18+

vek21.penzgtu.ru

ISSN 2221-951X

XXI век: ИТОГИ ПРОШЛОГО И ПРОБЛЕМЫ НАСТОЯЩЕГО плюс

2020

№ 4 (52) Т. 9

технические науки

Основан в 2011 г.

18+

XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего *плюс*

Том 9
№ 4 (52)
2020

Журнал выходит
4 раза в год

Учредитель – ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»

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

Заместители главного редактора:
Авроров Валерий Александрович, доктор технических наук, доцент
Ефремова Сания Юнусовна, доктор биологических наук, профессор
Мотовилов Олег Константинович, доктор технических наук, доцент
Пащенко Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, профессор
Политаева Наталья Анатольевна, доктор технических наук, профессор
Чулков Валерий Александрович, доктор технических наук, доцент

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

Ответственный секретарь
Коростелева Анна Владимировна, кандидат технических наук

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

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

Компьютерная верстка:
В.В. Зупарова

Технический редактор:
В.В. Зупарова

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

Подписано в печать14.12.2020.
Выход в свет 21.12.2020.
Формат 60X84 1/8
Печать ризография.
Усл. печ. л. 23,2.
Тираж 100 экз. Заказ № 180.

© ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет, 2020

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

СВЕДЕНИЯ О ЧЛЕНАХ РЕДКОЛЛЕГИИ

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ГИБКОЙ НИТИ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ ПРИ ЗАДАННЫХ ДОПУСТИМЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ И ДЕФОРМАЦИЯХ
Тарасов Денис Александрович, Коновалов Владимир Викторович, Данилов Александр Леонидович……...10

АЛГОРИТМЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРЕДИКАТОВ НА МНОЖЕСТВЕ ГЛОБАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ В СИСТЕМАХ ОТЛАДКИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ
Перекусихина Альбина Николаевна, Прошин Иван Александрович,
Мартышкин Алексей Иванович, Истомина Татьяна Викторовна…….....……...15

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПРОИЗВОЛЬНЫМ УВЕЛИЧЕНИЕМ ИХ РАЗРЕШЕНИЯ
Колесенков Александр Николаевич, Костров Борис Васильевич, Фетисов Дмитрий Вадимович...……20

МАТЕМАТИЧЕКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТРАТИФИКАЦИИ В СИСТЕМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ ЛОПАТОЧНОГО АППАРАТА ТУРБОМАШИН
Золотов Александр Николаевич, Ковальногов Владислав Николаевич, Федоров Руслан Владимирович…...…25

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУПП ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ ПО ИХ ИНТЕРЕСАМ И ПОВЕДЕНИЮ НА ОСНОВЕ МНОЖЕСТВА ИСТОЧНИКОВ ДАННЫХ
Мартышкин Алексей Иванович, Перекусихина Альбина Николаевна, Зоткина Алена Александровна…...…..30

АНАЛИЗ ВРЕМЕННОЙ СЛОЖНОСТИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО АЛГОРИТМА ПОИСКА МНОЖЕСТВА КРАТЧАЙШИХ ПУТЕЙ МЕЖДУ НАСЕЛЕННЫМИ ПУНКТАМИ
Костин Алексей Владимирович……..…….…….…….…….…….…….…….....…36

АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ПРОЦЕССЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЛЕЙКОЗОВ МЕТОДОМ ПРОТОЧНОЙ ЦИТОМЕТРИИ
Сержантова Наталья Александровна, Чулков Валерий Александрович……..……..…42

МЕТОД ПРОГРАММНОЙ ОБРАБОТКИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
Зубков Георгий Алексеевич……..…….....……46

МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
Прошин Иван Александрович, Мартышкин Алексей Иванович, Истомина Татьяна Викторовна……..….51

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА УСКОРЕНИЯ МНОГОФАКТОРНЫХ ЭКВИВАЛЕНТНО-ЦИКЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕДУР HALT ДЛЯ ОЦЕНКИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И БЕЗОТКАЗНОСТИ БРЭО
Комиссаров Александр Владимирович, Шишкин Вадим Викторинович,
Коженков Виталий Анатольевич, Степашкина Елена Валерьевна…..…….……..…….57

ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ В СЕТЕВОМ ОБЩЕСТВЕ
Чернышева Елена Николаевна, Павличева Елена Николаевна, Чикунов Никита Сергеевич….……..….62

ВАРИАНТ АРХИТЕКТУРЫ ОБЛАЧНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ДАННЫХ
Пащенко Татьяна Юрьевна, Мартышкин Алексей Иванович, Лобов Роман Александрович……....…..….68

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ СИСТЕМЫ НЕЧЁТКОГО ВЫБОРА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ
Тимофеев Максим Николаевич……..…..……...……...……..73

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ ТОРГОВЛИ
Аксентьев Андрей Александрович, Сизов Александр Семёнович……...……...……...……..78

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПО ПРЕДВЕСТНИКАМ ИХ ПОВЕДЕНИЯ
Воробьёв Юрий Михайлович, Дмитриенко Герман Вячеславович……...……...……...……..83

СОЗДАНИЕ КОРПОРАТИВНОГО ТЕКСТОВОГО РЕДАКТОРА ПРИ ПОМОЩИ РЕПЛИЦИРУЕМЫХ НЕ КОНФЛИКТНЫХ ТИПОВ ДАННЫХ
Саватеев Максим Валерьевич, Калашников Виталий Александрович,
Мартышкин Алексей Иванович, Гурин Евгений Иванович……...……...……...……..87

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ФИТОНУТРИЕНТОВ ЗАМОРОЖЕННОГО ЯГОДНОГО СЫРЬЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ И ХРАНЕНИИ
Базарнова Юлия Генриховна, Аронова Екатерина Борисовна, Москвичева Елена Владимировна……..93

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ОСВЕТЛЕНИЯ ПЛОДОВОГО ВИНА МЕТОДОМ МИКРОФИЛЬТРАЦИИ НА ПЛОСКОЛИСТОВЫХ МЕМБРАННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ
Кувшинова Ольга Александровна, Березин Михаил Александрович,
Кувшинов Алексей Николаевич, Репин Андрей Дмитриевич……..……...……..98

ФОРМИРОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ МОЛОЧНЫХ СОСТАВНЫХ НАПИТКОВ
Нилова Людмила Павловна, Иванова Виктория Викторовна, Малютенкова Светлана Михайловна…….....….103

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ МЯСА ЛОСЯ
Шагаева Наталья Николаевна, Колобов Станислав Викторович……...107

РАЗРАБОТКА ОХЛАЖДЕННЫХ МЯСНЫХ РУБЛЕННЫХ КУЛИНАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА
Чугунова Ольга Викторовна, Пономарев Аркадий Сергеевич……...……...…...112

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАУЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ
Ларин Игорь Александрович, Волков Иван Евгеньевич, Николаев Иван Николаевич ……...…...…..117

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕРЕЗОВОГО СОКА В ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНОГО МОРОЖЕНОГО
Верховых Дарья Андреевна, Каленик Татьяна Кузьминична…….....……...……....122

БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

РАЗРАБОТКА РАСШИРЕННОЙ МОДЕЛИ ИМИТАЦИИ СБОРА И ЭВАКУАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ НА БАЗЕ ПО ANYLOGIC
Авдеева Марина Олеговна, Савельев Дан Игоревич……..…..……...……...……...……....126

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СОТРУДНИКАМИ МЧС
Бочкарева Людмила Петровна, Виноградов Олег Станиславович,
Виноградова Наталья Александровна, Чернышев Алексей Андреевич, Яловой Алексей Евгеньевич……..…131

НОВОЕ В ОЦЕНКЕ И УЧЕТЕ МИКРОТРАВМ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ
Донцов Сергей Александрович, Аганов Аркадий Артурович, Ивахнюк Григорий Константинович,
Дроздова Людмила Филипповна……………………………………………………………………136

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ
Позднякова Татьяна Николаевна……………………………………………………………………140

К ВОПРОСУ О БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА СЕРВИСНОГО ПЕРСОНАЛА ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ
Губин Богдан Валерьевич, Нарусова Елена Юрьевна, Стручалин Владимир Гайозович…………………146

ПРИНЯТИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ
Бондаренко Роман Александрович……………………………………………………………………151

МИНИМИЗАЦИЯ РИСКОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ
Луценко Андрей Николаевич…………………………………………………………………………155

CONTENT

INFORMATION SCIENCE, COMPUTING DEVICES AND CONTROLING

DETERMINATION OF FREQUENCY ROTATION OF FLEXIBLE THREAD TAKING INTO ACCOUNT PHYSICAL NONLINEARITY AT PRESENTED ACCEPTABLE STRESSES AND DEFORMATIONS
Tarasov Denis Aleksandrovich, Konovalov Vladimir Viktorovich, Danilov Alexander Leonidovich……..……..…..10

ALGORITHMS FOR CALCULATING PREDICATES ON A SET OF GLOBAL STATES IN DISTRIBUTED APPLICATION DEBUGGING SYSTEMS
Perekusikhina Albina Nikolaevna, Proshin Ivan Aleksandrovich,
Martyshkin Alexey Ivanovich, Istomina Tatyana Viktorovna……...…..……..…..15

IMPROVING METHOD OF THE DIGITAL IMAGE QUALITY WITH AN ARBITRARY INCREASING IN THEIR RESOLUTION
Kolesenkov Aleksandr Nikolaevich, Kostrov Boris Vasilievich, Fetisov Dmitry Vadimovich……..20

MATHEMATICAL MODELING AND NUMERICAL STUDY OF GAS DYNAMIC TEMPERATURE STRATIFICATION PROCESSES IN THE COOLING SYSTEM OF THE BLADE OF TURBOMACHINE
Zolotov Alexander Nikolaevich, Kovalnogov Vladislav Nikolaevich, Fedorov Ruslan Vladimirovich…...……..25

RESEARCH GROUPS OF USERS IN SOCIAL NETWORKS BASED ON THEIR INTERESTS AND BEHAVIOR BASED ON A VARIETY OF DATA SOURCES
Martyshkin Alexey Ivanovich, Perekushikhina Albina Nikolaevna, Zotkina Alena Aleksandrovna ……..…...…….30

THE TIME COMPLEXITY ANALYSIS OF A SPECIALIZED ALGORITHM FOR FINDING A SET OF SHORTEST PATHS
Kostin Aleksey Vladimirovich…….....……....…….....…….....…….....……..36

ALGORITHM OF INFORMATION PROCESSING IN AUTOMATED DIFFERENTIAL DIAGNOSTICS OF LEUKEMIA USING THE FLOW CYTOMETRY METHOD
Serzhantova Natalya Aleksandrovna, Chulkov Valery Aleksandrovich…….....……..…42

METHOD OF SOFTWARE PROCESSING OF SPACE VEHICLE TELEMETRIC INFORMATION FOR SOLVING TECHNICAL STATE FORECASTING PROBLEMS
Zubkov Georgy Alekseevich…….....……...…46

DECISION SUPPORT MODEL FOR INFORMATION SECURITY SYSTEMS BASED ON QUEUING THEORY
Proshin Ivan Aleksandrovich, Martyshkin Alexey Ivanovich, Istomina Tatyana Viktorovna...……..……51

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETERMINING THE ACCELERATION COEFFICIENT OF MULTI-FACTOR EQUIVALENT-CYCLIC TESTS BASEDON HALT PROCEDURES FOR EVALUATING THE DURABILITY AND RELIABILITY OF AVIONICS
Komissarov Alexander Vladimirovich, Shishkin Vadim Viktorinovich,
Kozhenkov Vitaly Anatolievich, Stepashkina Elena Valerievna…….57

DEVELOPMENT OF DIGITL COMPETENCE IN INTERNET COMMUNITIES
Chernysheva Elena Nikolaevna,
Pavlicheva Elena Nikolaevna, Chikunov Nikita Sergeevich……..……62

A VARIANT OF THE CLOUD SYSTEM ARCHITECTURE FOR USER DATA
Pashchenko Tatyana Yuryevna, Martyshkin Alexey Ivanovich, Lobov Roman Aleksandrovich……....68

ANALYSIS OF OPTIONS OF A FUZZY SELECTION SYSTEM FOR PREDICTION OF THE PERFORMANCE OF A HYBRID POWER PLANT
Timofeev Maxim Nikolaevich……..……....……....……....……..73

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL SCHEME OF BUSINESS MANAGEMENT PROCESSES OF A TRADE ENTERPRISE
Aksentjev Andrey Alexandrovich, Sizov Alexander Semyonovich……....……....……..……..78
DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR PREDICTING MALFUNCTIONS OF COMPUTER EQUIPMENT ELEMENTS BASED ON THEIR BEHAVIOR PREDICTORS
Vorobyov Yuri Mikhailovich, Dmitrienko German Vyacheslavovich……....……....……..……..83

CREATING CORPORATIVE TEXT EDITOR BY USING CONFLICT-FREE REPLICATED DATA TYPES
Savateev Maxim Valerievich, Kalashnikov Vitaliy Alexandrovich,
Martyshkin Alexey Ivanovich, Gurin Evgeny Ivanovich……....……....….....……....……..87

FOOD TECHNOLOGY

STUDY OF PHYTONUTRIENTS COMPOSITION OF FROZEN BERRY RAW MATERIALS DURING PROCESSING AND STORAGE
Bazarnova Julia Genrihovna, Aronova Ekaterina Borisovna, Moskvicheva Elena Vladimirovna…….……93

STUDY OF FRUIT WINE CLARIFICATION PROCESS BY MICROFILTRATION ON FLAT-SHEET MEMBRANE ELEMENTS
Kuvshinova Olga Alexandrovna, Berezin Mikhail Alexandrovich,
Kuvshinov Aleksey Nikolaevich, Repin Andrey Dmitrievich……..…….98

FORMATION OF ANTIOXIDANT PROPERTIES OF DAIRY COMPOSITE DRINKS
Nilova Liudmila Pavlovna, Ivanova Victoria Viktorovna, Malutenkova Svetlana Michailovna……..….....103

STUDY OF THE INFLUENCE OF DIETARY FIBER ON THE QUALITY CHARACTERISTICS OF SEMI-FINISHED PRODUCTS FROM MOOSE MEAT
Shagaeva Natalya Nikolaevna, Kolobov Stanislav Viktorovich…….....…..107

DEVELOPMENT OF CHILLED MEAT CHOPPED CULINARY PRODUCTS OF CENTRALIZED PRODUCTION
Chugunova Olga Viktorovna, Ponomarev Arkady Sergeevich…….....……..……112

METHODOLOGICAL ASPECTS OF SCIENTIFIC SUBSTANTIATION OF TECHNICAL SOLUTIONS FOR IMPROVING THE PROCESSES AND APPARATUS OF FOOD PRODUCTION
Larin Igor Aleksandrovich, Volkov Ivan Evgenievich, Nikolaev Ivan Nikolaevich ……..……...…117

PROSPECTS FOR THE USE OF BIRCH JUICE IN THE PRODUCTION OF MILK ICE CREAM
Verkhovykh Daria Andreevna, Kalenik Tatiana Kuzminichna ……..……..…….....…..…122

HUMAN ACTIVITY SAFERY

DEVELOPMENT OF AN EXTENDED MODEL FOR SIMULATING THE ASSEMBLAGE AND EVACUATION OF THE POPULATION IN AN EMERGENCY SITUATION BASED ON ANYLOGIC SOFTWARE
Avdeeva Marina Olegovna, Saveliev Dan Igorevich……..……..……..……..….....126

PSYCHOLOGICAL FACTORS OF PROVIDING TECHNOSPHERIC SAFETY BY EMERCOM OF EMPLOYEES
Bochkareva Lyudmila Petrovna, Vinogradov Oleg Stanislavovich,
Vinogradova Natalya Aleksandrovna, Chernyshev Alexey Andreevich, Yalovoy Alexey Evgenievich……...131

NEW IN THE EVALUATION AND ACCOUNTING OF MICROTRAUMA IN MACHINE-BUILDING ENTERPRISES
Dontsov Sergey Aleksandrovich, Aganov Arkady Arturovich, Ivakhnyuk Grigory Konstantinovich,
Drozdova Lyudmila Filippovna……....………...….…....………...….…...………..…....………...….…....………...….…136

ANALYSIS OF OCCUPATIONAL INJURIES IN THE RUSSIAN FEDERATION AND PENZA REGION
Pozdnyakova Tatyana Nikolaevna……………………….……………………………………………………….140

ON THE ISSUE OF OCCUPATIONAL SAFETY OF SERVICE PERSONNEL FOR PASSENGER RAIL CARRIAGES
Gubin Bogdan Valerevich, Narusova Elena Yurievna, Struchalin Vladimir Gaiozovich……………………...……...146

MAKING OF MANAGEMENT DECISIONS IN EMERGENCY
Bondarenko Roman Alexandrovich........……………...………………….…..……..…………………..…………….......151

MINIMIZING EMERGENCY RISKS DURING WASTE DISPOSAL
Lutsenko Andrey Nikolaevich……………...………...…………………...…………………...………………...……...155

УДК 531.382
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0001

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ГИБКОЙ НИТИ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ ПРИ ЗАДАННЫХ ДОПУСТИМЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ И ДЕФОРМАЦИЯХ

© 2020

Тарасов Денис Александрович, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Автоматизированные системы безопасности»
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: den517375@ya.ru)
Коновалов Владимир Викторович, доктор технических наук,
профессор, профессор кафедры «Технология машиностроения»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, e-mail: konovalov-penza@rambler.ru)
Данилов Александр Леонидович, инженер-электрик
ООО «Радиорубеж»
(440052, Россия, Пенза, ул. Гоголя, д. 60, e-mail: danilov_al@radiorubezh.ru)

Аннотация. На основе предложенного энергетического метода моделирования поведения враща-ющейся гибкой нити с учетом развития пластических деформаций в материале и не превышающих заданных значений возникающих напряжений и деформаций, производится расчет максимально допустимой частоты вращения эксцентрично расположенной гибкой нити, совершающей вращательное движение. Сравнительные исследования параметров работы изучаемой гибкой нити проведены с помощью предложенного метода, основанного на общей теореме динамики – законе сохранения энергии, положениях сопротивления матери-алов и математического программирования. Проведен сравнительный анализ результатов расчета вращающейся со смещением гибкой нити, полученных, с помощью проблемно-ориентированного программно-го комплекса, реализующего предложенный метод и коммерческой системы компьютерного моделирования, реализующей метод конечных элементов. Величина погрешности расчета не превышает 5%. Использование предложенного метода позволяет определять максимально возможную частоту вращения гибкой нити, не допускающую наступления предельного состояния, что позволит оптимизировать параметры конструктивного решения, не прибегая к мало управляемому поиску, и сократить при этом затрачиваемое время.

Ключевые слова: напряжения, деформации, вращение, гибкая нить, физическая нелинейность, оптимизация.

DETERMINATION OF FREQUENCY ROTATION OF FLEXIBLE THREAD TAKING INTO ACCOUNT PHYSICAL NONLINEARITY AT PRESENTED ACCEPTABLE STRESSES AND DEFORMATIONS

© 2020

Tarasov Denis Aleksandrovich, candidate of Technical Sciences,
associate Professor of the Department of Automated Security Systems
Penza State University
(440026, Russia, Penza, Krasnaya St., 40, e-mail: den517375@ya.ru)
Konovalov Vladimir Viktorovich, doctor of Technical Sciences,
professor, professor of the Department "Engineering Technology"
Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baidukova passage / Gagarina St., 1a / 11, e-mail: konovalov-penza@rambler.ru)
Danilov Alexander Leonidovich, electrical engineer
LLC "Radioorubezh"
(440052, Russia, Penza, Gogol st., 60, e-mail: danilov_al@radiorubezh.ru)

Annotation. On the basis of the proposed energy method for modeling the behavior of a rotating flexible thread, taking into account the development of plastic deformations in the material and not exceeding the specified values of the arising stresses and deformations, the calculation of the maximum permissible frequency of rotation of an eccentrically located flexible thread performing rotational motion is performed. Comparative studies of the operating parameters of the flexible thread under study were carried out using the proposed method based on the general theorem of dynamics - the law of conservation of energy, the positions of the resistance of materials and mathematical programming. A comparative analysis of the results of calculating a flexible thread rotating with displacement, obtained using a problem-oriented software package that implements the proposed method and a commercial computer modeling system that implements the finite element method, is carried out. The calculation error does not exceed 5%. The use of the proposed method makes it possible to determine the maximum possible rotational speed of the flexible thread, which does not allow the onset of the limiting state, which will optimize the parameters of the design solution without resorting to poorly controlled search, and thus reduce the time spent.

Keywords: stress, strain, rotation, flexible thread, physical nonlinearity, optimization.

Введение. На сегодняшний день существует большое количество систем компьютерного моделирования (СКМ), позволяющих определять напряженно-деформированное состояние (НДС) гибких нитей, совершающих вращательное движение [1, 12]. Примером реализации такого движения в текстильной промышленности является движение нити на кольцевой прядильной машине [5, 3].

Моделирование поведения любой конструкции, в том числе и гибкой нити, в программных комплексах, реализующих метод конечных элементов (МКЭ), начинается с назначения характеристик жесткости сечений, граничных условий, а также нагрузок, действующих на моделируемую механическую систему [2, 4]. В рассматриваемом случае, определяющей нагрузкой является центробежная сила, зависящая от частоты вращения [6].

Известно, что с увеличением частоты вращения увеличивается и натяжение гибкой нити [2, 7]. При этом по достижении определенного значения, наступает предельное состояние, после которого происходит обрыв нити или возникают недопустимые деформации, препятствующие дальнейшей эксплуатации [8, 9].

Однако сразу определить предельно допустимую частоту вращения не представляется возможным. В этом случае, расчет превращается в ряд последовательных попыток. Определенно такой подход не гарантирует получения наилучшего результата [10, 13].

Исходя из выше изложенного, сформулируем **цель**: необходимо разработать метод по определению максимально допустимой частоты вращения гибкой нити, при которой возникает центробежная сила инерции, вызывающая напряжения и деформации, не превышающие допустимых пределов. При этом задача должна решаться в физически нелинейной постановке. Вместе с тем следует провести проверку адекватности данных, получаемых, с помощью проблемно-ориентированного программного комплекса, реализующего предложенный метод в сравнении с результатами, получаемыми коммерческой СКМ, реализующей МКЭ.

Материалы и методы исследования. Методика исследований предусматривала сравнительный анализ результатов расчета вращающейся со смещением гибкой нити [18], полученных, с помощью проблемно-ориентированного программного комплекса, реализующего предложенный метод и коммерческой системы компьютерного моделирования, реализующей метод конечных элементов.

Общая последовательность действий по оптимизации параметров целевой функции представлена в виде блок-схемы на рисунке 1.

Предложенный метод реализован на языке программирования *Python* 3 с помощью численных схем решения в виде проблемно-ориентированного программного комплекса [11].

Более подробно разработанный метод представлен в работе [18].

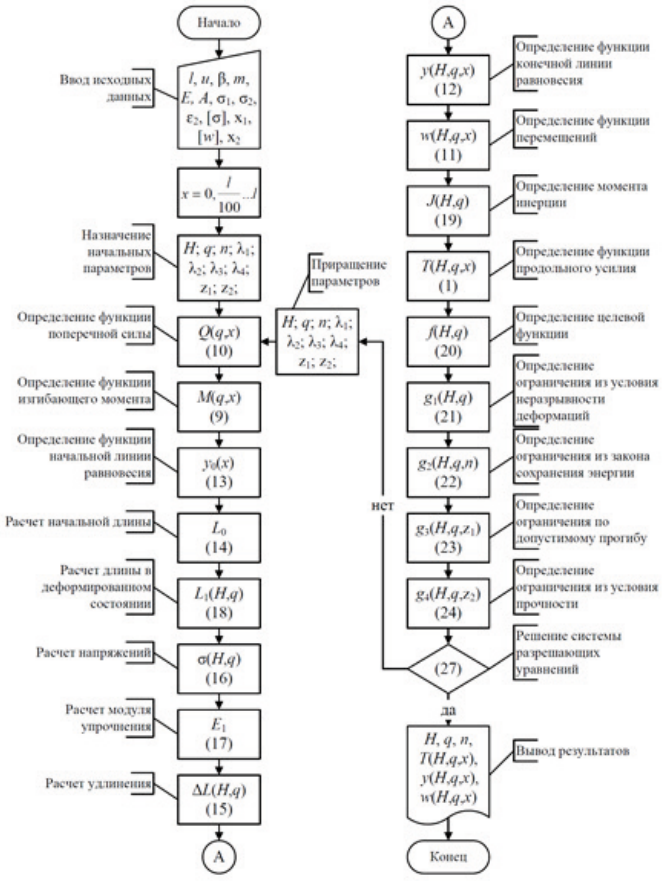


Рисунок 1 – Блок-схема оптимизации параметров целевой функции

Результаты исследования. Для верификации данных, являющихся результатом моделирования и расчета в разработанном программном комплексе [11], проведем сопоставление получаемых значений главных характеристик НДС, а также частоты вращения, при которой возникает центробежная сила инерции, вызывающая найденные напряжения и деформации в гибкой нити. Для этого решим прямую, а затем обратную задачу. Прямую задачу по определению НДС гибкой нити при заданной частоте вращения, решим с помощью общеизвестного метода МКЭ.

Обратную задачу по определению частоты вращения гибкой нити, решим с помощью программы [11], реализующей предложенный метод, приравнивая к допустимым напряжениям и деформациям в заданных сечениях гибкой нити соответствующие значения параметров, найденные при решении прямой задачи методом МКЭ.

На рисунке 2 отображена расчетная схема рассматриваемого объекта исследования, а именно вращающейся гибкой нити [16, 18] пролетом l=1 м, сечением A=7,0686·10-6 м^2 (диаметр D=3мм) с погонной массой m=0,0555 кг/м (плотность R_0=0,07701 МН/м^3), первоначально прямолинейной f_0=0 м с жестко закрепленными опорами $u\to\infty$ Н/м, углом наклона линии соединяющей точки крепления β=0 град и расстоянием до оси вращения (эксцентриситетом размещения креплений нити относительно оси вращения) R=0,5 м.

Для принятия в расчет возникающих пластических деформаций в материале, зададим зависимость между напряжениями и деформациями в виде диаграммы упругопластического тела с линейным упрочнением. Границе между упругими деформациями и началом пластических будет соответствовать напряжение σ_1=600 МПа, при этом значение относительной деформации должно составлять ε_1 =0,0029. В свою очередь напряжение σ_2=800 МПа будет соответствовать пороговому значению по достижении, которого наступает разрушение материала, вместе с тем относительная деформация будет равна ε_2=0,024.

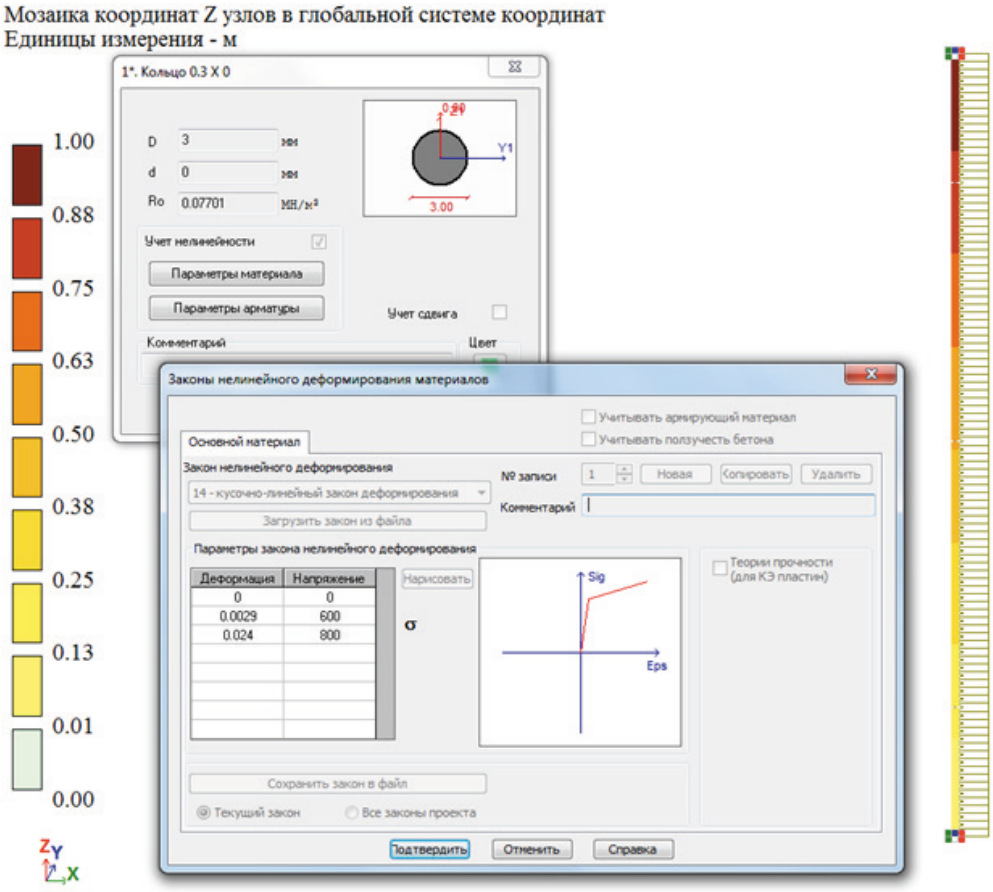


Рисунок 2 – Физические и геометрические характеристики гибкой нити

С целью осуществления верификации получаемых значений, проведем моделирование работы гибкой нити с заданными свойствами при частоте вращения n=1500 мин$^{-1}$ и n=2500 мин$^{-1}$, определив НДС, соответствующее каждому их двух участков принятой диаграммы работы материала нити. Вместе с тем центробежная сила инерции, являющаяся аналогом поперечной равномерно-распределенной нагрузки q, будет равна соответственно 684,7Н/м и 1902Н/м.

В качестве главных критериев оценки при проведении исследования определим частоту вращения n, поперечную равномерно-распределенную нагрузку q, прогиб в середине пролета $w(H,q,l/2)$ и продольное усилие, возникающее в сечениях расположенных на

опорах гибкой нити $T(H,q,0)=T(H,q,l)$.

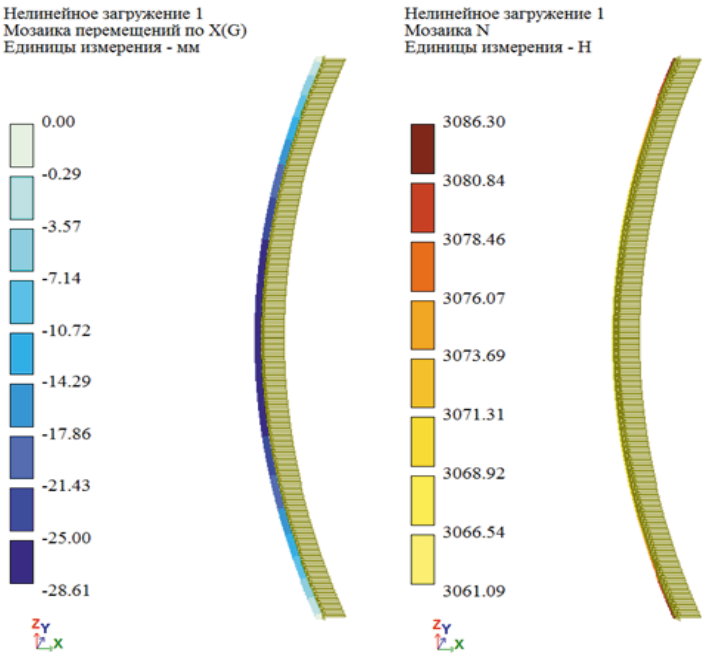
Определение поведения объекта исследования методом конечных элементов проведено в программном комплексе «ЛИРА-САПР» версии 2015 релиз *R*4. Моделирование гибкой нити осуществлялось 300 универсальными пространственными стержневыми конечными элементами, учитывающими физическую и геометрическую нелинейность (тип 410). При этом в нелинейном процессоре применялся метод расчета с автоматическим выбором шага для геометрически и физически нелинейных задач.

В результате математического моделирования НДС гибкой нити с заданными физическими и геометрическими характеристиками, предложенным методом и МКЭ, получены соответствующие значения принятых критериев оценки. Данные значения сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Сопоставление результатов расчетов

Номер загружения	Критерий оценки	МКЭ	Предложенный метод	Погрешность, %
1	n, мин$^{-1}$	1500	1472,34	1,844
	q, Н/м	684,7	684,4	0,04
	$T(H,q,0)$, Н	3086,3	3086	≈0
	$w(H,q,l/2)$, м	0,02861	0,0279	2,482
2	n, мин$^{-1}$	2500	2406,75	3,73
	q, Н/м	1902	1888,3	0,72
	$T(H,q,0)$, Н	4671,95	4575,6	2,06
	$w(H,q,l/2)$, м	0,05272	0,0527	≈0

В качестве примера, на рисунке 3 представлены результаты моделирования НДС гибкой нити с помощью МКЭ, на рисунке 4 результаты моделирования с помощью программы [11], реализующей предложенный метод, при частоте вращения n=1500 мин$^{-1}$, что соответствует 1 загружению.



а) *б)*

Рисунок 3 – Результаты моделирования НДС гибкой нити с помощью МКЭ: а – эпюра перемещений; б – эпюра продольных усилий

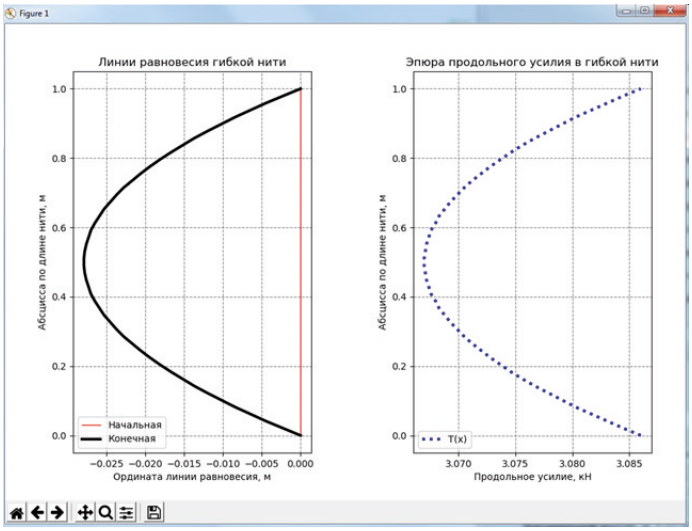


Рисунок 4 – Результаты моделирования НДС гибкой нити с помощью предложенного метода

Заключение. Анализ результатов расчета показывает, что для случая с заданной нагрузкой 1 при определении частоты вращения, определяющим явилось ограничение по условию прочности (допустимым напряжениям) материала гибкой нити. Для случая с загружением 2, определяющим стало ограничение по допустимому прогибу в середине пролета гибкой нити. При этом расхождения в значениях принятых критериев оценки адекватности результатов, получаемых с помощью предложенного метода, не превышают 5 %, что является хорошим показателем для инженерных расчетов.

Таким образом, решена задача нелинейного программирования по определению частоты вращения гибкой нити с учетом зоны развития пластических деформаций в материале при заданных максимально допустимых напряжениях и деформациях путем сведения ее к задаче безусловной оптимизации с помощью множителей Лагранжа.

Использование предложенного метода, отраженного в виде блок-схемы на рисунке 1, даст возможность определять максимально возможную частоту вращения, не допускающую наступления предельного состояния гибкой нити, что позволит получать оптимальное решение, не прибегая к мало управляемому поиску, и сократить при этом затрачиваемое время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мамонов, Р.А. Теория процесса центробежной скарификации пчелиных сотов / Р.А. Мамонов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2018. – № 2 (38). – С. 102–107.

2. Tarasov, D. Mathematical modeling of deformations of flexible threads under their dynamic loading in the zone of material plasticity / D. Tarasov, V. Konovalov, V. Zaitsev, Yu. Rodionov // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. 2019. № 1278-012014.

3. Ушакова, Н.Л. Аналитическое определение длины пространственной формы баллонирующей нити на кольцевой прядильной машине / Н.Л. Ушакова, Е.И. Ушаков, Г.И. Чистобородов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2011. – № 6 (335). – С. 135–140.

4. Tarasov, D. Mathematical modeling of the stress-strain state of flexible threads with regard to plastic deformations / D. Tarasov, V. Konovalov, V. Zaitsev, Yu. Rodionov // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. 2018. № 1084-012008.

5. Скуланова, Н.С. Моделирование и аналитический расчет натяжения нити на кольцевых прядильных машинах в среде Mathcad / Н.С. Скуланова, М.М. Бабкин, В.В. Малиновский, Н.С. Собалькова, А.А. Михайлова // В сборнике: Моделирование в технике и экономике сборник материалов международной научно-практической конференции. Главный редактор: Ванкевич Е.В. – 2016. – С. 169–170.

6. Щербаков, В.П. Баллонирование и натяжение нити на кольцевых прядильных машинах / В.П. Щербаков, А.П. Болотный // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2009. – № 1 (313). – С. 116–121.

7. Анахаев, К.Н. К расчету задачи о вращающейся гибкой нити / К.Н. Анахаев // Доклады Академии наук. – 2017. – Т. 475. – № 3. – С. 265–268.

8. Тарасов, Д.А. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния гибких нитей с учетом физической нелинейности / Д.А. Тарасов, Д.Ю. Семенов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 175–185.

9. Султанов, К.С. Составляющие математической модели растяжения до обрыва текстильных нитей в технологических процессах / К.С. Султанов, С.И. Исмоилова, Ш.Э. Туланов // Технологии и качество. – 2019. – № 4 (46). – С. 14–19.

10. Тарасов, Д.А. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния стальных канатов при действии поперечных статических и ударных нагрузок: Дис. … канд. техн. наук: 05.13.18 / Тарасов Денис Александрович; ПГТУ. – Пенза, 2016. – 146 с.

11. Свидетельство №2019665898 РФ. Программа определения частоты вращения гибкой нити с учетом физической нелинейности при заданных максимально допустимых напряжениях и деформациях / Тарасов Д.А., Косяков П.А., Шаповал О.Л. – 2019661530; заявл. 19.09.2019; опубл. 03.12.2019, Бюл. №12. – 1 с.

