожную службу объединения.

Определение максимальной интенсивности движения на маршруте ВАД.

Данные о максимальной интенсивности движения на ВАД устанавливаются исходя из пиков интенсивности приходящихся на время перегруппировки по ВАД войск, выхода их в районы боевого предназначения, перевозок по линии МЧС, МВД и других видов ВС и т. д. [13-15]

Суть этого этапа сводится к тому, чтобы найти значение интенсивности движения, соответствующее ее максимуму на объекте. С математической точки зрения это значение определяется экстремумом формулы распределения интенсивности движения на объекте по времени:

$$\varphi'(\alpha) = 0, \qquad (1)$$

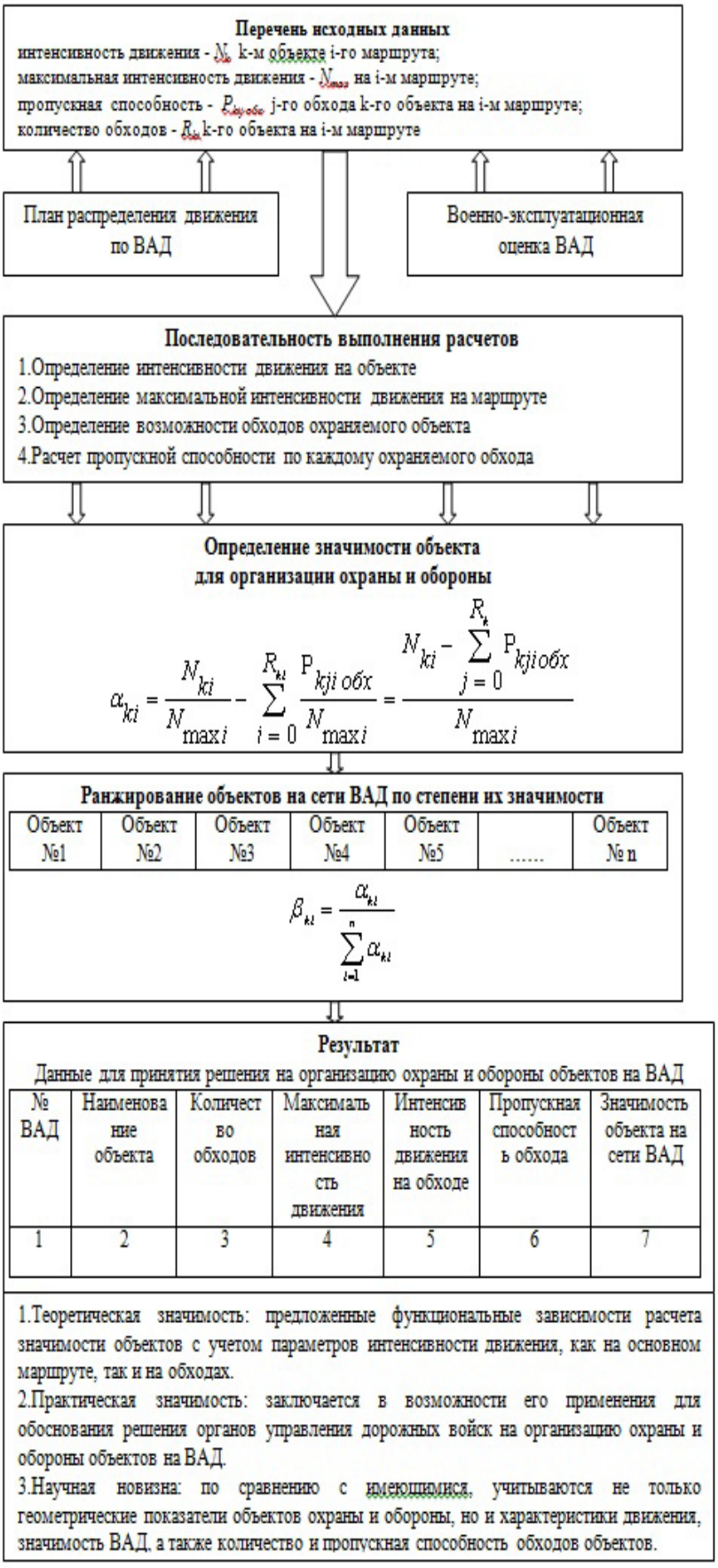


Рисунок 1 – Структура метода определения значимости объектов при организации охраны и обороны на ВАД

Данные, полученные в расчетах по формуле (1) дают возможность проанализировать распределенность интенсивности движения на выбранном анализируемом участке.

Обходы объекта устанавливается на основании данных дорожной разведки или по карте с их последующей разведкой. В качестве обходов используются существующие автомобильные дороги с техническими характеристиками, позволяющими обеспечить передвижение войск, соединений, частей и учреждений тыла своим ходом, а также подвоз и эвакуацию автомобильным транспортом [6-8]. Эксплуатационные показатели маршрутов выбранных в качестве обходов должны обеспечивать своевременность воинского движения. Удаление маршрута обхода от основного маршрута ВАД и его протяженность так же должны обеспечивать своевременность прибытия автомобильных колонн в назначенные пункты и районы [9-10].

Пропускная способность обхода определяется методами военно-эксплуатационной оценки автомобильных дорог, в зависимости от наличия времени может использоваться ускоренная или подробная ВЭО. Для расчета пропускной способности участков дорог с ограниченной шириной проезжей части, что характерно для наиболее уязвимых дорожных объектов, целесообразно воспользоваться следующей зависимостью согласно [7]:

$$N_{час} = \frac{1600 \cdot \vartheta_{ср}}{\lambda_р \cdot к_{эр}} \qquad (2)$$

где: $\vartheta_{ср}$ - среднетехническая скорость в к/ч ;

$\lambda_р$ - расстояние между автомобилями, соответствующее расчетной скорости движения;

$к_{эр}$ - коэффициент колонного построения;

При расчете пропускной способности дорог или участков, с ограничивающей шириной при ночном движении:

$$N_{час} = \frac{1070 \cdot M \cdot \vartheta_с \vartheta_ш}{0{,}67 \cdot M \cdot \lambda_{рш} + \lambda_к \cdot \vartheta_ш}, \qquad (3)$$

где: M – среднее количество автомобилей в колонне;

$\vartheta_ш$ допустимая скорость движения;

$\lambda_{рш}$ расстояние между автомобилями, соответствующее $\vartheta_ш$;

$\lambda_к$ - расстояние между колоннами.

Расчет значимости объектов определяется исходя из доли пропускаемого по нему движения (1,2) и наличия обходов этого объекта (3) (Значимость объекта может быть определена исходя из доли пропускаемого по нему движения) α_{ki} и наличия обходов этого объекта (рисунок 2).

Формулы (1) и (2) используются для расчета пропускной способности определенного участка военно-автомобильной дороги для понимания организации безопасности передвижения в узких (где возможно образование пробки, снижения скорости или риска полной остановки транспорта) с целью решения ликвидации таковых зон (согласно Степанову М.А). В зависимости (4) в числителе рассчитывается разность между интенсивностью движения на k-м объекте i-го маршрута при его нормальном функционировании и суммарной интенсивностью движения на обходах в случае его разрушения, а в знаменателе максимальная интенсивность движения на всем маршруте [9]. Это позволяет распределить количественное значение доли объемов движения недопропущенного на *k*-м объекте *i*-го маршрута в случае его разрушения.

$$\alpha_{ki} = \frac{N_{ki}}{N_{\max i}} - \sum_{j=0}^{R_{ki}} \frac{N_{kji\ обх}}{N_{\max i}} = \frac{N_{ki} - \sum_{j=0}^{R_k} N_{kji\ обх}}{N_{\max i}}, \qquad (4)$$

где N_{ki} – интенсивность движения на *k-м* объекте *i*-маршрута;

$N_{max\ i}$ – максимальная интенсивность движения на *i-м* маршруте;

$N_{kij\ обх}$ –пропускная способность по *j-му* обходу *k-го* на *i-* маршруте объекта в случае его разрушения, ($j = 0 \ldots R_k$);

R_{ki} – количество обходов *k-го* объекта на *i*-маршруте

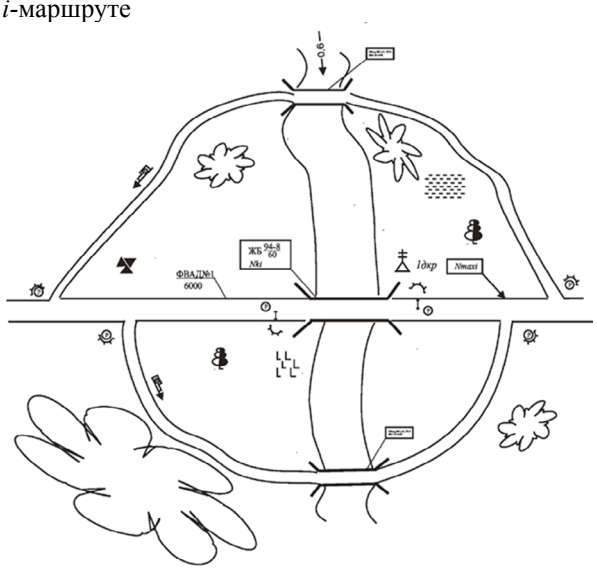


Рисунок 2 – Определение значимость объекта

Для ранжирования объектов применяются известные алгоритмы сортировки данных (по наибольшему или наименьшему значению).

Данные ранжирования сводится в таблицу в которой отражается: № ВАД, наименование объекта; количество обходов объекта и их пропускная способность; максимальная интенсивность движения по маршруту ВАД; интенсивность движения на объекте; пропускная способность каждого из обходов и результирующее значение значимости объекта с позиции организации его охраны и обороны. Предла-

гаемый метод отличается достаточной простотой и незначительной трудоемкостью. Вместе с тем в нем учтены не только показатели выполнения задач по организации движения, но значимость самих ВАД. В этом заключается новизна предлагаемого метода.

Выводы. Метод позволяет ответить на вопрос на каких из объектов охрана и оборона должна быть организована в первую очередь и в полном объеме, а на каких (при недостатке сил и средств) она может быть организована ограниченными силами и средствами или отсутствовать?

Однако для планирования и организации охраны и обороны этой информации недостаточно, необходимо знать степень гарантированности сохранения объекта мерами охраны и обороны, возможность стадийного наращивания сил и средств, маневра силами и средствами при изменении оперативно-тыловой обстановки. В связи с этим с особой остротой встает вопрос оценки эффективности мероприятий охраны и обороны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Анализ проблем тылового обеспечения войск в локальных конфликтах и методы их решения. СПб.: ВАТТ, 2001.
2. Информационный сборник Сухопутных войск 42. М.: Воентехлитиздат, 1985.
3. Организация восстановления ВАД. СПб.: ВАТТ, 2007.
4. Организация дорожного обеспечения операций. СПб.: ВАТТ, 2016.
5. Организация технического прикрытия ВАД. СПб.: ВАТТ, 2008.
6. Организация эксплуатации ВАД. СПб.: ВАТТ, 2008.
7. Разведывательная сводка №1 ВС Северо-Атлантического Союза и нейтральных государств на 1.01.2000 г. МГШ ВС РФ: ГРУ, 2000.
8. Тактика подразделений дорожных войск. СПб.: ВАМТО, 2015.
9. Балакина Е.В., Голубева Т.А., Мельников А.В. Положение зон разного трения в пятне контакта шины с дорогой и активная безопасность автомобиля. Под редакцией Е.В. Балакина, Т.А. Голубева, А.В. Мельников. Автомобильная промышленность. – 2016. – № 3. – С. 6–8.
10. Беляев В.А. Разработка методик и алгоритмов работы органов управления по оценке боевой устойчивости и организации комплексной защиты тыла объединения: дисс. … канд. воен. наук. Л., ВАТТ 1994.
11. Валиев Ш.Н., Кокодеева Н.Е., Карпеев С.В., Кочетков А.В. Основные направления совершенствования технического регламента таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог». Под редакцией Ш.Н. Валиева, Н.Е. Кокодеева, С.В. Карпеева, А.В. Кочеткова. Строительные материалы. – 2016. – № 3. – С. 56-–60.
12. Власенко С.В., Лазарчук В.С. Безопасность движения поездов: опыт железных дорог мира. Автоматика, связь, информатика. – 2015. – № 7. – С. 43–45.
13. Гайле А.О., Иванов А.В. Оценка инфраструктуры придорожного сервиса для повышения качества услуг и безопасности перевозок. Технико-технологические проблемы сервиса. – 2018. – № 1 (43). – С. 34-40.
14. Голдобин М. Безопасность на дорогах – в ногу со временем. Транспортная стратегия – XXI век. – 2015. – № 30. – С. 58–59.
15. Маткеримов Т.И., Кадыров Э.Т. Безопасность дорожного движения в пригороде в контексте системы «водитель-автомобиль-дорога среда». Вестник КГУСТА. – 2016. – № 1 (51). – С. 336–342.
16. Насонов Г.Ф. Инновационные направления развития инфраструктурного комплекса. Автоматика, связь, информатика. – 2019. – № 3. – С. 5–9.
17. Романчиков А. Безопасность железных дорог. Технологии и средства связи. – 2015. – № 1 (106). – С. 10-11.
18. Степанов М.А. Организация охраны и обороны ВАД на ТВД со слаборазвитыми коммуникациями: дисс. … канд. воен. наук. Л., ВАТТ 1983.
19. Трапезников А.А., Борисов Р.Э., Богоявленский Н.А. Повышение безопасности на автомобильных мостах и дорогах путем рационального подбора ограждений безопасности. Химия. Экология. Урбанистика. – 2018. – Т. 1. – С. 524–529.
20. Тройникова Е.Н. Подходы к управлению безопасностью транспортных процессов на железной дороге. Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2015. – № 1 (132). – С. 54–60.