12. Гречухин, А.П. Моделирование деформационных свойств ткани в различных зонах ткацкого станка / А.П. Гречухин, А.Т. Хабибуллоев, Б.Э. Бегназаров, С.Н. Ушаков // Технологии и качество. – 2019. – № 2 (44). – С. 5–9.

13. Коновалов, В.В. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния гибкой нити при действии поперечного удара / В.В. Коновалов, Д.А. Тарасов, В.Ю. Зайцев, Ю.В. Родионов // В сборноке: Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Труды XXI Международной конференции. В 2-х томах. Под редакцией С.А. Никитова, Д.Е. Быкова, С.Ю. Боровика, Ю.Э. Плешивцевой. – 2019. – С. 313-317.

14. Кужахметова, Э.Р. Методы расчета вант и вантовых конструкций / Э.Р. Кужахметова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2019. – №2. – С. 39-48.

15. Перетрухин, Д.С. Исследование зависимости провеса каната от усилия его натяжения / Д.С. Перетрухин, А.А. Феденев, Ю.И. Калинин // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2019. – №1. – С. 170-175.

16. Tarasov, D. Effect of deformation on the stress-strain state of a honey extraction centrifuge flexible thread / D. Tarasov, V. Konovalov, V. Nekrashevich, R. Mamonov, Y. Rodionov, V. Zaitsev // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. №012118.

17. Очков, В.Ф. Новый способ решения симметричной и асимметричной задачи о цепи с грузом, или лекция для великих математиков / В.Ф. Очков, А.Е. Тарасов, К.А. Орлов, Е.С. Науменко, Г.М. Липкин, Е.В. Никульчев // Cloud of Sciense. – 2019. – Т. 6. №4. – С. 530-549.

18. Tarasov, D. Modeling the stress state of a rotating flexible thread (cable) to optimize its speed / D. Tarasov, V. Konovalov, V. Zaitsev // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. 1614 (2020) 012089.

Статья поступила в редакцию 11.09.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 510.6
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0002

АЛГОРИТМЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРЕДИКАТОВ НА МНОЖЕСТВЕ ГЛОБАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ В СИСТЕМАХ ОТЛАДКИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

© 2020

Перекусихина Альбина Николаевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Математика и математическое моделирование»
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
(440028, Россия, Пенза, ул. Германа Титова, д. 28)
Прошин Иван Александрович, доктор технических наук, доцент, архитектор
АО «Бэлл интегратор»
(440000, Россия, Пенза, ул. Московская, 27, e-mail: proshin.Ivan@inbox.ru)
Мартышкин Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»
Истомина Татьяна Викторовна, доктор технических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник отдела научных исследований
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, e-mails: alexey314@yandex.ru, istom@mail.ru)

Аннотация. Предлагаемая статья посвящена исследованию алгоритмов вычисления предикатов на множестве глобальных состояний в системах отладки распределенных приложений. Важнейшей задачей при отладке приложения является проверка выполнения заданного предиката на множестве переменных, характеризующих состояние этого приложения. Для распределенных систем это является проблемой, так как для них характерна неопределенность в оценке текущего глобального состояния выполнения. Хотя данная проблема хорошо изучена и разработаны алгоритмы ее эффективного разрешения, остается неосвещенным ряд вопросов, связанных с разработкой алгоритмов и программы, способных работать с уже существующими средствами для отладки распределенных систем и при этом не требующих внесения существенных изменений в архитектуру и реализацию таких решений. Настоящая статья посвящена разработке алгоритмов для последующей их реализации в программе, позволяющей проверить выполнимость предикатов, заданных пользователем, основываясь на протоколе событий выполнения распределенной системы. Рассмотрены алгоритмы вычисления выполнимости предиката с модальностью «возможно» и с модальностью «определенно» на множестве глобальных состояний Рассматриваются базовые теоретические вопросы, связанные с распределенными системами, описываются проблемы, приводятся некоторые варианты их решения. В заключение представлены основные выводы по проведенным исследованиям.

Ключевые слова: глобальное состояние, модальность «возможно», модальность «определенно», предикат, программное обеспечение, производительность, пространственно-временная диаграмма выполнения, протокол событий, распределенная система, векторная метка времени.

ALGORITHMS FOR CALCULATING PREDICATES ON A SET OF GLOBAL STATES IN DISTRIBUTED APPLICATION DEBUGGING SYSTEMS

© 2020

Perekusikhina Albina Nikolaevna, candidate of technical sciences, associate Professor of sub-department
«Mathematics and Mathematical Modeling»
Penza State University of Architecture and Construction
(440028, Russia, Penza, German Titov Street, 28)
Proshin Ivan Aleksandrovich, doctor of technical Sciences, associate Professor, creator
Joint-stock company «Bell integrator»
(440000, Russia, Penza, Moskovskaya street, 27, e-mail: proshin.Ivan@inbox.ru)
Martyshkin Alexey Ivanovich, candidate of technical sciences, docent,
associate Professor of sub-department «Computers and systems»
Istomina Tatyana Viktorovna, doctor of technical Sciences, Professor,
leading researcher of the Department of scientific research
Penza state technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin Street, 1a/11, e-mails: alexey314@yandex.ru, istom@mail.ru)

Abstract. This article is devoted to the study of algorithms for calculating predicates on a set of global States in debugging systems for distributed applications. The most important task when debugging an application is to check the execution of a given predicate on a set of variables that characterize the state of this application. This is a problem for distributed systems, since they are characterized by uncertainty in the assessment of the current global state of execution. Although this problem has been well studied and algorithms for its effective resolution have been developed, a number of issues related to the development of algorithms and programs that can work with existing tools for debugging

distributed systems and do not require significant changes to the architecture and implementation of such solutions remain unresolved. This article is devoted to the development of algorithms for their subsequent implementation in a program that allows you to check the feasibility of predicates specified by the user, based on the Protocol of execution events of a distributed system. Algorithms for calculating the satisfiability of a predicate with the modality "possible" and with the modality "definite" on a set of global States are considered The basic theoretical questions related to distributed systems are considered, problems are described, and some solutions are given. In conclusion, the main conclusions of the research are presented.

Keywords: global state, "possible" modality, "definitely" modality, predicate, software, performance, space-time execution diagram, event Protocol, distributed system, vector timestamp.

Введение. Локальные сети (*LAN*) связывают множество компьютеров, находящихся в здании, таким образом, что машины в состоянии обмениваться небольшими порциями информации за несколько микросекунд [1]. Важнейшей задачей при отладке приложений является проверка того, что на множестве переменных, характеризующих состояние этого приложения, выполняется заданный предикат [2]. Для распределенных систем (РС) это является проблемой, т.к. для них характерна неопределенность в оценке текущего глобального состояния выполнения [3].

Обозначенная проблема достаточно изучена [4-8], [9-12] и [13-16], разработаны алгоритмы, позволяющие ее эффективно решать [17-19]. Интерес представляет разработка алгоритмов и в дальнейшем программы, которая сможет работать с уже существующими решениями для отладки РС и при этом не потребует внесения существенных изменений в архитектуру и реализацию таких решений. С аппаратной точки зрения РС – совокупность взаимосвязанных автономных компьютеров или процессов. Причем особую важность представляет именно их автономность. С программной точки зрения РС – совокупность независимых процессов, которые взаимодействуют посредством передачи сообщений для обмена данными и координации своих действий.

Из этих определений вытекают следующие отмеченные аспекты задачи:

1. Автономность узлов невозможна без независимого управления для каждого из них. Отсюда следует, что РС не может быть представлена ЭВМ с *SIMD* архитектурой.

2. Каждый процесс имеет свое собственное состояние, которое напрямую не зависит от состояния других процессов и может быть изменено только им самим. Единственный способ для процесса повлиять на внутреннее состояние другого процесса – отправка сообщения. Состояние процесса закрыто для других процессов.

Материалы и результаты исследования. Пример архитектуры конкретной РС приведен на рисунке 1.

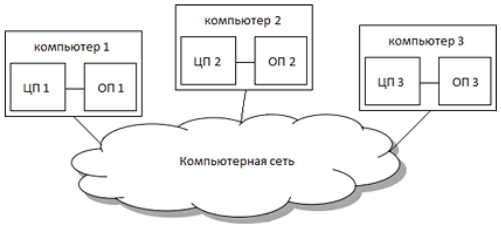


Рисунок 1 – Пример архитектуры распределенной сети

Пространственно-временная диаграмма выполнения РС приведена на рисунке 2.

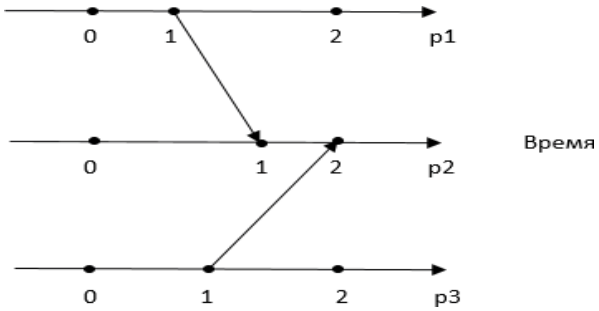


Рисунок 2 – Пространственно-временная диаграмма выполнения РС

Рисунок 2 является пространственно-временной диаграммой выполнения. Прямыми горизонтальными линиями показаны процессы выполнения, здесь отображены три процесса с порядковыми номерами 1, 2 и 3. Для определения времени в РС используется несколько методов. Здесь время определяется с помощью векторных меток времени, под которыми понимается вектор положительных целых чисел длинной n, где n – количество процессов в РС. Компонента вектора с номером i определяет количество событий, которое произошло в процессе с номером i до текущего момента времени. Изначально система находится в состоянии, когда все компоненты вектора времени равны 0. В рамках настоящего представления векторные метки времени используются в двух случаях. В первом случае подразумеваются события выполнения, во втором случае – решетка глобальных состояний.

В первом случае метка времени ставится в соответствие одному событию и, следовательно, можно говорить о процессе, которому соответствует данная метка времени. Компонента вектора, соответствующая процессу, в котором произошло рассматриваемое событие, означает число событий, уже произошедших до наступления этого события. Остальные компоненты вектора времени означают число событий других процессов, о которых данное событие знает, то есть с которыми у него есть причинно-следственная связь.

Во втором случае метка времени ставится в соответствие одному узлу решетки возможных глобальных состояний выполнения РС. Тогда каждая компонента вектора времени означает количество событий, произошедших в соответствующем процессе, чтобы наступило данное глобальное состояние. Также в этом случае имеет смысл ввести термин «уровень»,

как сумму всех компонент вектора времени. Смысл уровня заключается в том, что его значение отображает количество событий, которое должно произойти для того, чтобы РС пришла в соответствующее глобальное состояние.

Рассмотрим выполнение РС, представленное на рисунке 3.

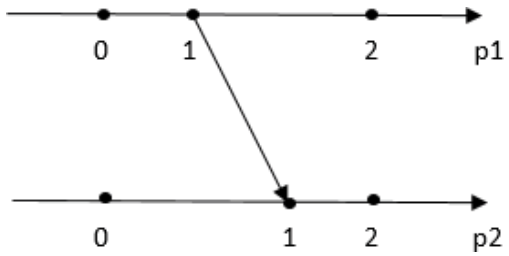


Рисунок 3 – Выполнение РС

Будем говорить, что событие *A* знает о событии *B*, если выполняется одно из следующих условий [20]:

• *A* и *B* – последовательные события одного процесса;

• *A* и *B* – события приема и отправки одного и того же сообщения, причем *A* – событие приема сообщения, а *B* – событие отправки этого сообщения;

Если *A* знает о *B*, значит между ними есть причинно-следственная связь, которую будем обозначать следующим образом: *B->A*.

Причинно-следственная связь обладает двумя важными свойствами.

1. Причинно-следственная связь транзитивна, то есть если *A→B* и *B→C*, то *A→C*.

2. Причинно-следственная связь не коммутативна, то есть если *A→B*, то это не значит, что *B→A*.

Рассмотрим пример выполнения РС, приведенный на рисунке 3.

Событие 1 второго процесса знает о событии 1 первого процесса, т.к. это события отправки и получения одного и того же сообщения.

Событие 2 второго процесса знает о событии 0 первого по свойству транзитивности причинно-следственного порядка, т.к. события 1 первого и второго процессов связаны и все последовательные события внутри процессов тоже.

Два события *A* и *B* называются независимыми если (*!A→B* and *!B→A*). Для примера выполнения, представленного на рисунке 3, независимыми являются события 0 для первого процесса и 0 для второго, а также события 2 для первого процесса и событие 0 для второго. Неопределенность в работе с РС заключается в том, что ни один процесс, входящий в РС, не может определить, в каком взаимном порядке в реальности исполнялись такие события. Более того, при каждом новом запуске РС взаимный порядок таких событий может меняться. Например, для выполнения РС, представленного на рисунке 3, нельзя с определенностью сказать в какой последовательности исполнились события с номером 0 первого и второго процессов. Возможны запуски РС, когда первым произойдет событие из первого процесса, не менее вероятен вариант, когда первым происходит событие второго процесса.

Данная проблема неопределенности исполнения РС подробно описана в работе *«Consistent global states of distributed systems: Fundamental concepts and mechanisms»* [17]. Именно эта конкретная неопределенность и ведет к тому, что в РС нет возможности просто вычислить предикат для выполнения.

Множество глобальных состояний выполнения РС. Неопределенность выполнения РС ведет к тому, что при двух запусках РС может проходить через различные глобальные состояния. Множество всех возможных глобальных состояний, через которые может проходить исполнение РС, удобно представлять в виде решетки, каждый узел которой – одно возможное глобальное состояние, характеризующееся векторной меткой времени. Связь между узлами означает, что возможен переход из вершины с меньшим уровнем в вершину с уровнем, большим на 1. Пример выполнения РС и решетки возможных глобальных состояний для нее приведен на рисунке 4.

В этом примере события 0 первого и второго процессов являются метафорой начального состояния процессов, можно считать, что они уже произошли на старте выполнения РС. Как видно из решетки, после события отправки сообщения из первого процесса возможны два варианта: может произойти событие приема сообщения во втором процессе, а может произойти событие 2 из первого процесса. Это пример неопределенности, которая возникает из-за того, что события 2 первого процесса и 1 второго процесса независимы. Также можно заметить, что в решетке нет глобального состояния, которое бы характеризовалось векторной меткой времени (0, 1). Это происходит потому, что событие 1 второго процесса знает о событии 1 первого процесса, то есть событие принятия сообщения не может произойти раньше события его отправки. Другими словами, наличие причинно-следственных связей уменьшает неопределенность, а соответственно и размер решетки глобальных состояний.

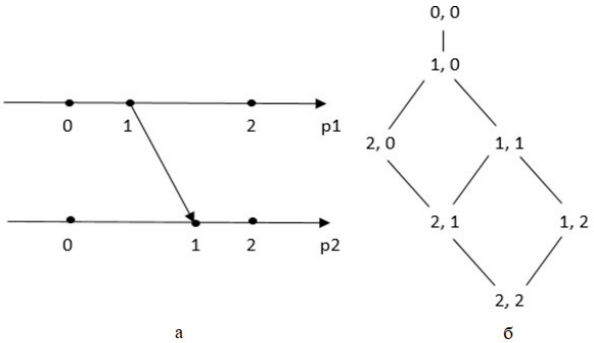


Рисунок 4 – Выполнение РС (а) и соответствующая решетка глобальных состояний (б)

При построении решетки может использоваться следующий алгоритм:

1) *current* = начальное глобальное состояние, векторная метка времени которого содержит нули для всех процессов выполнения РС;

2) *lattice* – пустое множество узловрешетки;

3) пока *current* непусто;

а. добавить в *lattice* все узлы из *current*;

б. *last =current*;

в. очистить *current*;

г. добавить в *current* все возможные допустимые узлы, достижимые из *last*;

4) *returnlattice*.

Узел *A* является достижимым из узла *B*, если:

временные метки *A* и *B* различаются только в одной компоненте, причем данная компонента в метке времени *A* на 1 больше, чем в метке времени *B*. Таким образом моделируется то, что между *A* и *B* произошло ровно одно событие.

Достижимый узел *A* является допустимым для узла *B*, если выполняется одно из следующих условий:

• событие, переводящее РС из состояния *B* в состояние *A*, является внутренним событием одного изпроцессов;

• событие, переводящее РС из состояния *B* в состояние *A*, является событием отправки сообщения;

• событие, переводящее РС из состояния *B* в состояние *A*, является событием приема сообщения, причем событие отправки этого сообщения уже произошло в состоянии *B* или ранее.

Использование данного алгоритма позволяет построить корректную решетку глобальных состояний для РС с асинхронным обменом сообщениями.

Вычисление предиката с модальностью «возможно». Предикат вычисляется с модальностью «возможно» для выполнения РС, если существует такой вариант исполнения РС, что он проходит хотя бы через одно глобальное состояние, где предикат реализуется.

Для вычисления предиката с модальностью можно использовать следующий алгоритм:

1) *current* = начальное глобальное состояние, все компоненты векторной метки времени которого равны *0: lvl = 0*, равно уровню решетки, который сейчас рассматривается

2) пока ни одно состояние из *current* не удовлетворяет предикату

а. *last =current*

б. *lvl = lvl +1*

в. *current* = все состояния уровня *lvl*, доступные из состояний, содержащихся в *last*

г. если *current* пусто, то *return* предикат не «возможен»

3) *return* предикат «возможен»

Данный алгоритм реализует обход в ширину решетки глобальных состояний выполнения РС и позволяет вычислить предикат с модальностью «возможно» для выполнения РС.

Вычисление предиката с модальностью «определенно». Предикат вычисляется с модальностью «определенно» для выполнения РС, если любое исполнение РС проходит хотя бы через одно глобальное состояние, где предикат реализуется. Вычисление предикатов с такой модальностью полезно, если мы хотим проверить, что для выполнения в принципе невозможно наступление какого-либо условия.

Описание данного алгоритма представлено ниже:

1) *last* = начальное глобальное состояние, все компоненты векторной метки времени которого равны 0. Данная переменная будет содержать все состояния уровня *lvl-1*, которые доступны из начального глобального состояния, по пути, которые не проходит через состояния, удовлетворяющие предикату;

2) удалить из *last* все глобальные состояния, которые удовлетворяют предикату;

3) *lvl* = 1, данная переменная равна уровню решетки, который сейчас рассматривается;

4) пока *last* не пусто;

а. если *last* содержит последнее глобальное состояние, тогда *return* не «определенно»;

б. *current* = все состояния уровня *lvl* доступные из состояний, содержащихся в *last*;

в. удалить все состояния из *current*, которые удовлетворяют предикату;

г. *lvl = lvl +1;*

д. *last =current;*

е. *return* «определенно».

Заключение. Актуальность задачи отладки распределенных приложений не вызывает сомнений. Проблема в том, что стандартные методы отладки в случае с распределенными системами работают плохо из-за возникающих проблем в определении текущего глобального состояния. В общем случае для распределенной системы нельзя однозначно ответить на вопрос, выполняется предикат во время работы программы или нет. Для решения данной задачи приходится рассматривать все множество возможных глобальных состояний системы и вычислять предикаты с различными модальностями. Показана возможность реализации алгоритмов проверки выполнимости предикатов на множестве глобальных состояний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Поляков Д.С., Смолко А.С. Проверка выполнимости предикатов на множестве глобальных состояний распределенной системы // Материалы 52-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2014: Информационные технологии / Новосиб. гос. ун-т, 2014. – С. 130-131.

2. Таненбаум Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы / Э. Таненбаум, М. ван Стеен. – СПб.: Питер, 2003. – 877 с.

3. Ajay D. Distributed Computing: Principles, Algorithms, and Systems. / Ajay D., Kshemkalyani, Mukesh Singhal. – Cambridge University Press, 2008.

4. Храковский В.С. Семантические типы множества ситуаций (опытклассификации) // ИзвестияАНССР. Серия литературы и языка. Т. 45, №2, 1986. С. 149-158.

5. Зинкин, С.А. Самомодифицируемые сценарные модели функционирования систем и сетей хранения и обработки данных (базовый формализм и темпоральные операции) / С.А. Зинкин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2007. – № 1. – С. 3-12.

6. Зинкин, С.А. Сети абстрактных машин высших порядков в проектировании систем и сетей хранения и обработки данных (базовый формализм и его расширения) / С.А. Зинкин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2007. – № 3. – С. 13-22.

7. Зинкин С.А. Элементы технологии иерархического концептуального моделирования и реализации систем и сетей хранения и обработки данных // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. –2008. –№ 4 (8). – С. 3-15.

8. Зинкин С.А. Согласование и координация объектов и процессов в агентно-ориентированных системах и сетях хранения и обработки данных / С.А. Зинкин // Вопросы радиоэлектроники. – 2009. – Т. 4. – № 4. – С. 83-95.

9. Дубравин А.В., Зинкин С.А. Развитие логико-алгебраического подхода к созданию распределенных приложений для обработки данных в вычислительных сетях // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации: сборник материалов XII Международной научно-технической конференции. – 2015. – С. 112-114.

10. Дубравин А.В., Зинкин С.А. Элементы концептуального распределенного программирования в сетях // Университетское образование (МКУО-2015). сборник статей XIX Международной научно-методической конференции, посвященной 70-летию Победы в Великой Отечественной войне: в 2 томах. Под редакцией: А.Д. Гулякова, Р.М. Печерской. – 2015. – С. 222-225.

11. Волчихин В.И., Дубравин А.В., Зинкин С.А. Абстрактный и структурный синтез распределенных систем обработки данных на основе мультипарадигмального подхода // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2015. – № 1 (33). – С. 60-80.

12. Зинкин С.А., Федосин М.Е., Федосин А.С. Разработка программной и аппаратной архитектуры веб-центра с использованием логико-алгебраических моделей представления знаний // Научно-технический вестник Поволжья. –2013. –№ 6.– С. 289-293.

13. Дубинин В.Н., Зинкин С.А. Сетевые модели распределенных систем обработки, хранения и передачи данных: монография. – Пенза: ПриволжскийДомзнаний, 2013. – 452 с.

14. Якимов, А.Н. Предикатная алгебра выбора в моделировании микроволновых антенн сложной конфигурации / А.Н. Якимов // Надежность и качество сложных систем. – 2013. – № 1. – С. 78-83.

15. Волчихин, В.И. Логико-алгебраические модели и методы в проектировании функциональной архитектуры распределенных систем хранения и обработки данных / В.И. Волчихин, С.А. Зинкин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. –2012. – № 2. – С. 3-16.

16. Зинкин, С.А. Элементы технологии иерархического концептуального моделирования и реализации систем и сетей хранения и обработки данных / С.А. Зинкин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2008. –№ 4. – С. 3-15.

17. MarzulloK. Consistent global states of distributed systems: Fundamental concepts and mechanisms / O. Babaoglu and K. Marzullo – S. J. Mullender (ed.). DistributedSystems, Chap. 4, pp 55-96. ACM Press, NewYork, 1993.

18. Marzullo K. Detection of global state predicates. / K. Marzullo, G. Neiger. – In Proc. 5th Int'l. Workshop on Distributed Algorithms (WDAG '91), vol. 579 of Lecture Notes in Computer Science, pages 254–272. Springer, 1991.

19. BabaogluO. Specification and verification of dynamic properties indistributed computations. / O. Babaoglu, M. Raynal – Journal of Paralleland Distributed Systems, 28(2), 1995, pages 173-185.

20. Бежанишвили М.Н. Логическое всеведение и эпистемическое табличное исчисление предикатов// Логические исследования: ежегодник. 2004. № 11. С. 34-45.

Статья поступила в редакцию 11.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 004.932.4
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0003

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПРОИЗВОЛЬНЫМ УВЕЛИЧЕНИЕМ ИХ РАЗРЕШЕНИЯ

©2020

Колесенков Александр Николаевич, кандидат технических наук,
доцент, доцент кафедры «Космические технологии»
Костров Борис Васильевич, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Электронные вычислительные системы»
Фетисов Дмитрий Вадимович, аспирант
Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина
(390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1, e-mails: sk62@mail.ru, kostrov.b.v@evm.rsreu.ru, morzitko@gmail.com)

Аннотация. Статья посвящена разработке алгоритма и программного модуля, позволяющего повысить качество снимков, полученных в результате аэрокосмической съемки со спутника путем произвольного увеличения их разрешения при решении задач дистанционного зондирования Земли. Данная задача является актуальной как при поиске полезных ископаемых, отслеживании состояния земной поверхности, так и в целом при работе с изображениями плохого качества, требующими их улучшения. Предлагается новый метод субпиксельной обработки изображений, приводятся основные формулы для обработки матриц изображений и блок-схемы алгоритмов разработки программного модуля. Главная идея алгоритма состоит в обработке нескольких входных изображений, которые представлены в виде матриц в градациях серого, с помощью математических и алгоритмических операторов, в результате работы которых получается одно выходное изображение лучшего качества. Корректная работа алгоритма подразумевает задание параметров требуемого разрешения, смещение исходных снимков относительно друг друга на долю пикселя, представление снимков в виде матриц изображений. Экспериментальные исследования разработанного программного модуля подтвердили его эффективность, оцениваемую повышением скорости обработки изображения с произвольным увеличением его разрешения и уменьшением размера сетки пикселей, что является несомненным преимуществом метода.

Ключевые слова: аэрокосмический снимок, матрица, пиксель, алгоритм, произвольное разрешение, повышение качества, программный модуль.

IMPROVING METHOD OF THE DIGITAL IMAGE QUALITY WITH AN ARBITRARY INCREASING IN THEIR RESOLUTION

©2020

Kolesenkov Aleksandr Nikolaevich, phD in Engineering Sci.,
associate Professor, associate Professor of «Space Technology»
Kostrov Boris Vasilievich, doctor of Technical Sciences, professor,
head of the Department of «Electronic Computing Systems»
Fetisov Dmitry Vadimovich, postgraduate student
Ryazan State Radio Engineering University named after V. F. Utkin
(390005, Ryazan, Gagarin St., 59/1, e-mails: sk62@mail.ru, kostrov.b.v@evm.rsreu.ru, morzitko@gmail.com)

Abstract. The article is devoted to the development of an algorithm and software module that makes it possible to improve the quality of images obtained as a result of aerospace imagery from a satellite, through an arbitrary increase in their resolution for their subsequent use for solving problems of remote sensing of the Earth. This task is relevant both when monitoring minerals, tracking the state of the earth's surface, and in general when working with images of poor quality that require its improvement. This work describes in detail one of the methods of sub-pixel processing of low quality images. Also, the article presents the basic formulas with which the image matrices are processed; the block diagrams of the algorithm necessary for writing a software module are given. The main idea of the algorithm is to process several input images, which are represented in the form of grayscale matrices, using mathematical and algorithmic operators, as a result of which result in one output image of the best quality. The main conditions for the correct operation of the algorithms are the displacement of the input images relative to each other in any directions by a fraction of the pixel, setting the parameters of the required resolution, and presenting the images in the form of image matrices. Experimental studies were carried out to analyze the effectiveness of the developed software module, which showed that the rate of image quality improvement with an arbitrary increase in its resolution increases with decreasing pixel grid size, which is an undoubted advantage of the developed algorithm.

Keywords: aerospace image, matrix, pixel, algorithm, arbitrary resolution, quality enhancement, software module.

Введение. Космические технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [1] в настоящее время являются незаменимым инструментом мониторинга и исследования нашей планеты, который помогает эффективнее управлять ее ресурсами. Развитие подобных технологий расширяет сферу их применения, проникая в нашу жизнь, дом, работу и бизнес. Космические системы и технологии позволяют получить

необходимые данные с больших, опасных и труднодоступных участков Земли [2, 3] за короткое время. В свою очередь изображения, получаемые со спутников ДЗЗ, охватывают разнообразные сферы деятельности во многих отраслях (геологические исследования, мониторинг полезных ресурсов, охрана окружающей среды и в других целях).

В настоящей работе представлен один из методов субпиксельной обработки изображений низкого качества, полученных со спутников ДЗЗ [4], с целью их последующих преобразований в единое изображение лучшего качества [5] с заданным разрешением. Основными условиями для последующей обработки снимков являются:

• возможность смещения изображений относительно друг друга в горизонтальном, вертикальном или одновременно в двух направлениях на долю пикселя;

• задание параметров разрешения в виде $R1 \times R2$, где $R1$ – параметр разрешения по горизонтали, $R2$ – параметр разрешения по вертикали;

• входные снимки представляются в виде матрицы [6].

Основная идея алгоритма, реализующего задачу повышения качества изображений [7, 8], заключается в «наложении» входных матриц снимков, смещенных на долю пикселя относительно друг друга. Численные значения параметров матрицы выходного изображения получаются путем применения различных математических операторов к значениям пикселей входных изображений.

Цель данной работы заключается в повышении качества изображений за счет увеличения разрешения, заданного пользователем произвольно. Актуальность разработки такого программного модуля обусловлена необходимостью детального исследования земной поверхности в нуждах геологии, сельского хозяйства, обороны [9 – 11] и много другого. Поскольку на сегодняшний день общество стремится к более рациональному использованию ресурсов земли, охране окружающей среды, а этого можно достигнуть благодаря получению качественных изображений.

Материалы и результаты исследования. Пусть имеется четыре входных снимка *A, B, C, D*, которые представлены в виде соответствующих матриц, и выходная матрица с обозначением *M*. При сдвиге матриц относительно друг друга на часть «большого» пикселя выходное изображение изменится только за счет смещения их краев, т е. основной и единственный вклад в эти изменения вносят области пикселя, которые соответствуют крайним малым пикселям. Матрицы, которые сдвинуты друг относительно друга не более чем на долю пикселя по горизонтали и/или вертикали, называются смежными. Можно представить всего четыре разных положений «большого» пикселя, который смещен на один «малый» пиксель (рис. 1).

Области совмещения изображений выделены прямоугольниками, а ячейки в них обозначают «малые» пиксели выходной матрицы. «Большие» пиксели входных изображений низкого качества представлены квадратами. Белым цветом обозначены ячейки матриц, значения которых берутся со знаком минус, черным – со знаком плюс, а серым обозначаются ячейки с нулевым значением.

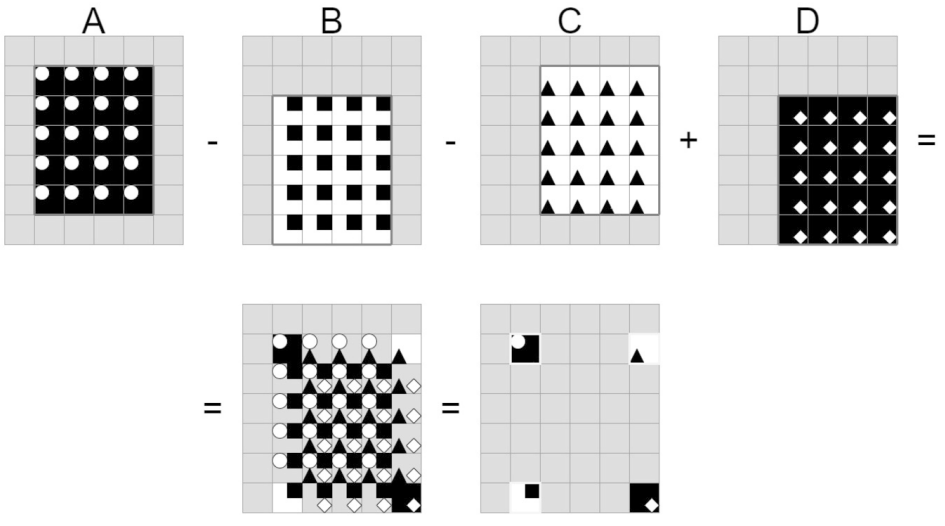


Рисунок 1 – Получение матрицы результирующего изображения высокого качества на основе совмещения нескольких матриц входных изображений низкого разрешения

Значения четырех «больших» пикселей напрямую связаны со значениями «малых» пикселей результирующей матрицы, следующим образом :

$$M = A + D - B - C = A_{R1*i,R2*j} + D_{R1*(i+1)\ R2*(j+1)} - $$

$$- B_{R1*i,R2*(j+1)} - C_{R1*(i+1)\ R2*j} \quad (1)$$

Соотношение (1) является главным для решения задачи повышения качества изображения [12]. Значения больших пикселей выходного изображения известны заранее из входных матриц, поэтому при разработке программного модуля можно использовать такие краевые условия.

На пересечении границ сдвинутых больших пикселей образуются области, которые соответствуют четырем маленьким пикселям (рис. 1). Четыре сосед-

ние ячейки, которые принадлежат разным входным матрицам, связаны набором ячеек формулами (2) – (5) синтезированной матрицы:

$$A_{i,j} = \sum_{p=-1}^{R1-1}\sum_{q=-1}^{R2-1} A_{R1*i+p,R2*j+q} \quad ; \qquad (2)$$

$$B_{i,j} = \sum_{p=-1}^{R1-1}\sum_{q=0}^{R2} B_{R1*i+p,R2*j+q} \quad ; \qquad (3)$$

$$C_{i,j} = \sum_{p=0}^{R1}\sum_{q=-1}^{R2-1} C_{R1*i+p,R2*j+q} \quad ; \qquad (4)$$

$$D_{i,j} = \sum_{p=0}^{R1}\sum_{q=0}^{R2} D_{R1*i+p,R2*j+q} \quad ; \qquad (5)$$

С помощью формул (1) – (5) получаем следующую формулу для расчета значений «малых» пикселей:

$$D_{R1*(i+1)\ R2*(j+1)} = A_{i,j} + D_{i,j} - B_{i,j} - C_{i,j} - -A_{R1*i,R2*j} + B_{R1*i,R2*(j+1)} + C_{R1*(i+1)\ R2*j} \qquad (6)$$

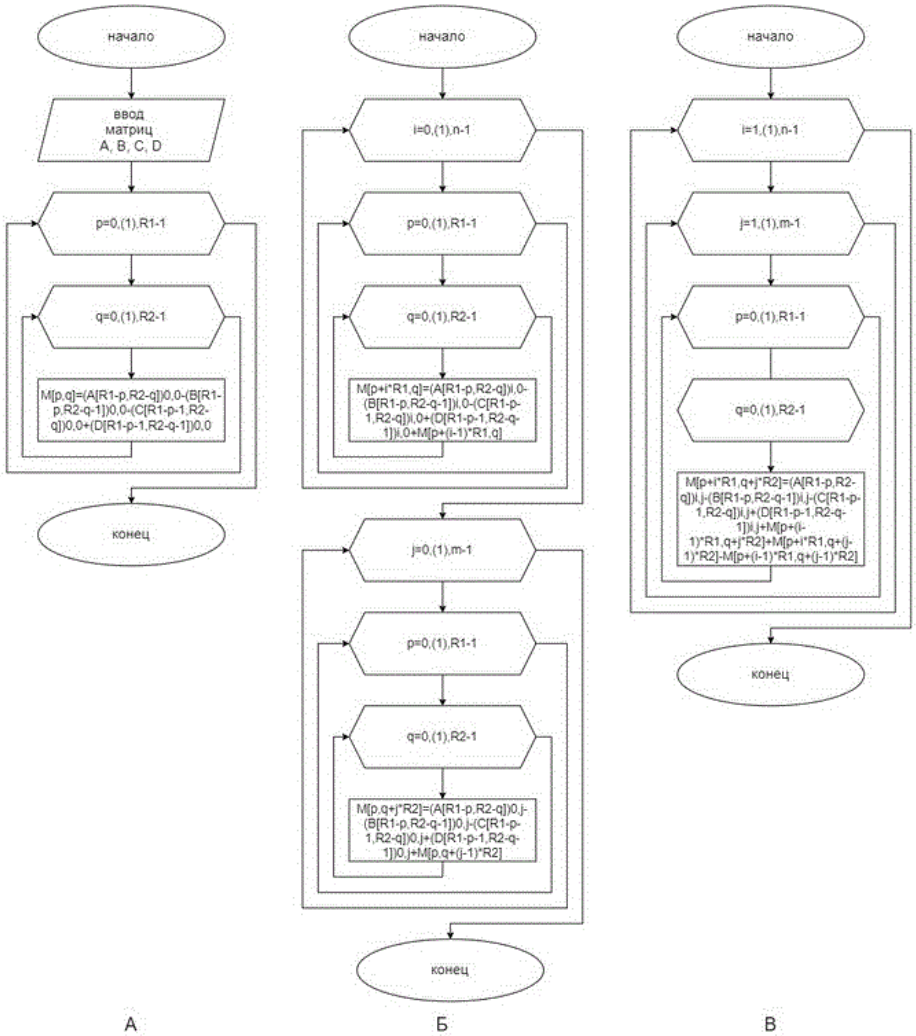


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма повышения качества изображений с произвольным увеличением разрешения

Имена матриц *A, B, C, D* приняты для обозначения четверки смежных матриц. Подобных четверок может быть много, а весь набор их названий сам может представляться в виде матрицы с элементами $W_{p,q}$ где индекс p принимает значения от 0 до $R1$-1, а индекс q от 0 до $R2$-1 [13]. Тогда в общем виде элементы четырех смежных матриц, имеющих индексы *(i,j)* , можно представить в виде $(W_{p,q})_{i,j}, (W_{p+1,q})_{i,j}, (W_{p,q+1})_{i,j}, (W_{p+1,q+1})_{i,j}$.

В результате блок-схему алгоритма, реализующего процесс повышения качества изображений с произвольным разрешением [14, 15], можно представить в виде рисунка 2.

Для вычисления значений пикселей выходного изображения необходимо сначала обработать пиксели с координатами (0,0) всех снимков (рис. 2А). Затем рассчитываются пиксели, находящиеся в первой строке и первом столбце (рис. 2Б). На заключительном этапе рассчитываются все остальные пиксели результирующего изображения (рис. 2В).

Данное разбиение на отдельные процедуры расчета определенных пикселей обусловлено особенностями постановки задачи, поскольку разрешение задается произвольно [16].

Разработанный алгоритм, решающий задачу повышения качества снимков с произвольным разрешением, был реализован в виде программного модуля на языке программирования *C#* [17, 18]. Также был создан графический интерфейс со следующими элементами:

• поле выбора и загрузки снимков;

• поля ввода требуемого разрешения;

• поля ввода размера выходного изображения (при необходимости);

• область с отображением входных снимков и выходного улучшенного изображения;

• область с отображением временных затрат.

Для анализа эффективности разработанного алгоритма повышения качества изображений, которые были получены с помощью аэрокосмической съемки, был произведен ряд экспериментов. В качестве исходных данных выбраны восемь цветных снимков, разбитых на две группы по четыре изображения одинакового размера и смещенных относительно друг друга на долю пикселя в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Быстродействие процедуры повышения качества изображения на основе нескольких изображений низкого качества оценивалось относительно размерности выходной сетки пикселей и заданным разрешением [19]. Например, программный модуль работает с четырьмя изображениями в сетке размером 128x128 и заданным пользователем разрешением, равным 100x120. Также эксперименты проводились с увеличением масштаба снимков от 2 до 8 раз в сетке [20]. Результаты экспериментов представлены в таблице 1 и на рисунке 3.

Таблица 1 – Результаты экспериментов

Размер сетки	Оригинальные снимки в сетке 128x128 (0..127)	Снимки с масштабом 2 раза в сетке 64x64 (0..63)	Снимки с масштабом 4 раза в сетке 32x32 (0..31)	Снимки с масштабом 8 раз в сетке16x16 (0..15)
Разрешение	100x120	62x51	15x15	
1 набор снимков	116 мс	87 мс	51 мс	50 мс
2 набор снимков	124 мс	85 мс	49 мс	53 мс

Согласно полученным данным, скорость повышения качества изображения с произвольным увеличением его разрешения и уменьшением размера сетки пикселей увеличивается, что является несомненным преимуществом разработанного алгоритма. Качество нового изображения, ранее подверженного масштабированию, не уступает изображению, полученному из оригинальных снимков.

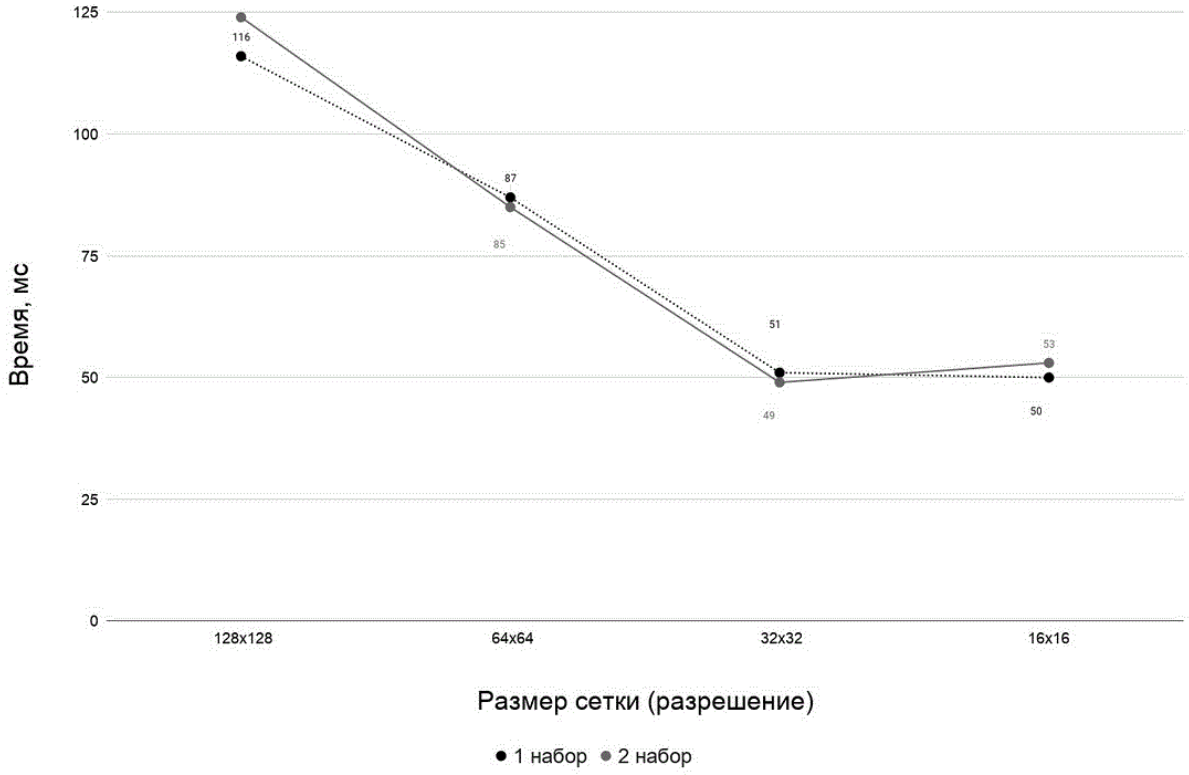


Рисунок 3 – Скорость повышения качества изображения с произвольным увеличением его разрешения

К достоинству данного алгоритма можно отнести также то, что при разных сетках исходных снимков с одинаковым разрешением алгоритм работает примерно одинаково. Однако в сравнении с ранее разработанными алгоритмами сканирования и восстановления изображений данный алгоритм несколько уступает по временным затратам, поскольку он работает не с двумя матрицами снимков, а с четырьмя, что снижает скорость работы алгоритма, но позволяет получить изображение лучшего качества.

Таким образом, разработанный алгоритм позволяет наглядно представить повышение качества исход-

ного изображения. В целом, полученные на выходе изображения весьма полезны при интерактивном режиме обработки данных, когда исследователь быстро обнаруживает неоднородности анализируемого объекта для последующего исследования.

Выводы и перспективы. Повышение качества цифровых изображений с произвольным увеличением их разрешения является более сложной и трудоемкой задачей по сравнению с одномерным или двумерным сканированием. Также можно выделить следующие преимущества разработанного модуля:

• для получения качественного изображения требуется небольшой набор снимков довольно низкого качества;

• для получения изображения высокого качества используется несложный математический аппарат;

• алгоритм устойчив к шуму и помехам;

• модуль обладает универсальностью в части разрешения, которое задается пользователем.

Разработанный алгоритм, повышающий качество снимков, которые были получены со спутников ДЗЗ, имеет различные аспекты для дальнейшего исследования. В частности, можно дополнительно применить фильтры, позволяющие выделить ту или иную необходимую область снимка. Также можно провести сравнительный анализ данного алгоритма с другими уже существующими алгоритмами субпиксельной обработки данных (одномерное и двумерное сканирование, одномерное и двумерное/абсолютное восстановление) и сделать выводы об их применимости при решении различных прикладных задач в области мониторинга полезных ископаемых и ДЗЗ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Fetisov D.V., Kolesenkov A.N., Fetisova T.A., and Strotov V.V. Sub-pixel matching data of environmental remote sensing in the monitoring of natural resources // Procceedings Collections from SPIE Remote Sensing. – 2020. – Paper 1153406. – 6 p.

2. Fetisov D.V., Kolesenkov A.N., Fetisova T.A. Automatic Scaling Method of Aerospace Images Using Spectral Transformation // 2018 International Russian Automation Conference (IRAC). – 2018. – Paper 18168403. – 7 p.

3. Taganov A., Kolesenkov A., Babaev S. Ecological monitoring of dangerous objects on the basis of vegetation indexing and evolutionary approach // 2016 5th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2016 - Including ECyPS 2016, BIOENG.MED 2016, MECO: Student Challenge 2016. – 5. – 2016 . – P. 468-472.

4. William H. Press Numerical recipes in C: the art of scientific computing / William H. Press // Cambridge University Press. - 2nd ed. – 1995. – 994 p.

5. Beskid P.P. Geographic Information Systems and Technologies // Spb.: Russian State Hydrometeorological University. – 2013. – 173 p.

6. Фетисов Д.В., Колесенков А.Н. Экспериментальные исследования в области повышения качества цифровых изображений, полученных в результате аэрофотосъемки // Сборник трудов международной научно-технической и научно-методической конференции «Современные технологии в науке и образовании» (СТНО-2020). – Рязань, 2020. – Том 6. – С.196-201.

7. Блажевич С.В., Селютина Е.С. Повышение разрешения цифрового изображения с использованием субпиксельного сканирования // Журнал «Научные ведомости Белгородского государственного университета», серия: Математика. Физика. – Белгород, 2014 г. – С. 186 – 190.

8. Sinha S., Frahm J.M., Pollefeys M. and Genc. Y. GPU-based Video Feature Tracking and Matching // In: Workshop on Edge Computing Using New Commodity Architectures, Chapel Hill, US. – 2006. – 15 p.

9. Дронов А. Н., Шумилов Ю. Ю. Комплексная оценка качества изображений для систем видеомониторинга реального времени // Естественные и технические науки. – 2009. – № 6 (44). – С. 485—486.

10. Козлов В.Л. Измеритель дальности и размерных параметров объектов на основе цифровой фотокамеры / В.Л. Козлов, И.Р. Кузьмичев // Вестник БГУ. – № 1. – 2011. – С. 33-37.

11. Fraundorfer F., Stewenius H. and Nist´er D. A Binning Scheme for Fast Hard Drive Based Image Search // In: Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Minneapolis, Minnesota. – 2007. – 6 p.

12. Aditya Vailaya, Mario A.T Figueiredo, Anil.K Jain, and Hong-Jiang. Image Classification for Content Based Indexing // Published in IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING. – 2001. – Vol. 10. – № 1. – P. 117-130.

13. Козлов В.Л., Васильчук А.С. Субпиксельная обработка изображений для измерения дальности на основе цифровой фотокамеры // Журнал «Приборы и методы измерений». – Беларусь, 2012 . – С. 115-120.

14. Блажевич С.В. Синтез цифровых изображений субпиксельного уровня разрешения с использованием расфокусировки // Сб. науч. ст. Техническое зрение в системах управления –М.: Ротапринт ИКИ РАН. – 2012. С.127-137.

15. Чернявский Г.М. Перспективы космического мониторинга земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2004. – Т.1. – С. 39-46.

16. Гонсалес Р.С. Цифровая обработка изображений: Монография / Р.С. Гонсалес, Р.Е. Вудс; пер. с англ. под ред. П.А. Чочиа. – М.: Техносфера. – 2006.– 1072 с.

17. Skvortsov S.V., Fetisova T.A., Bakuleva M.A. Improving the Performance of Software Applications for Sort and Search Data by Means of GPUs // 7th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO). – 2018. – P. 153-156.

18. Костров Б.В., Саблина В.А. Адаптивная фильтрация изображений со структурными искажениями // Цифровая обработка сигналов. – 2008. – № 4. – С. 49-53.

19. Kozlov V.L. Measuring Instrument of Range and Size Parameters of Objects on the Basis of a Digital Camera / V.L. Kozlov, I.R. Kuzmichev // Bulletin of BSU. – No1. – 2011. – P. 33-37.

20. Skvortsov S.V., Fetisova T.A., Bakuleva M.A., Bakulev A.V. The Implementation on CUDA Platform Parallel Algorithms Sort the Data // 6th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO). – 2017. – P. 51-54.

Статья поступила в редакцию 14.10.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 533.6.011.6
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0004

МАТЕМАТИЧЕКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТРАТИФИКАЦИИ В СИСТЕМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ ЛОПАТОЧНОГО АППАРАТА ТУРБОМАШИН

© 2020

Золотов Александр Николаевич, аспирант кафедры «Тепловая и топливная энергетика»
Ковальногов Владислав Николаевич, доктор технических наук,
заведующий кафедрой «Тепловая и топливная энергетика»
Федоров Руслан Владимирович, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Тепловая и топливная энергетика»
Ульяновский государственный технический университет
(432027, Россия, Ульяновская область, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32,
e-mails: anzolotov@bk.ru, kvn@ulstu.ru, r.fedorov@ulstu.ru)

Аннотация. Наиболее эффективным путём в реализации методов повышения экономичности турбомашин и их металлоемкости является увеличение параметров давления и температуры рабочего тела. Технологический процесс изготовления лопаток турбомашин является дорогостоящим и может занимать много времени для подготовки производственной базы для их выпуска. Увеличение входных параметров давления и температуры рабочего тела в газотурбинных установках приводит к возникновению сложных газодинамических и температурных режимов работы лопаточного аппарата. В данных обозначенных условиях прочностные характеристики материалов (в особенности предел эластичности), из которых изготовлен лопаточный аппарат зависит от температуры и изменения ее значения на 10 К может привести к снижению рабочего ресурса в два раза. Эффективность газотурбинной установки повышается на 0,8% при снижении расхода газа, отбираемого из компрессора для охлаждения дисков газовой турбины на 2% [1–2]. На основании вышеизложенного для создания лопаток турбомашин необходимо применение методов математического моделирования. Численные методы выступают основным наиболее эффективным инструментом для анализа и поиска наиболее перспективных способов охлаждения лопаток турбомашин на стадии их проектирования в условиях производства. Применение методов численного моделирования процессов необходимо для определения взаимодействия вязких и невязких течений, турбулентного теплообмена в условиях благоприятного и неблагоприятного градиентов давления, теплообмена во вращающихся каналах, отрыва пограничного слоя и прочих факторов. Одним из перспективных способов реализации охлаждения лопаток турбомашин является применения охлаждения на основе процесса газодинамической температурной стратификации потока рабочего газа.

Ключевые слова: численное моделирование, тепловая защита, конвективно-пленочное охлаждение, программно-информационный комплекс, дисперсный поток, газодинамическая температурная стратификация.

MATHEMATICAL MODELING AND NUMERICAL STUDY OF GAS DYNAMIC TEMPERATURE STRATIFICATION PROCESSES IN THE COOLING SYSTEM OF THE BLADE OF TURBOMACHINE

© 2020

Zolotov Alexander Nikolaevich, post-graduate student of the Department of Heat and fuel power engineering
Kovalnogov Vladislav Nikolaevich, doctor of technical sciences, associate professor of the
Department of Heat and fuel power engineering
Fedorov Ruslan Vladimirovich, candidate of technical sciences, head of the
Department of Heat and fuel power engineering
Ulyanovsk state technical University
(432027, Russia, Ulyanovsk, 32 Severny Venets street, e-mails: anzolotov@bk.ru, kvn@ulstu.ru, r.fedorov@ulstu.ru)

Abstract. The most effective methods for improving the efficiency of turbo machines and their metal consumption are to increase the pressure and temperature parameters of the working fluid. The classic manufacturing process of turbo machine blades is very expensive and under standard conditions can take a long time to prepare the production base for production. The increase of input parameters of pressure and temperature of the working medium in gas turbine plants leads to a complex gas-dynamic and thermal modes of operation of the blade unit. Under these specified conditions, the strength characteristics of the materials (especially the elastic limit) from which the blade is made depend on the temperature and a change in its value by 10 K can lead to a two-fold reduction in the working life. The efficiency of a gas turbine plant increases by 0.8% with a 2% reduction in the consumption of gas taken from the compressor to cool the gas turbine disks [1–2]. Based on the above, the creation of turbo machine blades requires the use of mathematical modeling methods. Numerical methods are the main and most effective tool for analyzing and searching for the most promising ways to cool the blades of turbo machines at the design stage in production conditions. The use of numerical process modeling methods is necessary to determine the interaction of viscous and in viscid flows, turbulent heat exchange under favorable and unfavorable pressure gradients, heat exchange in rotating channels, separation of the boundary layer, and other factors. One of the promising ways to implement cooling of turbo machine blades is the use of cooling based on

the process of gas-dynamic temperature stratification of the working gas flow.

Keywords: mathematical modeling methods, numerical methods, thermal protection, convective film cooling, software and information complex, dispersed flow, gas-dynamic temperature stratification.

Введение. Технология производства турбомашин и их лопаточного аппарата является очень дорогостоящей и может занимать время до 1 года. Следовательно обеспечение тепловой защиты лопаток турбомашин является основным из методов повышения их технико-тактических характеристик, увеличения срока службы, сокращение стоимости издержек на обслуживание.

Основным методом обеспечения работы лопаток в условиях экстремально высоких температурных и газодинамических режимов является разработка эффективных способов их охлаждения.

Трудоемкость процесса разработки высокоэффективных способов охлаждения лопаток турбомашин может достигать 45 % от общей трудоемкости изготовления газотурбинной установки в целом. Это обуславливается наличием объемных газодинамических, тепловых и прочностных расчетов. Лопатки турбомашины находится в наиболее сложных газодинамических и температурных условиях работы, что сказывается на пределе эластичности материала из которого изготовлены лопатки турбомашины. Увеличение температуры рабочего вала турбомашины на 10 К приводит к снижению расчетного ресурса лопаточного аппарата вдвое [3-5]. Одним из основных инструментов отработки новых способов охлаждения лопаток турбомашин, который сокращает большие производственные издержки на проектирование и отработку конструкции является применение методов математического моделирования и численных методов. Одним из перспективных методом охлаждения является использование процесса газодинамической температурной стратификации. Данный метод позволяет повысить ресурс лопаток турбомашин за счет уменьшения их температуры и снижения неоднородности ее распределения. Однако четкие технологические рекомендации по использованию данных процессов в литературе отсутствуют.

Остается открытым вопрос отсутствия надежных методов математического моделирования для прогнозирования распределения температуры по поверхности и в теле лопатки в зависимости от применяемых технологических решений охлаждения, в том числе с использованием процесса газодинамической температурной стратификации. В настоящее время существуют различные комплексы программ для оценки и расчета теплового состояния элементов энергоустановок. В их количество входят следующие программные средства: *ANSYS, LMS Virtual.Lab.* К их достоинствам можно отнести возможность внесения изменений в геометрию моделируемых элементов, возможности модернизации обмена данными между расчетными модулями и возможность сравнивания динамических моделей между собой. Основным недостатком данных программных средств, в отличие от предлагаемого проекта, что не всегда есть возможность учитывать влияние распределения температуры по перу лопатки турбомашины в нестационарной постановке на граничные условия теплообмена с учетом газодинамической обстановки течения рабочего газа в межлопаточном канале.

Абсолютная погрешность определения теплового состояния лопатки турбомашины на этапе ее автоматизированного проектирования не должна быть более 30 К [4].

Большой вклад в разработку способов повышения эффективности охлаждения лопаток турбомашин внесли Г.П. Нагога, С.З. Копелев, А.Ф. Слитенко, А. Э. Роттэ, Э. Шмидт и другие [1–5].

Целью работы является создание методов моделирования, в системе охлаждения лопаток турбомашин, процессов газодинамической температурной стратификации.

Материалы и результаты исследования. Определение коэффициента теплоотдачи при расчете теплового состояния лопаток турбомашины для обеспечения необходимой точности должно выполняться максимально точно. Важно учитывать нестационарные эффекты газодинамического характера газотурбинной установки, которые влияют на ее работу [6–7].

Коэффициент теплопроводности лопаток турбомашин зависит от температуры как и значения плотности материала и теплоемкости. Граничные условия теплообмена лопатки турбомашины задаются для каждой из поверхностей. Необходимость решения задачи в нелинейной постановке вызвана изменением температуры в широких пределах. Нестационарная задача теплопроводности в трехмерной постановке для лопатки турбомашины можно представить выражением (1). Начальные и граничные условиями третьего рода в аналитической форме для поверхности со стороны охладителя, рабочего газа и со стороны газа в канале разделения потока записываются согласно выражениям (2) – (4).

$$c_л \rho_л \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda_л \frac{\partial T}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda_л \frac{\partial T}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda_л \frac{\partial T}{\partial z}\right), \quad (1)$$

$$\lambda_л \left(\frac{\partial T}{\partial n}\right)_w = a_г (T_г - T_{w1}); \quad (2)$$

$$\lambda_л \left(\frac{\partial T}{\partial n}\right)_w = a_{охл} (T_{w2} - T_{охл}); \quad (3)$$

$$\lambda_л \left(\frac{\partial T}{\partial n}\right)_w = a_г (T_{w3} - T_{г2}); \quad (4)$$

Переход от уравнения теплопроводности к конечно-разностному уравнению осуществляется с использованием метода тепловых балансов. Система уравнений, которая описывает процесс теплоотдачи на поверхности лопатки турбомашины состоит из совокупности дифференциальных уравнений: теплоотдачи, энергии, движения, неразрывности, состояния [8-10]. При использовании метода охлаждения лопа-

ток турбомашин способом газодинамической температурной стратификации в эту систему включается уравнение эффективности завесы:

$$\theta = (T_г - T_{ad\,w})/(T_г - T_{w0}); \quad (5)$$

В лопаточном аппарате турбомашины течение дисперсного потока рабочего газа в дозвуковом тракте не имеет в пограничном слое поперечного перемещения частиц [11–14]. Коэффициент восстановления температуры определяется следующим выражением:

$$r_1 = \sqrt[3]{Pr}; \quad (6)$$

Для сверхзвукового потока зависимость примет иной вид:

$$r_2 = \frac{\sqrt[3]{Pr}}{1 + 28{,}6G^{0,3}} \quad (7)$$

Адекватность метода математического моделирования и численного метода турбулентного дисперсного пограничного слоя с учетом газодинамической температурной стратификации, проверялась путем сопоставления опытных данных с расчетными коэффициентами теплоотдачи на корыте и спинке лопатки [15–16]. Некоторые результаты сопоставления обозначенных значений показаны на рисунке 1.

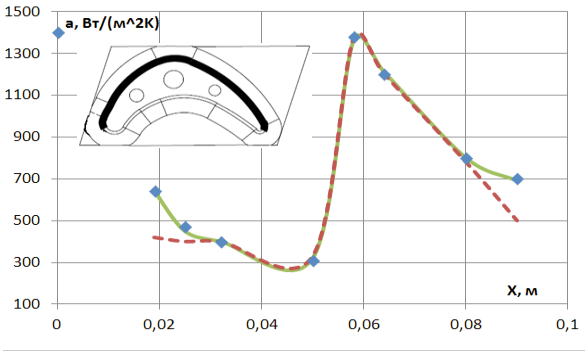


*Рисунок 1 – Сопоставление значений коэффициентов теплоотдачи на спинке при Re=2,16*10^5*

Разработанные численные методы реализованы в программно-информационном комплексе. Базовый комплекс внедрен в систему автоматизированного проектирования САПР *SolidWorks*. Отдельным программным продуктом выделен комплекс программ для расчета теплового состояния лопаток турбомашин. Программно-информационный комплекс содержит массивы данных по свойствам конструкционных материалов, рабочих тел и теплоносителей, включает в себя отдельные модули расчета, анализа геометрии проектируемой лопатки и визуализации результатов с возможностью представления массива данных в табличной форме.

На стадии исследования было выявлено и реализовано в программном продукте три основных способа применения техники охлаждения лопатки турбомашины с использованием процесса газодинамической температурной стратификации, суть которого заключается в интенсификации процесса теплоотдачи между сверхзвуковом и дозвуковом дисперсными потоками [4]. Программно-информационный комплекс содержит базы данных, дополняемая результатами исследований данного феномена.

Структурная схема программно-информационного комплекса представлена на рисунке 2. На рисунке 3 представлена зависимость координаты вдоль корыта лопатки турбомашины от температуры поверхности лопатки турбомашины в контрольном сечении при использовании различных способов охлаждения.

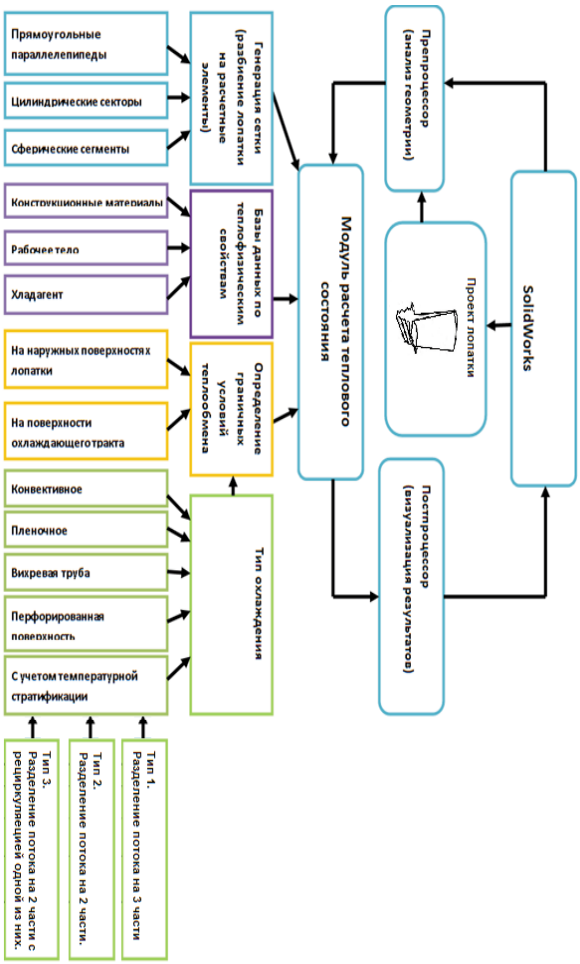


Рисунок 2 – Структурная схема программно-информационного комплекса

На основании зависимости определения температуры в контрольной точке лопатки турбомашины от количества расчетных элементов в сетке установлено, что при разбиении модели лопатки на 80000 элементов и более, обеспечивается необходимая точность исследования не более 30 К.

Результаты теплового расчета лопаточного аппарата турбомашины с конвективным методом охлаждения показывают, что максимально подвержено перегреву выходная кромка пера лопатки. Что подтверждается экспериментальными данными [17–20].

Численное исследование показало, что в системе комбинированного охлаждения на основе применения процесса газодинамической температурной стратификации неравномерность распределения температуры по перу тела лопатки уменьшается, а максимальная температура лопатки снижается до 100 К. Также удалось показать, что использование данной схемы приводит к уменьшению неравномерности распределения температурного поля по перу лопатки турбомашины.

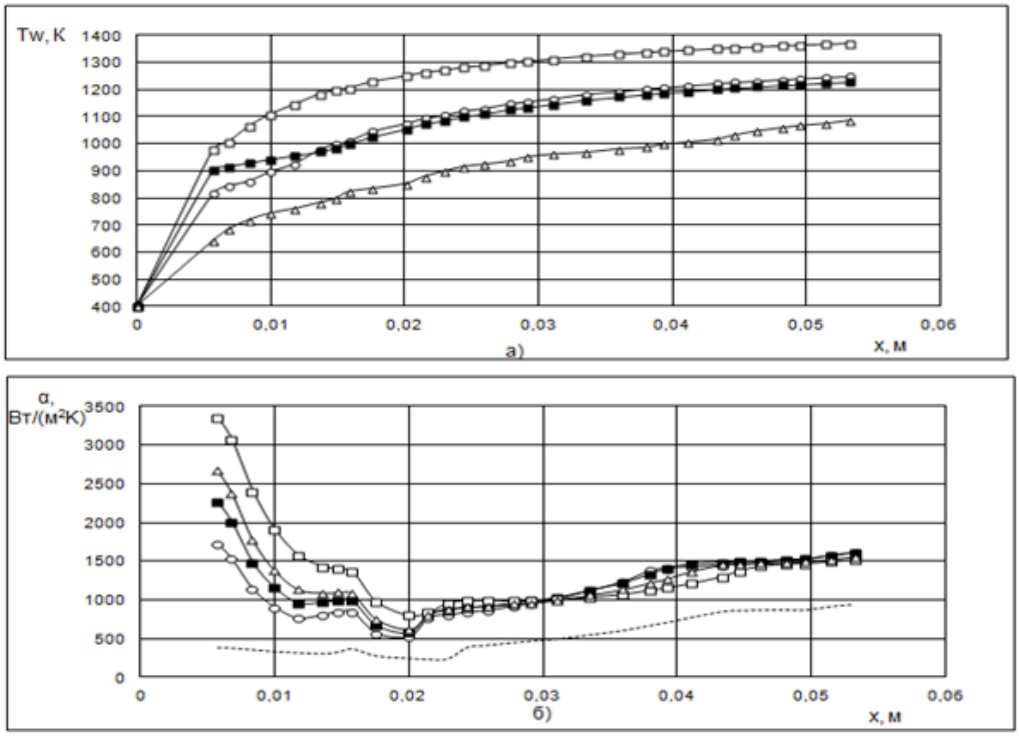


Рисунок 3 – Расчетные зависимости для спинки лопатки: а) влияния адиабатной температуры стенки по длине спинки лопатки от вида охлаждения; б) коэффициента теплоотдачи по длине спинки лопатки от вида охлаждения; о – Второй способ реализации охлаждения на основе газодинамической температурной стратификации с разделением на две части потока рабочего газа, более нагретый направляется вдоль поверхности корыта лопатки, менее нагретый вдоль спинки; ■- Первый способ реализации охлаждения на основе газодинамической температурной стратификации с разделением на три части потока рабочего газа; Δ- относительная площадь f=0,004, n=2.Распределение температуры лопатки турбомашины контрольном сечении по поверхности корыта: 1 – Конвективное охлаждение; 2 – Первый способ реализации охлаждения на основе газодинамической температурной стратификации с разделением на три части потока рабочего газа; 3 – Третий способ реализации охлаждения на основе газодинамической температурной стратификации с разделением на две части потока рабочего газа. Более нагретый направляется в рабочую часть турбомашины, менее нагретый отводится вне рабочей части. Доля рециркуляции потока – 20 %.

Исходя из анализа информации, полученной с использованием программного комплекса, установлено, что с увеличением степени турбулентности происходит повышение значения коэффициента теплоотдачи, но при превышении значения *Tu* в 4 % происходит снижение коэффициента теплоотдачи. Наибольшая эффективность охлаждения лопаток турбомашин будет достигаться при значении коэффициента турбулентности *Tu*=4%.

Применение способа охлаждения лопаток турбомашин методом газодинамической температурной стратификации позволяет существенного уменьшить ее температуру. Разность температуры лопатки между первым способом реализации газодинамической температурной стратификации и конвективно-пленочным охлаждением составляет до 100К. Ввиду вышеизложенного, способ охлаждения на основе газодинамической температурной стратификации потока дисперсного газа позволяет увеличить эффективность тепловой защиты лопаточного аппарата до 1,4 раза. Преимущество использования второго метода охлаждения на основе газодинамической температурной стратификации потока рабочего газа в проточной части турбомашины, является значительное уменьшение разницы распределения температурного поля между корытом и спинкой лопатки. Применение третьего способа охлаждения с использованием газодинамической температурной стратификации позволяет максимально уменьшить температуру поверхности лопатки, но ввиду рециркуляции части потока наблюдается снижение ее КПД.

Заключение. Разработанный программно-информационный комплекс может быть использован при проектировании новых методов охлаждения лопаток турбомашин, в том числе с использованием процесса газодинамической температурной стратификации. Использование способа охлаждения лопаток турбомашин методом газодинамической температурной стратификации позволяет увеличить эффективность охлаждения лопаточного аппарата турбомашины более чем в 1,4 раза.

Исследования выполнены при поддержке грантом Президента Российской Федерации, проект НШ-2493.2020.8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Нагога Г.П. Эффективные способы охлаждения лопаток высокотемпературных газовых турбин: учеб. пособие. – М. : Изд. МАИ, 1996. – 100 с.

2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука,

1974. 711 с.

3. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление. Справочное пособие. М.: Энергоатомиздат, 1990. 367 с.

4. Дыбан Е.П., Эпик Э.Я. Тепломассообмен и гидродинамика турбу-лизированных потоков. Киев. Наукова Думка, 1985. 295 с.

5. Теплопередача в охлаждаемых деталях газотурбинных двигателей / В.И. Локай, М.Н. Бодунов, В.В. Жуйков, А.В. Щукин. М.: Машиностроение, 1993. 288 с.

6. Математическое моделирование и исследование газодинамической температурной стратификации в дисперсном потоке / В.Н. Ковальногов [и др.] // Автоматизация процессов управления. – 2013. – № 1 (31). – С. 40–46.

7. Ковальногов В.Н., Федоров Р.В., Цветова Е.В., Петров А.В. Математическое моделирование и исследование газодинамической температурной стратификации в дисперсном потоке// Автоматизация процессов управления, 2013. - №1. – С.40-46.

8. Ковальногов В.Н., Федоров Р.В., Генералов Д.А. Исследование теплового состояния лопаток турбомашин с помощью программно-информационного комплекса // Известия МГТУ «МАМИ». Сер. Транспортные средства и энергетические установк. – 2014. – № 4 (22), Т. 1. – С. 27–32.

9. Kovalnogov V.N., Fedorov R.V., Generalov D.A. Modeling, Research and Development the Technology of Cooling of Turbine Engine Blades // AIP Conference Proceedings, 1648, 850032 (2015); doi:10.1063/1.4913087.

10. Ковальногов Н.Н., Ковальногов В.Н. Программно-информационный комплекс для анализа теплового состояния лопаток турбомашин // Известия вузов. Авиационная техника. – 2003. – № 3. – С. 36–39.

11. Золотов, А.Н. Моделирование и исследование технологии тепловой защиты лопаточного аппарата турбомашин с использованием газодинамической температурной стратификации / В.Н. Ковальногов, А.Н. Золотов, М.И. Корнилова // Автоматизация процессов управления. – 2015. – №4. – С.101 – 107

12. Zolotov A.N., Kovalnogov V.N., Fedorov R.V., Khakhaleva L.V. The modeling of influence of the external turbulence over the heat transfer towards the surface of turbomachinery blades // AIP Conference Proceedings 1863, 560017 (2017); doi: http://dx.doi.org/10.1063/1.4992700

13. Zolotov A.N., Kovalnogov V.N., Fedorov R.V., Generalov D.A., Khakhalev Y.A. Numerical research of turbulent boundary layer based on the fractal dimension of pressure fluctuations // AIP Conference Proceedings, 1738, 480004 (2016); doi: 10.1063/1.4952240

14. Zolotov A.N., Kovalnogov V.N., Fedorov R.V. Development and study of technical solutions for turbine blades cooling // AIP Conference Proceedings, 1978, 470024 (2018); doi: https://doi.org/10.1063/1.5044094

15. Золотов А.Н. Разработка программно-информационного комплекса для исследования теплового состояния лопаток турбомашин и отработки технологий их тепловой защиты / Д.А. Генералов, А.Н. Золотов // Сборник тезисов участников форума «Наука будущего – наука молодых» Том. 1 – Севастополь, 2015. С. 90-92

16. Ковальногов В.Н. Моделирование, исследование и разработка технологии тепловой защиты лопаточного аппарата турбомашин / В.Н. Ковальногов А.Н. Золотов, М.И. Корнилова, Р.В. Федоров // Сборник тезисов докладов и сообщений 15 Минского международного форума по тепло- и массообмену. Том 3. Минск, 2016. – С.331 - 335.

17. Ковальногов В.Н. Моделирование эффективности тепловой защиты лопаток газотурбинной установки / В.Н. Ковальногов А.Н. Золотов, Р.В. Федоров // Проблемы газодинамики и тепломассообмена в энергетических установках: Тезисы докладов XX Школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством акад. РАН А.И. Леонтьева – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. - С. 255-257

18. Золотов А.Н. Численное исследование теплового состояния лопаток турбомашин / А.Н. Золотов, М.И. Корнилова // http://ify.ulstu.ru/projects/233 Пятый Ульяновский молодежный инновационный форум 2016 г. Номер статьи: F-6_233

19. Ковальногов Н.Н. Пограничный слой в потоках с интенсивными воздействиями. Ульяновск: УлГТУ, 1996. 246 с.

20. Ковальногов Н.Н., Фокеева Е.В. Оптимизация параметров процесса газодинамической температурной стратификации в дисперсном потоке // Проблемы энергетики. – 2010. – №11–12. – С. 3–11.

Статья поступила в редакцию 14.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 004.67
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0005

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУПП ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ ПО ИХ ИНТЕРЕСАМ И ПОВЕДЕНИЮ НА ОСНОВЕ МНОЖЕСТВА ИСТОЧНИКОВ ДАННЫХ

© 2020

Мартышкин Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, e-mail: alexey314@yandex.ru)
Перекусихина Альбина Николаевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Математика и математическое моделирование»
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
(440028, Россия, Пенза, ул. Германа Титова, д. 28)
Зоткина Алена Александровна, аспирант кафедры
«Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, e-mail: alena.zotkina.97@mail.ru)

Аннотация. В статье предложен подход к автоматизированному анализу данных социальных сетей, позволяющий определять, принадлежат ли публичные сообщества и пользователи к подгруппе групп пользователей интернет-ресурсов, имеющих социальную составляющую. Рассмотрена задача восстановления данных пользователей и подзадача выделения групп пользователей, а также описаны методы решений, основанные на различных видах данных и различных моделях. Описаны некоторые алгоритмы и методики, используемые при анализе текста, а также при решении задач структурного машинного обучения. Приведенные методики и алгоритмы использовались при решении поставленной в статье задачи. После описания процесса решения задачи показан проведенный эксперимент для апробации предлагаемого подхода. На примере задачи определения подгрупп радикальных футбольных фанатов из группы футбольных болельщиков показана состоятельность предлагаемого подхода. Результаты исследования показали, что тривиальная оценка схожести может работать на определенных данных, однако имеет большую сложность в связи с необходимостью составления правильного словаря для подгруппы. При неточном его составлении, качестве результатов значительно падает. Исследуемая модель показывает рост точности с использованием большего числа шагов, а значит большего числа узлов графа. Использование латенто-семантического анализа дало возможность улучшить результаты. Предложенный подход с использованием оценки схожести, основанной на операторе «ИЛИ» дал много ложноположительных определений членов подгруппы, однако показал абсолютную полноту. При использовании оценки схожести, основанной на линейной комбинации, получается максимальная точность. Предложенный подход позволяет при наличии малой обучающей выборки получать приемлемый результат. В заключение приведены основные выводы по проделанной работе.

Ключевые слова: социальная сеть, сообщество, социальный профиль пользователя, метод решения, обуча-ющая выборка, граф, источник данных, марковский процесс.