Статья поступила в редакцию 07.07.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 331

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ РИСКОВ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО И ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В ООО «АНТЕЙ»

© 2019

Янчар Эдуард Владимирович, специалист-эксперт
ООО «Антей»
(344065, Россия, г. Ростов-на-Дону, улица 50-летия Ростсельмаша, 8В, e-mail: ededed1234@yandex.ru)

Аннотация. Улучшение управления производством на уровне организаций в рыночных условиях предполагает эффективную деятельность соответствующих руководящих систем, которые функционируют в своих сферах ответственности. Современный подход к организации работы в сфере охраны труда предполагает создание соответствующей системы управления. Методологической основой исследования является оценка управления профессиональными рисками. Работодатель обязан разрабатывать и внедрять мероприятия, обеспечивающие идентификацию рисков, оценку профессиональных рисков, подготовку и внедрение мероприятий по снижению профессиональных рисков, анализ их эффективности. Для этого работодатель должен иметь надежные и обоснованные способы определения уровня профессиональных рисков на каждом рабочем месте, а также иметь возможность их анализировать и, соответственно, управлять ими. Цель статьи определить вероятностный метод оценки рисков несчастных случаев на предприятии по производству машин и оборудования для сельского и лесного хозяйства в ООО «Антей». Основной задачей статьи является анализ методов оценки рисков несчастных случаев на предприятии по производству машин и оборудования для сельского и лесного хозяйства, как в теоретическом, так и в практическом плане с применением математического анализа. В работе рассмотрены основные факторы оценки рисков на предприятии ООО «Антей» где представлен выбор стратегии по управлению рисками и соответствующих решений по организации охраны труда на предприятии. Автор статьи показывает, что оценка условий труда определяется качеством и структурой реализации оценки рисков на предприятии. Результатом исследования автор считает получение оценочных коэффициентов рисков несчастных случаев на производственном предприятии и в перспективе применение разработанной методики на предприятиях с дифференцированными типами производства.

Ключевые слова: оценка рисков, профессиональный риск, вероятностный метод, машины и оборудование, эффективность, развитие.

APPLICATION OF A PROBABLE METHOD FOR ASSESSING THE RISKS OF ACCIDENTS IN THE ENTERPRISE FOR MANUFACTURING MACHINES AND EQUIPMENT FOR AGRICULTURE AND FORESTRY IN ANTEY LLC

© 2019

Yanchar Eduard Vladimirovich, expert
Antey LLC
(344065, Russia, Rostov-on-Don, 50th Anniversary of Rostselmash, 8V, e-mail: ededed1234@yandex.ru)

Abstract. Improving production management at the level of organizations in a market environment implies the effective operation of the respective governing systems that operate in their respective areas of responsibility. A modern approach to the organization of work in the field of labor protection involves the creation of an appropriate management system. The methodological basis for the functioning of such a system should be the assessment of occupational risk management. The employer is obliged to develop and implement measures to identify risks, assess professional risks, prepare and implement measures to reduce professional risks, and analyze their effectiveness. To do this, the employer must have reliable and reasonable ways to determine the level of professional risks at each workplace, as well as be able to analyze them and, accordingly, manage them. The paper discusses the main factors of risk assessment at the company "Antey" where the choice of risk management strategy and the corresponding decisions on the organization of labor protection at the enterprise is presented. The author of the article shows that the assessment of working conditions is determined by the quality and structure of the implementation of risk assessment in the enterprise. The prospect of the study, the authors consider the application of the developed methodology in enterprises with differentiated types of production.

Keywords: risk assessment, occupational risk, probabilistic method, machinery and equipment, efficiency, development.

Введение. В странах Европейского Союза правовой основой оценки профессиональных рисков является Директива по внедрению мероприятий по поддержки усовершенствований в сфере охраны здоровья и безопасности труда. Согласно этому, оценка рисков – это тщательное изучение факторов, которые при определенном виде деятельности могут причинить вред людям, с той целью, чтобы можно было оценить степень достаточности уже принятых решений или вводить дополнительные

меры возникновения травматизма [1,с.438].

Проблематика отрасли исследования лежит в недостаточном изучении проблемы оценочных факторов с точным математическим анализом, с целью получения коэффициентов вероятностного наступления события. В контексте данной статьи данная проблема будет глубоко изучена и решена. В результате, мы получим перечень точных коэффициентов (весовых, рисковых средневзвешенных, превышения рисковых средневзвешенных значений и общая бальная оценка).

Теоретической и методологической базой исследования стали основные методики оценки профессиональных рисков, правовая и законодательная базы по охране труда, научные труды отечественных и зарубежных ученых. Для решения теоретических вопросов использованы системный анализ, применен синергетический подход, метод научной абстракции. Прикладные аспекты изучения предмета осуществляли через ряд методов теоретического уровня (вероятностный метод) [2,с.37].

Анализ последних исследований и публикаций. Опыт функционирования системы управления охраны труда позволяет анализировать методические и процедурные средства, используемые в ее пределах с точки зрения их научной обоснованности и достоверности. Используемые методики оценки профессиональных рисков главным образом являются эмпирическими способами оценивания [3,с.175]. Их применение ориентировано на высококвалифицированных специалистов, которые за счет своего уровня квалификации способны компенсировать методологические недостатки [4,с.82]. Однако в случае массового внедрения концепции профессиональных рисков в соблюдении безопасности труда этого недостаточно. Законодательно определенное толкование термина профессиональный риск – это величина вероятности нарушения (повреждения) здоровья с учетом тяжести последствий в зависимости от воздействия факторов производственной среды и трудового процесса [5,с.54].

По аналогии с другими видами деятельности оценка профессиональных рисков может осуществляться качественными и количественными методами [6,с.40]. При этом качественные методы оценки риска используются для выявления и идентификации существующих причин и видов рисков, а количественные – для оценки частоты или вероятности определенных существенных последствий, возникших в результате этих рисков [7,с.45]. Конечно, количественные методы оценки более трудоемки, и их использование, как правило, связано с использованием специалистов различных отраслей. Однако, они имеют и ряд преимуществ:

1) во-первых, только количественно выраженные риски или их компоненты можно сравнить между собой;

2) во-вторых, оценка является воспроизводящей, то есть расчеты можно продублировать;

3) в-третьих, результаты, полученные путем расчетов, являются более объективными, по сравнению с качественным показателям.

Количественные методы оценки риска могут быть прямыми и косвенными. Прямые методы оценки риска предусматривают определение потенциальных опасностей, экспертные оценки вероятностей их проявления по разным причинам и степени тяжести последствий реализации каждого варианта. Косвенные методы оценки рисков не предусматривают непосредственного установления и идентификации опасностей на рабочем месте и во время выполнения производственных операций

Исходя из определения понятия “профессиональный риск” возможные вероятностные и эвристические подходы к оценке рисков [8,с.163]. Вероятностные подходы можно отнести к прямым методам, основой которых является идентификация потенциальных опасностей, оценка вероятности реализации каждой опасности и вероятной тяжести последствий их реализации. Такие расчеты необходимо осуществлять по каждой определенной опасности на каждом рабочем месте, и они требуют довольно кропотливого и детального анализа с использованием соответствующих математических средств и программного обеспечения. Их использование для целей обеспечения безопасности труда является достаточно трудоемким, так как расчеты необходимо осуществлять на основе многовариантных дифференциальных моделей.

Эвристические подходы к оценке рисков реализуются через качественную оценку и индексными методами, и их можно отнести к косвенным методам. Они, в отличие от предыдущего подхода, позволяют оценивать риски с минимумом расчетов, довольно быстро и просто, однако их достоверность зависит от правильности субъективной оценки различных факторов и интерпретации результатов [9-12].

В большинстве случаев в основе этих методов лежат так называемые “матрицы риска”, где исследуемые параметры устанавливаются по системе баллов или пунктов.

Формирование целей статьи. Нами были изучены методы оценки рисков на примере технологических организаций, которые используют систему охраны труда, а также других технологических организаций, которую ее используют и осуществляют консалтинговую и сертификационную деятельность по обеспечению внедрения этого стандарта. Для целей охраны труда важным является анализ рисков в краткосрочной перспективе, поэтому сложность процедуры оценки также является важным показателем.

Материал и результаты исследования. Как показывает анализ, в зависимости от представления сущности интегрированного показателя профессионального риска способы оценки можно разделить на следующие группы [13]:

1) интегрированный показатель профессионального риска является функцией вероятностных значений определенных аргументов;

2) интегрированный показатель профессионального риска отражается в качестве продукта (или системы);

3) интегрированный показатель профессионального риска является математической моделью для суммирования некоторых показателей.

Любой механизм оценки должен предусматривать установление общей номенклатуры, структуры и содержания показателей, требующих оценки. Обобщающие показатели, характеризующие профессиональные риски на рабочих местах, должны строиться на основе исходных, элементарных показателей (параметров), неразрывно объединенных в одно множество [14]. Такие показатели должны быть связаны с особенностями конкретного производства, технологии, действующей системы менеджмента, реальных условий труда, субъективными характеристиками работников

Поскольку природа рисков достаточно разнообразна и возникают они как от средств труда (инструментов, материалов, веществ), так и от характера производственных процессов и других объективных и субъективных факторов, поэтому их идентификация может базироваться на основе анализа [15]:

– вида деятельности;

– характеристики рабочего места;

– производственных условий (условия труда, безопасность оборудования, организации производственного процесса и т. п);

– процесса труда (соответствие процедур заложенным принципам предотвращения возникновения дополнительных рисков);

– социально-психологических факторов, вызывающих стресс на рабочем месте;

– сложности и организации труда (режим труда и отдыха работников и др);

– статистических данных о несчастных случаях, произошедших на производстве, и профессиональных заболеваниях;

– личных характеристик работника.

Определенные показатели необходимо сопоставить с базовыми (расчетными), регламентированными нормативно-правовыми актами, функционирующими в государственной системе охраны труда, местными нормативными актами, функционирующими в системах управления качеством или других обоснованных типологиях [16].

Все показатели могут быть использованы в абсолютном и относительном виде и, соответственно, измеряться в метрических единицах или баллах. Рассмотрим способы оценки и виды показателей, которые применяются в зависимости от характера интегрированного вероятностного показателя профессионального риска [17].

1. Интегрированный вероятностный показатель профессионального риска определяется как функция вероятностных значений аргументов. Поскольку профессиональный риск рассматривается как вероятностная величина, его оценку осуществляют в зависимости от определения вероятности реализации каждой опасности по различным вариантам (Р) и вероятной тяжести (С) последствий реализации каждого і-го варианта:

$$R = \sum_{i=1}^{n} P_1 C_1 \quad (1)$$

где R – интегрированный вероятностный показатель профессионального риска (вероятность возникновения), который складывается из суммарной вероятности (каждого из событий) двух составляющих показателей, что также являются вероятностями: P_1 – реализации опасности и C_1 – вероятностная тяжесть ожидаемых последствий.

Целесообразна также дальнейшая детализация этих показателей. Вероятность реализации опасности может характеризоваться совокупностью следующих показателей:

– частота и продолжительность действия опасности;

– вероятность возникновения опасной ситуации;

– возможность исключения или ограничения влияния опасности.

В свою очередь, частота и продолжительность воздействия опасности могут характеризоваться сочетанием следующих показателей:

– необходимость доступа к опасной зоне на различных этапах технологического процесса изготовления продукции (при ее производстве, хранении, монтаже, вводе в эксплуатацию, ремонте, техническом обслуживании);

– время, проведенное в опасной зоне;

– частота попадания в опасную зону.

Вероятность возникновения опасной ситуации может характеризоваться совокупностью следующих показателей:

– выбор субъекта управления (человек, машина);

– надежность элементов системы “человек – машина” (надежность оборудования, вероятность неправильных (ошибочных) действий работника);

– влияние внешних факторов на производственную социотехническую систему;

– соотношение возникающих рисков.

Во время выбора отдельных показателей вероятности возникновения опасной ситуации разрешается их характеристика только в пределах определенных категорий.

Возможность исключения или ограничения влияния опасности может характеризоваться совокупностью следующих показателей [18]:

– возможность реализации этой функции (возможно; возможно лишь при определенных условиях; невозможно);

– характеристики работников (скорость сенсорномоторных реакций, ответственность, квалифика-

ция, противодействие травмированию);

– характеристики предусмотренных средств предотвращения возникновения опасности (конструктивные мероприятия, обучение);

– скорость возникновения и развитие опасной ситуации;

– объем знаний работника об опасности возникновения риска (общая информация, непосредственное сообщение о данном риске);

– практический опыт и знания.

Вероятная тяжесть последствий может рассматриваться по трем составляющим – вред, причиненный работнику или другим лицам, имуществу, окружающей среде

В охране труда как правило отражен убыток, нанесенный работникам, который характеризуется следующими показателями [19]:

– вероятность наступления одного из видов повреждения здоровья;

– характер полученных повреждений;

– время потери трудоспособности;

– количество пострадавших (один человек, несколько человек).

Вероятность одного из вариантов травмирования характеризуется следующими показателями:

– повреждение частей тела;

– вероятность заболевания (профессиональные болезни, вызванное производственными условиями общее заболевание);

– вероятность отравления;

– возможность производственного стресса.

Характер полученных повреждений может характеризоваться следующими показателями:

– легкое или излечимое повреждение здоровья;

– тяжелое или неизлечимое повреждение здоровья (группы инвалидности);

– полное или смертельное повреждение.

Продолжительность нетрудоспособности может характеризоваться следующими показателями:

– без потери трудоспособности;

– с переводом не более легкий труд;

– временная потеря трудоспособности;

– постоянная нетрудоспособность.

Повреждение имущества рассматривается как совокупность показателей, распределенных по величине экономических потерь.