RESEARCH GROUPS OF USERS IN SOCIAL NETWORKS BASED ON THEIR INTERESTS AND BEHAVIOR BASED ON A VARIETY OF DATA SOURCES

© 2020

Martyshkin Alexey Ivanovich, candidate of technical sciences, docent,
associate Professor of sub-department «Computers and systems»
Penza state technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin Street, 1a/11, e-mail: alexey314@yandex.ru)
Perekushikhina Albina Nikolaevna, candidate of technical sciences,
associate Professor of sub-department «Mathematics and Mathematical Modeling»
Penza State University of Architecture and Construction
(440028, Russia, Penza, German Titov Street, 28)
Zotkina Alena Aleksandrovna, postgraduate of sub-department «Computers and systems»
Penza state technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin Street, 1a/11, e-mail: alena.zotkina.97@mail.ru)

Abstract. The article offers an approach to automated analysis of social network data that allows determining whether public communities and users belong to a subgroup of groups of users of Internet resources that have a social component. The problem of user data recovery and the subproblem of user group allocation are considered, and the methods of solutions based on different types of data and different models are described. Describes some of the algorithms and techniques used in the analysis of the text, and also when solving problems of structural machine learning. These methods and algorithms were used to solve the problem set in the article. After describing the process of solving the problem, an

experiment is shown to test the proposed approach. The consistency of the proposed approach is shown by the example of the problem of determining subgroups of radical football fans from a group of football fans. The results of the study showed that a trivial similarity assessment can work on certain data, but it is more difficult due to the need to compile the correct dictionary for a subgroup. If it is not accurately compiled, the quality of the results significantly decreases. The model under study shows an increase in accuracy using a larger number of steps, which means a larger number of graph nodes. The use of latent semantic analysis made it possible to improve the results. The proposed approach using similarity estimation based on the "OR" operator gave many false-positive definitions of subgroup members, but showed absolute completeness. When using a similarity score based on a linear combination, maximum accuracy is obtained. The proposed approach allows you to get an acceptable result if you have a small training sample. In conclusion, the main conclusions on the work done are presented.

Keywords: social network, community, user's social profile, solution methods, training sample, graph, data sources, Markov process.

Введение. В последнее время социальные медиа набрали огромную популярность. Такие социальные сети, как *Facebook.com, Vk.com, Twitter.com* обладают огромной аудиторией. В совокупности размер аудитории существующих социальных сетей составляет более двух миллиардов пользователей, и постоянно растет. Данные, порождаемые пользователями, могут быть использованы для определения интересов, предпочтений и иных личных свойств пользователя. Часть подобной информации, пол, возраст, местоположение, увлечения, может быть указана в профиле пользователя. Получение данных о пользователе может быть полезно как бизнесу, так и государству [1]. Имея дополнительные данные об увлечениях людей, можно определять потенциальных преступников, что позволит предотвращать нарушения или прогнозировать конфликты [2]. Существуют исследования о восстановлении данных, явно неуказанных в профилях пользователей [3 – 6]. Для решения этой задачи используют данные о социальных связях пользователей. Показано, что они влияют на поведение человека, на его взгляды [7, 8]. В статье предложен подход для выделения подгруппы пользователей из определенной группы.

Материалы исследования. Зачастую из-за необязательности заполнения некоторых данных возникает проблема восстановления характеристик пользователей. Бывает, что необязательно заполнять пол, возраст, физические данные, тогда как они могут быть очень важны для выделения и оценки определенного рода ресурсов [4 – 6]. Существуют исследования определяющие психотип пользователя, используя лишь данные о них из их же аккаунтов с социальных медиа [4]. Определение психотипа, хронотипа – задача, сводящаяся к выделению группы пользователей, ярким примером которой может служить проблема определения принадлежности пользователя к политическому движению [9 – 13]. Одним из популярнейших решений является подход, использующий известные признаки пользователей, взятые из профилей. Так, например, опишем подход из [14]: для каждого пользователя собирались все публичные характеристики его профиля, такие как, пол, возраст и т.д. Наглядным примером является задача определению пола по имени [15]. Другим методом приведения текста к численными данными является латентный семантический анализ [16]. Важной группой данных при восстановлении характеристик пользователя являются медиа данные, такие, как фотографии, видеозаписи, музыка. В качестве примера использования фотографий рассмотрим исследование [17], определяющее гендерную принадлежность пользователя используя яркость фотографий. Минус такого подхода заключается в возможности изменения метаинформации на не соответствующую действительности. Существует множество исследований, использующих в качестве основы своей модели информацию о музыке пользователя [18, 19], отрицательным качеством которых является слабая точность результатов без дополнительных параметров. Иногда пользователи оставляют информацию о своих аккаунтах на других сайтах. Использование подобной информации требует решения дополнительной проблемы, определения правдивости принадлежности аккаунтов одному человеку [20].

Результаты исследования. Дадим формальную постановку задачи. Пусть G, $G_{sub}:G_{sub} \subset G$, $f(g_i, g_j) = [0, 1]$, где 1 обозначает связь между элементами $g_i, g_j \in G$. Тогда, зная, что $g_1, g_2 g_3 .. g_k \in G_{sub}$, нужно уметь определять входит ли $g \in G$ в G_{sub}. Имеющиеся данные можно представить в виде смешанного графа. Узел – либо пользователь, либо публичная страница, с сопутствующей информацией, а ребра между узлами – отношение подписка-подписчик. Сопутствующая информация группы есть ее публичные сообщения и список пользователей, одобривших сообщения.В этой задаче имеем три типа данных: информацию о социальных связях, тестовую информацию, а также отношение пользователя к тестовым сообщениям.

Важной частью исследования является анализ сообщений, оставленных в публичных сообществах. Приведем понятия, использующиеся в дальнейшем описании [21]. Термин (слово) – атомарная лингвистическая единица. Документ – конечный набор терминов. В контексте настоящей статьи, документ – публичное текстовое сообщение. Коллекция – набор документов $D = \{D_1, D_2, ..., D_n\}$, где D – коллекция, а D_i – документ. Словарь – набор всех терминов, встречающихся во всех коллекциях.

$$T = \left\{ t : t \in \bigcup_{j=1}^{n} D_j \right\} = \{t_i\}_{i=1}^{m} . \quad (1)$$

Для описания подхода удобно использовать дву-

мерную матрицу, в которой каждый столбец будет представлять вектор, соответствующий документу. Для вычисления значений элементов матрицы как правило используют формулу *TF-IDF*, она имеет следующий вид

$$d_{ij} = tf_{ij} \cdot \log \frac{n}{df_i}, \quad (2)$$

где tf_{ij} – число встреч термина i в документе j,

df_i – число документов, в которых встречается термин i, а gf_i – число встреч термина i во всей коллекции.

Выражение (2) может меняться в зависимости от исследования. Кроме того, могут применяться и иные подходы, нов рамках настоящего исследования они не применяются.

Очевидным решением задачи определения принадлежности документа к определенной тематике является подсчет вхождения терминов из предварительно составленного словаря, вмещающего в себя термины искомой тематики. Таким образом, при использовании данного метода коллекция хранится как таблица, состоящая из строк – документов, столбцов – терминах составленного словаря и ячейки содержащей, информацию, обозначающую принадлежность соответствующего термина в соответствующий документ.

Латентно-семантический анализ – метод обработки информации на естественном языке, анализирующий взаимосвязь между коллекцией документов и терминами в них встречающимися, сопоставляющий тематики всем документам и терминам. Таким образом автоматически решают задачу определения тематики терминов.

Пусть $D \in R^{m \times n}$ – матрица «термин-документ», вычисленная каким-либо образом. Требуется выполнить разложение данной матрицы. $D=U \cdot V^T$, $U \in R^{m \times k}, V \in R^{n \times k}$, где U – матрица «термин-тема», V – матрица «документ-тема», а k – число тем. Строка матрицы U под номером i характеризует «степень принадлежности» термина i каждой из тем. Строка матрицы V под номером j обозначает «степень принадлежности» документа j каждой из тем. Фактически данный метод можно рассматривать как нечеткую кластеризацию. Латентно-семантический анализ позволяет уменьшить набор терминов, что существенно облегчает задачу. Существуют два подвида данной задачи, один использует вероятностную модель данных, в ячейках матрицы хранятся вероятности, другие использую особые метрики. Формально вероятностную модель данных можно описать так.

$$p(d, w) = \sum_{t \in T} p(t)\, p(w \mid t)\, p(d \mid t), \quad (3)$$

где T – множество тем, $p(d, w)$ – вероятность возникновения термина w в документе d, $p(t)$ – вероятность выбрать тему t, $p(w|t)$ – вероятность выбора термина w из темы t, а $p(d|t)$ – вероятность выбора документа d, при условии, что выбрана тема t.

К вероятностным алгоритмам латентно-семантического анализа относят *PLSA* [22] и *LDA* [23]. Из не вероятностных алгоритмов отметим *LSI* [24]. К минусам модели можно отнести сложность при интерпретации данных.

Случайные марковские поля [25] – метод, широко применяемый в различных областях искусственного интеллекта. Его успешно используют при распознавании речи и образов, а также в обработке текста [26]. Марковским случайным полем (марковской сетью) называют графовую модель, которая используется для представления совместных распределений набора нескольких случайных переменных. Считаем, что если вершины не смежны, то они являются условно независимыми случайными величинами. Совместное распределение набора случайных величин в марковском случайном поле вычисляется по выражению

$$P(x) = 1 / z \prod_{t \in T} p(X_D), \quad (4)$$

где $p(X_D)$ – потенциальная функция, описывающая состояние случайных величин в k клике; z – коэффициент нормализации, $z = \sum_{x \in X} \prod_k p_k(X_k)$.

Одной из разновидностей метода случайных марковских полей является метод скрытых марковских полей (*CRF*) [27, 28]. У метода есть недостатки, такие как вычислительная сложность анализа обучающей выборки, это затрудняет обновление модели с обновлением обучающих данных. Поэтому было решено опробовать собственный упрощенный метод. Вернемся к представлению данных в виде графа. Введем для каждого узла характеристику p – вероятность отнесения его к определенной подгруппе. Пусть множество узлов M – множество узлов с приписанной вручную p. Далее для каждого смежного узла x вычисляется значение его p.

$$p = F_{h \in H} k \cdot h_x, \quad (5)$$

где H – множество признаков, таких как, например, текстовое сходство, поведенческое сходство и так далее, F – функция, считающая суммарный вклад признаков, а k – коэффициент, определяющий важность параметра.

В результате получаем множество размеченных узлов M_1. Можно обучиться на выборке данных, чтобы понять какой из параметров наиболее влиятельный и представлять F в виде линейной комбинации. Этот процесс повторяется в рамках множества M_1. Пересчет предлагается остановить, когда норма Фробениуса станет меньше либо равна E [29]. Важной оценкой качества такого подхода является проверка изменений p размеченных узлов. Далее алгоритм повторяет последовательность действий, до состояния полного покрытия сети. Этот процесс крайне ресурсоемкий, поэтому в рамках исследования использованы меньшие объемы данных. Рассматривался рост в три шага.

На рисунке 1 показана общая схема предлагаемого подхода.

Опишем последовательно схему представляемого подхода. Из поставленной задачи имеем проблему

определения группы пользователей. На первом этапе, исходя из тематики группы, необходимо собрать набор публичных страниц, придерживающихся данной тематики. Для этого предлагается сделать аналог лингвистической экспертизы. Имея набор групп определенной тематики, мы собираем всю информацию, связанную с этим группами: тексты подписчики и т.д. Собрав все необходимые данные, строим по ним граф социальных связей. Преобразуем его к модификации случайного марковского поля, используя дополнительную информацию. Узлом графа может являться публичная страница или же сам пользователь. Ребро обозначает подписку на публичную страницу или двусторонние отношения, определяемые как взаимная подписка или отношение – дружба.

Рисунок 1 – Схема решения задачи выделения подгруппы пользователей

На рисунке 2 показана схема графа социальных связей.

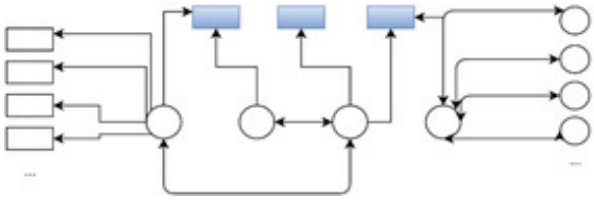


Рисунок 2 – Граф социальных связей

На рисунке 2 приняты следующие обозначения: – публичная страница; – пользователь; – публичная страница, отнесенная к тематике.

Сбор данных. В эксперименте решается задача для группы футбольных болельщиков и подгруппы радикальных фанатов. В рамках исследования используются данные из социальной сети *Вконтакте*. Пользователи имеют связи одновременно с группами и другими пользователями, группы же связаны только с пользователями. Вначале необходимо создать список публичных страниц тематики искомой группы. Для группы футбольных болельщиков: группа должна быть посвящена определенному футбольному клубу, это определялась по текстовым сообщениям, если в них присутствовали новости о футбольной команде, страница входит в группу. Для исследования взята группа страниц, посвященных футбольному клубу "*Зенит*". Для определения публичных страниц, входящих в подгруппу радикальных фанатов, из собранных групп выбирались те, которые содержали негативные отзывы о командах соперников, ненормативные высказывания в адрес болельщиков других команд. Всего собрано 211 групп посвященных этой тематике, 10 из которых были о футбольных хулиганах. Выбирались примерно одинаковые по числу подписчиков сообщества, размер которых не превышал 5000 пользователей и был выше 500. Всего собрано 225230 пользователей, 74% из них оказались мужчинами. Максимальное число подписок из перечня сообществ составляло 7. Сообщества сильно разнились по числу публичных сообщений. Суммарно собрано 178022 публичных сообщений. Число лайков и репостов – 7199. В ходе сбора подписчиков и подписок с только что добавленных узлов, граф очень быстро растет. В рамках исследования не проводились эксперименты с большим числом обновлений выборки. Пользователи добавлялись не более 2 раз, группы – не более 3.

Использование алгоритмов. Условия задачи ставят определенные ограничения на используемые методы. Так имеется крайне ограниченная выборка, состоящая из небольшого набора публичных страниц. Поэтому предлагается воспользоваться подходом, схожим с предложенным в [25]. Так можно значительно увеличить объем данных, всегда можно оценить качество результатов. Для эксперимента было выбрано две модификации описанного подхода. Множества признаков H будет одинаковым для двух модификаций, однако, оно будет отличаться от типа узла. Для узла пользователя определим два признака: наличие одобрения содержимого из смежных публичных страниц, принадлежащих к группе, и влияние характеристик смежных узлов. Для групп же – текстовая схожесть с текстами из подгруппы и влияние характеристик смежных узлов.

Использование методов, основанных на данных смежных узлов, обусловлено предположением, что пользователь, имеющий больше социальных связей с членами подгруппы, с большей вероятностью сам будет принадлежать к этой подгруппе. Использование признака одобрения контента основывается на предположении, что пользователь, одобривший что-то, действительно склонен одобрять данного рода информацию. Модификации будут отличаться вычислением влияния смежных узлов. В первом случае *F* будет рассчитываться так:

$$F_{user}(x) = isApproved(x) or \sum_{y \in M_{adjacents}} p_y / n_{notnullable} > 0,5 \quad (6),$$

$$F_{publicpage}(x) = textSimilarity(x) or \sum_{y \in M_{adjacents}} p_y / n_{notnullable} > 0,5 \quad (7).$$

Во втором – как линейная комбинация:

$$F_{group}(x) = (k_1 \cdot isApproved(x) + k_2 \cdot \sum_{y \in M_{adjacents}} p_y / n_{notnullable}) / (k_1 + k_2) \quad (8),$$

$$F_{group}(x) = (k_3 \cdot textSimilarity(x) + k_4 \cdot \sum_{y \in M_{adjacents}} p_y / n_{notnullable}) / (k_3 + k_4) \quad (9).$$

Процесс пересчета стоит продолжать до некоего предела E. В нашем случае было принято E = 0,2%. При использовании упрощенной модели вычисляется норма Фробениуса первого рода, которая получает максимальную разность в матрицах. В результате такого подхода вероятности для групп могут измениться относительно изначальных. Путем сравнения с изначальными данными можно проверить качество моде-

ли. На каждом шагу увеличения выборки проверяем первоначальные данные. Далее следует обход графа социальных связей. На каждом этапе добавляются новые подписчики только что добавленных узлов графа и подписки, если они у узла есть.

Результаты. Важным критерием оценки является корректное определение групп из обучающей выборки после нескольких этапов добавления новых узлов в граф социальных связей. Также интересен результат для пользователей, определенных как администраторы сообществ. До начала эксперимента считается, что они будут принадлежать к той же группе, что и сообщество. Для оценки основным был выбран метод кросс-валидации. Выбранные группы делились на 10 частей, 9 групп входили в обучающую выборку. Оставшаяся часть использовалась для тестирования. Процедура повторялась 10 раз, для каждой части. Алгоритм работает в несколько шагов, так что целесообразно проверять качество работы на разных этапах.

Оценка результатов. Приведем результаты применения различных вариаций алгоритмов на группе футбольных болельщиков и радикальных футбольных фанатов. Т.к. в ходе исследования не было обнаружено аналогично поставленных задач, результаты подхода сравним с результатами тривиальных алгоритмов.

Результаты тривиальной оценки схожести текстов. Данный метод казался перспективным ввиду того, что подгруппы пользователей, включенные в эксперимент, обладали собственным сленгом. Однако оказалось, что применение сленга довольно популярно и термины из словаря сленговых выражений встречались, как и в подгруппе, так и в группе, что не позволило использовать данный метод. Средняя оценка точности не превышала 60%. Поэтому подробное рассмотрение результатов этого метода нецелесообразно. Однако, используя латенто-семантический анализ, удалось добиться хорошего разделения текста по тематикам. На рисунке 3 серыми кругами обозначены термины из группы обычных фанатов, звездочками – из радикальных, черными квадратами – фанатские группы, белыми кругами – радикальные фанатские группы. На рисунке 3 приведены данные для шести радикальных групп и шести нерадикальных.

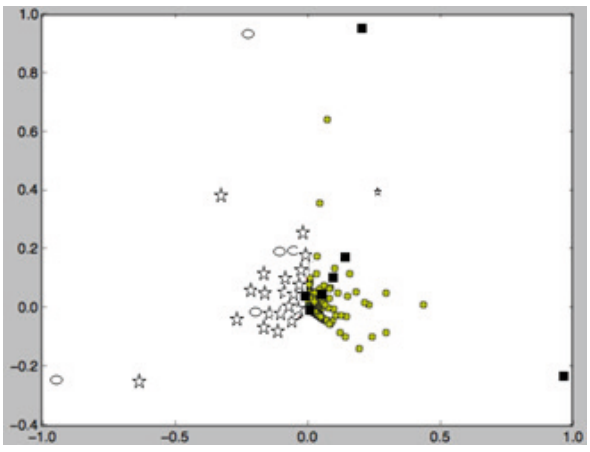


Рисунок 3 – Разделение на тематики

Тривиальные подходы. Подход всегда определяющий узел как нерадикальный. При использовании подобного подхода, точность вычислений становится 95%. Подход, определяющий узел как радикальный с вероятностью 10 к 211, обладает точностью 91%, а подход, определяющий узел как радикальный с вероятностью 50% –точностью 50%.

Метод оценки схожести, основанный на операторе «ИЛИ». Кросс-валидация показала результаты средней точности 63%. Важным критерием является возможность определять членов подгруппы. Т.к. за счет несбалансированности размеров классов, алгоритм, возвращающий наиболее часто встречающийся результат, будет давать точность лучшую с увеличением класса.

Заключение. В статье продемонстрирован подход, позволяющий определять, принадлежат ли публичные сообщества и пользователи к подгруппе групп пользователей интернет-ресурсов, имеющих социальную составляющую. В ходе эксперимента выделялась подгруппа радикальных фанатов из группы болельщиков футбольного клуба «*Зенит*». Результаты показали, что наилучшего результата удалось добиться с использованием подхода, использующего латентно-семантический анализ и линейную комбинацию признаков.

Стоит отметить, что предложенный подход выделения подгруппы пользователей может использовать не представленные в исследовании признаки схожести. Кроме текстовых данных могут использоваться данные о геолокации, данные из других социальных сетей, полученные по идентификатору, указанному в профиле, данные из медиа контента, опубликованного пользователями и сообществами. Используя метод, основанный на линейной комбинации, можно улучшить результаты, пересчитывая на обучающих данных коэффициенты признаков. Предложенные признаки дают высокую полноту, а при применении других алгоритмов семантического анализа или других более точных алгоритмов получения тематики текста, возможно, смогут дать более точное выделение подгруппы.

К недостатку предлагаемого метода можно отнести то, что для описанных в примере признаков качество результатов может сильно ухудшаться для некоторых видов подгрупп. Использование других модификаций случайных марковских полей также может улучшить результат. Результаты может также улучшить усовершенствование существующих признаков. Развитию данного подхода может поспособствовать апробирование представленного метода на других группах и подгруппах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Beating the news' with EMBERS: Forecasting civil unrest using open source indicators / N. Ramakrishnan [идр.] // Proceedings of the 20th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. – ACM. 2014. – PP. 1799–1808.

2. Grothoff C., Porup J. The NSA's SKYNET program may be killing thousands of innocent people // HAL Inria. – 2016.

3. Blachnio A., Przepiorka A., D´az-Morales J. F. Facebook use and chronotype: Results of a cross-sectional study // Chronobiology international. – 2015. – T. 32, № 9. – PP. 1315–1319.

4. Personality, gender, and age in the language of social media: The open- vocabulary approach / H. A. Schwartz [и др.] // PloS one. – 2013. – T. 8, № 9. – e73791.DOI: 10.1371/journal.pone.0073791.

5. Определение демографических атрибутов пользователей микроблогов / Д. Турдаков [и др.] // Труды Института системного программирования РАН. – 2013. – Т. 25. – С. 179–192.

6. Peersman C., Daelemans W., Van Vaerenbergh L. Predicting age and gender in online social networks // Proceedings of the 3rd international workshop on Search and mining user-generated contents. – ACM. 2011. – PP. 37–44.

7. Trusov M., Bodapati A. V., Bucklin R. E. Determining influential users in internet social networks // Journal of Marketing Research. – 2010. – T. 47, № 4. – PP. 643–658.

8. A 61-million-person experiment in social influence and political mobilization / R. M. Bond [и др.] // Nature. – 2012. – T. 489, № 7415. – PP. 295–298.

9. Tweeting From Left to Right Is Online Political Communication More Than an Echo Chamber? / Pablo Barberá, John T Jost, Jonathan Nagler Joshua A Tucker, Richard Bonneau // Psychological science. 2015 Oct;26(10):1531-42. doi: 10.1177/0956797615594620.

10. Yardi S., Boyd D. Dynamic debates: An analysis of group polarization over time on twitter // Bulletin of Science, Technology & Society. – 2010. – T. 30, № 5. – PP. 316–327.

11. Lo J., Proksch S.-O., Gschwend T. A common left-right scale for voters and parties in Europe // Political Analysis. – 2014. – T. 22, № 2. – PP. 205–223.

12. Bonica A. Ideology and interests in the political marketplace // American Journal of Political Science. – 2013. – T. 57, № 2. – PP. 294–311.

13. Gruzd A., Roy J. Investigating political polarization on Twitter: A Canadian perspective // Policy & Internet. – 2014. – T. 6, № 1. – PP. 28–45.

14. Golbeck J., Robles C., Turner K. Predicting personality with social media // CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. – ACM. 2011. – PP. 253–262.

15. Knowing the tweeters: Deriving sociologically relevant demographics from Twitter / L. Sloan [и др.] // Sociological research online. – 2013. – T. 18, № 3. – P. 7.

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

17. Baluja S., Rowley H. A. Boosting sex identification performance // International Journal of computer vision. – 2007. – T. 71, № 1. – PP. 111–119.

18. Wu M.-J., Jang J.-S. R., Lu C.-H. Gender Identification and Age Estimation of Users Based on Music Metadata. // ISMIR. – 2014. – PP. 555–560.

19. Liu J.-Y., Yang Y.-H. Inferring personal traits from music listening history // Proceedings of the second international ACM workshop on Music information retrieval with user-centered and multimodal strategies. – ACM. 2012. – PP. 31–36.

20. Matching Entities Across Online Social Networks / O. Peled [идр.] // arXiv preprint arXiv:1410.6717. – 2014.

21. Introduction to information retrieval. T. 1 / C. D. Manning, P. Raghavan, H. Schutze [и др.]. – Cambridge university press Cambridge, 2008.–P. 504.

22. Chemudugunta C., Steyvers P. S. M. Modeling General and Specific Aspects of Documents with a Probabilistic Topic Model // Advances in Neural Information Processing Systems 19: Proceedings of the 2006 Conference. T. 19. – MIT Press. 2007. – P. 241.

23. Blei D. M., Ng A. Y., Jordan M. I. Latent dirichlet allocation // the Journal of machine Learning research. – 2003. – T. 3. – PP. 993–1022.

24. Indexing by latent semantic analysis / S. Deerwester [идр.] // Journal of the American society for information science. – 1990. – T. 41, № 6. – P. 391.

25. Kindermann R., Snell J. L. [и др.] Markov random fields and their applications. T. 1. – American Mathematical Society Providence, RI, 1980. – P. 147.

26. Li S. Z. Markov random field modeling in image analysis. – 3rd Edition. Springer Science & Business Media, 2009. – P. 371.

27. Lafferty J., McCallum A., Pereira F. "Conditional Random Fields: Probabilistic Models for Segmenting and Labeling Sequence Data". Proceedings of the 18th International Conference on Machine Learning. Pages 282–289. 2001.

28. Антонова А.Ю., Соловьев А.Н. Метод условных случайных полей в задачах обработки русскоязычных текстов. «Информационные технологии и системы — 2013», Калининград, 2013. [Электронный ресурс]. URLhttp://itas2013.iitp.ru/pdf/1569759547.pdf(датаобращения: 04.10.2020).

29. Теория матриц/ П. Ланкастер: пер. с англ. С. П. Демушкина М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1978. – 280 с.

Статья поступила в редакцию 11.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 004.021+519.168
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0006

АНАЛИЗ ВРЕМЕННОЙ СЛОЖНОСТИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО АЛГОРИТМА ПОИСКА МНОЖЕСТВА КРАТЧАЙШИХ ПУТЕЙ МЕЖДУ НАСЕЛЕННЫМИ ПУНКТАМИ

©2020

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

Аннотация. Возможности практического использования алгоритмов зависят от их характеристик, в частности, от продолжительности решения задач по выбранному алгоритму при различных значениях параметров, характеризующих размерность задачи. Цель работы – анализ временной сложности вариантов специализированного алгоритма поиска совокупности кратчайших путей между заданными множествами населенных пунктов для анализа транспортной доступности в регионе. В качестве модели для задачи поиска кратчайших путей между указанными объектами используется неориентированный или смешанный граф с заданными весами рёбер (и, необязательно, дуг), в котором множество вершин разделено на три подмножества, представляющих населенные пункты, районные центры и узлы дорожной сети. В данной постановке задачи нужно для каждой вершины, представляющей населенный пункт из заданного подмножества, ближайшую к ней вершину из заданного подмножества вершин, представляющих районные центры. Для получения априорных оценок временной сложности используются описания структуры двух вариантов алгоритма поиска путей из одной вершины, представляющей населенный пункт до множества вершин, представляющих заданные районные центры. В качестве параметров размерности задачи используются: мощность множества вершин моделирующего графа, мощности заданных подмножеств вершин, представляющих заданные районные центры, степени вершин и другие. Получены выражения для оценки временной сложности вариантов алгоритма, включающие показательную и степенную функции от мощности множества вершин моделирующего графа. Результаты экспериментального исследования программной реализации варианта алгоритма с меньшей априорной оценкой временной сложности показали, что его временная сложность является линейной функцией от мощности множества вершин, представляющих населенные пункты, при фиксированном составе графа, представляющего транспортную сеть региона.

Ключевые слова: анализ временной сложности алгоритма, асимптотические оценки, экспериментальное исследование временной сложности алгоритмов, неориентированный граф, алгоритм поиска кратчайших путей.

THE TIME COMPLEXITY ANALYSIS OF A SPECIALIZED ALGORITHM FOR FINDING A SET OF SHORTEST PATHS

©2020

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

Abstract. The possibilities of practical use of algorithms depend on their characteristics, in particular, on the duration of solving problems using the chosen algorithm for different values of parameters that characterize the dimension of the problem. The work purpose – analysis of the time complexity of variants of a specialized algorithm for finding a set of shortest paths between specified sets of localities for analyzing transport accessibility in the region. As a model for the problem of finding the shortest paths between the specified objects, an undirected or mixed graph with specified weights of edges (and, optionally, arcs) is used, in which the set of vertexes is divided into three subsets representing localities, district centers, and road network nodes. In this problem statement, for each vertex that represents a locality from a given subset, the nearest vertex from a given subset of vertexes that represent district centers is required. To obtain a priori estimates of time complexity, we use descriptions of the structure of two variants of the algorithm for finding paths from one vertex representing a locality to a set of vertices representing the specified district centers. As parameters the dimension of the problem are used: the cardinality of the set of vertices of the simulating graph of the power given subsets of vertices, representing a set of district centers, the degree of each vertex and others. Expressions are obtained for estimating the time complexity of the algorithm variants, including exponential and power functions of the power of the set of vertices of the modeling graph. Experimental results the software implementation of the algorithm with a lesser a priori estimation of the time complexity has shown that its time complexity is a linear function of the power set of vertices, representing the towns, with a fixed part of the graph representing the transportation network of the region.

Keywords: time complexity analysis of the algorithm, asymptotic estimate, experimental study of the time complexity of algorithms, undirected graph, shortest path search algorithm.

Введение. В предыдущей публикации «Разработка алгоритма решения задачи анализа транспортной доступности» (XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2019, том 8, № 3 (47). С. 12 – 16) рассмотрена формализация задачи анализа транспортной доступности населенных пунктов, которая сводит указанную задачу анализа к поиску совокупности кратчайших путей между двумя заданными подмножествами вершин N и R неориентированного или смешанного графа $G(X, U)$ с заданными весами рёбер (и, необязательно, дуг), где X - множество вершин, U - множество рёбер, при этом:

$N \subset X$; $R \subset X$; $X = R \cup N \cup C$; $C = X \setminus (R \cup N$; $R \cap N \cap C = \emptyset$.

Для решения поставленной задачи предложен алгоритм решения на основе алгоритма Дейкстры [1 – 3]. Поскольку размерность практических задач достаточно велика (количество вершин моделирующего графа порядка 10^3, количество рёбер порядка 10^4), то требуется оценить временную сложность разработанных вариантов алгоритма с целью прогнозирования возможности их практического использования на задачах различной размерности [4]. Рассматриваемая задача относится к «переборным», для решения которых должны использоваться алгоритмы с полиномиальной временной сложностью, которые относят к эффективным [5, 6].

Анализ временной сложности алгоритмов для оценки вида функции (линейная, полиномиальная и др.) может быть выполнен по формальному представлению алгоритма (например, по блок-схеме) [7 – 10] и/или экспериментально [10,11]. При выполнении анализа временной сложности принято, что запись $f(n)=O(g(n))$ означает принадлежность функции f классу $O(g)$, т.е. значения функции f не превышают значений функции g для достаточно больших значений аргумента: $\exists n0 > 0,\ c > 0 \mid \forall n > n0,\ f(n) \le c \cdot g(n)$ [6 – 16].

В работе выполнен анализ следующих вариантов алгоритма:

- непосредственное применение алгоритма Дейкстры для поиска вершины $x_j \in R$, ближайшей к вершине $x_i \in N$: поочередный поиск кратчайшего пути $D(x_i,x_j)$ от каждой $x_i \in N$ до каждой $x_j \in R$ и последующий выбор для каждой $x_i \in N$ ближайшей вершины из подмножества R на основе значений $D(x_i,x_j)$. Этот вариант включает $|R|$ процессов «распространения волны» по графу (окрашивания вершин, смежных с ранее окрашенными [1 – 3]), после каждого из которых выполняется поиск наименьшего значения в массиве из $|R|$ значений $D(x_i,x_j)$;
- модификация алгоритма Дейкстры: поиск $|R|$ путей для каждой $x_i \in N$ за один «проход» (цикл процесса «распространения волны» по графу от $x_i \in N$ до всех $x_j \in R$), из которых выбирается путь минимальной длины. Этот вариант включает один процесс «распространения волны» по графу, но продолжительность каждого процесса «распространения волны» больше, чем в первом варианте, т. к. этот процесс от каждой $x_i \in N$ заканчивается при достижении всех $x_j \in R$.

Для получения асимптотических оценок временной сложности алгоритмов решения поставленной задачи по формальному представлению алгоритма используются:

- полный граф, включающий $|X|$ вершин;
- граф, образующий Гамильтонов цикл ($|X|$ вершин и не менее ($|X|$+1) ребер) [1, 2].

Материалы и методы исследования. *Анализ временной сложности первого варианта алгоритма по формализованному описанию.*

Исходные данные:

- списки вершин подмножеств N и R (при проведении исследований можно использовать порядковые номера вершин вместо названий объектов, табл. 1);
- матрица смежности (расстояний).

Для промежуточных результатов используются (табл. 1):

- массивы расстояний от вершины $x_i \in N$ до достигнутых вершин $x_j \in R$, $x_k \in N$ (и до $x_k \in C$, которые в табл. 1 не показаны) на очередном шаге алгоритма;
- массивы предков для каждой из достигнутых вершин на очередном шаге алгоритма;
- массив промежуточных результатов для записи расстояний от каждой $x_i \in N$ до каждой $x_j \in R$.

Таблица 1 – Таблица для представления промежуточных результатов (подмножества вершин N и R, массивы кратчайших расстояний от вершины $x_i \in N$ до вершин $x_k \in F_2$)

Данные вершин множества N			Данные вершин множества R		
Имена $x_i \in N$	Расстояния между $x_i \in N$ (массив D_N)	Предки x_k	Имена $x_j \in R$	Расстояния от $x_i \in N$ до $x_j \in R$ (массив D_R)	Предки для $x_j \in R$
x_1	$d(x_k, x_1)$	x_1	$x_{R,1}$	$d(x_1, x_{R,1})$	
x_2	$d(x_k, x_2)$	x_m	$x_{R,2}$	$d(x_2, x_{R,2})$	
…	…	…	…	…	…
x_i	0	0	$x_{R,j}$	$d(x_i, x_{R,j})$	
…	…	…	…	…	…

Вариант 1 алгоритма поиска кратчайшего пути от заданной вершины $x_i \in N$ до ближайшей из множества R следующие составные части:

1. Цикл по массиву R: $j=1$ (номер вершины, до которой надо найти кратчайший путь из вершины $x_i \in N$).

2. Инициализация массивов предков, расстояний, фронтов.

3. Цикл до достижения до заданной вершины:

3.1. $F_1=F_2$, $F_2=\emptyset$.

3.2. Цикл формирования следующего фронта F_2 (определение соседних вершин для всех $x \in F_1$).

3.3. Цикл вычисления длины пути от x_i до каждой из вершин $x_k \in F_2$ и выбор ближайшей вершины.

3.4. Если целевая вершина x_j не достигнута, то переход к п. 3.1, иначе – к следующему пункту.

4. Запись в массив промежуточных результатов строки $(x_i, x_j, d(x_i, x_j))$.

5. Переход к следующей целевой вершине: $j=j+1$; если $j \le |R|$, то перейти к п. 2, иначе – к следующему.

6. Выбор для x_i в массиве промежуточных результатов строки с наименьшим значением $d(x_i, x_j)$, в ко-

торой записан номер (идентификатор) ближайшей к xi вершины $x_j \in R$ (циклическая процедура поиска наименьшего числа в массиве длиной $|R|$).

На основе анализа описания алгоритма 1 получено общее выражение для оценки продолжительности решения задачи, в котором индексы обозначают этапы (шаги) алгоритма:

$$T_{A1}=T_1[T_2+T_3(T_{3.1}+T_{3.2}+T_{3.3})+T_4+T_5]+T_6. \quad (1)$$

Определяем зависимость составляющих T_{A1} от характеристик графа и условий задачи.

Цикл №1 выполняется $r=|R|$ раз, тогда $T_1=rt_1$, где t_1 – продолжительность операций, связанных только с циклом 1 (без учета внутренних циклов). Продолжительность выполнения шагов 2, 4, 5 может быть принята постоянной, не зависящей от характеристик графа.

Цикл 3 (до достижения целевой вершины) выполняется для произвольного графа в среднем $k_{ср}$ раз (среднее количество ребер в пути от $x_i \in N$ до $x_j \in R$), тогда $T_3=k_{ср}\, t_3$; $k_{ср}=\frac{1}{|R|}\sum_{i=1}^{|R|}k_i$, где k_i - количество ребер в пути от $x_i \in N$ до ближайшей $x_j \in R$.

Если рассматривать теоретически возможные модели, количество повторений цикла 3 составит:

- для полного графа 1 раз,
- для Гамильтонова графа максимум ($|X|$-1) раз.

Количество повторений внутренних циклов (3.1 и 3.2) зависит от степеней вершин, поэтому здесь необходимо определить значение этого показателя. Поскольку рассматривается связный граф, то минимальное значение степени вершины равно 2 (для Гамильтонова графа), максимальное ($|X|$-1) для полного графа, среднее значение зависит от предметной области (обозначим $\rho_{ср}$). Значит фронт F_2 составляют:

- в Гамильтоновом графе 1 вершина;
- в полном графе ($|X|$-1) вершин.

Тогда:

- для Гамильтонова графа $T_{Гг,3.1}=t_{3.1}$; $T_{Гг,3.2}=t_{3.2}$; $T_{Гг,3.3}=0$;
- для полного графа $T_{пг,3.1}=(|X|-1)t_{3.1}$; $T_{пг,3.2}=(|X|-1)t_{3.2}$; $T_{пг,3.3}=(|X|-1)t_{3.3}$ или $T_{пг,3.3}=rt_{3.3}$ (если имеется проверка $x_j \in R$).

Продолжительность выполнения этапа 3.1 для произвольного графа (перепись вершин из F_2 и в $F1$) и 3.2 зависит от количества вершин во фронте F_2, которое, в свою очередь, зависит от степеней вершин (ρ) в предыдущем фронте и количества альтернативных путей между парами вершин в F_1 и F_2, при этом нужно учитывать, что эти этапы выполняются последовательно. Минимальное значение, равное 1, будет для Гамильтонова графа; для полного графа этот этап не выполняется, т. к. цикл 3 выполняется только один раз, а на первом шаге $|F_2|=0$. Для произвольного графа следует оценить наибольшее количество вершин в F_2, обозначим $|F_2, max|$; тогда $T_{3.1} \le |F_{2,max}|t_{3.1}$.