Экологические последствия характеризуются совокупностью показателей, распределенных в зависимости от уровня загрязнения окружающей среды (полное отсутствие загрязнения, выявленное во время регулярного мониторинга по результатам отдельных измерений или визуального осмотра) и площади распространения загрязнения в пределах санитарно-охранной зоны объекта, административного района, государства и т. д).

В случае, когда риск рассматривается как вероятностная величина, тогда основными показателями установления достоверности убытков, используемыми в системе охраны труда, являются [20]:

– общий коэффициент частоты травматизма ($К_{ch}$), который показывает количество несчастных случаев на тысячу среднестатистических работников за год;

– коэффициент частоты травматизма со смертельным исходом ($К_{chsn}$), который показывает количество смертельных несчастных случаев на тысячу работников;

– уровень профессиональных заболеваний, который показывает количество случаев с впервые установленными профессиональными заболеваниями на тысячу работников.

В некоторых методиках определения вероятностных характеристик, обычно ограничиваются установлением частоты несчастных случаев. При этом, следует отметить, что такие количественные показатели, по определению, имеют вероятностную основу, однако их прямое использование в качестве показателей производственных рисков в практике функционирования системы охраны труда является некорректным, поскольку частота не обязательно равна вероятности. Эти показатели могут быть достоверными только для крупных производственных социотехнических систем, когда используемые объемы выборки для их расчета являются репрезентативными. Поэтому, использование частоты несчастных случаев и профессиональных заболеваний работников в качестве показателей, характеризующих их вероятность, является необоснованным, так как эти показатели для систем такого масштаба статистически недостоверны.

2. Интегрированный показатель профессионального риска характеризуется показателями качества продукта. Согласно ISO 9001 (основным документом, регламентирующим принципы формирования всех систем управления качеством, в том числе и системы охраны труда), уровень безопасности (S) рассматривается как показатель качества объекта и может характеризоваться безразмерной функцией:

$$S_i = f(P_i P_i^{base}) \quad (2)$$

где P_i – показатель свойства (абсолютный); P_i^{base} – базовый показатель (абсолютный). Показатели качества рассчитываются на основе системы соответствия определенным базовым показателям (параметрам). При этом, виды функциональной зависимости могут быть разными. В то же время величиной, обратной уровню безопасности является профессиональный риск:

$$R_i = L - S_i \quad (3)$$

Такая характеристика позволяет рассматривать профессиональный риск в категориях системы качества. При этом базовые показатели качества, характеризующих профессиональные риски на рабочих местах регламентируются нормативными требованиями по охране труда. Для производственных факторов это могут быть максимально допустимые значения на рабочих местах. Поэтому, профессиональ-

ные риски выражаются в возможности проявления отклонений характеристики изделий, системы или производственного процесса от регламентированных. Априори, то есть, чем больше вероятность и масштаб возможных серьезных отклонений, тем больше риск. При этом, основной идеей является предположение, что выполнение всех нормативных требований по охране труда обеспечивает необходимый и достаточный для безопасности уровень профессионального риска на рабочем месте.

Данная оценка напрямую не связана с наличием и оценкой конкретных рисков на рабочем месте и базируется на предположении, что тяжесть последствий возможных опасностей уже учтена при формулировке нормативных требований по охране труда. В противном случае могут говорить лишь о несовершенстве самих установленных требований, что решается путем их улучшения.

3. Интегрированный вероятностный показатель профессионального риска характеризуется как математическая модель для суммирования некоторых составляющих показателей. Профессиональный риск (R) рассматривается как функция неограниченного количества некоторых показателей (K):

$$R_i = f(k_i)$$

В рамках данного способа могут использоваться различные эмпирические методы, разработанные авторами-практиками. Номенклатура показателей, с одной стороны, учитывает возможные рискоопасные факторы, однако с другой – она ничем теоретически не обоснована и формируется на основе существующих реальных возможностей и знаний конкретных авторов, а также организации работ по безопасности труда.

Как следствие, интегрированный вероятностный показатель профессионального риска может характеризоваться различными групповыми и обобщенными показателями, например:

– показатели связаны с вероятностными характеристиками профессиональных рисков – статистические данные об аварии, отказ оборудования, данные о зарегистрированных случаях профессиональных заболеваний, общего производственного травматизма, несчастных случаев с гибелью, частоты проявления рисков, продолжительности влияния рисков во время изменения;

– экономические показатели – данные о материальном ущербе от несчастных случаев на производстве, профессиональных заболеваний, аварий;

– показатели организационного обеспечения охраны труда – текущее состояние безопасности труда (число случаев нарушений требований по охране труда или период без установленных таких нарушений), наличие средств индивидуальной защиты, аттестация рабочих мест и полнота ее проведения на предприятии;

– показатели, характеризующие условия труда – классы условий труда по результатам аттестации, показатели профессионально обусловленных заболеваний;

– показатели, характеризующие состояние производства – технические условия, продолжительность эксплуатации;

– показатели, характеризующие «человеческий фактор» – квалификационный уровень работодателей и работников (количество квалифицированного персонала), уровень компетентности.

Принятие управленческих решений и регулирования производственных процессов с целью улучшения их безопасности должно базироваться на прогнозе.

Внедрение понятия управления профессиональными рисками позволит оперативно выявлять и предвидеть возможные ошибки и недостатки в организации безопасности труда, разрабатывать необходимые организационно-технические мероприятия, распространять приобретенный опыт. Метод оценки профессиональных рисков должен характеризоваться следующим:

– универсальностью технологии расчетов с учетом возможности возникновения новых потенциальных рисков;

– разрешением формирования интегрированных вероятностных показателей профессиональных рисков на отдельных рабочих местах;

– приведением данных оценки рисков в количественном виде;

– обеспечением достоверности расчетов с минимизированием их зависимости от субъективизма и компетентности специалистов, осуществляющих оценку;

– разрешением использования показателей в качестве объективной обратной связи с целью улучшения условий труда и снижения уровня профессиональных рисков на рабочих местах;

– возможностью воспроизведения оценок с указанной точностью (например, во время контролирования, в случае возникновения трудовых споров, при подтверждении соответствия установленным требованиям, а также при оценке эффективности проводимых мероприятий по управлению рисками).

Таблица 1 – Данные о количестве РМ цеха механической обработки металла, находящихся под воздействие вредных факторов

КУТ (ОВПФ)	2.0	3.1	3.2	3.3	3.4	4.0	Всего
Кол-во рабочих мест	8	3	7	-	4	-	22
Шум	1	3	-	-	-	-	4
Химический	-	3	-	-	-	-	4
Световая среда	1	3	-	-	-	-	4

Унификация методов оценки профессиональных рисков позволит сравнивать качественные характеристики работы сотрудников на различных рабочих местах и в различных производственных социотехнических системах между собой, а также со средними данными.

Единственная методика, при одинаковом перечне рискоформирующих факторов, обеспечит получение сопоставимых оценок уровня профессионального риска для различных предприятий. Для ООО «Антей» рассмотрим по данным структурных подразделений.

Произведем расчет рисков при воздействии шума.

Согласно таблице 1 и таблице 2, рассчитаем весовые коэффициенты для каждого класса условий труда (КУТ) по шуму:

$$K_{в2} = \frac{1}{4} = 0,25$$

$$K_{в3.1} = \frac{3}{4} = 0,75$$

Найдем значение средневзвешенного риска.

Таблица 2 – Этапы расчета риска

Формулы	Показатели для расчета $R_{соут}$
1. Расчет весового коэффициента: $K_{вi} = \frac{N_i}{N_{общ}}$	где N_i - количество рабочих мест с влиянием производственного фактора (КУТ, вид ОВПФ по КУТ), $N_{общ}$ - общее количество рабочих мест по оцениваемому фактору (КУТ, вид ОВПФ)
2. Расчет средневзвешенного значения риска: $\bar{R} = \sum_{i=1}^{n} K_{вi} \times X_i$	X_i – бальная оценка КУТ (вида ОВПФ по КУТ)
3. Расчет превышения величины средневзвешенного значения риска: $\overline{R_{прев}} = \sum_{j=1}^{n} K_{в\ прев\ j} \times X_{прев\ j}$	$K_{в\ прев\ j}$ – значение весового коэффициента КУТ (или ОВПФ по КУТ), бальная оценка которого, превышает среднее значение риска по шкале $X_{прев\ j}$ – бальная оценка условий труда по КУТ (или ОВПФ по КУТ), превышающего среднее значение по шкале
4. Расчет добавочной величины превышения средневзвешенного значения риска: $\overline{1R} = \frac{\overline{R_{прев}}}{\bar{R}}$	
5. Расчет итоговой величины риска: $R = \bar{R} + \overline{1R}$	

Таблица 3 – Бальная оценка КУТ

КУТ	2.0	3.1	3.2	3.3	3.4
Бальная оценка	2	3	4	5	6

С помощью исходных данных (таблица 1) и таблицы 3 произведем расчет:

$$\bar{R} = 0,25 * 2 + 0,75 * 3 = 2,75$$

Расчет превышения величины средневзвешенного значения риска:

$$\overline{R_{прев}} = 0,75 * 3 = 2,25$$

Расчет добавочной величины превышения средневзвешенного значения риска

$$\overline{1R} = \frac{2,25}{2,75} = 0,8$$

Расчет итоговой величины риска:

$R = 2,75 + 0,8 = 4,55$ – средний (существенный) риск

Итоговые значения расчета рисков занесены в таблицу 4.

Проанализируем полученные из расчета данные:

1. Итоговое значение риска по КУТ составляет 4,3 – высокий (непереносимый) риск.

2. Итоговое значение риска по шуму 3,55 – средний (существенный) риск.

3. Итоговое значение риска по химическому фактору 3,1 – средний (существенный) риск.

4. Итоговое значение риска по фактору световой среды 3,55 – средний (существенный) риск.

Наибольший риск наблюдается при воздействии шума и фактора световой среды.

Таблица 4 – Карта рисков СОУТ

Цех механической обработки металла ООО «Антей»		Общее количество рабочих мест	Количество работников, занятых на рабочих местах (чел.)	Стратегии управления рисками						Итоговые значения рисков (СОУТ)
				Сохранение уровня риска	Мероприятия по снижению риска		Незамедлительные меры по снижению риска и страхование		Страхование	
				Шкала оценки значимости уровней рисков						
				от 0 до 2	более 2 до 3	более 3 до 4	более 4 до 5	более 5 до 6	более 6 до 7	
Наименование факторов производственной среды и трудового процесса				Пренебрежимо малый (переносимый риск)	Малый (умеренный риск)	Средний (существенный) риск	Высокий (непереносимый) риск	Очень высокий (непереносимый) риск	Сверх высокий риск	
				1 и 2 класс	3.1 класс	3.2 класс	3.3 класс	3.4 класс	4 класс	
				Бальная оценка условий труда (по КУТ и ОВПФ), баллы						
				2	3	4	5	6	7	
Цех механической обработки металла										
Значения весовых коэффициентов условий труда (по КУТ)										
		22	30	0,36	0,14	0,32		0,32		4,3
Значения весовых коэффициентов условий труда (по ОВПФ)										
Акустические	Шум	4	4	0,25	0,75					3,75
Химический		4	4		1					3,1
Световая среда		4	4	0,25	0,75					3,75

Таблица 5 – Данные по ПК в цехе механической обработки металла

		Степень риска (баллы)							
№ п/п	Направления	1	2	3	4	5	6	7	∑
1	Документация.	1	2	1	1	-	-	-	5
2	Культура производства.	2	1	1	-	-	-	-	4
3	Безопасность технологического процесса.	2	1	3	1	1	-	-	8
4	Пожарная безопасность.	2	1	2	1	-	-	-	6
5	Безопасность оборудования.	1	1	1	1	-	-	-	4
6	Состояние зданий и сооружений.	1	1	2	-	-	-	-	4
7	Экологическая безопасность.	1	1	1	1	-	-	-	4
8	Электробезопасность.	2	1	3	2	2	-	-	10
Всего нарушений		12	9	14	7	3	-	-	45

Произведем расчет рисков по виду нарушения «документация». Согласно таблице 2 и таблице 5 рассчитаем весовые коэффициенты для каждого нарушения, выраженное в баллах по виду нарушения «документация»:

$$K_{в1,3,4} = \frac{1}{5} = 0,2$$

$$K_{в2} = \frac{2}{5} = 0,4$$

Найдем значение средневзвешенного риска.

С помощью исходных данных (таблица 7) произведем расчет:

$$\overline{R} = 0,2*1 + 0,4*2 + 0,2*3 + 0,2*4 = 3$$

Расчет превышения величины средневзвешенного значения риска:

$$\overline{R_{прев}} = 0,2*3 + 0,2*4 = 1,4$$

Расчет добавочной величины превышения средневзвешенного значения риска

$$\overline{1R} = \frac{1,4}{3} = 0,5$$

Расчет итоговой величины риска:

$R = 3 + 0,5 = 3,5$ – средний (существенный) риск.

Таблица 6 – Карта рисков ПК

Цех механической обработки металла ООО «Антей»	Кол-во нарушений по видам	Цех механической обработки металла							Итоговые значения рисков (ПК)
Виды нарушений		Бальная оценка тяжести последствий нарушения требований ОТ, баллы							
		1	2	3	4	5	6	7	
		Значения весовых коэффициентов (ПК)							
1. Документация	5	0,2	0,4	0,2	0,2				3,5
2. Культура производства	4	0,5	0,25	0,25					2,5
3.Безопасность технологического процесса	8	0,25	0,125	0,375	0,125	0,125			3,6
4. Пожарная безопасность	6	0,3	0,2	0,3	0,2				3,3
5. Безопасность оборудования	4	0,25	0,25	0,25	0,25				3,4
6. Состояние зданий и сооружений	4	0,25	0,25	0,5					3,1
7.Экологическая безопасность	4	0,25	0,25	0,25	0,25				3,4
8. Электробезопасность	10	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2			4,0
Всего нарушений	45	0,27	0,2	0,3	0,16	0,07			3,3

Выводы. Расчет рисков влияния (классов условий труда, вредных производственных факторов) проводится на основании практических результатов специальной оценке условий труда структурных подразделений. Особенность расчетной модели состоит в том, что при оценке рисков используются одновременно данные специальной оценке условий труда рабочих мест и производственного контроля. На основании полученных значений рисков и в соответствии с предложенной шкалой оценки значимости рисков, осуществляется выбор стратегии по управлению рисками и соответствующих решений по организации охраны труда на предприятии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Belitskaya M. (2018). Ecologically adaptive receptions control the number of pests in the ecosystems of transformed at the forest reclamation. World Ecology Journal, 8(2), 1–10.