Значение $|F_2, max|$ можно оценить следующим образом:

- примем, что при распространении волны по графу количество вершин на следующем шаге (формировании следующего фронта) определяется по закону геометрической прогрессии $|F_{2,max}| \le \rho_{ср}^{K-1}$ (при $|F_1|=1$ на первом шаге), где K - номер шага при распространении волны; $\rho_{ср}$ – средняя степень вершины;
- наибольшее суммарное количество вершин, которые включались в состав F_1 и F_2 до следующего $(K+1)$-го шага, должно быть не меньше $|X|/2$, т.к. на последующих шагах это количество будет сокращаться. Тогда из выражения для суммы членов геометрической прогрессии получим:

$$\frac{|X|}{2} \le \frac{\rho^K-1}{\rho-1}; \quad K \cong \frac{1}{log_2\rho}[log_2|X|+log_2(\rho-1)-1].$$

Приняв $\rho=\rho_{ср}=4$ получим для первого варианта алгоритма номер шага распространения волны, при котором количество вершин в массиве F_2 наибольшее: $K_{1,max} \cong \log_2^{|X|/2}$; тогда

$$T_{3.1,max} \le 2^{log2\,|X|/2}\, t_{3.1}. \quad (2)$$

Если, как указано в преамбуле, количество вершин в транспортной задаче порядка 103 - 104, то приняв $|X|=216$, получим $K_{max}=8$ и, соответственно, $|F_{2,\,max}|=214$. Среднее значение можно оценить, как $K_{ср}=(K_{min}+K_{1,max})/2$ при $K_{min}=\rho_{ср}$. Используя указанные выше числовые оценки $\rho_{ср}$ и $K_{1,max}$ получим $K_{ср}=6$.

Наибольшее значение продолжительности выполнения шага 3.2 ($T_{3.2}$) можно оценить, используя оценку значения $|F_2, max|$, т. е. можно принять, что $T_{3.2} \le |F_{2,max}|t_{3.2}$.

Количество повторений цикла 3.3 зависит от количества вершин во фронтах (массивах) F_1 и F_2:

$n_{3.3}=|F_1|\cdot|F_2|$.

Приняв, что количество вершин на следующем, K-м, шаге определяется по закону геометрической прогрессии, получим:

$n_{3.3} \le \rho^{K-1}\rho^{K-2}=\rho^{2K-3}$.

Подставив в (1) выражения для составляющих оценки продолжительности решения задачи, получим:

- для произвольного графа:

$$T_{A1}=r_1\{t_1[C_2+k_{ср}t_3(2^{\wedge log2|X|/2})(t_{3.1}+t_{3.2})+\rho_{ср}^{2K1,max-3}t_{3.3})+C_4+C_5]+t_6\}; \quad (3)$$

- для Гамильтонова графа:

$$T_{A1,Гг}=rt_1[C_2+(|X|-1)t_3(t_{3.1}+t_{3.2})+C_4+C_5];$$

- для полного графа:

$$T_{A1,пг}=rt_1[C_2+(|X|-1)t_3(t_{3.1}+t_{3.2}+t_{3.3})+C_4+C_5].$$

Выполнение этапа 6 (поиск минимального $d(x_i, x_j)$ для полного и для Гамильтонова графа не требуется в силу свойств графов (в обоих случаях результат выполнения этапов 1 – 5 позволяет получить единственный результат).

Анализ показал, что продолжительность решения задачи по варианту 1 алгоритма зависит от мощности множеств X и R при фиксированной матрице смежности и, соответственно, при фиксированных значениях статистических характеристик графа ($\rho_{ср}$, $k_{ср}$, $K_{1,max}$).

Анализ временной сложности второго варианта алгоритма по формализованному описанию. Исходные данные и формы представления промежуточных результатов одинаковы с первым вариантом.

Вариант 2 алгоритма поиска кратчайшего пути от заданной вершины $x_i \in N$ до ближайшей из множества R:

1. Инициализация массивов предков, расстояний, фронтов.

2. Цикл до достижения всех вершин $x_j \in R$:

2.1. $F_1=F_2$, $F_2=\varnothing$.

2.2. Цикл формирования следующего фронта F_2 (определение соседних вершин для всех $x \in F_1$).

2.3. Если $F_2=\varnothing$, то переход к п. 3, иначе – к следующему.

2.4. Цикл вычисления длины пути от x_i до каждой из вершин $x_k \in F_2$ и выбор кратчайшего до каждой из вершин $x_k \in F_2$; запись в массив D_N, D_R, D_C и в соответствующие массивы предков (для $x_i \in N$, $x_j \in R$, $x_k \in C$).

2.5. Если все вершина $x_j \in R$ достигнуты, то переход к п. 3, иначе – к п. 2.1.

3. Выбор для x_i в массиве промежуточных результатов строки с наименьшим значением $d(x_i, x_j)$, в которой записан номер (идентификатор) ближайшей к x_i вершины $x_j \in R$ (циклическая процедура поиска наименьшего числа в массиве длиной $|R|$).

На основе анализа описания алгоритма 2 получено общее выражение для оценки продолжительности решения задачи, в котором индексы обозначают этапы алгоритма:

$$T_{A2}=T_1+T_2(T_{2.1}+T_{2.2}+T_{2.3}+T_{2.4}+T_{2.5})+T_3. \quad (4)$$

Определяем зависимость составляющих T_{A2} от характеристик графа и условий задачи.

Количество повторений операций в цикле до достижения всех вершин $x_j \in R$ существенно зависит от общего количества вершин в графе и от их связности (общего количества ребер/дуг и степеней вершин); в общем случае эта величина определяется как

$$k_{2,max} = \max\{k_i\}, i = \overline{1,|R|}, \quad (5)$$

где k_i – количество ребер/дуг от $x_i \in N$ до $x_j \in R$.

Тогда $T_2=k_{2,max}t_2$, где t_2 – продолжительность операций, связанных только с циклом 2 (без учета внутренних циклов). Продолжительность выполнения этапов 1 и 2.3 может быть принята постоянной, не зависящей от характеристик графа. Продолжительность выполнения этапов 2.1 и 2.2 одинакова с продолжительностью шагов 3.1 и 3.2 в первом варианте. Продолжительность выполнения этапа 2.4 может быть оценена по аналогии с продолжительностью шага 3.3 в первом варианте. Продолжительность выполнения этапа 2.5 (проверка наличия вершины-предка для каждой из $x_j \in R$) пропорциональна $|R|$.

Цикл 3 (циклическая процедура поиска наименьшего числа в массиве длиной $|R|$) выполняется для произвольного графа $|R|$ раз. Подставив в (4) выражения (2), (5) получим:

$$T_{A2}=t_1+k_{2,max}t_2[2^{\log_2|X|/2}(t_{2.1}+t_{2.2})+t_{2.3}+\rho_{cp}^{2K_{2,max}-3}t_{2.4}+rt_{2.5}]+rt_3. \quad (6)$$

Сравнивая (3) и (6) можно отметить, что на продолжительность решения задачи значение $|X|$ влияет примерно одинаково в обоих вариантах алгоритма, а значение $|R|$ оказывает большее влияние в первом варианте алгоритма. Для сравнения надо принять значения констант, выполнить преобразования (3) и (6), и задать числовые значения.

Приняв в (3) и (6) значения констант равными 1, получим

$$T_{A1} = r\{[k_{cp}\left(2^{\log_2|X|/2}\left(2+\rho_{cp}^{2K_{1,max}-3}\right)+3\right]+1\}; \quad (7)$$

$$T_{A2} = k_{2,max}\left[2^{1+\frac{\log_2|X|}{2}}+\rho_{cp}^{2K_{2,max}-3}+r+1\right]+r+1 \quad (8)$$

В обоих алгоритмах наибольшую долю в продолжительности выполнения занимает вычисление и выбор ближайших вершин (цикл 3.3. в первом варианте и цикл 2.4 – во втором). Анализ (7) и (8) показывает, что в обоих выражениях присутствуют показательная и степенная функции, однако в (7) присутствует произведение этих функций, а в (8) – сумма, следовательно, временная сложность второго варианта алгоритма существенно меньше.

Выполнив вычисления по (7) и (8) при постоянных значениях r; ρ_{cp}, k_{cp}, $k_{2,max}$ и при различных значениях $|X|$ получили числовые оценки зависимости T_{A1} и T_{A2} от $|X|$ и r, которые показывают, что эти зависимости с высокой степенью достоверности аппроксимируются степенными функциями (коэффициент детерминации $R_2 \geq 0{,}9999$):

$T(|X|)_{A1}=10^6|X|^{4{,}4962}$; $T(|X|)_{A2}=8455{,}1|X|^{3{,}9223}$.

При этом значение показателя функции $T(|X|)_{A2}$ для второго варианта алгоритма меньше на величину 0,5739, чем для первого, и коэффициент при основании ($|X|$) меньше на $0{,}992 \cdot 10^6$, что указывает на существенную разницу оценок продолжительности решения задачи. Отношение T_{A1} к T_{A2} является возрастающей функцией от $|X|$, и при изменении $|X|$ от 100 до 500 изменяется от 132 до 335, а при изменении $|X|$ от 1000 до 5000 от 474 до 1060 единиц.

Следовательно, временная сложность разработанных вариантов алгоритма выражается $T(n)_{A1}=O(n^{C1})$, $T(n)_{A2}=O(n^{C2})$, где $n=|X|$, C_1 и C_2 – константы (при фиксированных значениях остальных параметров).

Планирование эксперимента. Проведению экспериментального исследования временной сложности алгоритмов предшествует планирование, которое включает определение факторов, влияющих на продолжительность решения задачи с использованием разработанных вариантов алгоритма и вариативность их значений с учетом свойств алгоритмов [10 – 11]. Состав влияющих факторов зависит от назначения алгоритма и состава исходных данных. Факторами, влияющими на продолжительность решения рассматриваемой задачи, являются:

- общее количество вершин в графе $G(X, U)$;
- общее количество ребер (дуг) в графе $G(X, U)$ и значения их весов;
- количество вершин в подмножествах N и R;
- значения степеней вершин.

Рассматриваемые в данной работе алгоритмы должны применяться к графовой модели дорожной сети региона, которая в обозримом интервале времени может изменяться относительно немного, поэтому варьирование значениями матрицы смежности графа $G(X, U)$ можно исключить, и ограничиться изменением количества вершин в подмножествах N и R.

Эксперимент выполнен с программной реализацией второго варианта алгоритма, как более произво-

дительного. При фиксированном значении $|X|$ продолжительность работы алгоритма статистически будет линейно зависеть от величины N, т.к. увеличение этого значения соответственно увеличивает количество процессов решения задачи. Величина r в (8) входит, как аддитивная составляющая, умножаемая на длину кратчайшего пути, значение которой зависит от связности вершин графа и является величиной случайной.

Цель эксперимента – получить точечные и интервальные оценки зависимости продолжительности решения задачи (T_{ij}, T_{min}, T_{ave}, T_{max}) поиска кратчайших путей (ПКП) между двумя подмножествами вершин смешанного графа от количества вершин в подмножествах N и R. Изменение значений $|N|$ и $|R|$ будет выполняться в пределах, соответствующих Пензенской области.

Схема экспериментального исследования:

1. Заполнить матрицу смежности; задать количество наборов данных из подмножеств N и R: i_{max}, j_{max}.

2. Задать первый набор данных из подмножества N; $i=1$; Задать значение $|N|=n_i$.

3. Задать первый набор данных из подмножества R; $j=1$; $|R|=r$.

4. Зафиксировать момент времени начала решения задачи с помощью исследуемого алгоритма ($T_{н,ij}$).

5. Выполнить решение задачи с помощью исследуемого алгоритма.

6. Зафиксировать момент времени окончания решения задачи ($T_{к,ij}$).

7. Вычислить продолжительность процесса решения задачи (T_{ij}) и записать в таблицу результатов:

$T_{ij}=T_{к,ij}-T_{н,ij}$.

8. $j=j+1$; если $j<j_{max}+1$, то задать следующий набор данных из подмножества R и перейти к п. 4, иначе – к следующему.

9. $i=i+1$; если $i<i_{max}+1$, то задать следующий набор данных из подмножества X и перейти к п. 3, иначе – к следующему.

10. Выполнить обработку полученных результатов (дисперсионный и регрессионный анализ [17 – 19]).

Результаты исследования. При проведении эксперимента состав и мощность подмножества N изменялись случайным образом, количество вершин в подмножестве R изменялось систематически от 1 до 29 с шагом 1, состав вершин в подмножестве R – произвольно. В таблице 2 приведен фрагмент первичных данных, (значения T_{ij}), а также – оценка выборочного среднего (T_{ave}) для различных пар подмножеств N_{ij} и R_{ij}, наименьшие и наибольшие значения для каждого значения $|N|$.

Таблица 2 - Продолжительность решения задачи T_{ij} (сек.) в зависимости от $|N|$ и $|R|$

Количество вершин N	Количество вершин R				T_{min}	T_{ave}	T_{max}	$\tilde{T}_{ave}$	$T_{ave}-\tilde{T}_{ave}$	%% отклон.
	1	2	…	29						
60	30,890	30,929	…	31,987	26,219	29,984	33,369	26,4134	3,570	11,91
94	50,638	46,420	…	45,210	41,254	45,108	50,638	42,8790	2,229	4,94
186	86,612	85,236	…	91,820	81,971	89,818	97,268	87,4331	2,385	2,66
224	102,308	109,992	…	110,590	102,308	108,772	111,617	105,836	2,936	2,7
280	123,367	127,343	…	128,269	120,617	126,108	138,587	132,956	-6,848	-5,43
348	157,176	158,957	…	165,198	153,133	161,814	174,347	165,887	-4,073	-2,52
389	168,605	173,741	…	185,526	168,605	179,929	188,687	185,743	-5,814	-3,23
454	204,261	202,248	…	210,624	197,459	210,233	229,013	217,221	-6,988	-3,32
687	400,928	388,048	…	328,121	318,152	344,467	400,928	330,059	14,408	4,18
1469	741,493	675,080	…	716,154	640,428	706,961	750,005	708,769	-1,808	-0,26

Продолжительность решения в проведённым эксперименте (на базе ЭВМ *HP Proliant DL380 64 GB RAM/ 2xCPU 8 Cores Intel Xeon, 3.06 GHz*) составила примерно от 0,5 (при наименьшем значении $|N|$) до 12,5 минут (при наибольшем значении $|N|$). Выполнен регрессионный анализ влияния фактора $|N|$ на продолжительность решения задачи, результаты которого показывают, что зависимость $T(|N|)$ носит линейный характер: $T_{ave}^{*}=a_1|N|+a_0$, где a_1=0,4843; a_0=–2,6436; следовательно, $T(m)_{A2}=O(m)$. Величины абсолютной разности между выборочным средним (T_{ave}) и значением, вычисленным по уравнению регрессии, а также отклонение указанных величин в процентах приведены в таблице 1. При фиксированном N_i и изменении R_i значения T_{ij} меняются случайным образом, регрессионная зависимость между $|R|$ и T_{ij} отсутствует. Отношение T_{ave}/N показывает, что независимо от количества вершин N средняя продолжительность операций на одну вершину мало изменяется, что соответствует результатам теоретического анализа временной сложности варианта 2 алгоритма: $Min(T_{ave}/|N|)$ = 0,4504;

$Ave(T_{ave}/|N|)$=0,47718; $Max(T_{ave}/|N|)$=0,5014(сек./1 верш.).

Заключение. Выполненный по структурному представлению анализ двух вариантов алгоритма поиска совокупности кратчайших путей между двумя заданными подмножествами вершин N и R неориентированного или смешанного графа показал, что в обоих вариантах алгоритма наибольшую долю в продолжительности выполнения занимает вычисление промежуточных значений кратчайших путей и выбор ближайших вершин. Получены выражения для оценки временной сложности, включающие показательную и степенную функции от мощности множества X и указывающие на существенное преимущество второго варианта алгоритма.

Результаты экспериментального исследования

программной реализации варианта алгоритма с меньшей априорной оценкой временной сложности показали, что временная сложность рассмотренного варианта алгоритма поиска $|N|$ кратчайших путей до всех вершин $x_j \in R$ при фиксированном составе других характеристик графа является линейной функцией от $|N|$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

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

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

3. Макконнелл Дж. Анализ алгоритмов. Активный обучающий подход. М.: Техносфера, 2009. 416 с.

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

5. Коварцев А. Н., Даниленко А. Н. Алгоритмы и анализ сложности: учебник. Самара: изд-во Самарского университета, 2018. 128 с.

6. Кузюрин Н. Н., Фомин С. А. Эффективные алгоритмы и сложность вычислений [Электронный ресурс] // URL: https:// www.studmed.ru/kuzyurin-nn-fomin-sa-effektivnye-algoritmy-i-slozhnost-vychisleniy_826c09f2f83. html (дата обращения: 15.02.2020).

7. Шефер О. В. Алгоритмы и анализ сложностиЛекции-Практика.pdf [Электронный ресурс]// Корпоративный портал Томского политехнического университета. Учебная работа: [сайт]. URL: https:// portal.tpu.ru/ SHARED/s/SHEFER/Study/ Tab8 (дата обращения: 15.02.2020).

8. Абрамов С. А. Лекции о сложности алгоритмов. М.: МЦНМО, 2009. 256 с.

9. Ульянов М. В. Ресурсно-эффективные компьютерные алгоритмы. Разработка и анализ: Учебное пособие. М.: Наука. Физматлит, 2007. 376 с.

10. Алгоритмы: построение и анализ / Кормен Т. Х. [и др.]. М.: Издательский дом «Вильямс», 2011. 1296 с.

11. Построение и анализ алгоритмов. Семинар 6 Анализ трудоемкости алгоритмов / НИУ «Высшая школа экономики». - [Электронный ресурс] – URL: https://www.hse.ru/ data/2012/07/20/1257633567/Семинар 6 Анализ трудоемкости алгоритмов в2 весна 2012.pdf.

12. 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.

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

14. Вирт Н. Алгоритмы и структуры данных. М.: Мир, 1989. 360 с.

15. Иванов Б. Н. Дискретная математика. Алгоритмы и программы. Расширенный курс. М.: Известия, 2011. 512 с.

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

17. Дрейпер Н. Р., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Диалектика, 2007. 911 с.

18. Фёрстер Э., Рёнц Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа: Руководство для экономистов. М.: Финансы и статистика, 1983 г. 304 с.

19. Коновалов Ю.В. Статистическое моделирование с использованием регрессионного анализа: методические указания. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. 73 с.

Статья поступила в редакцию 06.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 004.932.2
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0007

АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ПРОЦЕССЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЛЕЙКОЗОВ МЕТОДОМ ПРОТОЧНОЙ ЦИТОМЕТРИИ

©2020

Сержантова Наталья Александровна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Биомедицинская инженерия»
Чулков Валерий Александрович, доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Биомедицинская инженерия»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11,e-mails: itmmbspgta@yandex.ru, chu@penzgtu.ru)

Аннотация. Лейкоз – заболевание с высокой летальностью, разнообразие его форм существенно затрудняет раннюю диагностику лейкоза. В процессе дифференциальной диагностики форм лейкоза полезной может оказаться автоматизированная система поддержки принятия решений, однако существующие в настоящее время средства для постановки предварительного диагноза и формулирования клинических рекомендаций используют только один метод – метод подсчета и количественной оценки незрелых форм лимфоцитов в микроскопии мазка крови или костного мозга. Вместе с тем, основным способом для постановки диагноза проведения классификации, установления стадии и мониторинга гематологических опухолей является иммунофенотипирование клеток костного мозга и крови с использованием метода проточной цитометрии. Авторы предлагают структуру автоматизированной системы поддержки принятия решений, включающую модуль обработки данных, извлекающий из базы и аккумулирующий комплексную информацию о состоянии пациента, содержащую не только данные общего и биохимического анализа крови, миелограммы, микроскопиию мазка крови или костного мозга, но и результаты проточной цитометрии. Это позволит выполнять в следующем модуле совокупный анализ и более качественно идентифицировать формы лейкоза. Предложен алгоритм получения и интерпретации данных проточной цитометрии, количественные критерии для интерпретации установлены эмпирическим путем. Развитие данного метода авторы связывают с выработкой критериев комплексной оценки результатов лабораторных анализов для повышения верности автоматизированного принятия решений врача по совокупности признаков, включающей и результаты проточной цитометрии.

Ключевые слова: лейкоз, система поддержки принятия решений, проточная цитометрия, алгоритм, дифференциальная диагностика, структура, модуль обработки, анализ данных, норма, форма лейкоза, сегментация, количественная оценка.

ALGORITHM OF INFORMATION PROCESSING IN AUTOMATED DIFFERENTIAL DIAGNOSTICS OF LEUKEMIA USING THE FLOW CYTOMETRY METHOD

©2020

Serzhantova Natalya Aleksandrovna, candidate of technical sciences, associate professor
of the department of «Biomedical Engineering»
Chulkov Valery Aleksandrovich, doctor of technical sciences, associate professor,
head of the department of «Biomedical Engineering»
Penza State Technological University
(440039, Penza, Baydukov passage / Gagarina street, 1a / 11, e-mails: itmmbspgta@yandex.ru, chu@penzgtu.ru)

Abstract. Leukemia is a high mortality disease. The variety of leukemia forms significantly complicates the early diagnosis of leukemia. In the differential diagnosis process of leukemia forms, an automated decision support system may be useful, however, currently existing means for making a preliminary diagnosis and formulating recommendations use only one method - the method of counting and quantifying immature forms of lymphocytes in bone marrowmicroscopy or a blood smear. At the same time, immunophenotyping of bone marrow and blood cells using the flow cytometry method is the main method for making the diagnosis, classification, staging and monitoring of hematological tumors. The authors propose the structure of an automated decision support system, which includes a data processing module that will extract from the database and accumulate comprehensive information about the patient's condition, including not only data from general and biochemical blood tests, myelograms, blood mask or bone marrow microscopy, but also the results of flow cytometry. This will allow performing a cumulative analysis in the next module and better differentiating the forms of leukemia. An algorithm for obtaining and interpreting flow cytometry data is proposed. The quantitative estimates for interpretation are revealed empirically. The prospect for further research is the formation of comprehensive assessment criteria to support decision-making on a set of features, including the results of flow cytometry.

Keywords: leukemia, decision support system, flow cytometry, algorithm, differential diagnostics, structure, processing module, data analysis, norm, form of leukemia, segmentation, quantitative assessment.

Введение. Каждый год в мире заболевает злокачественными новообразованиями около 175 тысяч детей в возрасте до 15 лет. Адекватную диагностику и лечение этих болезней получают менее 40% заболевших.

В структуре детских онкологических болезней лидируют новообразования кроветворной и лимфатической систем.

Ранняя диагностика онкогематологических заболеваний у детей чрезвычайно сложна ввиду неспецифичности первичных симптомов, которые часто скрываются под «масками» других заболеваний [1].

Прогресс в развитии гематологических исследований базируется на использовании современных иммунологических методов типировании клеток костного мозга и периферической крови, а также применении автоматизированных средств анализа. Обычные цитохимические и морфологические исследования клеток красного костного мозга, крови, селезёнки, лимфатических узлов и др. не дают возможности выявить тип лейкоза из всего многообразия морфологически сходных форм, и не позволяют установить источник возникновения патологического клона [2]. Разнообразие форм лейкозов (рис. 1) существенно затрудняет процесс дифференциальной диагностики.

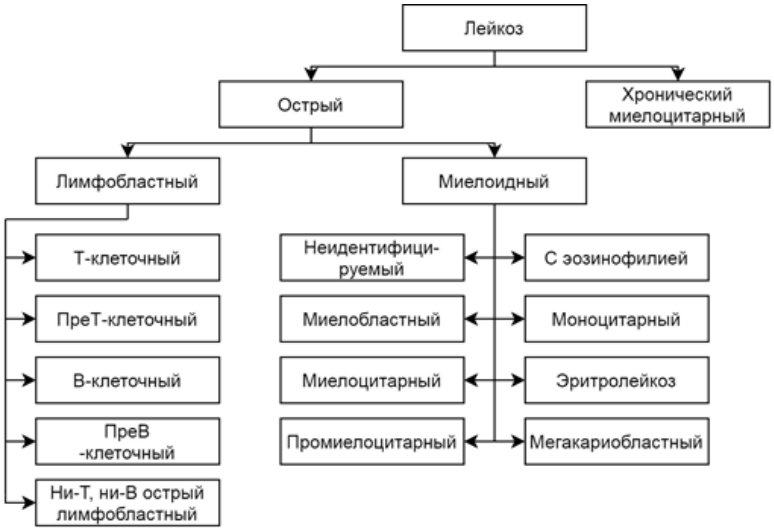


Рисунок 1 – Формы лейкоза

Целью исследования является повышение качества дифференциальной диагностики острых лимфобластных лейкозов.

Материалы и результаты исследований. Для диагностики применяются различные методы, которые можно разделить на группы. К группе методов лабораторной диагностики относятся общий анализ крови, биохимический анализ крови, миелограмма, цитохимический анализ пунктата костного мозга, трепанобиопсия, биоптат лимфоузлов. Среди методов получения и исследования медицинских изображений выделяют ультразвуковую диагностику, компьютерную томографию, магнитно-резонансную томографию, рентгенографию и рентгеноскопию грудной клетки. К иммунологическим исследованиям относят иммунофенотипирование и молекулярно-генетическое исследование.

Для определения стадии заболевания, исследования динамики гематологических опухолей и постановки дифференциального диагноза, в качестве основы используются методы иммунофенотипирования клеток костного мозга и крови (проточной цитометрии). Из-за большого разнообразия форм лейкоза ряд лимфоидных опухолевых клеток имеют нормальные клеточные аналоги. Во многих случаях лимфоидные опухолевые клетки имеют соотношение с определенным этапом дифференцировки лимфоцитов, то есть обладают нормальными клеточными аналогами. Этот факт существенно осложняет процесс постановки дифференциального диагноза [3].

В процессе дифференциальной диагностики форм лейкоза полезной может оказаться автоматизированная система поддержки принятия решений, которая будет способна обрабатывать большой объем разнородных данных, включающих результаты проточной цитометрии, данные анализа крови, данные анамнеза и т.д.; анализировать закономерности и генерировать вероятностную оценку наличия той или иной формы заболевания. Система поддержки принятия решений для врача является консультативной. Предварительное заключение, генерируемое системой, может учтено или не учтено при выработке собственного решения клинициста [4].

В настоящее время существует ряд разработок, обеспечивающих поддержку принятия врачебных решений при диагностике лейкозов [5]. Однако большинство из них в качестве объекта исследования рассматривают изображения микропрепаратов кровии для дифференциальной диагностики выполняют поиск и подсчет бластных клеток и иных составляющих лейкоцитарной формулы [6 – 19].

Авторами предложена структура автоматизированной системы поддержки принятия решений врача при диагностике лейкоза (рис. 2). Модуль обработки данных извлекает из базы и аккумулирует комплексную информацию о состоянии пациента, включающую не только данные общего и биохимического анализа крови, миелограммы, микроскопиию мазка крови или костного мозга, но и результаты проточной цитометрии. Это позволяет при дальнейшей обработке выполнять совокупный анализ и более точно дифференцировать формы лейкоза.

Рисунок 2 – Структура автоматизированной системы поддержки принятия решений при дифференциальной диагностике лейкоза

Для анализа и последующей интерпретации результатов проточной цитометрии системой поддержки принятия решения загружаются, обрабатываются и анализируются гистограммы светорассеивания, из которых следует, что наиболее легкими клетками являются нейтрофилы – это клетки, которые образуются из миелобластов. Они составляют 45 – 70% от общего числа лейкоцитов. Клетки, размер ядра которых чуть больше остальных, называются моноцитами. Они представлены в меньшем количестве, чем нейтрофилы или лейкоциты и циркулируют в крови относительно недолго, после чего превращаются в макрофаги и участвуют в фагоцитозе. И третий тип лейкоцитов – это лимфоциты, клетки которые образуются от лимфобластов. В общем количестве лейкоцитов они составляют 20 – 40% и имеют самый большой вес ядра из всех представленных [20].

На основе наличия и числа клеток названных типов можно сделать вывод о виде лейкоза: если норму превышают нейтрофилы, то это означает, что результат анализа принадлежит больному с миелобластным лейкозом. Если норму превышают лимфоциты, то диагноз – лимфобластный лейкоз.

В предлагаемой системе модуль анализа результатов проточной цитометрии реализует алгоритм, представленный на рисунке 3.

Значение площадей сегментов изображения, пропорциональных количеству клеток определенного типа, выводятся на экран. Для интерпретации данных и постановки предварительного дифференциального диагноза по результатам вычисления площадей проверяется выполнение нескольких условий.

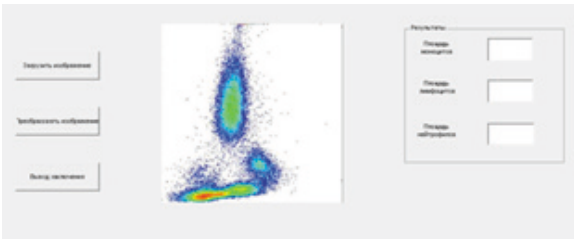
1. Если количество лимфоцитов превышает норму, а количество нейтрофилов находится в диапазоне нормы, то диагноз – острый лимфобластный лейкоз.

2. Если количество лимфоцитов находится в диапазоне нормы, а количество нейтрофилов превышает норму, то диагноз – острый миелобластный лейкоз.

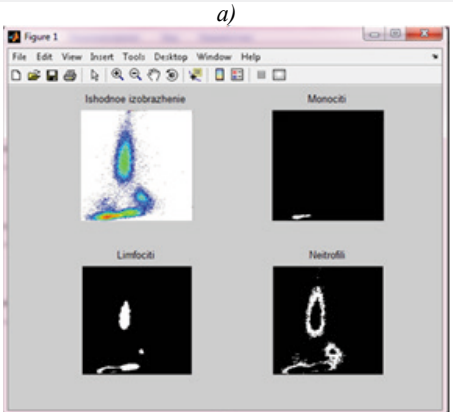
3. Если количество лимфоцитов и нейтрофилов превышает норму, то для постановки диагноза требуется дополнительные данные.

4. При иных условиях диагноз не может быть определен, так как результат обработки изображения оказывается недостаточно информативным и для определения типа лейкоза необходимо использовать другой метод обработки имеющегося изображения, а также учитывать результаты анализа крови.

Рисунок 3 – Алгоритм анализа результатов проточной цитометрии



а)



б)

Рисунок 4 – Результаты обработки изображения с помощью автоматизированной системы
а) вывод изображения на экран автоматизированной системы, б) результаты сегментации

Пример работы модуля анализа данных в предлагаемой системе поддержки принятия решений представлен в виде экранных форм, показанных на рисунке 4. После нажатия на кнопку «Преобразовать изображение» (рис. 4а) выводится отдельное окно с результатами сегментации (рис. 4б) и для каждого сегмента выводится площадь, соответствующая количеству лимфоцитов, моноцитов и нейтрофилов. Завершение этапа анализа происходит при нажатии на кнопку «Вывод заключения». В результате появляется сообщение о предполагаемом диагнозе.

Количественные значения площадей сегментов соответствующих количеству форменных элементов определялось эмпирически путем сопоставления результатов автоматизированной оценки аннотированных изображений с их экспертными заключениями о форме лейкоза.

Заключение. Подобная интерпретация результатов проточной цитометрии дает возможность количественно оценить показатели различия форм лейкоза, что может оказаться полезным при формировании комплексной оценки множества параметров состояния пациента в их совокупности.

Перспективой дальнейших исследований в части совершенствования метода является формирование критериев комплексной оценки для поддержки принятия решений по совокупности признаков, включающих, в том числе, результаты проточной цитометрии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Юдицкий А.Д., Исакова Л.С., Елисеева Е.В. Ранняя диагностика острого лимфобластного лейкоза у детей // Материалы IV Всероссийской недели медицинской науки с международным участием [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://medconfer.com/node/5281 (дата обращения: 06.11.2020).

2. Попов А.М. Острые лейкозы: различия иммунофенотипа бластных клеток и их неопухолевых аналогов в костном мозге / А.М. Попов, Т.Ю. Вержбицкая, Л.Г. Фечина, А.В. Шестопалов, С.А. Плясунова // Клиническая онкогематология. 2016. № 9(3). С. 302 – 313.

3. Ковригина А.М., Пробатова Н.А. Дифференциальная диагностика неходжкинских В-клеточныхлимфом // Онкогематология. 2007. №2. С. 4-9.

4. Реброва, О.Ю. Жизненный цикл систем поддержки принятия врачебных решений как медицинских технологий / О.Ю. Реброва // Врач и информационные технологии. – 2020. – №1. – С. 27 – 37.

5. Гусев А. Обзор Российских систем поддержки принятия врачебных решений.- URL: https://webiomed.ai/obzor-rossiiskikh-sistem-podderzhki-priniatiia-vrachebnykh-reshenii/ (дата обращения: 06.11.2020).

6. Автоматизированная классификация и подсчет клеток на оцифрованном мазке периферийной крови и костного мозга. - URL: https://thirdopinion.ai/morphology (дата обращения: 06.11.2020).

7. Никитаев В.Г. Особенности проектирования систем распознавания образов для диагностики острых лейкозов с применением методов компьютерной микроскопии / В.Г. Никитаев, Ю.Р. Нагуманова, А.Н. Проничев, К.С. Чистов // Измерительная техника. 2012. №5. С. 65-68.

8. Блиндарь В.Н. Экспертная система для диагностики острых лейкозов / В.Н. Блиндарь, В.Г. Никитаев, Ю.Р. Нагуманова, А.Н. Проничев, К.С. Чистов // Спецтехника и связь. – 2011. – № 4(5). – С. 74 – 79.

9. Давыдов М.И. Физические методы исследований в экспертных системах диагностики онкологических заболеваний / М.И. Давыдов, В.Ю. Сельчук, В.Г. Никитаев, О.В. Нагорнов, А.Н. Проничев, В.В. Дмитриева, Е.В. Поляков, А.О. Расулов, В.П. Кононец, С.А. Мелихов, И.С. Акимов, З.М. Айдунбеков, В.И. Кадашаев, А.А. Лаврова, В.К. Голованова, А.А. Пашнюк, В.Е. Стригин // Краткие сообщения по физике Физического института им. П.Н. Лебедева Российской Академии Наук. – 2015. - №8. – С. 22 – 27.

10. Фурман О.Г., Глушен С.В. Текстурный анализ морфологических особенностей лейкоцитов при заболевании лейкозом //Гематология и трансфузиология. – 2014. – т. 59., №1. – С. 68-69.

11. Шахтарин Б.И, Панов С.А., Калашников К.С. Алгоритмы распознавания клеток крови // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение». – 2015. – №4. – С. 49 – 66.

12. Синюк В.Г.Использование алгоритмов компьютерного зрения для выполнения гематологического анализа на основе кривой Прайс-Джонса // В.Г. Синюк, Д.С. Батищев, Е.С. Сойникова, В.М. Михелев // Научные ведомости. Серия «Экономика. Информатика». – 2018. - №1. С. 1 – 10.

13. Черных Е.М., Михелев В.М. Компьютерная система классификации лейкоцитов на изображениях клеток крови // Научный результат. Информационные технологии. – 2019. - №3. – С. 1 – 10.

14. Пастушок И.А. Система автоматического распознавания лейкоцитов в мазке периферической крови на основе технологии глубинного обучения / И.А. Пастушок, М.А. Ким, В.Н. Гусев, Б.И. Яремин, У.В. Масликова // Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. – 2018. - №1. С. 117 – 121.

15. Дубровский В.А. Идентификация и счет форменных элементов крови в ее негативном состоянии на основе цифровой микроскопии / В.А. Дубровский, И.В. Забенков, С.О. Торбин, О.Е. Царева // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2016. - №4. – С. 549 – 556.

16. Погорелов В.М., Иванова Л.А., Козинец Г.И. Эффективность и информативность гематологических анализаторов // Гематология и трансфузиология. – 2012. – т. 57., №3. – С. 30-38.

17. Putzu L., Caocci G., Di Ruberto C. Leucocyte classification for leukaemia detection using image processing techniques // Artificial Intelligence in Medicine. 2014. №62, pp.179–191.

18. Qiu H.N., Wong C.K., Chu I.M., Hu S., Lam C.W. Muramyl dipeptide mediated activation of human bronchial epithelial cells interacting with basophils: a novel mechanism of airway inflammation // Clinical and Experimental Immunology. 2013. №172, pp. 81–94.

19. Никитаев В.Г. Высокотехнологичная система поддержки принятия врачебных решений при диагностике острых лейкозов / В.Г. Никитаев, Ю.Р. Нагуманова, А.Н. Проничев, К.С. Чистов // Спецтехника и связь. 2011.№4(5). С. 70-74.

20. Ахмалтдинова Л.Л. Клинические приложения проточной цитометрии // Медицина и экология. – 2015. - №3. – С. 26-34.

Статья поступила в редакцию 09.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 004.04
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0008

МЕТОД ПРОГРАММНОЙ ОБРАБОТКИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

©2020

Зубков Георгий Алексеевич, научный сотрудник

Главный испытательный космический центр Министерства обороны Российской Федерации им. Г.С. Титова (143090, Россия, Московская область, Краснознаменск, улица Октябрьская д.3, e-mail: GeorgyZubkov@mail.ru)

Аннотация. Статья посвящена разработке метода программной обработки телеметрической информации для обучения многослойного перцептрона прямого распространения, который решает задачу прогнозирования технического состояния космического аппарата. Актуальность прогнозирования состояния космических аппаратов обусловлена возрастающим уровнем сложности задач, решаемых сектором анализа центра управления полётом. Описанный в статье метод был применен к набору телеметрической информации для обучения многослойного перцептрона прямого распространения, который представляет собой множество векторов состояния бортовой аппаратуры космических аппаратов. Особенностью данного набора телеметрической информации является то, что отражаемые характеристики имеют сложно формализованные нелинейные зависимости между собой, а также множество аномальных значений, искажающих конечный результат прогнозирования целевых характеристик. Предложенный метод включает в себя проведение программной подготовки данных путём обработки пропусков в телеметрической информации, а также комплексной обработки значений параметров бортовой аппаратуры. Применение данного метода позволило существенно улучшить качество обучения многослойного перцептрона прямого распространения по сравнению с исходным набором телеметрической информации без обработки. Качественная оценка производилась путём сравнения итоговых значений коэффициентов детерминации исходного и обработанного набора телеметрической информации.