2. Gribust I. (2018). Regulation of the state of plantings in the anthropogenically transformed territories: the principle of dendrological diversity. World Ecology Journal, 8(2), 11–21.

3. Kruzhilin S., Baranova, T., Mishenina, M., & Zaitseva, M. (2018). Regional specificity creation of protective afforestations along highways. World Ecology Journal, 8(2), 22–32.

4. Адилов У.Х. Опыт работы по оценке условий труда работников топливно-энергетического комплекса по материалам аттестации рабочих мест. Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 9. – С. 5.

5. Баскаков В.П., Ефимов В.И., Сенаторов Г.В. Методика оценки рисков аварий, инцидентов и несчастных случаев на производстве. Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях. – 2018. – № 9. – С. 43–48.

6. Иванов В.К. Мотивация оценки надежности при специальной оценке условий труда. Труды международного симпозиума Надежность и качество. – 2016. – Т. 2. – С. 197–198.

7. Карауш С.А., Герасимова О.О., Ковалев Г.И. К вопросу оценки профессионального риска в строительной отрасли. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. – № 3 (44). – С. 171–176.

8. Киселёва Ю.Ю., Гапонов В.Л. Повышение безопасности труда на основе управления профессиональными рисками. Вестник Донского государственного технического университета. – 2013. – Т. 13. – № 1-2 (70-71). – С. 76–85.

9. Меркулова А.Г., Калинина С.А. Оценка фактора напряженности труда в рамках специальной оценки условий труда. Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 9. – С. 126.

10. Минаева И.А., Смирнов М.И. Использование дополнительных акустических показателей при оценке условий труда работников нефтегазовой отрасли. Безопасность жизнедеятельности. – 2018. – № 12 (216). – С. 11–15.

11. Никулин А.Н., Самолётова К. Оценка рисков на предприятии. Проблемы современной науки и образования. – 2017. – № 7 (89). – С. 38–40.

12. Рахманов Р.С., Гаджиибрагимов Д.А., Бахмудов Г.Г., Аликберов М.Х., Тарасов А.В. К вопросу об оценке условий труда на открытой территории в зимний период года. Гигиена и санитария. –2019. – Т. 98. – № 4. – С. 424–427.

13. Рудченко И.И., Загнитко В.Н., Енина А.И., Боярина А.В. Анализ условий труда на строительных объектах агропромышленного комплекса, научные подходы к оценке травматизма. Чрезвычайные

ситуации: промышленная и экологическая безопасность. – 2017. – № 2 (30). – С. 95–106.

14. Рудченко И.И., Загнитко В.Н., Енина А.И., Боярина А.В. Анализ условий труда на строительных объектах агропромышленного комплекса, научные подходы к оценке травматизма. Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. – 2017. –№ 1 (29). – С. 121–132.

15. Стасева Е.В., Сазонова А.М. Результаты специальной оценки условий труда в основе оценки профессионального риска. Кадровик. – 2018. – № 12. – С. 88–91.

16. Чернышенко О.В., Занина И.А. Специальная оценка условий труда и оценка профессионального риска в системе управления охраной труда. Научно-методический электронный журнал Концепт. – 2017. – № S7. – С. 11–14.

17. Чудова Е.А. К вопросу о специальной оценке условий труда. Законодательство. – 2016. – № 2. – С. 76–80.

18. Чудова Е.А. Некоторые проблемы применения законодательства о специальной оценке условий труда. Трудовое право в России и за рубежом. –2015. – № 2. – С. 50–53.

19. Чуранова А.Н. Обоснование оценки профессионального риска по показателям производственного травматизм. Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях. – 2014. – № 8. – С. 32–39.

20. Эйсак М.Д. К вопросу об ответственности организации, осуществляющей специальную оценку условий труда при признании недействительными результатов оценки. Знание. – 2019. – № 1–1 (65). – С. 120–124.

Статья поступила в редакцию 07.07.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 614.87

ИНДИКАТОРНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ДЕЗИНФЕКЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБЪЕКТОВ ВЕЩЕСТВАМИ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ХАРАКТЕРА

© 2019

Пашинин Валерий Алексеевич, доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Химия и инженерная экология»
Российский университет транспорта (МИИТ), Минтранс РФ,
(127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр.9, e-mail: info@rut-miit.ru)
Зубрев Николай Иванович, кандидат технических наук,
профессор кафедры «Высшая математика и естественные науки»
Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ)), Российская открытая академия транспорта
(125190, Россия, г. Москва, Часовая ул., 22/2, e-mail: nZubrev@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)
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)
Леонова Данута Амброжьевна, старший преподаватель кафедры «Физики и строительной динамики»
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, e-mail: danuta1960@yandex.ru)

Аннотация. Представлен материал по разработке индикаторного устройства для экспресс-определения действующего вещества дезинфектантов окислительного характера на поверхностях объектов. О полноте дезинфекции предлагается судить по сохранению остаточного количества дезинфицирующих веществ на поверхностях объектов транспорта спустя 0,5-1 час после проведения дезинфекции. Наличие дезинфицирующего вещества окислительного характера на поверхности объектов может быть определено с помощью аэрозольного устройства (АУ) с индикаторной рецептурой, наносимой на обследуемую поверхность. В качестве материалов и методов исследования рассматриваются известные конструкции аэрозольных устройств и методы распыления индикаторных рецептур на поверхность объектов транспорта. Описывается известные устройства и методы контроля качества дезинфекции веществами окислительного характера. Обосновываются требования к средству и методу экспресс-обнаружения остаточного количества дезинфицирующих рецептур на поверхности объектов транспорта и пути разработки такого средства, соответствующего данным требованиям. Аэрозольное устройство должно действовать на горизонтальных, наклонных и вертикальных поверхностях. Используемый способ орошения анализируемой поверхности с помощью аэрозольного устройства должен обеспечивать получение монодисперсного аэрозоля индикаторной рецептуры. Показано, что применение средств экспресс-обнаружения качества дезинфекции поверхностей объектов транспорта позволит избежать использования сложных и дорогостоящих способов аналитического контроля технического состояния поверхностей и сократить необходимый объём специальной обработки. Сформулированы эксплуатационные и аналитические требования для разрабатываемого средства скрининга – устройства экспресс-обнаружения качества дезинфекции веществами окислительного характера на поверхностях различных объектов транспорта. Установлена необходимость обязательного подбора условий работы окислительно-восстановительных индикаторов и средства их нанесения на поверхности для соответствия сформулированным требованиям. Предложена конструкция аэрозольного устройства для экспресс-обнаружения качества дезинфекции поверхностей объектов, обеспечивающая нанесение монодисперсной струи мелкодисперсного аэрозоля индикаторной рецептуры на основе раствора йод-крахмального индикатора. В качестве материала аэрозольного устройства для изготовления корпуса и деталей насоса-распылителя аэрозольного устройства выбрана композиция из 55…65 мас.% полиэтилена низкой плотности (ПЭНП) и 35…45 мас.% полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) полиэтилен высокой плотности, обеспечивающая достаточную жёсткость конструкции флакона и ограничивающий воздухообмен с окружающей средой. Распыление осуществляется путём многократного нажатия на головку распылительного устройства за счёт создания вакуума внутри флакона. В качестве индикаторной рецептуры выбран индикаторный состав, в основе которого лежит йод-крахмальная реакция. Экспресс-обнаружение полноты дезинфекции рекомендовано осуществлять спустя не менее 0,5- 1,0 часа, после проведения обработки поверхности дезинфицирующими веществами окислительного характера. При этом о полноте дезинфекции судят по наличию индикационного эффекта – синему окрашиванию поверхности объекта после нанесения индикаторной рецептуры. Стабильность индикаторной рецептуры при хранении сохраняется в течение не менее 2 лет. В статье приведены результаты исследований по обоснованию требований и выбору мето-

да экспресс-обнаружения качества дезинфекции поверхностей объектов транспорта дезинфицирующими рецептурами окислительного характера путём мелкодисперсного распыления индикаторного раствора на основе йод-крахмальной реакции спустя не менее 0,5-1,0 часа после проведения дезинфекции, а также предложена конструкция аэрозольного устройства для осуществления данного метода.

Ключевые слова: аэрозольное устройство; дезинфицирующие вещества окислительного характера, индикаторная рецептура; качество дезинфекции, полиэтилен высокой плотности, полиэтилен низкой плотности, определение полноты дезинфекции.

EKSPRESS DISPLAY DEVICE-DETECTION OF DISINFECTION QUALITY OF SURFACES OF OBJECTS OF TRANSPORT SUBSTANCES OXIDATIVE NATURE

© 2019

Pashinin Valeriy Alekseevich, doctor of Federal State Institution of Higher Education
Russian University of Transport (RUT – MIIT), the Ministry of transport of the Russian Federation, 127994, Russia, Moscow, Obraztsova St., 9, building 9, e-mail: info@rut-miit.ru)
Zubrev Nikolay Ivanovich, candidate of technical Sciences,
Professor "Higher mathematics and natural sciences"
Russian University of transport (RUT (MIIT)), Russian open Academy of transport (125190, Russia, Moscow, Chasovaya St., 22/2, e-mail: nZubrev@mail.ru)
Panfilova Marina Ivanovna, candidate of chemical Sciences, associate Professor of the department «Physics and building aerodynamics»
National research Moscow State University of civil engineering (129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, e-mail: 012340@mail.ru)
Efremova Saniya Yunusovna, doctor of biological sciences, Professor,
Professor of the Department "Biotechnologes and tehnosfere safety"
Penza State Technological University (440039, Russia, Penza, proyezd Baydukova/Gagarina St., 1A/11, e-mail: s_sharkova@mail.ru)
Leonova Danuta Ambrogiana, senior lecturer of the department «Physics and building aerodynamics»
Moscow State University of Civil Engineering (MGSU) (129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye Shosse, 26, e-mail: danuta1960@yandex.ru)

Abstract. On the completeness of disinfection is invited to judge on the preservation of residual quantity of disinfectants on surfaces of objects of transport 0.5 later -1 hour after disinfection. The presence of the disinfectant substances oxidative nature on the surface of objects can be determined using an aerosol device (AU) with indicator formula applied to surveyed surface. As the materials and methods of research are considered known design of aerosol devices and methods of spray indicator formulas on surface transport facilities. Describes the known design of aerosol devices and methods for quality control of disinfection substances oxidative in nature. Requirements are justified and express method detection of residual quantity of disinfectant formulations on the surface of objects of transport and the development of appropriate data requirements. Aerosol device must operate on horizontal, inclined and vertical surfaces. Irrigation technique to use the analyzed surface using an aerosol device must generate monodisperse aerosol indicator formula. It is shown, that application of the quality detection express disinfection of surfaces of objects of transport will avoid the use of complex and costly methods of analytical control of technical state of surfaces and reduce the amount of required special handling. Formulated performance and analytical requirements for your screening tools-express-quality detection of disinfection substances oxidative nature on surfaces of different transport facilities. Establishes the necessity of obligatory selection of working conditions redox indicators and tools applied to a surface to match the requirements. The construction of the aerosol device for detection of disinfection quality express surfaces of objects providing drawing Jet monodispersnoj fine-dispersed aerosol indicator formulation based on a solution of iodine-starch indicator. As a material of an aerosol device for body parts and pump-spray aerosol device selected composition of 55 ... 65% of low density polyethylene (LDPE) and 35 ... 45% of high density polyethylene (HDPE) high density polyethylene, providing sufficient stiffness design of the bottle and the bounding breathability with Wednesday. Spraying is carried out by pressing spray head devices by creating a vacuum inside the bottle. As an indicator the indicator selected recipe composition based on iodine-starch reaction. Express-determination of completeness of the disinfection recommended that after at least 0.5-1.0 hours after carrying out surface disinfectants oxidative in nature. The fullness of the disinfection is judged by the presence indication effect-blue discoloration of the surface of an object after applying the indicator formulation. Stability indicator formulation during storage shall be maintained for a period of not less than 2 years. In the article the results of research on the requirements and selection method of quality detection express disinfection of surfaces of objects of transport disinfectant recipes oxidative nature through fine spraying a tracer solution based on iodine-starch reaction after no less than 0.5 -1.0 hours after disinfection, as well as the construction of the aerosol device for the implementation of this method.

Keywords: aerosol device disinfectants oxidative nature, display the recipe; the quality of disinfection, high density polyethylene, low density polyethylene, completeness of disinfection.

Введение. Согласно существующим требованиям [1] дезинфекционная обработка поверхностей должна проводиться с учетом установленных норм их расхода рецептуры на единицу площади в зависимости от вида заражения: спорообразующими или неспорообразующими формами микроорганизмов. Невыполнение требований по нормам расхода дезинфектантов и времени проведения дезинфекции приводит к наличию остаточной обсемененности объектов, что наравне с необработанными поверхностями может служить источником инфицирования [2–7]. Поэтому о полноте дезинфекции предлагается судить по сохранению остаточного количества дезинфицирующих веществ на поверхностях объектов спустя 0,5-1 час после проведения дезинфекции. Наличие дезинфицирующего вещества окислительного характера на поверхности объектов предлагается определять с помощью аэрозольного устройства (АУ) с индикаторной рецептурой, наносимой на обследуемую поверхность. В связи с этим разработка средств экспрессного определения наличия дезинфицирующих веществ на поверхностях объектов представляет собой актуальную задачу. Выбор материалов и конструкции аэрозольного устройства, а также метода нанесения индикаторной рецептуры на обследуемую поверхность составляла предмет настоящей статьи.