Ключевые слова: нейронная сеть, многослойный перцептрон, космический аппарат, орбитальная группировка, телеметрическая информация.

METHOD OF SOFTWARE PROCESSING OF SPACE VEHICLE TELEMETRIC INFORMATION FOR SOLVING TECHNICAL STATE FORECASTING PROBLEMS

©2020

Zubkov Georgy Alekseevich, researcher

Main test space center of the Ministry of Defense of the Russian Federation named after G.S. Titova (143090, Russia, Moscow region, Krasnoznamensk, Oktyabrskaya street, 3, e-mail:GeorgyZubkov@mail.ru)

Abstract. This article is devoted to the development of a method for software processing of telemetric information for training a multi-layer perceptron of direct propagation, which solves the problem of predicting the technical state of a spacecraft. The relevance of predicting the state of spacecraft is due to the increasing level of complexity of the tasks performed by the analysis sector of the mission control center. The method described in the article was applied to a set of telemetric information for training a multi-layer perceptron of direct propagation, which is a set of vectors of the state of onboard spacecraft equipment. A feature of this set of telemetric information is that the reflected characteristics have complex formalized nonlinear relationships among themselves, as well as many anomalous values that distort the final result of predicting target characteristics. The proposed method includes software preparation of data by processing gaps in telemetry information, as well as complex processing of the values of parameters of onboard equipment. The application of this method made it possible to significantly improve the quality of training a multi-layer perceptron of direct propagation in comparison with the initial set of telemetric information without processing. A qualitative assessment was made by comparing the final values of the determination coefficients of the initial and processed set of telemetry information.

Key words: neural network, multilayer perceptron, spacecraft, orbital constellation, telemetric information.

Введение. Одной из решаемых задач в глубоком обучении является прогнозирование временных рядов, целью которого является снижение рисков в процессе принятия решений [1]. Назначение многослойного перцептрона (нейронной сети) прямого распространения – аппроксимация некоторой функции *f*. Каждый параметр бортовой аппаратуры x_j связан с каждым нейроном единственного слоя перцептрона посредством связи с весом w_{ij}, где $i = \overline{1, M}$ номер нейронов слоя из общего их числа *M*, $j = \overline{1, N}$ номер входных параметров нейронной сети из *N* возможных. Выход нейронного слоя (прогноз) вычисляется по следующей формуле:

$$y_i = f(w_{ij} * x_j)$$

Обыкновенно, прогноз получается с небольшой погрешностью, которая зависит от системы прогнозирования и качества предварительных данных [2]. Качество данных – это обобщенное понятие, которое отражает степень их пригодности к решению задачи обучения нейронной сети. Основными критериями качества телеметрической информации являются полнота, достоверность, точность, непротиворечивость, доступность и своевременность полученной информации с борта космического аппарата [3].

Окончательный набор телеметрической информации содержит отражаемые характеристики, которые имеют сложную нелинейную зависимость между ними, а также многочисленные аномальные значения, искажающие конечный результат прогноза целевых характеристик.

Функция потерь, используемая для оценки качества обучения, характеризует близость прогнозируемых значений к значениям имеющегося набора телеметрической информации. Существуют множество различных функций потерь, выбор которых зависит от решаемой задачи. Применительно к решаемой задаче функцией потерь был выбран коэффициент детерминации, который интерпретирует долю дисперсии зависимой переменной, объясняемой рассматриваемой моделью. В случае линейной зависимости R^2 является квадратом множественного коэффициента связи между целевой характеристикой и объясняющими параметрами бортовой аппаратуры. Другими словами, равенство коэффициента детерминации единице означает, что объясняемая переменная точно описывается рассматриваемой моделью [4].

Целью проведенного исследования является разработка метода, позволяющего обработать пропуски в телеметрической информации, а также провести комплексную обработку значений параметров бортовой аппаратуры. В ходе исследования был подготовлен набор телеметрической информации для обучения нейронной сети прямого распространения. Впоследствии набор телеметрической информации был обработан с использованием предложенного метода для повторного обучения многослойного перцептрона. В итоге было проведено сравнение двух функций потерь от процесса обучения многослойного перцептрона на исходном наборе телеметрии и обработанном наборе соответственно. Коэффициент детерминации, полученный при обучении перцептрона набором обработанной телеметрии, показал лучший результат.

Материалы исследования. Рассматриваемый метод включает этапы структурной программной подготовки телеметрической информации путём обработки пропусков в телеметрической информации, обработки аномальных значений параметров работы бортовой аппаратуры космического аппарата, кодирования категориальных признаков в телеметрическом кадре, а также нормализации всего набора параметров функционирования, полученных с космических аппаратов. Выполнение данных условий в конечном итоге позволит улучшить качество обучения нейронной сети прямого распространения [5 – 7]. Рассматриваемый метод обработки телеметрической информации представлен в виде алгоритма на рисунке 1.

На вход поступает телеметрическая информация, полученная с борта космического аппарата средствами наземного комплекса управления [8]. После получения данных необходимо исключить аномальные значения (выбросы) из набора телеметрической информации. Как правило, выброс является результатом измерения, отличным от других измерений. Обычно база данных телеметрии может содержать более одного аномального значения [9]. Задачу определения аномальных значений решают путём оценки по заданному критерию значимости с учетом предполагаемого распределения значений параметров бортовой аппаратуры.

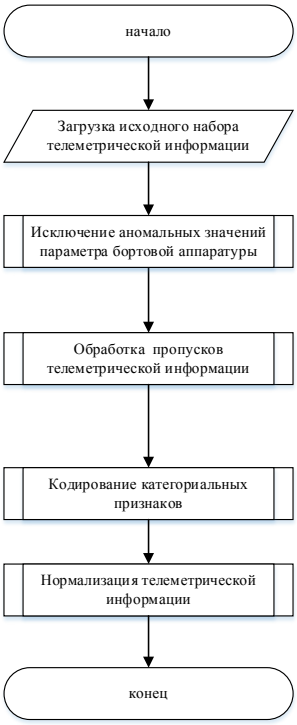


Рисунок 1 – Алгоритм обработки телеметрической информации

Аномальные значения редко являются «неверными» измерениями параметров, поэтому необходимо рассматривать их как признаки редких процессов, требующих дальнейшего изучения. Если аномальные значения телеметрии вызваны исключительно особенностями работы бортовой аппаратуры или наземного комплекса управления, то необходимо выявить причины выброса. Так как функционирование бортовой аппаратуры космического аппарата описывается нормальным законом распределения, то каждое 22-е значение измерений будет выходить из значения двух отклонений, а каждое 370-е измерение – из значения трех отклонений.

Проверку телеметрической информации необходимо начать с обычной зрительной проверки полученной телеметрии. Как правило, для обнаружения аномалий строят график вероятности и диаграмму размаха.

График вероятности позволяет провести графический контроль согласованности результатов измерений с предполагаемым распределением, а также выявить аномалии в наборе телеметрии. Точки на графике вероятности, сильно отклоняющиеся от прямой линии, вокруг которой лежат все остальные значения измерений, необходимо определять как выбросы [10].

Диаграмма размаха – это график, используемый в описательной статистике для компактного представления равномерного распределения вероятностей. На

диаграмме размаха наглядно изображены медиана, квартили, экстремумы выборки, а также аномальные значения. Нижние и верхние границы диаграммы размаха определяют следующим образом:

Q_1-$k(Q_3$-$Q_1)$

Q_1+$k(Q_3$-$Q_1)$

где Q_1 и Q_3 – первый и третий квантиль выборки, k – константа.

Так как целевые характеристики космического аппарата подчиняются логонормальному распределению, то один или более аномальных значений показателей работы бортовой аппаратуры в наборе телеметрических данных с нормальным распределением могут быть выявлены при помощи процедуры, известной как обобщенное экстремальное стьюдентизированное отклонение (ОЭСО). Эта процедура подходит для мониторинга ошибки первого рода при обнаружении более чем l аномальных значений работы бортовой аппаратуры с уровнем значимости α и $1 \le l \le m$, где m – установленное максимальное количество аномальных значений показателей работы бортовой аппаратуры (выбросов).

Процедура ОЭСО состоит из семи этапов:

1. Точки, соответствующие наблюдениям набора телеметрической информации $x_1,x_2,\ldots,x_n$, наносятся на график логонормального распределения данных. Выбирается количество точек, значительно отклоняющихся от прямой, на которой располагаются остальные значения измеренных параметров бортовой аппаратуры. В результате находится приблизительное количество выбросов в наборе телеметрической информации.

2. Выбирается уровень авторитетности α и определяется количество аномалий m как число, большее или равное числу возможных аномальных значений, полученному на этапе 1. Следующие шаги начинают с l=0.

3. Определяется контрольная статистика:

$$max\left|x-\overline{x}\left(L_l\right)\right|,$$

$$R_l=\frac{x_l \in L_l}{s(l)},$$

где L_l – редуцированный набор телеметрии объема n-1, полученный удалением элемента $x^{(l-1)}$ выборки $L_{(l-1)}$, что дает значение $R_{(l-1)}$; $\overline{x}\left(L_l\right)$ – выборочное среднее набора телеметрической информации L_l; $s(L_l)$ – выборочное стандартное отклонение набора телеметрической информации L_l;

4. Определяется критическое значение:

$p=(1-\alpha/2)^{1/(n-l)}$,

$$\lambda_l=\frac{(n-L-1)t_{p;\mu-L-1}}{\sqrt{\left(n-L-2+t^2_{p;\mu-L-2}\right)(n-1)}},$$

где λ_l – критическое значение, p – процентиль уровня 100, $t_{p;\mu}$ – распределения с μ-степенями свободы.

Ввиду того, что аномальные значения могут быть только среди верхних или нижних экстремальных значений, α заменяется на $\alpha/2$.

5. Инкрементируется $l=l+1$.

6. Шаги 2…4 повторяются, пока l не станет равным m.

7. При выполнении условия $R_l \le \lambda_l$ для $l=0,1,2,\ldots,m$ считается, что аномалии отсутствуют. Иначе n_{out} наиболее экстремальных наблюдений $x^{(1)},x^{(2)},\ldots,x^{(n_{out}-1)}$ редуцированных выборок считают аномальными, при этом:

$n_{out}=1+max\{l:R_l>\lambda_l\}$.

Использование процесса ОЭСО равноценно применению критериев Шовене, Граббса и Пирса, Диксона для определения выбросов случайных процессов в совокупности.

Обычно принимают малое значение допустимых аномальных значений $m(<3\%)$ от общего количества полученной телеметрической информации. Если количество аномальных значений телеметрической информации превышает это значение, то причиной выбросов может являться нештатная работа бортовой аппаратуры или средств наземного комплекса управления [11 – 13].

После выполнения процедуры исключения выбросов следует провести обработку пропусков телеметрической информации. Так как функционирование бортовой аппаратуры космического аппарата описывается логнормальным законом распределения, то предлагается использовать метод с использованием функции нормального распределения. Функция плотности вероятности стандартного нормального распределения имеет вид:

$$f(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{\frac{-x^2}{2}}.$$

Интегральная функция распределения вероятности имеет следующий вид:

$$F(x)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{x}e^{\frac{-(u-\mu)^2}{2\sigma^2}}du,$$

где μ и σ – математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение нормального распределения.

Интегральная функция распределения вероятности, как правило, учитывается применением специальной функции $Erf(x)$:

$$Erf(x)=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^x e^{-u^2}du.$$

Изменение исходного набора значений телеметрической информации x_i, распределенных по нормальному закону с параметрами μ и σ осуществляется следующим образом:

$$x_i=\frac{1}{2}(1+Erf\left(\frac{x_i-\mu}{\sqrt{2}\sigma}\right).$$

Используя полученное выражение, исходная телеметрическая информация приводится к равномерному распределению [15,16].

После проведения процедуры обработки пропусков телеметрической информации следует процедура кодирования категориальных признаков в телеметрической информации.

Пусть некоторый признак x^j принимает q значений $\{a_1,a_2,a_3,\ldots,a_q\}$. Тогда для каждого объекта X_i можно заменить признак x_i^j на q бинарных признаков следу-

ющим образом:

$Z_i^{ak} = I[X_i^j = a_k]$,

где $k \in \{1,\ldots,q\}$,

Z_i^{ak} – описания X_i^{ak} объекта, которые были перекодированы

$I[A]$ – факт А,

т.е.: $I[A] = \begin{cases} 1, \text{если А истинно} \\ 0, \text{если А ложно} \end{cases}$.

Данный тип кодирования категориальных признаков в наборе телеметрической информации называется *dummy*-кодированием или *one-hot*-кодированием. Закодировав каждый категориальный признак исходной матрицы телеметрии таким образом, к полученным описаниям $Z_1,\ldots,Z_n$ можно применять обучение нейронной сети для работы с вещественными числами .

Представленная матрица телеметрии при кажущейся простоте имеет несколько недостатков. Подобная перекодировка категориальных признаков накладывает ограничения на структуру признакового описания объектов, которую никак не учитывает нейронная сеть. Каждый старый признак перекодируется в несколько новых бинарных признаков ровно с одной единицей [16].

Учитывая то, что при анализе испытаний космической техники категориальных признаков x^j и значений q, которые может принимать эти признаки крайне мало (<10), использование данного кодирования является целесообразным.

Далее полученную матрицу векторов состояния бортовой аппаратуры необходимо нормализовать. Нормализация – это процесс предварительной обработки входной информации, при которой значения признаков в наборе телеметрии приводятся к определенному диапазону значений [0...1] или [-1...1].

Обязательность нормализации наборов телеметрии вызвана природой нейронных сетей [17]. Представленные данные в исходном наборе телеметрической информации отличаются не только по абсолютным значениям, но и по физическому смыслу. Отсутствие симметричного и унимодального распределения данных при обучении нейронных сетей может вызвать ухудшение качества разрабатываемой модели. После нормализации все значения параметров работы бортовой аппаратуры будут приведены к определенному диапазону значений, что позволит использовать их для более корректного обучения нейросети.

Для проведения нормализации необходимо знать экстремумы значений параметров бортовой аппаратуры, они и будут являться границами диапазонов нормализации значений [18, 19].

1. При нормализации и денормализации в пределах [0, 1]:

$$x_{ci} = \frac{(x_{\min i} + x_{\max i})}{2},$$

$$y_{cj} = \frac{(y_{\min j} + y_{\max j})}{2},$$

$$\widetilde{x_{ik}} = \frac{1}{e^{-a(x_{ik} - x_{ci})} + 1},$$

$$y_{jk} = y_{cj} - \frac{1}{a} * \ln\left(\frac{1}{\widetilde{y_{jk}}} - 1\right),$$

где x_{ci} и y_{cj} – центры нормализуемых интервалов изменения входной и выходной переменных.

2. При нормализации и денормализации в пределах [-1, 1]:

$$\widetilde{x_{ik}} = \frac{e^{a(x_{ik} - x_{ci})} - 1}{e^{a(x_{ik} - x_{ci})} + 1},$$

$$y_{jk} = y_{cj} - \frac{1}{a} * \ln\left(\frac{1 - \widetilde{y_{jk}}}{1 + \widetilde{y_{jk}}}\right).$$

Результаты исследования. Результатом применения данного метода является существенное улучшение (на 7%) коэффициента детерминации по сравнению с исходным набором телеметрической информации. На рисунке 2 показана зависимость значения коэффициента детерминации от количества итераций при обучении многослойного перцептрона.

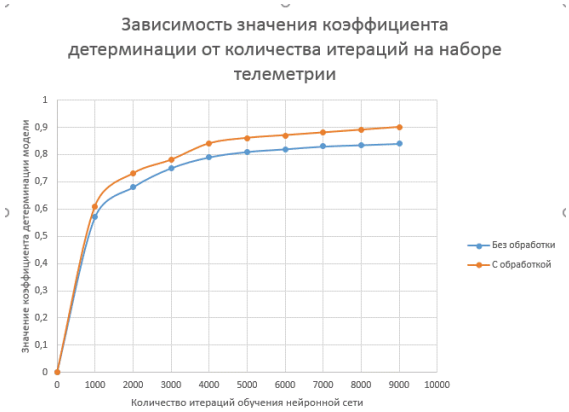


Рисунок 2 – Зависимость значения коэффициента детерминации от количества итераций

Заключение. Применяя предложенный метод для обработки поступающей с борта космического аппарата телеметрической информации удалось улучшить коэффициент детерминации при обучении многослойного перцептрона прямого распространения. Полученные результаты могут быть использованы при разработке математической модели интеллектуальной системы анализа состояния космического аппарата. Данная интеллектуальная система может быть положена в основу разрабатываемого аппаратно-программного комплекса, который позволит в полной мере оптимизировать процесс анализа статистической информации на этапе проведения испытаний и применения космических систем (комплексов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Солдатова О.П., Семенов В.В. Применение нейронных сетей для задачи прогноза. Электронный научный журнал «Исследования в России». 2006 г. – 1270 с.

2. Я. Гудфэллоу, И. Бэнджио, А. Курвилль. Глубокое обучение. пер. с анг. А.А. Оликина. – 2-е изд. испр. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.: цв. ил.

3. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента и качества.

4. Бахрушин В.Е. Методы оценивания характеристик нелинейных статистических связей // Системные технологии. – 2011. - №2(73). – С. 9-14.

5. Скиена С. Алгоритмы. Руководство по разработке,

BHV //-2017. - С. 720.

6. Гущин В.Н. Основы устройства космических аппаратов: Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2003. – 272 с.

7. Вьюгин В.В. Математические основы машинного обучения и прогнозирования. – МЦНМО, 2013. – 387 с.

8. Вентцель Д. А., Шапиро Я. М. Внешняя баллистика: учебник для Артиллерийской академии и втузов Наркомата вооружения / Вентцель Д. А., ШапироЯ..-М.;.:Оборонгиз, 1939. Ч. 2. - 1939. - 251 с.

9. Боевое применение частей (подразделений) РКО. Системы вооружения РКО: этапы создания, современное состояние, перспективы развития. (По материалам открытой печати) : учеб. пособие для вузов / сост. Бордо Г. В. ; МГТУ им. Н. Э. Баумана. - 2-е изд., доп. - М. : SAVIN, 1999. - 142 с.

10. Зайдель А.Н. Элементарные оценки ошибок измерений. – Москва: Наука, 1965.

11. ГОСТ Р ИСО 16269-4-2017. Статистические методы. Статистическое представление данных. Часть 4. Выявление и обработка выбросов.

12.Александровская Л.Н. Математические основы риск-менеджмента технических систем. Т.1: Экспертные методы оценки в риск-менеджменте. Изд. АИР, - 2017. С. 238

13. Student. The probable error of a mean. // Biometrika. 1908. №6 (1). P.1-25

14. Королюк В.С., Портенко Н.И., Скороход А.В., Турбин А.Ф. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. – М.: Наука, 1985. – 640 с.

15. Bryc, Wlodzimerz. The Normal Distribution: Characterizations with Applications. – Springer-Verlag, 1995.

16. Орельен Жерон Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow:концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем. Пер. с англ. - СпБ.: ООО «Альфа-книга’: 2018. - 688 с.: ил. - Парал. тит. англ.

17. Х. Цзявэй, К. Мишлен, П.Цзянь. Преобразование и дискретизация данных. Data Mining: концепции и методы. Эльзевир. С. 111-118.

18. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных = Introduction to Database Systems. – 8-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – 1328 с. – ISBN 5-8459-0788-8 (рус.) 0-321-19784-4 (англ.).

19. Кузнецов С. Д. Основы баз данных. – 2-е изд. – М.: Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 484 с. – ISBN 978-5-94774-736-2.

Статья поступила в редакцию 30.10.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 004.056+ 519.872
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0009

МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

© 2020

Прошин Иван Александрович, доктор технических наук, доцент, архитектор
АО «Бэлл интегратор»
(440000, Россия, Пенза, ул. Московская, 27, e-mail: proshin.Ivan@inbox.ru)
Мартышкин Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»
Истомина Татьяна Викторовна, доктор технических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник отдела научных исследований
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, e-mails: alexey314@yandex.ru, istom@mail.ru)

Аннотация. Статья посвящена разработке модели поддержки принятия решений для системы защиты информации на базе теории массового обслуживания, выявление с ее помощью путей улучшения характеристик системы. Рассмотрены ключевые понятия теории массового обслуживания применительно к задаче защиты информации. Предложена общая схема модели, на ее основе разработана модель защиты информации, реализованная в среде AnyLogic. Проведены экспериментальные исследования модели, показавшие, что система защиты регистрирует совершение несанкционированного доступа (НСД) в случае, когда максимальной нагрузке подвергается механизм защиты «Регистрация событий безопасности». Сделан вывод относительно целесообразного порядка обработки заявок с учетом времени их обслуживания, повышающего обоснованность принятия решения о совершении НСД, а также даны рекомендации по уменьшению числа пропущенных событий и повышению производительности системы защиты информации с одновременным увеличением интенсивности обслуживания заявок и сокращения времени их ожидания в очереди.

Ключевые слова: защита информации, несанкционированный доступ, массовое обслуживание, заявка, событие, моделирование, система, теория, локальная вычислительная сеть.

DECISION SUPPORT MODEL FOR INFORMATION SECURITY SYSTEMS BASED ON QUEUING THEORY

© 2020

Proshin Ivan Aleksandrovich, doctor of technical Sciences, associate Professor, creator
Joint-stock company «Bell integrator»
(440000, Russia, Penza, Moskovskaya street, 27, e-mail: proshin.Ivan@inbox.ru)
Martyshkin Alexey Ivanovich, candidate of technical sciences, docent,
associate Professor of sub-department «Computers and systems»
Istomina Tatyana Viktorovna, doctor of technical Sciences, professor,
leading researcher of the Department of scientific research
Penza state technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin Street, 1a/11, e-mails: alexey314@yandex.ru, istom@mail.ru)

Abstract. The article is devoted to the development of a decision support model for the information security system based on the Queuing theory, identifying ways to improve the system characteristics. The key concepts of Queuing theory in relation to the problem of information security are considered. The General scheme of the model is proposed, and the information security model implemented in the AnyLogic environment is developed on its basis. Experimental studies of the model have shown that the security system registers the Commission of unauthorized access (NSD) in the case when the maximum load is exposed to the security mechanism "Registration of security events". The conclusion is made about the expedient order of processing applications, taking into account the time of their service, which increases the validity of making a decision on making an NSD, and recommendations are made to reduce the number of missed events and improve the performance of the information security system, while increasing the intensity of application service and reducing the time they wait in the queue.

Keywords: information security, unauthorized access, mass service, application, event, simulation, system, theory, local area network.

Введение. Система защиты информации (СЗИ) в процессе функционирования обрабатывает множество событий различного уровня сложности, принимая решение о негативности того или иного события на основе заложенных в неё алгоритмов, логики, базы сигнатур и т.д. Все они с течением времени требуют модернизации и совершенствования. Суть исследований согласно теории массового обслуживания (ТМО) заключается в рациональном выборе структуры и процесса обслуживания [1 – 4] и [5 – 8]. Это осуществляется путем анализа потоков требований на обслуживание, поступающих в систему и выходящих из неё, с

учетом продолжительности ожидания и длины очередей. Этим определяется актуальность проводимого в данной работе исследования.

Целью работы является разработка модели принятия решений системой защиты информации на базе ТМО. Решаются следующие задачи:

1) проведение анализа основных злоумышленных воздействий на операционную систему (ОС) компьютерной системы;

2) исследование работы системы защиты информации от несанкционированного доступа с позиций теории массового обслуживания, изучение и представление основных принципов, понятий, характеристик;

3) разработка проекта модели защиты информации, определяющего параметры и условия моделирования;

4) разработка плана и проведение ряда экспериментов с последующим анализом полученных результатов.

Материалы и результаты исследования. СЗИ в процессе функционирования обрабатывает множество событий различного уровня сложности, принимая решение о негативности того или иного события на основе заложенных в неё алгоритмов, логики, базы сигнатур и т.д. Все они с течением времени требуют модернизации и совершенствования ввиду того, что появляются новые злонамеренные приемы несанкционированного доступа. Согласно ГОСТ Р 50922-2006 под системой защиты информации понимается «Совокупность органов и (или) исполнителей, используемой ими техники защиты информации, а также объектов защиты информации, организованная и функционирующая по правилам и нормам, установленным соответствующими документами в области защиты информации» [9]. Это понятие определяет СЗИ в глобальном смысле. Для исследования в рамках данной работы выбрана СЗИ от несанкционированного доступа к данным (НСД). В результате анализа литературных источников [10 – 15] и [16 – 20], посвященных защите данных от НСД, можно сформулировать перечень функций, реализацию которых должна поддерживать типовая СЗИ от НСД. Это аутентификация и идентификация, разграничение доступа пользователей к ПК, регистрация событий безопасности, определение прав доступа к ресурсам, программам, процессам, возможным действиям над информацией, запуск системы защиты на ЭВМ, контроль работоспособности и целостности систем защиты, сигнализация о попытках НСД и др. Очевидно, что процессы, протекающие в СЗИ от НСД, носят случайный характер. Все злонамеренные воздействия на систему генерируют большое число запросов, процессов и событий. Исходя из этого, делаем вывод, что данная система относится к классу систем массового обслуживания (СМО) и ее можно исследовать с точки зрения ТМО. Емко описать принцип работы СМО можно следующим образом: заявки генерируются источником и поступают в СМО случайным образом. Время, затраченное на обслуживание каждой заявки, также случайно. Далее канал обслуживания освобождается и готов к принятию следующей заявки. Каждая СМО, в зависимости от числа каналов и их производительности, обладает некоторой пропускной способностью. Параметр пропускной способности СМО может рассматриваться как абсолютный, либо как относительный.

Общая структура модели. Дана автоматизированная система (АС), представляющая собой электронно-вычислительную машину (ЭВМ), находящуюся в составе локально-вычислительной сети (ЛВС). В АС используется СЗИ от несанкционированного доступа. Функционирование СЗИ в терминах теории массового обслуживания можно представить как взаимодействие с потоками случайных событий – заявок на идентификацию и аутентификацию пользователей, запросы на запуск программ и процессов, использование тех или иных ресурсов, генерация событий в журналах, событий, связанных с необходимостью обеспечения контроля доступа и т.д. Их появление может быть вызвано как действиями обычных легальных пользователей, так и действиями злоумышленников, ошибками и т.д.

В связи с тем, что информационные активы, являющиеся объектом, на который направлены воздействия злоумышленника, размещены на ЭВМ, для упрощения модели будем рассматривать поток событий, среди которых могут быть характеризующие подозрительную активность события, связанные с попытками получения НСД к одной из ЭВМ сети. Т. к. в связи с этим увеличивается количество и случайность генерируемых запросов, это обстоятельство позволяет считать, что моменты появления запросов образуют ординарный рекуррентный поток.

При рассмотрении потоков заявок, поступающих в систему массового обслуживания в качестве случайной величины, будем принимать во внимание время появления заявок в системе [2]. Для описания потоков заявок необходимо задать интервалы времени $\tau_k = t_k - t_k - 1$ между соседними моментами $t_k - 1$ и t_k поступления заявок с порядковыми номерами $(k - 1)$ и k соответственно ($k=1, 2, \ldots; t_0 = 0$ – начальный момент времени).

В качестве основной характеристики потока заявок выступает его интенсивность λ – среднее число заявок, проходящих через некоторую границу за единицу времени. В рамках рассматриваемой модели в качестве приборов обслуживания выступают механизмы защиты, а в качестве заявок – поступающие запросы, заявки на обслуживание, доступ к ресурсам, события в ОС и т.д.

Модель СМО реализует алгоритм, отражающий изменения состояний системы во времени при заданных входных параметрах потоков заявок. Входящие потоки определяют значения внешних параметров СМО. С целью идентификации функциональных блоков модели представим обобщенную схему СМО (рис. 1) в виде общей схемы, состоящей из трех основных блоков: «Пользователь», «СЗИ» и «Активные устройства».

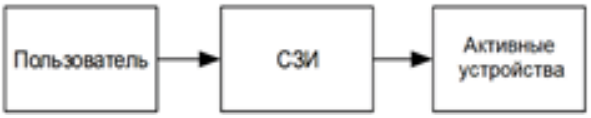


Рисунок 1 – Общая схема модели

Задача функционирования блока «Пользователь» – генерация потока (потоков) запросов с заданной интенсивностью λ. Блок «СЗИ» имитирует работу механизмов защиты: очереди запросов на входах механизмов защиты, задержки на обслуживание и т.д. Блок «Активные устройства» не выполняет никаких самостоятельных функций. Он используется для полноты схемы, т.к. запросы должны направляться на какой-то ресурс, а не в пустоту. СЗИ представляет собой разомкнутую СМО, т.к. поток заявок поступает извне, проходит через каналы, очереди, обработчики запросов и на выходе уничтожается.

В результате анализа перечня функций, реализуемых системой защиты информации, объединения и упрощения некоторых из них таким образом, чтобы они вписывались в рамки ТМО, выделен список следующих механизмов защиты:

- идентификация и аутентификация;
- разграничение доступа пользователей к ресурсам;
- контроль доступа;
- регистрация событий безопасности.

Заявки, поступающие по каналам к вышеуказанным механизмам защиты, включают в себя, например:

- запросы на идентификацию,
- регистрация событий входа/выхода пользователя из системы,
- создание новых учетных записей,
- запуск программ и процессов и т.д.

В рамках данной модели введен параметр *K*, определяемый как отношение пропущенных (необработанных) заявок к общему количеству поступивших в систему заявок. При значении $K = 0,3$ этот параметр представляет собой границу, превышение которой принимается системой защиты как попытка совершения НСД.

Разработка модели системы защиты информации. С учетом особенностей реализации алгоритмов функционирования СМО в среде *AnyLogic* схему модели можно представить так, как это показано на рисунке 2.

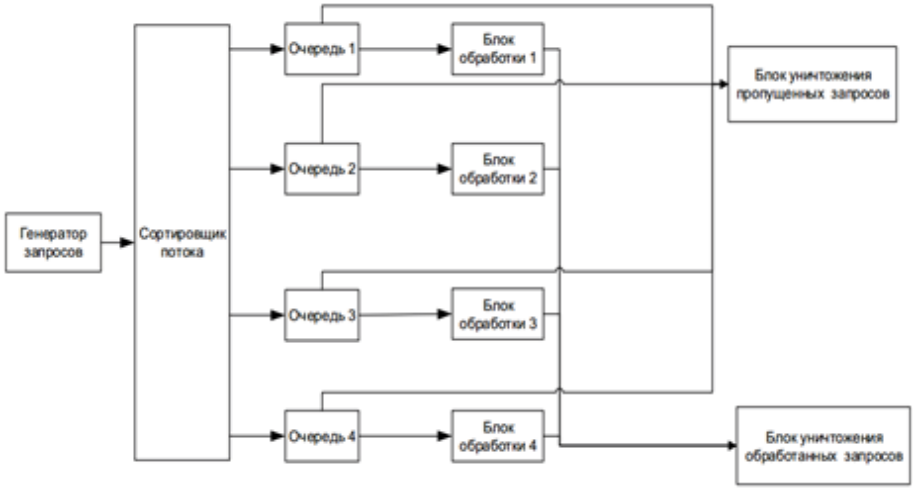


Рисунок 2 – Схема модели СЗИ

Генератор запросов инициирует поток заявок с заданной интенсивностью. Попадая в сортировщик, поток разбивается на четыре потока за счет перенаправления заявок на разные выходы согласно заданным процентным долям. Каждый из потоков направляется в накопитель, представленный блоком «Очередь», и остается в нем в ожидании своей очереди. Необходимо отметить, что заявки выбираются из очереди в соответствии с заданной дисциплиной обслуживания.

Блоку обработки соответствует тот или иной механизм защиты. В этом блоке заявки задерживаются на некоторое время согласно заданным условиям обработки. В рамках рассматриваемой модели – согласно случайному распределению по экспоненциальному закону. А затем следует «Блок уничтожения обработанных заявок».

Также заявки из очереди могут вытесняться в соответствии с заданным условием, а именно из-за перегрузки буфера. То есть, когда заявка приходит, а места в очереди нет, она вытесняется или вытесняет другую заявку в соответствии с заданной дисциплиной обслуживания, установленным приоритетом или заданным условием.

Из каждой очереди такие вытесненные заявки направляются на «Блок уничтожения пропущенных запросов», который аналогично блоку уничтожения обработанных заявок реализуется объектом *Sink*.

Выбор значения параметра вероятности попадания событий из входящего потока на тот или иной выход для последующего помещения в очередь на обслуживание осуществляется согласно заданным процентным долям. Их значения выбираются исходя из результата анализа статистических данных о числе событий, занесенных в журналы ОС. Значение рассчитывается как доля событий, подлежащих обслуживанию определенным механизмом защиты, в общей

сумме всех событий, внесенных в журналы ОС за единицу времени.

К входным параметрам модели, значения которых изменяются в зависимости от условий и сценария эксперимента относятся интенсивность потока заявок и вероятности попадания заявки в определенный поток. Выходные параметры модели, значения которых будут использоваться для дальнейших анализа и обработки, – это: производительность СМО; нагрузка системы; время наблюдения за системой; количество заявок, поступивших в систему за время ее работы; доля пропущенных заявок; доля обработанных заявок.

Проведение экспериментальных исследований. Задача экспериментального исследования заключается в изучении поведения модели СЗИ в условиях изменения интенсивности потока заявок и увеличения нагрузки на отдельные каналы, а также выявлении зависимостей скорости принятия решения о совершении НСД от входных параметров. Необходимо заметить, что принятие решения о совершении НСД происходит, когда отношение количества пропущенных заявок к количеству обработанных заявок превышает 30%. В этом случае работа системы блокируется, и принимается решение о наличии несанкционированных действий.

Эксперимент включает выполнение десяти этапов, в первых пяти из них моделируется работа СЗИ от НСД в условиях, когда в приоритете заявки с минимальным временем обработки. На первом этапе моделируется работа СЗИ от НСД в нормальном режиме. Значения долей распределения заявок по потокам выбираются исходя из результата анализа статистических данных о числе событий, занесенных в журналы ОС, рассчитываются они как доля событий, подлежащих обслуживанию определенным механизмом защиты, в общей сумме всех событий, внесенных в журналы ОС за единицу времени. На последующих (со второго по пятый) этапах моделируется работа СЗИ от НСД в режиме, когда нагрузка увеличивается на каждом механизме защиты поочередно, при этом значение доли в распределении заявок для выбранного механизма защиты увеличивается на 0,3. Для остальных – уменьшается прямо пропорционально их долевому значению, причем таким образом, чтобы их сумма уменьшилась ровно на 0,3.

Анализ полученных данных. Для интерпретации результатов, полученных в ходе экспериментов, ниже представлены графики зависимостей, иллюстрирующие работу модели.

График зависимости загрузки системы от интенсивности генерируемого потока для каждого набора распределения загрузки каналов представлен на рисунке 3. Из графика следует, что система наиболее загружена в случае, когда загрузка первого канала максимальна. Таким образом, большая часть генерируемых событий подлежит обработке первым механизмом защиты «Идентификация и аутентификация». Меньше всего на загрузку системы влияет максимальная загрузка третьего канала, по которому идут запросы к механизму защиты «Контроль доступа».

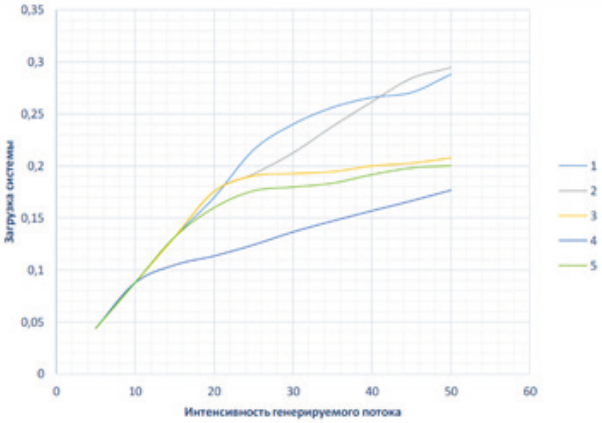


Рисунок 3 – График зависимости загрузки системы от интенсивности генерируемого потока

Это обусловлено тем, что запросов и событий, связанных с проверкой соответствия запрашиваемых и имеющихся разрешений на доступ к тому или иному ресурсу или объекту, обычно гораздо больше, чем запросов к другим механизмам защиты. Потому система устойчива к нагрузкам на этот канал.

Для анализа полученных результатов определялось значение упомянутого выше показателя K:

$$K = \frac{(N - N_0)/N}{T}, \quad (1)$$

где N – количество поступивших систему заявок, No – количество обработанных заявок. T – время работы модели до получения сигнала о принятии решения о совершении вредоносной деятельности.

Необходимо заметить, что данный показатель учитывает также и заявки, ожидающие обработки. Желательным является минимизация количества пропущенных заявок и минимизация длины очередей, однако это сопряжено с увеличением времени работы модели. Действительно, момент достижения установленного отношения пропущенных заявок к обработанным будет отодвигаться, а значение названного показателя стремиться к максимуму. График зависимости значения показателя от интенсивности генерируемого потока при работе системы в нормальном режиме представлен на рисунке 4.