Материалы и методы исследования. В современной аналитической практике для экспресс-тестирования выбираются методы, позволяющие быстро и просто приводить к появлению четкого окрашивания [8]. Следует отметить, что при использовании этих методов на транспорте часто необходимо учитывать осложнения при проведении анализа. Это связано с тем, что экспресс- определение приходится проводить на твёрдых покрытиях имеющих разную цветовую окраску, часто загрязненных продуктами коррозии и в широких диапазонах рабочих температур [9]. Используемое индикаторное вещество должно быть устойчиво по отношению к влаге, температуре, органическим растворителям и топливам, а также сохранять свою герметичность при эксплуатации в условия повышенной агрессивности и при длительном хранении. Кроме того, оно должно быть нетоксично для человека и объектов окружающей среды [10,11].

Вещества окислительного характера обычно определяются по измерению окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) индексацией потенциала окислительно-восстановительного (редокс) электрода относительно электрода сравнения. Такой способ определения требует громоздкого оборудования, а именно потенциометров, подготовки электродов для анализа, калибровки и отбора пробы. Проведение мероприятий по подготовке отобранных проб для анализа требует осуществление контакта с оператором, что создают опасность для него в условиях угрозы, развития или ликвидации чрезвычайных ситуаций. Поэтому использование этого метода для проведения экспресс- метода затруднительно и малоэффективно [12–15].

Для определения качества дезинфекции поверхностей объектов загрязненных веществами окислительного характера используют также растворы различных индикаторов. В качестве индикаторов используются такие красители как, например, нейтральный красный, который в окислительной среде изменяет окраску с бесцветной на красную или индиготетрасульфоновая кислота – из бесцветной в синюю окраску, и т.п. [16,17]. Однако применение их также имеет ряд недостатков. К ним относятся сложная процедура приготовления для анализа небольшие сроки хранения (не превышающие 1-3 месяца), необходимость использования дополнительного оборудования и способность разлагаться под действием загрязнений, а также оказывать токсическое действие на человека и окружающую среду**.**

Более перспективным относится индикатор на основе иод-крахмального комплекса с образованием яркоокрашенных комплексов синего или сине-фиолетового цвета в присутствии свободного йода I_2 или комплексного трийодид-иона в растворе I_3^-. Раствор крахмала, содержащий небольшие количества йодид-ионов I^- и I_2 (I_3^-) используют как общий окислительно-восстановительный индикатор при обнаружении сильных окислителей и определении их концентраций методом титрования (йодометрия).

Изменение окраски определяется только потенциалом системы. В отсутствие веществ окислительного характера в растворе E < 0,54 В он бесцветен, при попадании сильных окислителей потенциал возрастает, происходит окисление йодид-ионов до свободного йода I_2 (I_3^-): $2I^- - 2e = I_2$, или $3I^- - 2e = I_3^-$ и проявляется яркое окрашивание иод-крахмального комплекса [12,16].

Качественный анализ присутствия окислителей проводят без добавки свободного йода. Следует отметить, что при его выполнении нет необходимости в использования дополнительного оборудования, а само определение может осуществляться простым добавлением или нанесением раствора индикатора на анализируемую поверхность**.** Индикатор на основе иод-крахмального комплекса является эффективным и не оказывает отрицательного воздействие на операторов. Однако при работе с таким индикатором возникают ряд трудностей ограничивающих его применение на практике. К ним относятся необходимость использования сильных кислот [18], ускоряющих реакцию, короткие сроки хранения реактива из-за ретрогадации (коагуляции и седиментации) растворенного крахмала [19-20].

Для экспресс-определения дезинфицирующих веществ окислительного характера, более практичным является использовать аэрозольное распыление индикаторной рецептуры, позволяющее обеспе-

чить однородность факела распылителя на анализируемую поверхность, в том числе с разным углом наклона.

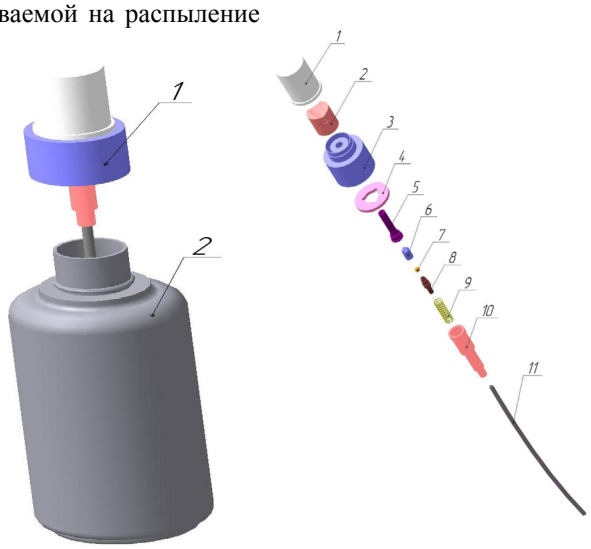
Целью является выбор конструкции аэрозольного баллончика для простого в обращении и безопасного для операторов и окружающей среды экспресс-метода определения дезинфицирующих веществ окисляющего действия, на различных видах транспорта**.**

Применяемые в настоящее время металлические аэрозольные баллончики с повышенным внутренним давлением, используются для распыления легкосжижающихся фреоновых и углеводородных пропеллентов одноразово, так как перезаряка их невозможна. Однако их предпочитают не использовать на транспорте и в аварийных ситуациях, так как они не предназначены для работы при температурах выше 40÷50°С и содержат опасные для окружающей среды (ОС) взрывоопасные вещества [24,25].

Существуют и другие многократно используемые распыляющие устройства применяемые для бытовых и технических нужд и не требуют заполнения взрывоопасными газами. Недостатками таких устройств является необходимость предварительного нагнетания воздуха в емкость, что приводит к нестационарному напору подаваемой на распыление жидкости и увеличивает время подготовки устройства к работе [27,28].

В статье предложена оригинальная конструкция аэрозольного устройства (АУ), наиболее соответствующая сформулированным требованиям (таблица 1). Устройство состоит из двух составных частей (рисунок 1 а) – насоса-распылителя 1 и флакона 2. В свою очередь, насос-распылитель (рисунок 1 б) состоит из: колпачка 1, кнопки 2, корпуса насоса-распылителя 3, прокладки 4, поршня 5, корпуса запорного устройства 6, шарика запирающего 7, основания запорного устройства 8, пружины 9, корпуса клапана 10, трубки заборной 11. Необходимое для распыления индикаторной рецептуры давление создается нажатием на кнопку 2 насоса-распылителя. За одно нажатие кнопки 2 происходит распыление (1±0,05) мл жидкости при полной емкости флакона 150 мл. Такой расход позволяет достичь порядка 100 определений без его перезарядки.

Конструкция насоса-распылителя защищена колпачком от случайного срабатывания, обеспечивает защиту содержимого от попадания пыли и брызг и позволяет удобно переносить устройство в карманах спецодежды, рюкзаках и укладочных сумках.



(а) **(б)**

Рисунок 1 – Конструкция аэрозольного устройства (АУ),
а) 1 – насос-распылитель, 2 – флакон; б): 1 – колпачок, 2 – кнопка, 3 – корпуса насоса-распылителя, 4 – прокладка, 5 – поршень, 6 – корпус запорного устройства, 7 – шарик запирающий, основание запорного устройства, 9 – пружина, 10 – корпуса клапана, 11 – трубка заборная

Оптимальным вариантом для изготовления флакона и насоса-распылителя для рецептур на водной и спиртовой основе композиция из 55…65 мас.% полиэтилена низкой плотности (ПЭНП) и 35…45 мас.% полиэтилена высокой плотности (ПЭВП). Выбор этого такой композиции объясняется более надежностью герметичности упаковки.

Разработан макетный образец аэрозольного устройства для определения дезинфицирующих веществ окислительного характера [29-33]. Аэрозольное устройство позволяет проводить быстрый качественный анализ на наличие веществ окислительного характера (т.е. веществ, содержащие активный хлор, перекись водорода и другие). В основе действия устройства лежит окислительно-восстановительная реакция, протекающая при взаимодействии окислителей с раствором йодистого калия и крахмала и приводящая к появлению характерного синего окрашивания комплекса образующегося йода с крахмалом.

Аэрозольное устройство изготовлено из материалов, стойких к индикаторной рецептуре. Преимущества достигается путем:

– более долгого срок хранения индикаторной рецептуры, которое составляет более двух лет;

– отсутствием необходимости использования дополнительных реактивов;

– отсутствием необходимости непосредственного контакта оператора с анализируемой поверхностью;

– многократностью использования одной упаковки;

– сохранением работоспособности в интервале температур от – 5 до + 40°С;

– обеспечением большей площади контроля;

– отсутствием применения фреона с его озоноразрушающим потенциалом;

– аэрозольное устройство изготовлено из полимерных материалов и является коррозионно-устойчивым и ударопрочным;

– не требуется отбор проб с последующей их обработкой и анализом в специализированной лаборатории;

– удобство и безопасность в использовании;

– позволяет проводить экспресс-обнаружение на вертикальных, наклонных и горизонтальных поверхностях.

Выводы. В результате проведённых иссле-дований показано, что применение средств экспресс-определения качества дезинфекции поверхностей объектов транспорта позволит избежать использования сложных и дорогостоящих способов аналитического контроля технического состояния поверхностей и сократить время анализа. На основе анализа свойств ряда индикаторов и средств их нанесения на поверхность предложена конструкция аэрозольного устройства для экспресс-обнаружения качества дезинфекции поверхностей объектов, предполагающая нанесение индикаторной рецептуры на основе раствора йод-крахмального индикатора с помощью подобранного аэрозольного устройства. Конструкция предложенного устройства в наибольшей степени удовлетворяет выявленным требованиям. Подобраны оптимальные материалы для изготовления аэрозольного устройства: для изготовления корпуса и деталей насоса-распылителя аэрозольного устройства – композиция из 55…65 мас.% полиэтилена низкой плотности (ПЭНП) и 35…45 мас.% полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) за исключением шарика и пружины, изготовленных из нержавеющей стали. Получение монодисперсной струи мелкодисперсного транспорта аэрозоля обеспечивается за счет создания вакуума в аэрозольном устройстве при многократном нажатии на головку распылителя.

Таким образом, в данной статье приведены результаты исследований по обоснованию требований и выбору метода экспресс-определения качества дезинфекции поверхностей объектов транспорта дезинфицирующими рецептурами окислительного характера путём мелкодисперсного распыления индикаторного раствора на основе йод-крахмальной реакции, а также предложена конструкция аэрозольного устройства для осуществления данного метода. Перспективы дальнейших изысканий данного направления состоят в практическом применении полученных результатов для разработки средства экспресс-определения полноты дезинфекции поверхностей различных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2008 № 4 (ред. от 02.06.2009) «Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил СП 1.3.2322-08» (вместе с «Безопасность работы с микроорганизмами III – IV групп патогенности (опасности) и возбудителями паразитарных болезней. Санитарно-эпидемиологические правила. СП 1.3.2322-08»).

2. Поляков А.А. Ветеринария и дезинфекция. – М.: Колос, 1975, 560 с.

3. Marriott N., Schilling, W., Gravani, R.B. Principles of Food Sanitation // Springer International Publishing, 2018, 437 pp., ISBN 978-0-387-25025-0.

4. Quality Control in Toxicology // Ed. G.E. Paget Springer International Publishing, 1977, 128 pp., ISBN 978-9-401-17184-7.

5. Wetherill G. Barrie. Sampling Inspection and Quality Control // Springer International Publishing, 1977, 146 pp., ISBN: 978-0-412-14960-3.

6. Regli S. “Disinfection requirements to control for microbial contamination,” in Regulating Drinking Water Quality, C. E. Gilbert and E. J. Calabrese, Eds., Lewis, Mich, USA, 1992.

7. Otaki M., Hirata, T. and Ohgaki, S. “Aqueous microorganisms inactivation by photocatalytic reaction,” Water Science and Technology, vol. 42, no. 3-4, pp. 103–108, 2000.

8. Золотов, Ю.А. Химические тест-методы анализа / Ю.А. Золотов, В.М. Иванов, В.Г. Амелин. – М.: Едиториал УРСС, 2002.

9. Семин А.А., Пашинин В.А., Назаров В.Г. Средства экспресс-обнаружения токсичных химикатов и взрывчатых веществ на поверхностях объектов: Сборник докладов Второго Московского научного форума. 2005 г. Москва, ОАО «МКНТ», 2005.

10. Пашинин В.А., Семин А.А., Фадеев М.В. Аналитическая система оперативного выявления опасных веществ на объектах железнодорожного транспорта. Наука и техника транспорта, 2011; №1: С.8–11.

11. Пашинин В.А., Мчедлидзе М.Т., Фадеев М.В. Экспресс-поиск взрывчатых веществ. Мир транспорта, 2009; № 3. С.130–133.

12. Отто, М. Современные методы аналитической химии. Пер. с нем. под ред. А.В. Гармаша. М.: Техносфера; 2008.

13. Новый справочник химика и технолога.

Электродные процессы. Химическая кинетика и диффузия. Коллоидная химия - С.-Пб: АНО НПО «Профессионал», 2004.

14. ОВП-метры [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.pitvoda.ru/catalogue.php?sid=24.

15. ОВП метры [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.ecounit.ru/sect_4.html.

16. Аналитическая химия. Химические методы анализа / под ред. О.М. Петрухина. – М.: Химия, 1992.

17. Золотов Ю.А., ред. Аналитическая химия. практическое руководство: Учеб. пособие для вузов. М.: Высш. шк., 2001.

18. Бишоп Э., ред. Индикаторы. Т.1.пер. с англ. М.: Мир; 1976.

nanocomposite films for food packaging applications. Food Chem 93:467–474.

19. Avella M, De Vlieger JJ, Errico ME, Fischer S, Vacca P, Volpe MG (2005) Biodegradable starch/clay

20. Smits ALM, Ruhnau FC, Vliegenthart JFG (1998) Ageing of starch based systems as observed by FT-IR and solid state NMR spectroscopy. Starch 50(11–12):478–483.

22. Яковишин Л.А. Избранные главы биоорганической химии. – Севастополь: Стрижак-пресс, 2006.

23. Уистлер Р.Л., ред. пер. с англ. под ред. Н.К. Кочеткова. М.: Мир, 1967.

24. Аэрозольные баллончики и комплектующие для их изготовления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mmk-luch.ru/information/aerosol.

25. Пашинин В.А., Косырев П.Н., Дружинин А.А. и др. Аэрозольная упаковка. Свидетельство на полезную модель 6385. Приоритет от 16 апреля 1998 г. (РФ).

26. Aerosol drawing type [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Файл:Aerosol_drawing_type_ru.svg)

27. Промышленные распылители. http://www.euro-pressol.ru/dir/116).

28. Семин А.А., Пашинин В.А., Лукьяненко Г.П. Малозатратные средства экспресс-обнаружения СДЯВ. Научная конференция «Методы оценки экологической обстановки на военных объектах»: Тезисы докладов, Москва, ноябрь 2004 г. М.: ЭЦ МО РФ, 2004.

29. Фадеев М.В. Разработка средства экспресс-обнаружения веществ окислительного характера на поверхностях объектов железнодорожного транспорта: дисс. канд. техн. наук, М., МИИТ; 2012 г.

30. Садыков Н.И., Сибгатуллин Р.С., Филиппова С.И. Способы приготовления и определения концентрации рабочих растворов дезинфицирующих препаратов. Контроль качества проведенной дезинфекции // Методические указания для студентов факультета ветеринарной медицины. Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. Казань, 2003, 30 с.

31. Фадеев М.В. Экспресс-обнаружение вредных веществ на железнодорожном транспорте с помощью аэрозольных устройств // TRANS-MECH-ART-CHEM: Тр. V междунар. науч.-прак. конф. – М.: МИИТ, 2008. – С. 230–231.

32. Фадеев М.В. Аэрозольное устройство для экспресс-обнаружения веществ окислительного характера на поверхностях объектов // Тр. науч.-прак. конф. «Наука МИИТа – транспорту». – М.: МИИТ, 2009. – С. IV–18 – IV–19.

33. Фадеев М.В. Система средств оперативного обнаружения опасных веществ на объектах железнодорожного транспорта / В.А. Пашинин, А.А. Семин, М.В. Фадеев // Научно-педагогические проблемы транспортных учебных заведений: Мат. междунар. науч.-прак. конф. –М.: МИИТ, 2012. – С. 181–186.

Статья поступила в редакцию 10.08.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 622.8

ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ТРУДА НА РУДНИКЕ «ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНЫЙ»

© 2019

Чемезов Егор Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
«Техносферная безопасность» горного института
Северо-Восточный Федеральный Университет им. Аммосова
(677000, Россия, Республика Саха (Якутия), ул. Кулаковского 50)
Федоров Константин Константинович, аспирант
кафедры «Техносферная безопасность» горного института
Северо-Восточный Федеральный Университет им. Аммосова
(677000, Россия, Республика Саха (Якутия), ул. Кулаковского 50, e-mail: kfk6@mail.ru)

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы обеспечения безопасности на руднике «Интернациональный». Причины несчастных случаев подразделяются на объективные и субъективные. К объективным относятся: организационные причины, вызванные недостатком в обучении, инструктаже, неправильная организация рабочих мест, контроля и профилактики, отсутствие или неприменение средств индивидуальной защиты. Технические причины, зависящие от «несовершенства» технологических процессов, конструктивных недостатков и технического состояния оборудования, зданий и сооружений, инструментов и несоблюдения сроков ремонта и др. Субъективными причинами являются личностные (психологические и психофизиологические) причины, приводящие к ошибочным действиям человека. Это - высокая тяжесть и напряженность трудового процесса, повышенная утомляемость, невнимательность, монотонность, несоответствие характера человека выполняемой работе. Примерно третья часть всех смертельных несчастных случаев происходит вследствие обрушений, что является следствием несоблюдения паспортов крепления или их несоответствия горно-геологическим условиям. Одна четвертая часть смертельного травматизма приходится на транспорт вследствие его механического воздействия на человека. Четвертое место по значимости среды причин травматизма принадлежит взрывам газа (метана) и пыли. Весьма опасными факторами являются взрывные работы и электрический ток. Наиболее вредными для здоровья работающих факторами на руднике «Интернациональный» являются запыленность, вибрация, шум. Для улучшения условий труда работающих на руднике внедряются различные меры снижения воздействия вредных и опасных факторов.

Ключевые слов: рудник, безопасность, условия труда, вибрация, шум, запыленность, травматизм.

QUESTIONS OF LABOR PROTECTION AT THE MINE "INTERNATIONAL"

© 2019

Chemezov Egor Nikolaevich, doctor of technical sciences, professor, head of the department
"Technosphere safety"
Northeastern Federal University
(677000, Russia, Republic of Sakha (Yakutia), Kulakovskogo st. 50)
Fedorov Konstantin Konstantinovich, post-graduate student
Northeastern Federal University
(677000, Russia, Republic of Sakha (Yakutia), Kulakovskogo st. 50, e-mail: kfk6@mail.ru)

Abstract. The article deals with security issues at the mine called "International". The causes of accidents are divided into objective and subjective. The objective ones are organizational reasons caused by a lack of training, instruction, improper organization of workplaces, control and prevention, the absence or non-use of personal protective equipment.Technical reasons, depending on the "imperfection" of technological processes, design flaws and the technical condition of equipment, buildings and structures, tools and non-compliance with repair time, etc. Subjective reasons are personal (psychological and psycho-physiological) causes leading to erroneous actions of a person. This is a high severity and intensity of the labor process, increased fatigue, inattention, monotony, discrepancy of the person's character to the work performed. Approximately one third of all fatal accidents occur because of collapses, which is a consequence of noncompliance with the fastening passports or their inconsistency of mining and geological activities. One quarter of the fatal injuries, occur in transportation due to its mechanical effects on humans. The fourth place in terms of significance of the causes of injuries belongs to explosions of gas (methane) and dust. Extreme hazards are blasting and electrical current. The most harmful factors for the health of workers at the mine "International" - are dust, vibration, and noise. To improve working conditions at the mine, various measures are being implemented to reduce the impact of harmful and dangerous factors.

Keywords: mine, safety, working conditions, vibration, noise, dust, injury.

Введение. Рудник «Интернациональный» входит в состав Мирнинского ГОКа является горнодобывающем предприятием АК «АЛРОСА».

Меры обеспечения безопасности должны быть приоритетными для любого предприятия.

Месторождение трубки «Интернациональная» вскрыто двумя вертикальными стволами (рисунок 1).

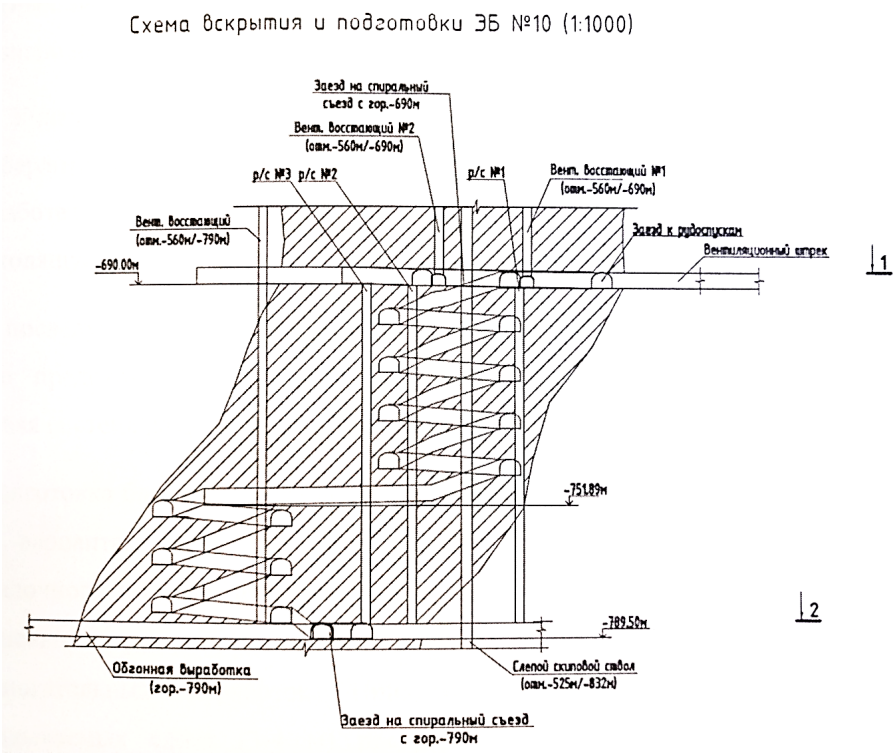


Рисунок 1 – Схема вскрытия и подготовки ЭБ №10 (1:1000)

Цель исследования – анализ состояния охраны труда на руднике «Интернациональный».

К опасным производственным факторам относятся: движущиеся машины и механизмы; производственные оборудование; отлетающие частицы обрабатываемого материала, электрический ток и др. [1-4].

Вредными физическими факторами являются: повышенные уровни шума, вибрации, ультразвука и различных излучений – тепловых, электромагнитных, инфракрасных и др., запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; недостаточная освещенность рабочих мест; повышенная яркость и пульсация светового потока.

Результаты анализа. Для оценки выбраны профессии участка очистных горно-подготовительных забот подземного рудника «Интернациональный», чтобы сравнить их показатели с ПДУ и ПДК на рабочих местах (таблица 1).

Как видно из приведенных данных превышение незначительные, поэтому специальных мер пылеподавление не требуется. Наиболее высокий уровень шума создают осевые вентиляторы. Уровень звука приведен в таблице 2.

Таблица 1 – Фактическая концентрация пыли

Профессия	ПДК (мг/м3)	Фактическая концентрация (мг/м3)	Разность отклонения
Горнорабочий очистного забоя	2	3,2	1,2
Горнорабочий подземный	2	3,2	1,2
Машинист буровой установки	2	7,4	5,4
Слесарь по ремонту и обслуживанию оборудования	2	3,2	1,2
Электрослесарь по ремонту и обслуживанию оборудования	2	3,2	1,2
Горный мастер	2	5	3

Таблица 2 – Фактический уровень звука

Профессия	ПДУ (дБА)	Фактический уровень (дБА)	Разность отклонения
Горнорабочий очистного забоя	80	92	12
Горнорабочий подземный	80	92	12
Машинист буровой установки	80	98	18
Слесарь по ремонту и обслуживанию оборудования	80	92	12
Электрослесарь по ремонту и обслуживанию оборудования	80	92	12
Горный мастер	80	92	12

Таблица 3 – Фактический уровень вибрации локальной

Профессия	ПДУ (дБ)	Фактический уровень (дБ)	Разность отклонения
Горнорабочий очистного забоя	92	98	6
Горнорабочий подземный	92	98	6
Машинист буровой установки	92	100	8
Слесарь по ремонту и обслуживанию оборудования	92	98	6
Электрослесарь по ремонту и обслуживанию оборудования	92	98	6
Горный мастер	92	98	6

Для снижения вредного воздействия вибрации необходимо:

- использование инструментов и машин, вибрация которых не должна превышать допустимые величины;
- автоматизация процессов, их дистанционное управление;
- применение различных демпфирующих приспособлений.

Фактический уровень вибрации приведен в таблице 3.

Работники должны пользоваться средствами индивидуальной защиты от вибрации.

По результатам специальной оценки условий труда разработан план мероприятий по улучшению условий труда [8-17].

Количество рабочих мест, на которых проведена СОУТ:205.

Количество работников, занятых на этих рабочих местах: 863.

Из них женщин: 175.

Из них лиц в возрасте до 18 лет: 0.

Из них инвалидов: 0.

По результатом специальной оценки условий труда было выявлено:

1. Работающие под воздействием повышенного уровня шума: 567.

2. Повышенного уровня вибрации: 251.

3. Повышенной запыленности воздуха рабочей зоны: 484.

4. Занятые на тяжелых работах: 471.

Основные показатели травматизма

Коэффициент частоты (рисунок 2) (далее Кч) показывает сколько несчастных случаев произошло на каждые 1000 работников на подземном руднике «Интернациональный» в период с 2009-2015 гг. полученные данные сравним с показателями по РС(Я).

На рисунке 2 видно, что самый высокий уровень Кч был в 2009 году. Коэффициент частоты в дальнейшем уменьшается, это говорит об улучшении работы охраны труда и совершенствовании технологического процесса.

Коэффициент тяжести травматизма (рисунок 3) (далее – Кт) – показывает сколько дней нетрудоспособности приходится на одного пострадавшего.

Согласно рисунку 3 можно сказать, что Кт на ПР «Интернациональный» значительно меньше, чем в целом по республике, что говорит о низкой потере трудоспособности из-за травм.

На рисунке 4 показаны виды травм на руднике.