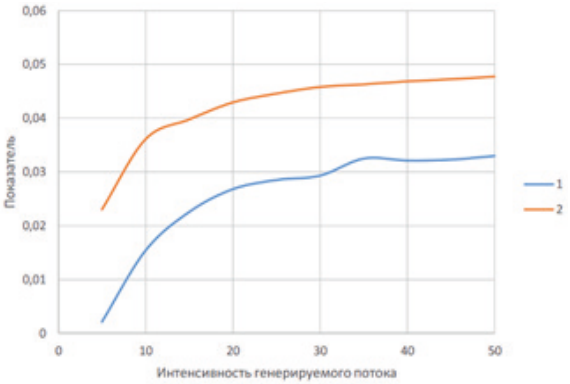
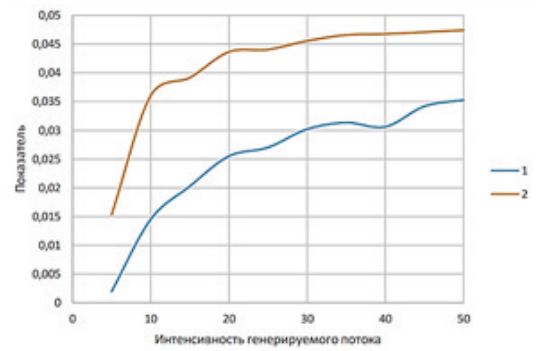
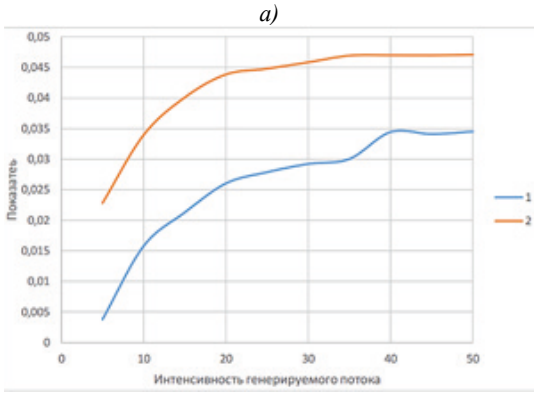


Рисунок 4 – График зависимости значения показателя от интенсивности генерируемого потока

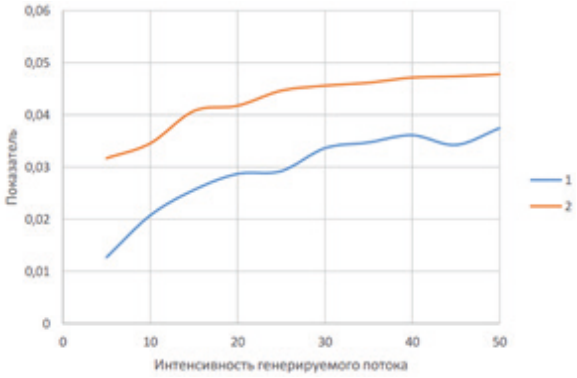


а)

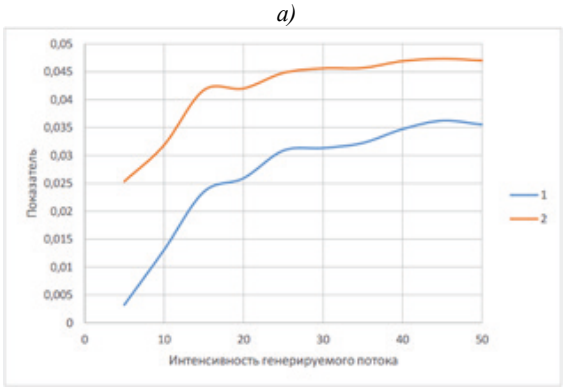


б)

Рисунок 5 – График зависимости значения показателя от интенсивности генерируемого потока. Усиленная нагрузка: на первый механизм защиты (а), на второй механизм защиты (б)



а)



б)

Рисунок 6 – График зависимости значения показателя от интенсивности генерируемого потока. Усиленная нагрузка: на третий механизм защиты (а), на четвертый механизм защиты (б)

Здесь и далее на рисунках 5 – 6 под цифрой 1 представлены зависимости показателя от интенсивности генерируемого потока при условии, когда в приоритете заявки с минимальным временем обработки, под цифрой 2 – зависимости показателя от интенсивности генерируемого потока при условии, когда в приоритете заявки с максимальным временем обработки.

Доли распределения заявок на механизмы защиты имеют следующие значения: $P1 = 0{,}104$; $P2 = 0{,}231$; $P3 = 0{,}473$; $P4 = 0{,}192$. Проанализировав график, можно прийти к выводу, что наилучшим решением является режим работы системы, когда в приоритете заявки с максимальным временем обработки.

На рисунках 5, 6 представлены зависимости значения показателя от интенсивности генерируемого потока, в режиме усиленной нагрузки на один из механизмов защиты.

Для рисунка 5, а: доли распределения заявок на механизмы защиты имеют следующие значения: $P1 = 0{,}404$; $P2 = 0{,}153$; $P3 = 0{,}315$; $P4 = 0{,}128$, для рисунка 5, б – соответственно: $P1 = 0{,}063$; $P2 = 0{,}531$; $P3 = 0{,}288$; $P4 = 0{,}117$.

Для рисунка 6, а: доли распределения заявок на механизмы защиты имеют следующие значения: $P1 = 0{,}045$; $P2 = 0{,}1$; $P3 = 0{,}772$; $P4 = 0{,}083$, а для рисунка 6, б – $P1 = 0{,}065$; $P2 = 0{,}145$; $P3 = 0{,}297$; $P4 = 0{,}492$.

Проанализировав графики на рисунках 5 – 6, сделаем вывод, что для каждого режима работы наилучшим решением является режим работы системы, когда в приоритете заявки с максимальным временем обработки. Однако в случае усиленной нагрузки на четвертый механизм защиты режим работы оказывается неустойчивым, что характеризуется колебаниями кривых. Это говорит о том, что при разработке или модернизации СЗИ от НСД необходимо уделить наибольшее внимание работе именно этого механизма защиты, повышению производительности его работы путем увеличения интенсивности обслуживания заявок, времени ожидания в очереди, что позволит уменьшить число пропущенных событий.

Заключение. В ходе работы проведены следующие исследования и получены следующие основные результаты:

1. Для системы защиты информации от несанкционированного доступа составлен перечень выполняемых функций.

2. Проведен анализ основных злоумышленных воздействий на ОС ЭВМ – сканирование файловой системы, подбор пароля, кража ключевой информации, сборка мусора, превышение полномочий, программные закладки.

3. Определены направления исследования СЗИ от НСД с позиций ТМО, представлены основные понятия, принципы и характеристики в данной предметной области.

4. Предложена схема и разработана модель защиты информации. Путем моделирования проведены экспериментальные исследования с использованием разработанной модели.

5. По результатам проведенных экспериментов сделан вывод о том, что наилучшем режимом работы СЗИ является режим с приоритетом заявки с максимальным временем обработки. Однако в случае усиленной нагрузки на четвертый механизм защиты «Регистрация событий безопасности» режим работы может оказаться неустойчивым.

6. При разработке или модернизации СЗИ от НСД признано целесообразным уделять наибольшее внимание механизму защиты «Регистрация событий безопасности», повышению производительности его работы путем увеличения интенсивности обслуживания заявок и времени ожидания в очереди, что позволит уменьшить число пропущенных событий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. – СПб : СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.

2. Воронов, С.А. Методика оценки эффективности системы защиты информации вычислительных ресурсов / С.А. Воронов, А.Н. Гладков, В.В. Михалев, А.Н. Павлов // Вестник ПНИПУ. – 2015. – № 13. – С.82 – 90.

3. Ослин Б.Г. Моделирование. Имитационное моделирование СМО. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 128 с.

4. Трахтенгерц Э.А. Компьютерные методы реализации экономических и информационных управленческих решений. В 2-х томах. Том 1. Методы и средства. – М.: СИНТЕГ, 2009, 172 с.

5. Бикташев Р.А., Мартышкин А.И. Программный комплекс для расчета вероятностно-временных характеристик стохастических сетей массового обслуживания / Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

6. Мартышкин А.И. Исследование подсистем памяти информационных систем с буферизацией транзакций на моделях массового обслуживания / И.И. Сальников, М.Ю. Бабич, М.М. Бутаев, А.И. Мартышкин // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Т. 11. № 19. С. 9846-9849.

7. Мартышкин А.И. Программный комплекс для имитационного моделирования диспетчеров задач многопроцессорных систем с использованием приоритетных сетей массового обслуживания / А.И. Мартышкин, Р.А. Бикташев, Н.Г. Востоков // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-10. – С. 2155-2159.

8. AnyLogic. [Электронный ресурс]. URL: https://www.anylogic.ru/ (дата обращения: 15.09.2020).

9.ГОСТ Р 50922-2006 Защита информации. Основные термины и определения / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии.

10. Боев В. Д., Исследование адекватности GPSS World и AnyLogic при моделировании дискретно-событийных процессов: Монография. – СПб.: ВАС, 2011. – 404 с.

11. Григорьев В.А., Карпов А.В. Имитационная модель системы защиты информации // Программные продукты и системы – 2005. – №2. – С.26-30.

12. Иванова Т.С. Модель системы защиты от несанкционированного доступа на базе теории массового обслуживания/ Т. С. Иванова // Вестник магистратуры. – 2017. – № 5-2(68). – С.48-49.

13. Никишова А.В., Иванова Т.С. Система мониторинга событий операционной системы – Актуальные вопросы информационной безопасности регионов в условиях глобализации информационного пространства: материалы III Всероссийской науч.-практ. конф., г. Волгоград, 24-25 апреля 2014г. – В.: ВолГУ, 2014. С.123-126.

14. Хисамов, Ф.Г. Проблемы информационной безопасности и устойчивости современных информационных сообществ – Раздел I. Общие вопросы информационной безопасности // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 12. – С. 8-13.

15. Чечулин А.А., Котенко И.В., Новикова Е.С., Дойникова Е.В. Моделирование атак и механизмов защиты в системах управления информацией и событиями безопасности / Материалы конференции "Информационные технологии в управлении". 2012. Издательство: Концерн "Центральный научно-исследовательский институт "Электроприбор" (Санкт-Петербург). – С. 735-739.

16. Щеглов А. Ю. Защита компьютерной информации от несанкционированного доступа. – СПб: Издательство Наука и Техника, 2004. – 384 с. – ISBN 5-943871-23-3.

17. Банк данных угроз безопасности информации ФСТЭК, 2017 / [Электронный ресурс]. URL: http://www.bdu.fstec.ru/ubi/vul/ (дата обращения: 15.09.2020).

18. Защита информации в компьютерных системах / [Электронный ресурс]. URL: http://protect.htmlweb.ru/attack.htm (дата обращения: 15.09.2020).

19. Способы защиты от несанкционированного доступа / [Электронный ресурс]. URL: http://infoprotect.net/note/zasccityi_ot_nesankcionirovannogo_dostupa/ (дата обращения: 15.09.2020).

20. ГОСТ Р ИСО/МЭК 18045-2013 Информационная технология (ИТ). Методы и средства обеспечения безопасности. Методология оценки безопасности информационных технологий. Введ. 2014-01-07. М.: Стандартинформ, 2014. – 243 с.

Статья поступила в редакцию 04.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 629.7.018
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0010

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА УСКОРЕНИЯ МНОГОФАКТОРНЫХ ЭКВИВАЛЕНТНО-ЦИКЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕДУР HALT ДЛЯ ОЦЕНКИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И БЕЗОТКАЗНОСТИ БРЭО

©2020

Комиссаров Александр Владимирович, главный конструктор
АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения»
(432071, Россия, Ульяновск, ул. Крымова, д.10«А»)
Шишкин Вадим Викторинович, кандидат технических наук, профессор,
директор Института авиационных технологий и управления
Ульяновский государственный технический университет
(432059, Ульяновск, проспект Созидателей, 13)
Коженков Виталий Анатольевич, заместитель главного конструктора
Степашкина Елена Валерьевна, заместитель начальника серийно-конструкторского отдела
АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения»
(432071, Россия, Ульяновск, ул. Крымова, д.10«А»)

Аннотация. В настоящей статье авторами рассмотрены вопросы в части уточнения модели многофакторных эквивалентно-циклических испытаний (МФЭЦИ) на долговечность и безотказность бортового авиационного оборудования воздушных судов, был произведен расчет коэффициента ускорения МФЭЦИ, основанного на применении принципов усечения спектра воздействующих факторов, такие как температура и широкополосная случайная вибрация, увеличение частоты рабочих циклов, экстраполяция по времени (фундаментальных моделях физики отказов) и нагрузка (превышение уровней воздействующих факторов, заданных в технических требованиях к бортовому радиоэлектронному оборудованию) с целью сокращения продолжительности МФЭЦИ с сохранением основных положений об автомодельности испытаний. Авторами статьи представлены выявленные в ходе исследований отличительные особенности разработанной модели МФЭЦИ, в частности был применен учет априорной, экспериментальной и эксплуатационной информации при проведении настоящих МФЭЦИ, также применено соотношение на основе базовых принципов физики отказов, учитывающее их взаимное влияние на расходование ресурсных показателей эквивалентное определенному этапу жизненного цикла БРЭО. Также авторами представлена взаимосвязь уровней форсирования воздействующих факторов (температуры, скорости изменения температуры, ШСВ) и методики исследовательских испытаний, состоящей из процедур HALT. Разработанная модель МФЭЦИ учитывает априорную и эксплуатационную информацию при проведении испытаний. В статье были получены оценки общего коэффициента ускорения при МФЭЦИ при трех основных этапах, используемых при МФЭЦИ: транспортирования, функционирования на борту и сохраняемости, что соответствует статистике компании Боинг.

Ключевые слова: HALT, многофакторные эквивалентно-циклические испытания, коэффициент ускорения испытаний, БРЭО, надежность, показатели надежности, коэффициент ускорения, метод оценки надёжности.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETERMINING THE ACCELERATION COEFFICIENT OF MULTI-FACTOR EQUIVALENT-CYCLIC TESTS BASED ON HALT PROCEDURES FOR EVALUATING THE DURABILITY AND RELIABILITY OF AVIONICS

©2020

Komissarov Alexander Vladimirovich, chief designer
JSC "Ulyanovsk Instrument Design Bureau"
(432071, Russia, Ulyanovsk, street Krymova, 10 "A")
Shishkin Vadim Viktorinovich, candidate of Technical Sciences, professor,
director of Institute of Aviation Technologies and Management
Ulyanovsk State Technical University
(432059, Ulyanovsk, Prospect Sozidateley, 13)
Kozhenkov Vitaly Anatolievich, deputy Chief Designer
Stepashkina Elena Valerievna, deputy head of the serial design department
JSC "Ulyanovsk Instrument Design Bureau"
(432071, Russia, Ulyanovsk, street Krymova, 10 "A")

Abstract. In this paper, the authors considers the issues in terms of clarifying the multi-factor model is equivalent to cyclic tests (MPATI) on the longevity and reliability avionics aircraft was the calculation of the acceleration factor of MFACE based on the application of the principles of the truncation of the spectrum of influencing factors such as temperature and broadband random vibration, an increase in the frequency of cycles, an extrapolation in time (fundamental models of physics of failure) and load (excess levels of influencing factors, specified in the technical requirements for on-Board radio-electronic equipment) in order to reduce the duration of the MFECI while maintaining the main

provisions on self-similarity of tests. The authors of the article present the distinctive features of the developed MFECI model identified in the course of research, in particular, they used a priori, experimental and operational information when conducting these MFECI, and also applied a ratio based on the basic principles of failure physics, taking into account their mutual influence on the expenditure of resource indicators equivalent to a certain stage of the avionics life cycle. The authors also present the relationship between the levels of forcing of influencing factors (temperature, rate of temperature change, SHS) and the research test methodology consisting of HALT procedures.

Keywords: HALT, multi-factor equivalent-cyclic tests, test acceleration coefficient, avionics, reliability, reliability indicators, acceleration coefficient, reliability assessment method.

Введение. Бортовое радиоэлектронное оборудование (БРЭО) гражданского самолета является сложной технической системой, от надежности которого напрямую зависит безопасность полетов. Последние авиационные происшествия с отказами электронной системы улучшения характеристик управления самолетом (MCAS) у модели 737 *MAX8* компании Boeing привели, предварительно, к двум фатальным инцидентам, приостановки эксплуатации и продаж самолета, нанесению серьезного удара по престижу американской компании. С другой стороны, в отечественной гражданской авиации, также существуют проблемы в части безотказности БРЭО, как одного из основных показателей надежности, например, низкий налет в 3,6 летных часа в сутки самолетов Сухой *SuperJet*-100 по сравнению с аналогичными зарубежными воздушными судами, где показатель составляет 8-10 летных часов, многие эксперты связывают с периодическими отказами оборудования. Все современные гражданские самолеты оснащаются системами элетродистанционного управления (*Fly-by-Wire*), уровень автоматизации которой практически исключает непосредственное участие пилота в управлении [1]. По словам президента США Д. Трампа самолеты настолько стали сложны, что вместо пилота необходимы специалисты *IT*-сферы с уровнем образования Массачусетского технологического университета [2]. Как следствие, необходимо гарантировать надежность БРЭО на всем протяжении его жизненного цикла: от проектирования и отработки опытных образцов до изготовления и сертификации [3-4], надёжность БРЭО формируется в процессе проектирования, гарантируется при изготовлении и обеспечивается в эксплуатации [5].

Целью работы является разработка методики определения коэффициента ускорения многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на основе процедур *HALT* для оценки долговечности и безотказности БРЭО. Контроль показателей надежности на этапе научно-исследовательских опытно-конструкторских работ БРЭО осуществляется различными методами, одними из которых являются экспериментальная отработка опытных образцов в ходе испытаний, которая, фактически, дает предварительную оценку безотказности и возможность исключения ряда проблем при эксплуатации [6, 7]. Улучшение качества контроля и эффективности таких испытаний является главной задачей настоящего исследования.

Материалы и методы исследования. Ранее, в публикации [8], представлена методика многофакторных эквивалентно-циклических испытаний (МФЭЦИ) на основе процедур отбраковочных испытаний *HALT (High accelerated life/limited test)* для оценки показателей долговечности и безотказности БРЭО, разработанного с учетом требований нормативных документов *АП*-21, *АП*-25, *Р*-4754А, *Р*-4761 и др. [9-11]. Методика испытаний базируется на модели ускоренных многофакторных испытаний, разработанной на основе моделей различных механизмов отказа теории накопления усталости, таких как модели Аррениуса, Коффина-Мэнсона и Майнера [12].

Расчет суммарного фактора ускорения Ф_комб (коэффициент ускорения) осуществляется следующим образом:

$$\Phi_{комб} = \frac{1}{N_\Phi}\sum_{i=1}^{N_\Phi}\Phi_i \cdot \prod_k \Phi_k \qquad (1)$$

где $\prod_k \Phi_k$ – произведение факторов ускорения, влияющих на режим появления отказного состояния изделия; Φ_i - коэффициент ускорения для каждого из форсирующего фактора; N_Φ - количество факторов в МФЭЦИ.

Однако, в ходе проведения моделирования и получения расчетных соотношений были выявлены значения коэффициентов ускорения порядка нескольких тысяч. Поэтому, в [13] предполагается, что для более достоверной оценки общего коэффициента ускорения при МФЭЦИ, необходимо отдельно учитывать каждый доминирующий механизм отказа, посредством введения относительной доли вероятности отказа q_{ij}, нашедшую отражение, например, в ГОСТ Р 57394-2017:

$$q_{ij} = \frac{d_{ij}}{N} \qquad (2)$$

где d_{ij} – число отказов изделий, связанных с отказом i-го элемента (допускается i=1) вследствие развития j-го механизма отказа при воздействии определенного форсирующего фактора; N – число отказов.

Использование выражения (2) с точки зрения уточнения фактора ускорения в МФЭЦИ БРЭО имеет следующий физический смысл: каждый форсирующий фактор может вызвать только ту долю отказов, которая свойственна деградационным процессам, вызванным их воздействием. Например, под воздействием фактора циклического изменения температуры, отказ БРЭО вызван усталостью при растяжении материалов, что приводит к появлению сдвиговых нагрузок, и разрушение наступает вследствие усталости при сдвиге и релаксации напряжений в паяных соединениях элементов печатных плат [14]. По результатам предварительных исследований по определению уровней форсирования ВВФ согласно методике МФЭЦИ [8-11]

предложено использовать несколько уточненное соотношение для определения доли вероятности отказа для каждого ВВФ отдельно:

$$q_i = \frac{d_i}{N_{ПИ}} \quad (3)$$

где d_i – число отказов изделий при воздействии i-го форсирующего фактора при проведении предварительных исследований; $N_{ПИ}$ – общее число отказов, обнаруженных в ходе предварительных исследований.

Тогда соотношение (1) принимает вид:

$$\Phi_{комб} = \frac{1}{N_\Phi} \sum_{i=1}^{N_\Phi} q_i \cdot \Phi_i \cdot \prod_k \Phi_k \quad (4)$$

Результаты исследования. Анализ данных распределения количества отказов компании *Qualmark Corparation* [15], выявленных в ходе процедур отбраковочных испытаний *HALT* до 2015 г. представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Доля отказов при различных ВВФ в ходе испытаний по процедурам HALT

Тип ВВФ	q_i
Пониженная температура	0,19
Повышенная температура	0,21
ЦИТ	0,09
ШСВ	0,19

Результаты проведения предварительных исследований при определении уровней форсирования ВВФ для проведения МФЭЦИ блока концентратора данных (БКД) разработки АО УКБП представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Доля выявленных отказов в ходе предварительных исследований БКД.

Тип ВВФ	q_i
Пониженная температура	0,09
Повышенная температура	0,18
ЦИТ	0,27
ШСВ	0,45

Однако, выражение (3) не учитывает априорную информацию об отказах в ходе жизненного цикла БРЭО предполагается, что для более достоверной оценки общего коэффициента ускорения при МФЭЦИ. В [8] были определены три основных этапа, используемых при МФЭЦИ:

1. Транспортирования (предполагающие доставку БРЭО, входной контроль, установку и монтаж БРЭО, отработку на борту, воздействие обслуживающего персонала и пр.);

2. Функционирования на борту (рулежка, взлет-посадка, полет-маневрирование);

3. Сохраняемость (буксировка, хранение во время стоянки на борту ВС, проведение регламентных работ по техническому обслуживанию).

Тогда коэффициент ускорения (3) при МФЭЦИ с учетом вероятности P_j на каждом j-этапе жизненного цикла примет следующий вид:

$$\Phi_{МФЭЦИ} = \frac{1}{N_\Phi} \sum_{i=1}^{N_\Phi} P_j \cdot q_i \, \Phi_i \cdot \prod_k \Phi_k \quad (5)$$

Расчет коэффициента ускорения МФЭЦИ (4) основывается на применении принципов усечения спектра воздействующих факторов (температура и широкополосная случайная вибрация), увеличение частоты рабочих циклов, экстраполяции по времени (фундаментальные модели физики отказов) и нагрузке (превышение уровней воздействующих факторов, заданных в технических требованиях к БРЭО) [16]. Применение расчетной модели коэффициента ускорения может существенно сократить продолжительность МФЭЦИ с сохранением основных положений об автомодельности испытаний (принципы Седякина и «наследственности» Карташова, условия Игнатова [17]).

Коэффициенты ускорения МФЭЦИ на каждом этапе [8]:

Транспортирование:

$$\Phi_{трансп} = \frac{P_{Трансп}}{2} \left[\left(q_{Темп} \frac{\left(\frac{T^{Max}_{lim(+)} - T^{Max}_{lim(-)}}{\Delta T_{колебаний Трансп}} \right)^{-k_x} \times \left(\frac{V_{\Delta T_{HALT}}}{V_{\Delta T трансп}} \right)^{1/s}}{2} \right) \times q_{Вибр} \frac{\sqrt{G^b_{Трансп}}}{\sqrt{\left(G^{HALT}_{XX} + G^{HALT}_{YY} + G^{HALT}_{YY} \right)^b}} \right] \quad (6)$$

Функционирование:

$$\Phi_{Функц} = \frac{P_{Полет}}{2} \cdot \left[q_{Вибр} \left(\frac{\sqrt{\left(G^{П}_{xx} + G^{П}_{yy} + G^{П}_{zz} \right)^b}}{\sqrt{\left(G^{HALT}_{XX} + G^{HALT}_{YY} + G^{HALT}_{YY} \right)^b}} \right) \cdot q_{Темп} \left(\frac{\left(\frac{T^{+}_{Исп} - T^{-}_{Исп}}{\Delta T_{колебаний Эксп}} \right)^{-k_П} \times \left(\frac{V_{\Delta T_{HALT}}}{V_{\Delta T_{колебаний}}} \right)^{\frac{1}{s}} + + \frac{\left(\frac{\Delta T_{HALT}}{\Delta T_{колебаний_i}} \right)^{-k_П} \times \left(\frac{V_{\Delta T_{HALT}}}{V_{\Delta T_{колебаний}}} \right)^{\frac{1}{s}}}{2} \right) \right] \quad (7)$$

Сохраняемость:

$$\Phi_{Сохр} = \frac{P_{Сохр}}{2} \left[\left(q_{Темп} \frac{\left(\frac{T^{Раб}_{Max(+)} - T^{Раб}_{Max(-)}}{\Delta T_{хс_i}} \right)^{-k_x} \times \left(\frac{V_{\Delta T_{HALT}}}{V_{\Delta T_{колебаний_c}}} \right)^{\frac{1}{3}}}{2} + q_{Темп} \frac{\left(\frac{T^{Раб}_{Max(+)} - T^{Раб}_{Max(-)}}{\Delta T_{хг_i}} \right)^{-k_x} \times \left(\frac{V_{\Delta T_{HALT}}}{V_{\Delta T_{колебаний_г}}} \right)^{\frac{1}{3}}}{2} \right) \times q_{Вибр} \frac{\sqrt{\left(G^{э}_{xx} + G^{э}_{yy} + G^{э}_{zz} \right)^b}}{\sqrt{\left(G^{HALT}_{XX} + G^{HALT}_{YY} + G^{HALT}_{YY} \right)^b}} \right] \quad (8)$$

где $T^{Max}_{lim(+)}$ и $T^{Max}_{lim(-)}$ - предельные температуры испытаний, определенные в ходе процедур *HALT*; $\Delta T_{колебаний_{трансп}}$ - диапазон изменения колебаний температуры в период транспортирования БРЭО; $G^{HALT}_{XX}, G^{HALT}_{YY}, G^{HALT}_{YY}$ - скорость изменения температуры в течении периода транспортирования; $V_{\Delta Ттранспп}$ - максимальное значение уровня широкополосной случайной вибрации по каждой из осей *X, Y, Z*, определённые в ходе процедур *HALT*; $G_{Трансп}$ - номинальное (заданное) значение ШСВ при транспортировании; $V_{\Delta T_{HALT}}$ - скорость изменения температуры во время МФЭЦИ, определенные в ходе процедур *HALT*; $\Delta T_{хс}$ - диапазон изменения температуры в течении суток; $V_{\Delta Тколебанийс}$ - скорость изменения температуры в течении суток; $\Delta T_{хг}$ - диапазон изменения температуры в течении; года; $V_{\Delta Тколебанийг}$ - скорость изменения темпе-

ратуры в течении года; $G^{Э}_{xx}, G^{Э}_{yy}, G^{Э}_{zz}$ - номинальное (заданное) значение ШСВ при режиме сохраняемости; $T^{Раб}_{Max(+)}, T^{Раб}_{Max(-)}$ - номинальное значения заданной максимальной и минимальной температур; k_x - показатель наклона линии долговечности в режиме транспортирования (сохраняемости); $\Delta T_{колебанийМ}$ – диапазон изменения колебаний температуры в отсеке ВС в течении календарного месяца; $V_{\Delta Tколебаний М}$ - скорость изменения колебаний температуры в отсеке ВС в течении календарного месяца; $k_{П}$ - показатель наклона линии долговечности в режиме полета; $G^{П}_{xx}, G^{П}_{yy}, G^{П}_{zz}$ - номинальное (заданное, либо полученное из профиля полета ВС) значение ШСВ в режиме функционирования на борту; $T^{+}_{Исп}, T^{-}_{Исп}$ - расчетное значение уровней температуры при МФЭЦИ.

Коэффициент ускорения МФЭЦИ представляет собой сумму коэффициентов ускорения всех этапов испытаний:

$$\Phi_{МФЭЦИ} = \Phi_{трансп} + \Phi_{Функц} + \Phi_{Сохр} \quad (9)$$

При проведении МФЭЦИ в расчетных соотношениях рекомендуется использование статистической информации как из открытых источниках, так и по данным эксплуатации аналогичных БРЭО на гражданских воздушных судах.

Например, по данным сайта *planecrashinfo.com* [18] около 23% авиационных катастроф связаны с отказом оборудования. По статистике, проведенной компанией *Boeing* в части распределения отказов в ходе расследования авиационных происшествий за последние 60 лет (рис. 1) наиболее сложными являются взлет и посадка воздушного судна, 13% и 48% соответственно.

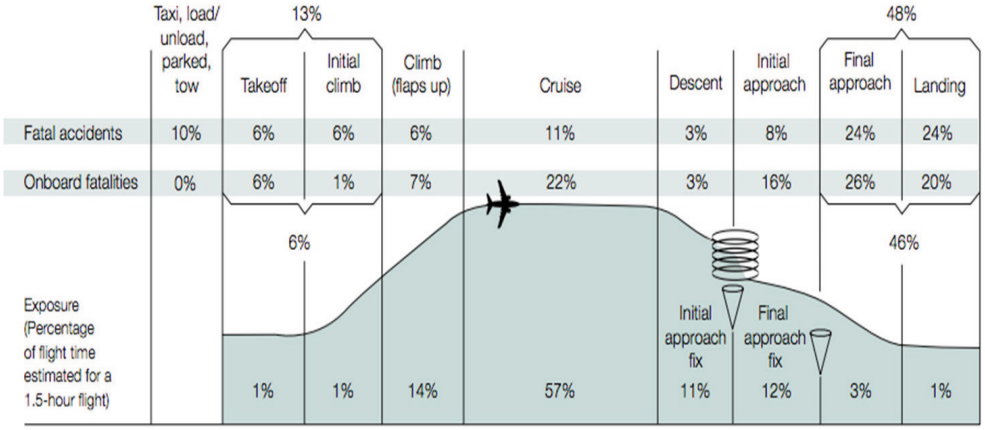


Рисунок 1 - Статистика компании Boeing по отказам на этапе функционирования БРЭО

По результатам анализа надежности БКД, проведённого в рамках конференций по качеству АО УКБП, распределение вероятностей отказа на каждом этапе указаны в таблице 3.

Таблица 3 - Вероятность отказа БКД на этапах жизненного цикла

Этап	Транспортирование	Функционирование	Сохраняемость
$\mathbf{P_j}$	0,25	0,74	0,01

В таблице 4 приведены расчетные значения полученных коэффициентов ускорения МФЭЦИ для БКД при разных подходах, отраженных в выражениях (1), (2) и (4).

Таблица 4 - Расчетные значения коэффициентов ускорения при различных моделях МФЭЦИ

Коэффициент ускорения	Модель (1)	Модель (4)	Модель (5)
$\Phi_{Функц}$	395,6	292,8	35,6
$\Phi_{Сохр}$	10040,0	100,4	12,2
$\Phi_{Трансп}$	180,1	45,0	5,5
$\Phi_{МФЭЦИ}$	10615,7	438,2	53,3

Заключение. В статье разработана методика проведения определения коэффициента ускорения многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на основе процедур *HALT* для оценки долговечности и безотказности БРЭО на основе модели МФЭЦИ.

При разработке модели использовались следующие принципы:

1. Физические модели расходования ресурса: Майнера, Коффина-Мэнсона и Аррениуса [12].
2. Условия Игнатова и принцип «наследственности» Карташова [19].
3. Вероятностный подход (вероятность отказа при воздействии внешних факторов и вероятности отказа при различных этапах жизненного цикла).
4. Усечения спектра воздействующих факторов, при которых наиболее явно наблюдается расходование ресурса (деградация) БРЭО [20].
5. Увеличение частоты рабочих циклов (интервалы между включением-выключением сокращены до минимальных значений и соответствуют определенным режимам испытаний).
6. Цензурирование испытаний: по заданной наработке и заданном количестве отказов.
7. Процесс деградации однороден, а его составляющие независимы между собой.

Отличительными особенностями представленной модели МФЭЦИ является: учет априорной и эксплуатационной информации при проведении испытаний, применение соотношений отказов, учитывающее их взаимное влияние на расходование ресурсных пока-

зателей, уровни форсирования воздействующих факторов.

В статье были получены оценки общего коэффициента ускорения при МФЭЦИ при трех основных этапах, используемых при МФЭЦИ: транспортирования, функционирования на борту и сохраняемости, что соответствует статистике компании Боинг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1) Gnadt, A.R. Technical and environmental assessment of all-electric 180-passenger commercial aircraft / A.R. Gnadt, R.L. Speth, J.S. Sabnis, S.R.H. Barrett // Progress in Aerospace Sciences. – 2019. No 105. - Pp.1–30. https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2018.11.002.

2) Trump Says Planes 'Too Complex' For Pilots, But Experts Say Technology Has Made Planes Safer. [Электронный ресурс]. - URL: https://www.wbur.org/bostonomix/2019/03/14/airplane-technology-trump-mit (дата обращения 21.06.2020).

3) Джанджгава, Г.И. Моделирование комплексов БРЭО боевых летательных аппаратов / Г.И. Джанджгава, М.И. Орехов, А.В. Бабиченко // Труды ГОСНИИАС. Серия: Вопросы авионики. – 2019. - № 2(42). - С. 14-27.

4) Поляков, В.Б. Архитектура перспективных комплексов управления бортовым оборудованием / В.Б. Поляков, Е.С. Неретин, А.С. Иванов, А.С. Будков, С.А. Дяченко, С.О. Дудкин // Труды МАИ. - 2018. - № 100. - С.27.

5) Geoff, A. W. Do modern tools utilized in the design and development of modern aircraft counteract the impact of lost intellectual capital within the aerospace industry / A. W. Geoff // Master of Science. Engineering and Management). – Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, United States. - 2001. - 83 p.

6) Клягин, В.А. Методика решения задачи автоматизированной компоновки блоков БРЭО последовательными приближениями на основе дискретной модели их размещения на базовых плоскостях отсеков / В.А. Клягин, И.А. Петров, С.А. Серебрянский, Д.А. Лаушин // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. - 2018. - №54. - С. 78-89.

7) Klyatis, Lev M. Accelerated reliability and durability testing technology / Lev M. Klyatis. p. cm. – (Wiley series in systems engineering and management) / A. John Wiley & Sons, INC., Publication. - 7 December 2011. - 407 p.

8) Комиссаров, А.В. Разработка методики многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на основе процедур HALT для оценки долговечности БРЭО / Комиссаров А.В., В.А. Коженков, С.А. Зайцев, Д.С. Захаров, В.В. Шишкин // Автоматизация в промышленности. - 2019. - № 5. - С. 56-61.

9) Комиссаров, А.В. Основные методы оценки надежности бортового радиоэлектронного оборудования современных гражданских судов перед этапом серийного производства / А.В. Комиссаров, В.В. Шишкин, С.А. Зайцев, В.А. Коженков, Д.С. Захаров// Известия Самарского научного центра РАН. – Т. 20. - 2018. - №4(3). - С. 319 - 326.

10) Комиссаров, А.В. Методика управления качеством бортового оборудования изделий авиационной и наземной техники / А.В. Комиссаров, А.Б. Виноградов // Известия Самарского научного центра РАН. - Т. 18. - 2016. - №4(3). - С. 571-577.

11) Комиссаров, А.В. Проблематика методов определения показателей надежности бортового радиоэлектронного оборудования авиационной техники / А.В. Комиссаров, А.Б. Виноградов // Известия Самарского научного центра РАН. - 2017. – Т. 19. - №1(2). - С. 346-351.

12) W. W. D. van Driel, X. J. Fan (Ed). SolidState Lighting Reliability.Components to Systems. Solid State Lighting Technologyand Application Series / van Driel W. W. D., Fan X. J. Springer. 2013th edition (September 6, 2012). - 628 p.

13) IEC 62506. Methods for product accelerated testing. Edition 1.0 2013-06. - 188 p.

14) Майоров, А.В. Планирование и проведение ускоренных испытаний на надежность устройств электронной автоматики/А.В. Майоров, Н.П. Потюков. - М.: Радио и связь. - 1982. - 144 с.

15) Kirk, A. G. Next Generation HALT and HASS / A.G. Kirk, J.J Paschkewitz. – UK: John Wiley & Sons, Ltd, - 2016. - 276 p.

16) Гиясов, Б.И. Стендовые ускоренные испытания технических систем на надежность / Б.И. Гиясов, Н.Г.Серёгин, Д.Н. Серёгин, В.А. Беляков. - М: АСВ. - 2017. - 74 с.

17) Vera, de Paula. Review of Practices to Integrate Aircraft Mass Properties Management and Development Processes / de Paula Vera, Rosa Maiara, Rozenfeld Henrique // Aerosp. Technol. Manag.- São José dos Campos. - 2020. – Vol. 12. - e3720.

18) Planecrashinfo.com, 2020. [Электронный ресурс] URL: http://www.planecrashinfo.com/cause.htm (дата обращения 17.05.2020).

19) Грибов, В.М. Оценивание и прогнозирование надежности бортового аэрокосмического оборудования / В.М. Грибов, Ю.Н. Кофанов, В.П. Стрельников. М.: НИУ ВШЭ. - 2013. - 495 с.