Рисунок 2 – Коэффициент частоты травматизма

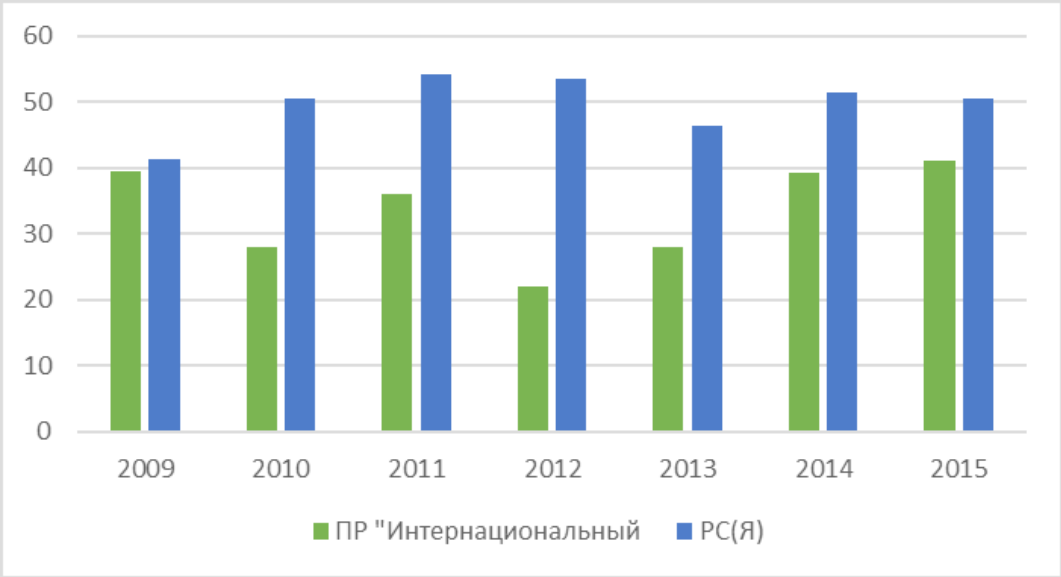


Рисунок 3 – Коэффициент тяжести травматизма

Рисунок 4 – Коэффициент тяжести травматизма

Основным и опасным травмирующим фактором на руднике «Интернациональный» является обрушение горной массы. Травматизм от воздействия движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов, деталей, машин связан с их чисто механическим воздействием на людей.

Заключение. Руководство рудника «Интернациональный» убеждено в том, что обеспечение здоровья и безопасности своих работников является первоочередной заботой и обязанностью. Политика рудника «Интернациональный» заключается в охране здоровья своего персонала. Все работники предприятии несут свою ответственность за исполнение обязанностей в строгом соответствии с политикой рудника «Интернациональный» по охране труда и промышленной безопасности, со всеми соответствующими законами. Приоритетом политики АК «АЛРОСА» в области промышленной безопасности и охраны труда является сохранение жизни и здоровья работников.

Требуется создание новых безопасных технологий, модернизация существующих, внедрение автоматизации и дистанционного управления, роботизация и рациональная организация труда; каждый работник в условиях аварийной ситуации должен быть готов к активному противодействию опасностям, что должно быть отражено в специальных инструкциях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Чемезов Е.Н. Безопасность ведения открытых горных работ. – М.: Недра, 2008. – 290 с.

2. Чемезов Е.Н. Безопасность подземных горных работ. – Якутск: Издательство СВФУ. 2010. – 359 с.

3. Чемезов Е.Н. Безопасность производства на предприятиях Республики Саха (Якутия) / Чемезов

Е.Н., Андреев Н.И., Чемезова С.Е. // Горный журнал 2016. №9. С. 91–95.

4. Чемезов Е.Н. Вопросы безопасности в техносфере // Вопросы техносферной безопасности в Республике Саха (Якутия) – Якутск: Издательство СВФУ, 2013. С. 10–38.

5. Енцов Ю. Кто позаботится о здоровье работника? // Охрана труда и социальное страхование. – 2010. – №9. – С. 67–70.

6. Синяева Г., Полищук Ю. Производственный травматизм: анализ причин // Охрана труда и социальное страхование. – 2011. – №3. – С. 56–57.

7. Гниденко Г., Гниденко Т. Стратегия охраны здоровья // Медицина труда и экология. – 2014. – №6. – С. 36–49.

8. Корж В.А. Создание системы управления охраной труда – новая обязанность работодателя // Справочник специалиста по охране труда. – 2014. – №8. – С. 18–5.

9. Елин А.М., Вовк А.Н., Обыденов А.С. Охрана труда. Практическое пособие для работодателей и специалистов по охране труда. – М.: Безопасность труда и жизни, – 2007.

10. Елин А.М. Совершенствование управления охраной труда на основе отечественного и зарубежного опыта // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. №4–9. – С. 23–27.

11. Елин А.М. Оценка работ по охране труда // Охрана труда и социальное страхование. – 2012. –№2. – С. 77–80.

12. Елин А.М. Охрана труда: проблемы и пути решения (монография) – М.: 2010. – С. 464.

13. Manuele F., 2013. On the practice of safety. Fourth edition. Wiley, New Jersey.

14. Almklov P., Rosness R., Storkersen K. 2014. When safety science meets the practitioners? Safety Science 67, 25–36.

15. Hale A.R., Occupational health and safety professionals and management: identity, marriage, servitude or supervision. Springer, London.

16. Hale A.R., 2014, Foundations of safety science. Safety science 67, 64–69.

17. Amalberti R., 2013. Navigating safety. Necessary compromises and trade-offs – Theory and practice, Springer.

Статья поступила в редакцию 15.07.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019

УДК 656.085

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАНОДОБАВОК ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ИНЪЕКЦИОННЫХ КОМПОЗИТНЫХ СМЕСЯХ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

© 2019

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)*
Зубрев Николай Иванович, кандидат технических наук,
профессор кафедры «Высшая математика и естественные науки»
Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ)), Российская открытая академия транспорта
(125190, Россия, г. Москва, Часовая ул., 22/2, e-mail: nZubrev@mail.ru)
Леонова Данута Амброжьевна, старший преподаватель кафедры «Физики и строительной динамики»
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(*129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, e-mail: danuta1960@yandex.ru)*
Коростелева Анна Владимировна, кандидат технических наук,
доцент 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)
Устинова Марина Владимировна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Техносферная безопасность»
Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ)), Российская открытая академия транспорта
(125190, Россия, г. Москва, Часовая ул., 22/2, e-mail: mellstar@mail.ru)

Аннотация. Рассмотрена возможность вовлечения нанотрубок в качестве модификаторов структуры композитных растворов для снижения фитотоксичности. Рассмотрено влияние алюмосиликатных и углеродных нанотруобок на токсическое действие компонентов бентонито-цементного композитного раствора. Для выявления токсического действия была исследована фитотоксичность основных компонентов цемента и бентонита, а также конструкционных добавок – АНТ и УНТ на жизнеспособность живых культур. Для оценки фитотоксичности определяли число проросших семян, усредненную длину корней проростков и рассчитывали степень фитотоксичности. Установлено, что наименьшей токсичностью обладают АНТ и УНТ, токсичность бентонита составляет уже 56%, а токсичность цемента почти достигает предельного значения. Такое влияние цемента на фитотоксичность живых веществ согласуется с литературными данными о воздействие их на здоровье работников и окружающую среду, Ррезультаты сравнительного анализа добавок композитного раствора по фитотоксичности можно сделать вывод, что токсичность АНТ и УНТ значительно отличается от основного компонента композитного раствора-цемента. Оказалось, что фитотоксичность АНТ более чем в 50 раз меньше чем у бентонита, и почти в 100 раз меньше цемента, для УНТ - более чем в 4 раза меньше чем у бентонита, и почти в 8 раз меньше цемента, в свою очередь фитотоксичность АНТ почти в 12 раз меньше УНТ. Таким образом, проведенные исследования доказывают экологическую безопасность АНТ и УНТ, что позволяет рекомендовать данные наномодификаторы для повышения комплексной безопасности в композитных растворах применяемых при строительстве и ремонте.

Ключе́вые́ слова: тампонажные растворы, инъекционные композитные растворы, модифицирующие добавки, алюмосиликатные нанотрубки, углеродные нанотрубки, токсичность компонентов, безопасные композитные материалы.

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF NANO-ADDITIVES WHEN USED IN INJECTABLE COMPOSITE MIXTURES IN TRANSPORT CONSTRUCTION

© 2019

Panfilova Marina Ivanovna, candidate of chemical Sciences, associate Professor of FISA
National research Moscow State University of civil engineering
(129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, e-mail:012340@mail.ru)
Zubrev Nikolay Ivanovich, candidate of technical Sciences,
Professor “Higher mathematics and natural sciences»
Russian University of transport (RUT (MIIT)), Russian open Academy of transport
(125190, Russia, Moscow, Chasovaya St. 22/2, e-mail: nZubrev@mail.ru
Leonova Danuta Ambrogiana, senior lecturer of the department «Physics and building aerodynamics»
Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)
(129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye Shosse 26, e-mail: danuta1960@yandex.ru)
Korosteleva Anna Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair
“Biotechnologies and technosphere safety»
Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin St., 1a/11, e-mail: anna-korostelyova@yandex.ru)
Ustinova Marina Vladimirovna, candidate of technical Sciences
associate Professor of the chair «Technosphere safety»
Russian University of transport (root (Meet)) Russian open Academy of transport
(125315, Russia, Moscow, Chasovaya St., 22/2, e-mail: mellstar@mail.ru)

Abstract. The possibility of involving nanotubes as modifiers of the structure of composite solutions to reduce phytotoxicity is considered. The influence of aluminosilicate and carbon nanotubes on the toxic effect of bentonite-cement composite solution components is considered. Phytotoxicity of the main components of cement and bentonite, as well as structural additives – ANT and CNT on the viability of living cultures was studied to identify the toxic effect. To assess the phytotoxicity, the number of germinated seeds, the average length of the roots of seedlings were determined and the degree of phytotoxicity was calculated. It is established that ANT and CNT have the lowest toxicity, the toxicity of bentonite is already 56%, and the toxicity of cement almost reaches the limit value. This effect of cement on the phytotoxicity of living substances is consistent with the literature data on their impact on the health of workers and the environment, The results of comparative analysis of the additives of the composite solution additives on phytotoxicity can be concluded that the toxicity of ANT and CNT differs significantly from the main component of the composite solution-cement. It turned out that the phytotoxicity of ANT is more than 50 times less than bentonite, and almost 100 times less than cement, for CNTS-more than 4 times less than bentonite, and almost 8 times less than cement, in turn, the phytotoxicity of ANT is almost 12 times less than CNTS. Thus, the conducted researches prove ecological safety of ANT and CNT that allows to recommend these nanomodifiers for increase of complex safety in composite solutions applied at construction and repair.

Keywords: grouting solutions, injection composite solutions, modifying additives, aluminosilicate nanotubes, carbon nanotubes, toxicity of components, safe composite materials.

Введение. В практике строительства сооружений в сложных геологических и гидрогеологичкских условиях широкое применение нашли тампонажные растворы, применяемые для заполнения старых горных выработок или крупных подземных полостей, возникающих из-за фильтрации подземной воды. При ликвидации карстовых процессов необходимо добиваться максимального искусственного заполнения пустот с целью закреплении массива карстующих пород и прекращения фильтрации подземной воды. Фильтрация подземных вод может быть достигнута нагнетанием в трещины и в пустоты жидкого стекла, цементного глинистого раствора или битума, поскольку традиционно употребляемые смеси, используемые для ликвидации подземных пустот, обладают незначительной прочностью. Поэтому в качестве тампонажного раствора используют смеси с наличием армирующего элемента.

Для цементирования скважин, с целью предотвращения возникновения в подземных водах значительных сил гидродинамического давления, приводящих к появлению карстовых явлений, используют тампонажные растворы на основе облегченных цементов [1].

В долгосрочной перспективе основной задачей промышленности строительных материалов согласно «Прогнозу долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года будет являться обеспечение строительного комплекса современными, конкурентоспособными и инновационными строительными материалами, учитывающими современные экономические и экологические требования.

В качестве таких композиций могут быть использованы тампонажные растворы с включением нанотрубок (микроскопических полых трубок из нескольких атомарных слоев) [2-5], способствующие повышению долговечности и защиты от агрессивного воздействия строительных конструкций. Следует отметить, что данные добавки в композитные растворы сами по себе не всегда являются безвредными по отношению к окружающей среде и здоровью человека. Как известно, многие перспективные направления в строительстве связывают именно с углеродными нанотрубками, однако на сегодняшний день наравне с углеродных нанотрубок (далее – УНТ начинают использовать армирующие наноалюмосиликаты – алюмосиликатные нанотрубки (АНТ).

Техническое обслуживание и строительство подземных сооружений сопряжено с появлением профессиональных заболеваний**,** связанных с запыленностью и выбросами оксида углерода, оксидов азота и серы в рабочее пространство тоннельных рабочих [6-10].

Особенность использования наночастиц в качестве добавок связана с их очень малыми размерами не превышающих несколько десятков нанометров [11-12].

При изучении острой токсичности алюмосиликатных трубок на мышах (далее М) и крысах (далее К) при пероральном и накожном воздействии было выявлено, что динамика массы тела крыс и мышей в период последующего наблюдения в течение 2 недель не отличалась от контроля. Оценка макроскопической картины вскрытия и определение относительной массы внутренних органов подопытных крыс (самцов и самок) через 2 недели после введения АНТ в максимальной дозе 20000 мг/кг также не выявили отклонений от контроля. По результатам проведенных исследований сделано заключение о том, что АНТ по уровню DL50 при в/ж введении и

нанесении на кожу К и М обоего пола могут быть отнесены к веществам 4 класса опасности по ГОСТ 12.1.007-76 (малоопасное вещество).

В [13] работе изучали влияние одностенных углеродных нанотрубок на поведение лимфоцитов человека. При этом установлена повышенная их токсичность**.** Изучалось цитотоксическое действия одностенных углеродных нанотрубок в отношении культуры клеток карциномы легкого человека А-549. Установлено, что углеродные наночастицы снижают жизнеспособность клеток линии А-549 и влияют на олиферативный потенциал. Эффект заметен уже на 4-е сутки наблюдения. Установлено, что с ростом концентрации уменьшение числа клеток происходит в экспоненциальной зависимости [14].

Бентонит является нетоксичным природным веществом. Считается, что опасности для здоровья добавка бентонит не представляет [15]. Однако следует отметить, что при вдыхании пыли бентонита в организме человека может развиться раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей [15].

Раздражающий эффект цементной пыли тесно связан с фиброгенным ее воздействием легочную ткань и способен при длительном воздействии привести к серьезным заболеванием горла и гортани работников [16,17]. Частицы пыли оказывают негативное воздействие на кожный покров и глаза. Попадание на кожу приводит к повышенной ее сухости, появлению сыпи и уменьшению потоотделения, к ухудшению условий труда вследствие нарушения терморегуляции у работников связанных с приготовление инъекционных растворов. При длительном воздействии пыли с ее способностью к высокой скорости витания может привести к появлению пневмокониоза. В условиях сильного запыления рабочего помещения происходит ее попадания в глаза. Что часто приводит к конъюнктивиту и слезотечению [18].

Негативное воздействие частиц пыли связано в основном с ее дисперсностью, а именно с частицами диаметром менее 10 мкм, которые в основном оседают в легочных тканях [19,20].

Материалы и результаты исследования. Для закрепления грунтов и трещин при строительных работах и текущем ремонте тоннелей применяют инъекционные композитные растворы, обычно состоящие из цемента, бентонита и различных модифицирующих добавок.

В работе использовались: цемент марки М500, модифицированный бентонитом марки $П2Т_2А$, модифицированные многослойные углеродные нанотрубки (УМНТ) Dealtom, АНТ и жидкое стекло марки «ТЕКС» (ГОСТ 13078-81), при водоцементном соотношении в композитной системе 2:1.

АНТ получают из природного минерала – галлуазита, состоящего из гидросиликата алюминия с общей формулой $Al_2[Si_2O_5](OH)_4{\times}nH_2O$, где n=0-2. Известно, что природная глина обладает многослоистой структурой, в то время как галлуазит представляет собой на 95% закрученные в нанотрубки глинистые слои [21].

Алюмосиликатные нанотрубки представляют собой полую трубку, с внутренним диаметром 15 нм и внешним около 50 нм. Скрученная в спираль стенка состоит из единичных атомных слоев алюмосиликата, а ее толщина может составлять 20–30 слоев. Кроме того, следует особо выделить, что АНТ относится к природным материалам, дешевле УНТ, а биосовместимость АНТ подтверждается многочисленными экспериментами с живыми простейшими организмами.

Различные химические свойста поверхностей АНТ, объясняются особенным строением алюмосиликатов. Нанопластины скручены таким образом, что на внутренней поверхности нанотрубок находится оксид алюминия притягивающий к себе отрицательно заряженные частицы, а на внешней – оксид кремния, имеющий положительный заряд (рисунок 1).

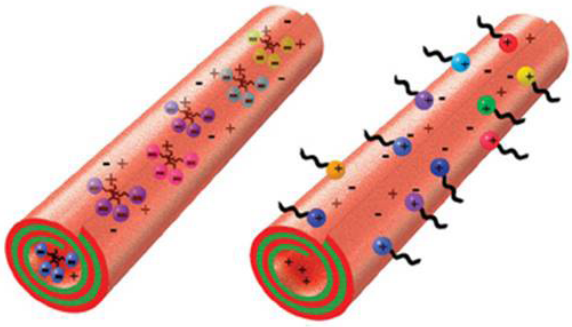


Рисунок 1 – Строение АНТ

Исследования последних лет позволяют выделить УНТ как наиболее перспективные объекты, позволяющие создавать материалы с принципиально новыми свойствами.

В работе использовали многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ) состоящих из нескольких слоев графена, сложенных в форме трубки с расстоянием между слоями 0,34 нм**.** МУНТ могут представлять собой или несколько однослойных нанотрубок е. вложенных одна в другую или в виде одного «листа» графена оборачивающегося несколько раз вокруг себя, что похоже на сворачивание газеты и существовать в разных конфигурациях (рисунок 2).

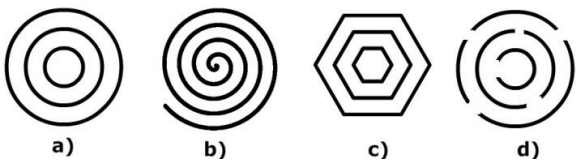


Рисунок 2 – Схематическое изображение МУНТ: a) «русская матрешка»; b) «свиток»; c) в виде шестигранных призм; d) «папье-маше» [22.23]

Для улучшения рабочих характеристик тампонажного раствора в качестве добавки используется бентонит марки П2Т$_2$А [24].

Для выявления токсического действия композитного раствора была исследована фитотоксичность основных компонентов цемента и бентонита, а также конструкционных добавок – АНТ и УНТ на жизнеспособность живых культур. В качестве тест объектов использовали редис *Raphanussativus* [25]. Для этого готовили вытяжку из различных компонентов на дистиллированной воде и в них помещали семена редиса. Через 72 часа измеряли глубину корней проростков.

Для оценки фитотоксичности определяли число проросших семян, усредненную длину корней проростков и рассчитывали степень фитотоксичности. Полученные результаты исследования приведены на рисунке 3.

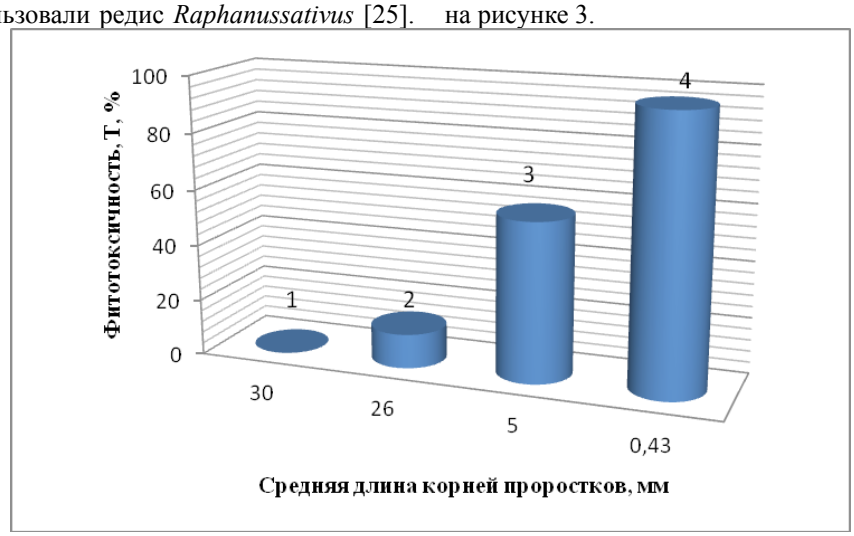


Рисунок 3 – Токсичность компонентов композитного раствора от средней длины проростков корней 1-АНТ; 2-УНТ; 3- бентонит; 4-цемент

Наименьшей токсичностью обладают АНТ и УНТ, токсичность бентонита составляет уже 56%, а токсичность цемента почти достигает предельного значения. Такое влияние цемента на фитотоксичность живых веществ согласуется с литературными данными о воздействие их на здоровье работников и окружающую среду [25].

По степени фитотоксичности исследуемые вещества располагаются в ряд: (цемент> бентонит >УНТ >АНТ). Причем, фитотоксичность материалов может быть обусловлена их химическим составом**.** Наименее токсичным оказались АНТ. Наиболее токсичным – цемент.

Выводы. Резюмируя результаты сравнительного анализа добавок композитного раствора по фитотоксичности можно сделать вывод, что токсичность АНТ и УНТ значительно отличается от основного компонента композитного раствора-цемента. Оказалось, что фитотоксичность АНТ более чем в 50 раз меньше чем у бентонита, и почти в 100 раз меньше цемента, для УНТ - более чем в 4 раза меньше чем у бентонита, и почти в 8 раз меньше цемента, в свою очередь фитотоксичность АНТ почти в 12 раз меньше УНТ.

Таким образом, проведенные исследования доказывают экологическую безопасность АНТ и УНТ, что позволяет рекомендовать данные наномодификаторы для повышения комплексной безопасности в композитных растворах применяемых при строительстве и ремонте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Овчинников В., Кузнецов В., Фролов А. Облегченный тампонажный цемент для низкотемпературных скважин / В. Овчинников, В. Кузнецов, А. Фролов // Бурение и нефть. 2004. – Вып.5. – С. 32–33.

2. Пономарев А.Н. Нанобетон-концепции и проблемы // Строительные материалы. 2007. № 7. С. 2–4.

3. Структурная модификация новообразований в цементной матрице дисперсиями углеродных нанотрубок и нанокремнеземом / Г.И. Яковлев, И.С. Полянских, Г.Н. Первушин и др. // Строительные материалы. 2016. № 1/2. С. 16–20.

4. Smilauer V., Hlavácek P., Padevet P. Micromechanical analysis of cement paste with carbon nanotubes // Acta Polytechnica. 2012. V. 52. № 6. P. 22–28.

5. Gesoglu M., Güneyisi E., Asaad D.S. Properties of low binder ultra-high performance cementitious composites: Comparison of nanosilica and microsilica // Construction and Building Materials. 2016. V. 102. № 1. P. 706–713.

6. Бацукова Н.Л. Профилактика профессиональной заболеваемости работников метрополитена / Н.Л. Бацукова [Электронный ресурс] // Белорус. гос. мед. инст. – Режим доступа: http://www.bsmu.by/files/category12/201/ (дата обращения 10.05.2015).

7. Контроль, аварии, несчастные случаи на объектах горных работ [Электронный ресурс] // Федеральный портал. – Режим доступа: http://www.

protown.ru/information/hide/7896.html (дата обращения 11.02.2015).

8. Свижевский В.А. Гигиеническая оценка и обоснование нормирования физических факторов окружающей среды персонала и пассажиров метрополитена: дис. … канд. мед. наук: 14.02.03 / Свижевский Вадим Антонович. – М., 2012. –151 с.

9. Строительный комплекс Санкт-Петербурга в 2015 году. Стат. Сборник / Петростат. – СПб., 2016. – 76 с.

10. Доклад об Экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2014 году /под редакцией И.А. Серебрицкого. – Спб.: ООО «Дитон», 2015. – 180 с.

11. Taton, TA. Nanostructures as tailored biological probes / TA. Taton // Trends Biotechnol.– 2002. – N 20. – P. 277–279.

12. Whitesides, GM. The 'right' size in Nanobiotechnology / GM. Whitesides // Nature Biotechnology. – 2003. – № 21. – P. 1161–1165.

13. Hungerford P.A. // Stain Techn. – 1965. – Vol. 40, № 6. – P. 333–338.

14. Конева И.И., Наджарян Л.А., Власенко Е.К., Гутковская Д.О. Токсикологические эффекты наночастиц серебра и углеродных нанотрубок в отношении клеточной линии карциномы легкого человека А-549 // Здоровье и окружающая среда. Сборник научных трудов (электронное издание) выпуск 21. – Минск, 2012. – С. 375–378.

15. Васильянова Л. С. Бентониты в экологии / Л. С. Васильянова // Новости науки Казахстана. – 2016. – № 3 (129). – С. 70–101 (Алматы). – ISSN 1560-5655.

16. Камалтынова Е.М. Сравнительная эпидемиологическая характеристика бронхиальной астмы по данным программы «Международное исследование астмы и аллергии у детей» / Е.М. Камалтынова И.А. Деев, Е.Г. Белоногова // Бюллетень сибирской медицины. – 2009. – №4. – С. 92–98.

17. Коломеец М.И., Севриков В.В., Васютенко А.П. Исследование дисперсного состава пыли цементных производств // ВісникСевНТУ. Вип. 106: Механіка, енергетика, екологія: зб. наук.пр. – Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2010. – С.197–202.

18. Семиненко А.С. Влияние цементной пыли на организм человека / А.С.Семиненко, Е.Н.Попов, Д.Ю.Малахов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – №2, С. 93–94.

19. Демьянова В.С. Дисперсно-наполненные цементы на основе камнедробления. Экологические аспекты производства / В.С. Демьянова, Г.Н. Казина. – М.: Молодая Гвардия, 2006. – 217 с.

20. Коломеец М.И., Севриков В.В., Васютенко А.П. Исследование дисперсного состава пыли цементных производств // Вісник СевНТУ. Вип. 106: Механіка, енергетика, екологія: зб. наук.пр. – Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2010. – С.197–202.

21. Halloysite Clay Nanotubes for Loading and Sustained Release of Functional Compounds / Y. Lvov et al. // Adv. Mater. 2016. V. 28. № 6. P. 1227–1250.

22. Panfilova M., Zubrev N., Novoselova O., & Efremova,S. (2018). Composite grouting mortar based on 3D-NKM – nanocrystalline inoculant. Paper presented at the MATEC Web of Conferences, 196. doi:10.1051/matecconf/201819604061.

23. Елецкий А.В. Сорбционные свойства углеродных наноструктур // УФН, 2004, Том 174, №11, С. 1191–1231.

24. Синтез и теоретическое исследование упругих и электростатических свойств бамбукоподобных углеродных нанотрубок / О.Е. Глухова [и др.]. Физика твердого тела, 2010. № 6. Т. 52. С. 1240–1244.

25. Панфилова М.И., Зубрев Н.И., Фомина М.В. Вспененные инъекционные растворы в строительстве. М.: МГСУ, 2015. 128 с.

26. Галицкая П.Ю., Селивановская С.Ю., Гумерова Р.Х. Тестирование отходов, почв, материалов с использованием живых систем. – Казань: Казанский университет, 2011. – 47 с.

Статья поступила в редакцию 15.08.2019
Статья принята к публикации 20.09.2019