20) Kraft, E.M. Integrating Computational Science and Engineering with Testing to Re-engineer the Aeronautical Development Process. - Paper presented at: 48th AIAA Aerosp. - Sci - Meet. - Orlando, FL, USA. - 2010. https://doi.org/10.2514/6.2010-139

Статья поступила в редакцию 10.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 004.77
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0011

ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ В СЕТЕВОМ ОБЩЕСТВЕ

© 2020

Чернышева Елена Николаевна, кандидат философских наук, доцент,
заведующий кафедрой социально-гуманитарных наук
Государственный институт русского языка им. А.С. Пушкина
(117485, Россия, Москва, ул. Академика Волгина, д. 6, e-mail: chernel0602@gmail.com)
Павличева Елена Николаевна, кандидат технических наук, доцент,
начальник управления по развитию новых образовательных технологий
Чикунов Никита Сергеевич, аспирант
«СТАНКИН»
(127055, Россия, Москва, Вадковский переулок, д.3а, e-mails: e.pavlicheva@stankin.ru, n.chikunov@stankin.ru)

Аннотация. В статье проводится анализ эффективных образовательных инструментов и стратегий формирования цифровой компетентности и цифровой грамотности в сетевом обществе. Даются определения цифровой компетентности и ее составляющих. Рассматривается комплекс проблем, связанных с сетевым характером жизни современного человека. Делается вывод о том, что формирование «правильной» Цифровой личности и корректного Цифрового следа в мировом информационном пространстве – одна из самых актуальных задач современного общества. Обсуждается вопрос образования в цифровую эпоху, основные тренды, подходы и возможности. Авторами поставлен вопрос о формировании цифровой культуры общества. В статье затронута одна из наиболее острых тем в сети Интернет – тема деструктивных текстов в социальных сетях. Обсуждены вопросы выявления и распознавания текстов с угрозами. Предложена модель распознавания наличия комментариев с угрозами на примере сообществ социальной сети «ВКонтакте», включающая в себя парсер, подсистемы предварительной обработки текста, классификации комментариев и тематического моделирования. Также в статье рассматривается механизм автоматизированного поиска деструктивных текстов на основе методов машинного обучения для обеспечения информационной безопасности пользователей в Интернете.

Ключевые слова: информационно-коммуникационные технологии, цифровая компетентность, цифровая грамотность, цифровая безопасность, информационная культура, информационная безопасность, сетевое общество, социальные сети, тематическое моделирование, интернет, деструктивный текст.

DEVELOPMENT OF DIGITL COMPETENCE IN INTERNET COMMUNITIES

© 2020

Chernysheva Elena Nikolaevna, candidate of philosophy, associate Professor,
head of the Department of social and humanitarian Sciences
Pushkin State Russian Language Institute
(117485, Russia, Moscow, Akademika Volgina street, 6, e-mail: chernel0602@gmail.com)
Pavlicheva Elena Nikolaevna, candidate of technical Sciences, associate Professor,
head of the Department for the development of new educational technologies
Chikunov Nikita Sergeevich, postgraduate student
«STANKIN»
(127055, Russia, Moscow, Vadkovsky per., 3a, e-mails: e.pavlicheva@stankin.ru, n.chikunov@stankin.ru)

Annotation. This article reviews effective educational tools and strategies for the development of digital competence and literacy in online communities. Authors provide definitions of digital competence and its components while considering a multitude of problems related to the networked nature of modern human life. It is concluded that the development of a proper Digital personality and footprint in the global information space is one of the essential tasks of modern society. The issue of education in the digital age, main trends, approaches, and opportunities are discussed. The authors raised the question of forming the digital culture of society. The article touches upon one of the most acute topics on the Internet – the topic of destructive texts in social networks. The issues of detection and recognition of threatening texts were discussed. The model of recognition of comments with threats on the example of «VKontakte» social network communities is proposed, which includes parser, subsystems of text preprocessing, comment classification and topic modeling. The article also deals with the mechanism of automated search for destructive texts based on machine learning methods to ensure information security of users on the Internet.

Keywords: information and communication technologies, digital competence, digital literacy, digital security, information culture, information security, networked society, social networks, topic model, Internet, disruptive text.

Введение. Новый этап в развитии общества современные ученые определяют по-разному: информационное общество, общество знаний, сетевое общество и т.д. Анализ описаний этих обществ, их отличительных характеристик позволяет выделить общий набор признаков, на который указывает большинство исследователей. Это, прежде всего, наука как главный фактор развития социума и одновременно его

главный ресурс, использование информационно-коммуникационных технологий (далее – ИКТ) во всех сферах жизнедеятельности человека. Неотъемлемой составляющей изменений, происходящих сегодня с обществом под воздействием ИКТ, является цифровизация всех подсистем социального организма (экономической, управленческой, духовной, социальной, включая образование), понимаемая как «процесс внедрения цифровых систем передачи (ЦСП) на уровне первичных сетей, средств коммутации и управления, обеспечивающих передачу и распределение потоков информации в цифровом виде на уровне вторичных сетей» [1]. Следовательно, уже сегодня человек (хочет он того или нет) оказывается погруженным в цифровую среду в большей или меньшей степени. Особенно это касается активной части общества, людей, которые начинают или продолжают свое образование, выстраивают свою карьеру. В такой ситуации перед системой образования возникает две оперативные задачи. Первая - сформировать цифровую грамотность у уже закончивших свое основное обучение людей через систему дополнительного образования, вторая – трансформировать систему образования таким образом, чтобы на всех ее уровнях формировалась цифровая компетентность как основа для новой информационной культуры человека будущего. Именно анализ эффективных образовательных инструментов и стратегий формирования цифровой компетентности и цифровой грамотности в сетевом обществе будет основной **целью** данной статьи.

Результаты и материалы исследования. Современный человек – это человек, который уже не разделяет виртуальную и «реальную» реальность. Он одновременно погружен и в одну, и в другую. Поэтому к привычному уже набору стрессов для современного человека добавился еще один, так называемый «информационный стресс», являющийся следствием необходимости непрерывно обрабатывать постоянно нарастающие потоки информации. В социальных сетях, например, в сети *Facebook*, ежемесячно выкладывается в открытый доступ около 30 млрд. новых источников информации. В 2011 году общий мировой объем созданных и реплицированных человечеством данных составил более 1,8 зеттабайт (1,8 трлн Гб). Человек сегодня за месяц получает и обрабатывает столько же информации, сколько человек XVII века - за всю жизнь. По информации *IDC*, количество данных на планете до 2020 года удваивалось каждые два года. Таким образом, формирование цифровой компетентности, умений и навыков работы с информационным потоком – одна из важнейших задач выживания человека в современном мире с учетом того, что биологическая эволюция, адаптация, например, человеческого мозга к новым условиям происходят совсем иными, более медленными темпами.

Цифровая компетентность объединяет в себе информационную компетентность, медиакомпетентность, коммуникативную компетентность, техническую компетентность, потребительскую компетентность и цифровую грамотность. «Цифровая грамотность – это набор знаний и умений, необходимых для безопасного и эффективного использования информационных технологий и ресурсов Интернета» [2]. В ее структуру также входит цифровое потребление и цифровая безопасность. В условиях, когда темпы роста и обновления знаний и технологий в разы превышают темпы смены поколений, обостряется одна из насущных и центральных проблем образования - проблема определения конечной цели. Выстраивать образовательный процесс, ориентируясь на нужды сегодняшнего дня или, предугадав потребности завтрашнего дня, воспитывать человека будущего?

Российский ученый А.Г. Теслинов указывает на два класса трендов в образовании цифровой эпохи. Это «догоняющие тренды» и «опережающие тренды». Суть первых заключается в формировании «готовности одних людей к работам, придуманными другими людьми» [3, с.184]. В рамках этих трендов «образование прирастает технологически, догоняя перемены в деятельностях, к которым готовит людей. Но при всем этом оно остается догоняющим, обеспечивающим, поддерживающим, вторичным звеном в системе, направляемой целями, рожденными не в нем» [3, с.185]. «Опережающие тренды» в своей основе имеют совсем другую логику. «Здесь образование становится средством культурогенеза» [3, с.186]. Это означает необходимость создания спектра новых цифровых средств и методов для овладения человеком символическим пространством культуры, смысловыми кодами с целью создания новых адекватных будущему деятельностей и практик. «Для этого цифровые технологии должны «научиться» оперировать моделями культуры, которые многократно сложнее моделей биржевых комбинаций. … помогать быстро, творчески и ответственно наследовать и изменять отобранные культурные образцы для усиления живучести наций… Цифра должна «научиться» создавать и поддерживать этики» [3, с.187].

С.Я. Юсупова и С.Н. Поздеева в своей статье «Образование в эпоху цифровой экономики» однозначно определяют цель современного образования как «учить сегодня тому, что необходимо будет завтра» [4]. Они выстраивают следующую логику общественных изменений: цифровая экономика – изменения характера труда – новые профессии – новое образование. При этом делают акцент на том, что новое образование должно способствовать формированию личности, отличительными характеристиками которой будут свободомыслие и способность к творчеству. Ученые напрямую связывают желание учиться человека, его ориентированность на постоянный поиск знаний с пониманием им того факта, что существуют реальные возможности для каждого удовлетворить свои потребности в творчестве. В статье авторы приводят список «компетенций, необходимых человеку будущего:

• экзистенциальные компетенции, связанные с управлением концентрацией и вниманием;

• эмпатия и эмоциональный интеллект;

• сотрудничество;

• мышление: критическое, проблемно-ориентированное, системное, кооперативно-творческое;

• способность работать в междисциплинарных средах;

• грамотность 21 века: понимание глобальных проблем, навыки управления своим здоровьем и пр.;

• навыки в сфере ИКТ;

• гибкость и адаптивность;

• способность учиться, разучиваться и переучиваться в течение жизни;

• ответственность в работе (в том числе этика взаимодействия с другими членами общества и рабочая этика человеко-центрированных сервисов) и т.д.» [4].

Таким образом, образование из услуги, которой оно является сегодня, должно превратиться в основной способ развития общественной жизни, человеческой цивилизации. Однако такая трансформация неизбежно обострит уже существующие этические проблемы между участниками образовательного процесса и повлечет за собой возникновение ряда новых. Прежде всего, на первый план выйдет проблема ответственности всех акторов за свои действия в образовательной сети. Е.И. Ярославцева отмечает, что в цифровую эпоху «современный образовательный процесс при взрывном расширении свободы обнаруживает ту же необходимость – обретение ценностного, а не только экономического представления о системе возникших коммуникаций» [5, с.35]. Свобода и ответственность неразрывно связаны друг с другом. Сетевые формы организации образовательного процесса дают ранее невиданную свободу всем его участникам. Но эта свобода, чтобы не нанести непоправимого вреда общему будущему человечества, должна базироваться на двух столпах: 1) главный навык, который должен, прежде всего, формироваться в процессе образования, - это навык применять знания с пользой, на благо Человека; 2) способность нести ответственность за выбранные цели, формы, методы, способы получения знаний, за конечный результат своего образования.

Особенности обществ знания, являющихся на сегодняшний день целью и идеалом развития глобального социума и для которых система мирового образования должна готовить человека будущего, хорошо описаны во Всемирном докладе ЮНЕСКО «К обществам знания» (далее – Доклад) [6]. Выделим основные моменты этого доклада, касающиеся темы нашего исследования. Во-первых, в тексте Доклада указывается на то, что обучение становится ключевой ценностью обществ знания. Поэтому необходимо обеспечить всеобщий доступ к образованию, приобретающему при этом непрерывный характер, когда образование не заканчивается, а длится на протяжении всей жизни человека. Непрерывное образование требует серьезной перестройки процесса обучения от преподавания в виде готовых сообщений к обучению в форме постановки проблем и поиска их решений, а также изменений в психологии людей. Долгое время считалось, что учиться – это исключительно дело молодых. Однако уже сегодня современный человек – это постоянно обучающийся и самообучающийся человек, человек настроенный на инновации. Во-вторых, в новой образовательной системе неизбежно будет меняться и роль преподавателя. Из наставника, транслирующего определенный набор истин, он становится проводником в мир знаний. В-третьих, цифровой формат помогает преодолеть и использовать во благо узкую специализацию университетов. Университетские объединения сетевой архитектуры дают новые возможности в решении проблемы образовательного неравенства. Ярким примером может стать создание Большого университета на базе вузов Томска, которые объединились на взаимовыгодных условиях для реализации сетевых программ. В этом объединении вузы дополняют друг друга не только образовательными, но и инфраструктурными ресурсами. Проблема перехода образования в цифровой формат встала особенно остро в период распространения пандемии коронавирусной инфекции в 2020 году, когда всем университетам пришлось в кратчайшие сроки перейти на реализацию образовательных программ в дистанционном формате.

Обозначенные задачи возможно решить только при условии глобальной цифровизации. Однако новые цифровые образовательные технологии, дистанционное обучение, с одной стороны, позволяют преодолевать ранее непреодолимые барьеры и препятствия. С другой стороны, они создают, как уже было сказано выше, новые этические, а также правовые проблемы. Правительства разных стран не успевают разрабатывать новую нормативную базу как на глобальном уровне, так и на национальном, не успевают юридически оформить оптимальный баланс между соблюдением частных интересов, авторских прав и доступностью знаний, всеобщими интересами.

Таким образом, общества знания – это общества с инновационной культурой, культурой постоянных социальных изменений и выработки новых адекватных поведенческих моделей. Важнейшей составляющей такой культуры должна стать информационная культура как основа для формирования базисной культуры личности, человека будущего. «Информационная культура современного человека предусматривает не только его готовность использовать последние достижения информационной техники, но и умение воспринимать им новую информацию, выводить на определенный уровень эффективности создание, сохранение, переработку, передачу, сбор и использование информации, обеспечивающей целостное видение мира, и предвидеть последствия принятия решений» [7, с.116 - 8]. Как справедливо отмечает О.А. Параскиопуло, отличительной, сущностной чертой информационной культуры можно считать, «свободный выход личности в информационное пространство на всех уровнях – от глобального до локального» [9]. При таком подходе основной целью становится не наращивание количества информации, а разработка новых технологий, «идеологических схем» работы с информационным

потоком, обеспечивающих поиск и эффективность применения новых более совершенных и адекватных требованиям времени форм общественного взаимодействия, общественных идеалов и норм. Развитая информационная культура становится необходимым условием нахождения коллективных решений в ходе сетевых коммуникаций на всех уровнях (от локальностей самого разного характера до глобального уровня) на основе принципов толерантности и гуманизма. Она требует новой ценностной системы, новых поведенческих решений на ее основе, в конечном счете, нового образа жизни.

Таким образом, сложно не согласиться с выводом российских ученых о том, что «развитие информационных и коммуникационных технологий поспособствовало ускорению глобальных изменений и затронуло почти все аспекты личной и общественной жизни. Сегодня большинство социальных взаимодействий перенесено в виртуальную среду, что привело к изменению ритма и образа жизни современного человека, и в значительной степени затронуло не только подростков и молодежь» [9, с. 129]. Однако следует добавить, что не избежали этой участи и более старшие поколения. Следует также отметить, что сегодня представители практически всех поколений с большей или меньшей активностью, но включены в социальные сети, которые со всей очевидностью уже стали одним из важнейших инструментов социализации индивида, создали новую модель общественного взаимодействия, что и позволяет характеризовать современное общество как «сетевое общество». С одной стороны, социальные сети максимально расширили круг знакомств, да еще и без ограничения по времени. В реальной жизни реализовать подобную модель человеческих отношений в принципе невозможно. С этой точки зрения, социальные сети могут также выполнять компенсаторную функцию – с начала процесса урбанизации люди уезжали из родных мест и порой были вынуждены полностью терять контакты с привычным окружением, с родными и близкими людьми. В глобальном мире миграционные процессы становятся еще более интенсивными, а социальные сети позволяют сохранять, хотя бы частично, привычного жизненного пространства, сохранять, игнорируя время и пространство, прежний круг общения. С другой стороны, люди оказались в западне: хочешь или не хочешь, но человеку приходится если не налаживать, то постоянно поддерживать онлайн-контакты в социальных сетях. И это, «в конечном итоге, приводит к состоянию «вовлеченности» в процесс общения, иногда в ущерб реальной социальной активности. Поддержание созданных сообществ внутри социальной сети, обновление личной страницы и профиля в социальной сети можно рассматривать как «фактор притяжения»» [11]. Согласно исследованиям, «самой востребованной социальной сетью оказалась «ВКонтакте» (100%), на втором месте – Instagram (89%), «Одноклассники» (41%) и *Facebook* (25%) занимают третье и четвертое места, соответственно. Российская молодежь тратит значительную часть времени на виртуальные социальные сети: так 47% опрошенных проводят более 4 часов день в социальных сетях, 32% − 2-4 часа, 17% − 1-2 часа, и всего 4% – меньше часа» [12, с. 13-14]. Такое положение вещей влечет за собой возникновение новых, ранее неизвестных человечеству проблем – проблему формирования интернет-зависимости, проблему замены и/или полного вытеснения реальной жизни виртуальной и т.д. Согласно уже упомянутому исследованию, 39% опрошенных считают себя Интернет зависимыми, 18% не могут ответить точно, 43% отрицают такую возможность [12, с. 13-14].

Необходимость юридического сопровождения социальных контактов Сети, формирования и развития цифровой и/или информационной грамотности у представителей всех возрастных групп обусловлена также тем, что социальные сети могут быть помимо коммуникационных площадок еще и источником угрозы. Так по данным исследований, размещенным на ресурсе *Pro-spo.ru*, в 26 раз возросло количество преступлений против несовершеннолетних на сексуальной почве. В мире ежегодно около 100 человек расплачиваются жизнью за свои сообщения в сетях, четверо из пяти грабителей в Великобритании в 2011 году использовали социальные сети для подготовки ограбления. Выделяют следующие основные виды угроз, с которыми сталкиваются пользователи различных Интернет-ресурсов:

• попытки, в частности успешные, взлома аккаунта с целью сбора денежных средств;

• получение сообщений с незнакомых сайтов, на которых ранее не бывали;

• звонки с неизвестных номеров, с целью приобретения какого-либо товара или использования услуг мгновенных займов;

• угрозы личной информационной безопасности.

Заявления, которые объявляют или пропагандируют наказание, причинение боли, увечий, вреда себе или другим – все это представляет угрозу жизни другого пользователя или его семьи и считается деструктивными текстами. Задача контроля подобных сообщений в Интернете должна возлагаться не только владельцев или модераторов платформ и сообществ, но и быть интересом для самих пользователей. Для распознавания наличия комментариев с угрозами на примере сообществ социальной сети «ВКонтакте» предложена модель, представленная на рисунке 1.

На вход программы через пользовательский интерфейс подаётся *ID* рассматриваемой группы, который связывается с уникальным токеном самого приложения и через *vk.api* подаётся запрос, где собираются необходимые для задачи параметры – *ID* владельца группы, текст и *ID* темы обсуждения. Для получения самих комментариев формируется запрос на основе полученных *ID* владельца группы и темы обсуждения. Задача парсера на этом шаге – обрабатывать *json* ответы и формировать наборы данных.

Текст (темы обсуждений и комментарии) обрабатывается согласно следующему алгоритму:

1. Очистка текста (удаление цифр, знаков пунктуации, спецсимволов).
2. Приведение букв к нижнему регистру.
3. Токенизация.
4. Удаление стоп-слов.
5. Создание биграмм и триграмм.
6. Лемматизация.

Для обработанного и представленного в виде токенов текста, с помощью предобученной модели осуществляется классификация по наличию в комментариях слов, относящиеся к угрозам, на основе методов *word2vec*. По классифицированным комментариям делается прогноз вероятности нахождения комментариев содержащие угрозы для каждой темы обсуждения.

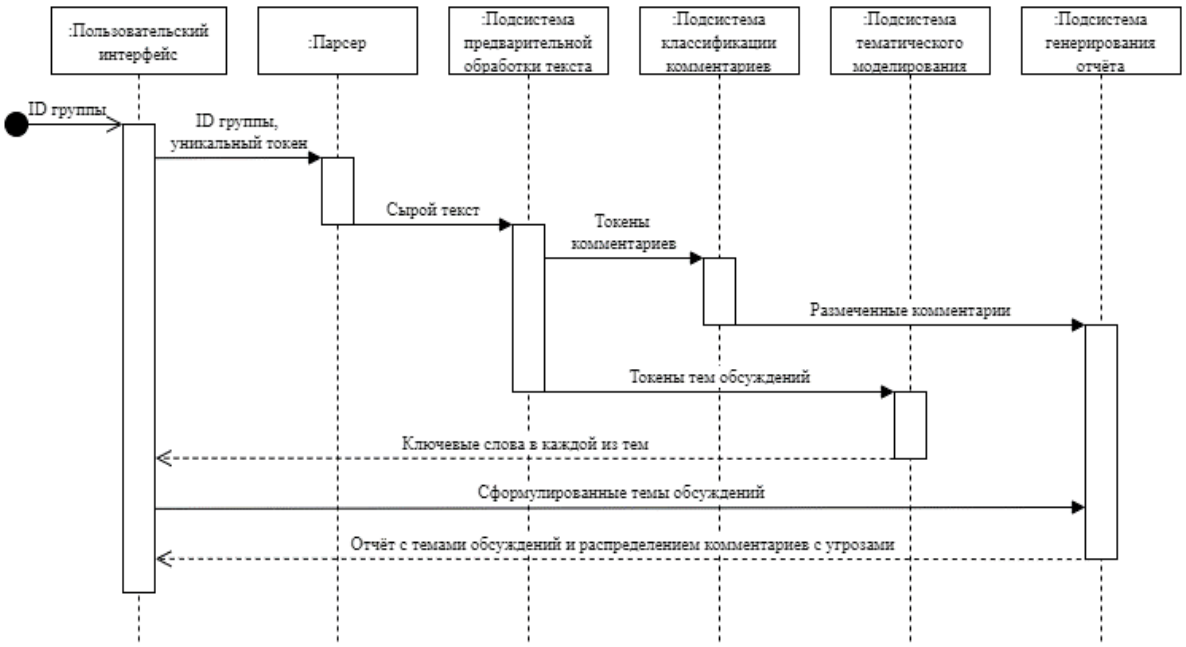


Рисунок 1 ¬ Модель системы распознавания наличия комментариев с угрозами для сообществ в социальной сети

Для размеченных и обработанных тем обсуждений применяется алгоритм *LDA*, позволяющий выделить ключевые слова для дальнейшего уточнения тем обсуждений самим пользователем. В результате работы системы, руководство группы или сам пользователь получает информацию о возможных темах для данного сообщества и вероятность нахождения комментариев содержащих угрозы с целью своевременной реакции на обсуждение до появления самих комментариев. Данный алгоритм обработки значительно повышает эффективность борьбы с деструктивными текстами.

Заключение. Таким образом, как у любого сложного явления у информационной культуры есть свои деструктивные аспекты. Прежде всего, к негативным последствиям распространения цифровой компетентности и цифровой грамотности можно отнести увеличение средств и способов манипуляции сознанием как отдельных людей и социальных групп, так и общества в целом, психологическую и информационную перегрузки и так далее. В связи с этим, на первый план в сфере образования наряду с формированием информационной культуры и повышения цифровой грамотности выходит проблема обеспечения цифровой безопасности, которая является залогом устойчивого развития общества в условиях глобализирующегося мира.

Учитывая все реалии сегодняшнего дня, формирование «правильной» Цифровой личности и корректного Цифрового следа в мировом информационном пространстве – одна из самых актуальных задач современного общества. Трансляция законов: поведенческих, юридических, технологических и любых других в глобальную мировую Сеть уже данность нынешнего момента. И насколько человечество будет готово к дальнейшему развитию и существованию в Цифровом мире зависит только от непрерывного образования и просветительской позиции гражданского общества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Цифровизация, промышленный интернет вещей и Индустрия 4.0. Кратко. // Сайт Делового журнала «Neftegaz.RU» // https://neftegaz.ru/tech-library/menedzhment/142438-tsifrovizatsiya-promyshlennyy-internet-veshchey-i-industriya-4-0-kratko/ (дата обращения 12.05.2019).

2. Шутикова М.И., Бешенков С.А. Цифровая экономика и «1С: Образование». // Новые информационные технологии в образовании: применение технологий "1С" для развития компетенций цифровой экономики Сборник научных трудов 18-й международной научно-практической конференции. – М.: ООО "1С-Паблишинг", 2018. - С. 75-78.

3. Теслинов А.Г. О двух классах трендов в образовании цифровой эпохи. // Качество открытого дистанционного образования: концепции, проблемы, решения (DEQ-2017). Молодежь и наука. Материалы XIX международной научно-практической конференции и научно-практической конференции студентов. – Жуковский: Международный институт менеджмента ЛИНК, 2018. - С. 183-188.

4. Юсупова С.Я., Поздеева С.Н. Образование в эпоху цифровой экономики. // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2018. № 2 (108) // https://elibrary.ru/item.asp?id=32718844 (дата обращения 08.06.2019).

5. Ярославцева Е.И. Человек в цифровом пространстве – допуск к образованию или просвещению? // Высшее образование для XXI века Доклады и материалы. Симпозиум "Высшее образование и развитие человека". – М.: Московский гуманитарный университет, 2015. – С. 27-36.

6. Всемирный доклад ЮНЕСКО «К обществам знания» // https://www.ifap.ru/library/book042.pdf (дата обращения 08.06.2019).

7. Чумак О.В. Информационная культура как составляющая инновационной культуры общества. // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 1. История и археология. Философия. Политология. Номер: 1 (166). – 2014. – С. 113-119.

8. Павличева Е.Н., Твердохлеб Ю.А. Социальные сети педагогов как один из элементов инновационных сетей системы образования. // Информационные ресурсы России. 2012. №6. С 32-34.

9. Параскиопуло О.А. Информационная культура личности как составная часть базисной культуры личности. // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Социальные и психологические проблемы современного образования» 2018. – С. 389-394. // https://elibrary.ru/item.asp?id=36909621 (дата обращения 19.08.2020).

10. Патраков Э.В. Подростки и интернет: реакция родителей. // Сибирский психологический журнал. 2019. № 72. С. 129–144. // https://cyberleninka.ru/article/n/podrostki-i-internet-reaktsii-roditeley/viewer (дата обращения 19.08.2020).

11. Анцыборов А. В., Дубатова И. В. Встретимся в сети или на приеме у психиатра? К вопросу зависимостей от социальных сетей // Интерактивная наука. 2019. №5 (39). С. 8—21. // https://interactive-plus.ru/e-articles/643/Action643-496807.pdf (дата обращения 19.08.2020).

12. Черткова А.В., Киселенко А.В. Виртуальные социальные сети как молодежная реальность. // Вопросы студенческой науки Выпуск №1 (29), январь 2019. С. 12-20.

Статья поступила в редакцию 15.09.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 004.77:004.424
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0012

ВАРИАНТ АРХИТЕКТУРЫ ОБЛАЧНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ДАННЫХ

© 2020

Пащенко Татьяна Юрьевна, кандидат экономических наук, доцент,
доцент кафедры «Менеджмент и экономическая безопасность»
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, Пенза, улица Красная, 40, e-mail: tania.paschenko@gmail.com)
Мартышкин Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»
Лобов Роман Александрович, аспирант кафедры
«Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11,
e-mails: alexey314@yandex.ru, popovich058@yandex.ru)

Аннотация. В статье рассматривается архитектура облачной системы для хранения пользовательских данных. В настоящее время рынок облачных сервисов является одними из самых активно развивающихся направлений в IT-индустрии. Целью работы является исследование архитектурах подходов для построения облачных сервисов, обзор технологий с помощью которых может быть реализовано такое решение. Для достижения поставленной цели проведено изучение существующих решений, помогающих в разработке. Также в статье проводится сравнение технологий, с помощью которых возможно построение облачной системы с «нуля». В рамках исследования использованы современные технологии, инструменты и архитектурные подходы. Основным подходом к построению системы выбрана многоуровневая архитектура. Общим технологическим стеком прототипа выбрана программная платформа .NET и язык C#. Для разработки серверного компонента выбрана архитектурная парадигма MVC. Кроме серверного компонента, отвечающего за хранение файлов и других данных, спроектированы веб и настольные решения, использующиеся пользователем для работы. Система может быть использована несколькими пользователями и обладает минимальным набором необходимых для работы функций. Результатом исследований является прототип облачного сервиса, позволяющий хранить пользовательские данные. В заключении приведены основные результаты и выводы по проведенной работе.

Ключевые слова: облачная система, пользовательские данные, хранилище, технологический стек, архитектурная парадигма MVC, прототип облачного сервиса, платформа .NET.

A VARIANT OF THE CLOUD SYSTEM ARCHITECTURE FOR USER DATA

© 2020

Pashchenko Tatyana Yuryevna, candidate of economic Sciences,
associate Professor of sub-department «Management and economic security»
Penza State University
(440026, Russia, Penza, Krasnaya Street, 40, e-mail: tania.paschenko@gmail.com)
Martyshkin Alexey Ivanovich, candidate of technical sciences, docent,
associate Professor of sub-department «Computers and systems»
Lobov Roman Aleksandrovich, postgraduate of sub-department
«Computers and systems»
Penza state technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin Street, 1a/11, e-mails:
alexey314@yandex.ru, popovich058@yandex.ru)

Abstract. This article discusses the architecture of a cloud system for storing user data. Currently, the cloud services market is one of the most actively developing areas in the IT industry. The purpose of this work is to study the architecture of approaches for building cloud services, review the technologies that can be used to implement such a solution. To achieve this goal, we studied existing solutions that help in development. The article also compares the technologies that can be used to build a cloud system from scratch. The research uses modern technologies, tools, and architectural approaches. The main approach to building the system is a multi-level architecture. The software platform was chosen as the General technological stack of the prototype .NET and the C# language. The MVC architectural paradigm was chosen for the development of the server component. In addition to the server component responsible for storing files and other data, web and desktop solutions are designed that are used by the user for work. The system can be used by several users and has a minimal set of functions required for operation. The result of the research is a prototype of a cloud service that allows storing user data. In conclusion, the main results and conclusions of the work are presented.

Keywords: cloud system, user data, storage, technology stack, MVC architectural paradigm, cloud service prototype, .NET platform.

Введение. В последние годы развитие облачных сервисов носит взрывной характер, что связано с все более широким распространением сети Интернет. Появляются сервисы, позволяющие хранить пользовательский контент на удаленных серверах, что в свою очередь позволяет освободить место на накопителях, а также исключает возможность потери данных. Наиболее известными в России сервисами для хранения пользовательских данных являются «Яндекс Диск», «*Google* Диск» и др. В основном, перечисленные сервисы предоставляют малое количество дискового пространства для хранения данных, что ведет к лишним затратам в случае, если пользователь хочет хранить большое количество данных в облаке.

Целью работы является исследование архитектурных подходов для построения облачных сервисов, обзор технологий с помощью которых может быть реализовано такое решение. Для достижения цели проводится изучение существующих решений, помогающих в разработке. Приводится сравнение технологий, с помощью которых возможно построение облачной системы. Результатом исследования является прототип облачного сервиса, позволяющий хранить данные пользователя.

К сожалению, нет ничего бесплатного. Это касается и сферы *IT*, в которой понятие себестоимости играет не менее важную роль, чем в других областях. Также немаловажную роль сегодня играет конфиденциальность информации, как показывает практика, даже самая надежно защищенная информация может быть скомпрометирована. Можно сказать, что публичные облачные сервисы для хранения данных не очень подходят для хранения конфиденциальной информации. Сама концепция облачного хранилища данных удобна. Реальна ситуация, в которой небольшая компания, занимающаяся, скажем работой с фото, хочет централизованно хранить свой архив снимков. Логично, что сотрудниками удобнее работать через общую базу фотографий, при этом синхронизирующуюся между их компьютерами. Проблема построения приватного облака, в том числе выбора его архитектуры и технологического стека, является достаточно важной, так как может быть применима в реальной жизни и носит практический характер [1].

Материалы и результаты исследования. В настоящее время существует достаточно большое количество платформ и языков разработки веб-приложений. А также достаточно большое количество средств для разработки настольных приложений. Выделяют две большие группы – компилируемые и интерпретируемые [2, 3]. В случае с сервисом, работающим с большим количеством данных и большим количеством пользователей, компилируемые языки получаются преимущество, за счет уже скомпилированных в машинные коды исходников. Что позволяет им работать более производительно. Одной из наиболее популярных технологий разработки веб-приложений является *ASP.NET MVC* [4 – 7]. Это веб-фреймворк от компании *Microsoft*, который поддерживает программирование на языке *C#*, а также позволяет без труда использовать весь стек разработки от данной компании. В основе этого технологического стека лежит виртуальная машина *CLR*, преобразовывающая написанный программный код в промежуточный *IL*-язык, следующим шагом транслируемый в коды процессора [8]. В случае с настольным клиентом используем язык *C#* [9 – 12], платформу *.NET* и технологию *WPF* [13], которая позволяет строить настольные приложения для платформы *Windows*. Использование одной и той же платформы, позволит переиспользовать некоторые фрагменты программного кода (например, подсчет хэш-функции), что в свою очередь уменьшит время разработки прототипа решения [14, 15].

Сегодня одной из самых популярных моделей для построения приложений является трехуровневая архитектура – модель информационной системы, предполагающая, что в ней будет как минимум три слоя абстракций – клиент, сервер и СУБД. Клиентом в этом случае является компонент системы доступный пользователю системы. Сервером является модуль системы второго слоя и содержит основную часть бизнес-логики. Также является связующем звеном в цепи между сервером баз данных и клиентом. Сервер баз данных отвечает за хранение данных и является отдельным модулем. Этот слой обычно реализуют средствами СУБД. Только сервер приложений имеет доступ к серверу баз данных, доступ клиента полностью исключен.

Сервер приложений, также можно представить в виде слоев абстракций. Которые помогут уменьшить стоимость разработки и поддержки решения. А также повысить его стабильность. Условно, сервер приложений можно поделить на следующие слои:

1. *Presentation Layer (PL)* – уровень, с которым происходит взаимодействие пользователя.

2. *Business Logic Layer (BLL)* – включает компоненты, отвечающие за обработку данных от *DAL*.

3. *Data Access Layer (DAL)* – данный слой хранит в себе модель данных, которая описывает используемые сущности и предметную область.

Данное описание слоев носит лишь общий и абстрактный смысл. Так как количество уровней может быть больше трех. Например, у *DAL* может быть дополнительны уровень, отвечающий за кеширование. А у *BLL* дополнительный уровень, куда вынесены специальные вычисления. Общий принцип останется неизменным.

Архитектурный подход *MVC* является наиболее подходящим для написания систем в формате трехуровневой архитектуры. Концептуально, с помощью *MVC* части программы можно разделить на 3 логические и программные группы: модель; представление; контроллер. *MVC* идеально соответствует трехуровневой архитектуре, так как через нее легко описать уровни приложения.

Создание прототипа. На рисунке 1 приведена диаграмма вариантов использования для веб-интерфейса системы [16, 17]. Данная диаграмма описыва-

ет основные действия, которые пользователь может проводить с веб-интерфейсом, описывающая взаимодействие пользователя со списком файлов, путем его просмотра и скачки необходимых файлов. Кроме того, пользователь, при желании, может изменить пароль. Завершение работы системы также входит в сферу деятельности пользователя, так как он может разлогировать из приложения.

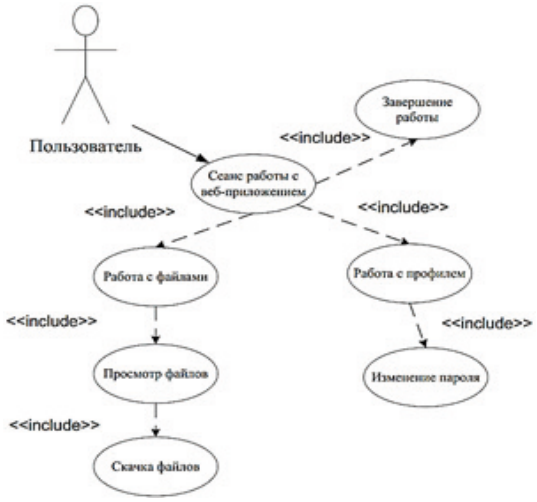


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования веб-интерфейса

На рисунке 2 приведена диаграмма вариантов использования для настольной части проекта, описывающая основные действия, которые может проводить пользователь.

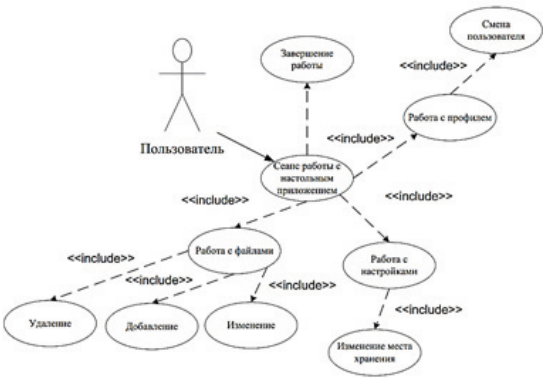


Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования настольного интерфейса

Реализация слоя доступа к данным. Используется паттерн разработки слоя доступа к данным «*Repository*» и «*IUnitOfWork*». На рисунке 3 показана первая итерация интерфейса базового репозитория.

```
using System.Collections.Generic;
using System.Threading.Tasks;

namespace FileStorage.Database.Interfaces
{
    public interface IGenericRepository<TEntity> where TEntity : class
    {
        Task<List<TEntity>> Get();
        Task<TEntity> GetById(int id);
        void Insert(TEntity item);
        void Remove(TEntity item);
    }
}
```

Рисунок 3 – Структура проекта с файлами для работы с базой данных

На интерфейс наложено ограничение, обусловленное спецификой языка *C#*, его использование возможно только с классами. Интерфейс обладает четырьмя методами. *Get* – забирает лист сущностей. *GetById* – забирает сущность из базы данных, при этом происходит поиск по идентификатору сущности. *Insert* – вставка данных сущности в таблицу в БД. *Remove* – удаление сущности из базы данных. На рисунке 4 изображена реализация базового интерфейса, ей стал класс *GenericeRepository*.

```
public abstract class GenericRepository<TEntity, TContext> : IGenericRepository<TEntity>
    where TEntity : class
    where TContext : DbContext
{
    private readonly DbSet<TEntity> _dbSet;
    protected TContext Context { get; }

    protected GenericRepository(TContext dbContext)...
    public async Task<List<TEntity>> Get()...
    public async Task<TEntity> GetById(int id)...
    public void Insert(TEntity item)...
    public void Remove(TEntity item)...
}
```

Рисунок 4 – Реализация репозитория

Из рисунка 4 видно, что базовый репозиторий сделан максимально шаблонным классом, т.е. предполагается его переиспользование. Также, оставлена возможность использовать его в рамках разных контекстов. Данные шаги позволят сделать этот слой гибким и переиспользуемым. Возможна ситуация, когда приложение будет использовать несколько контекстов, тогда не придется прибегать к копированию кода, а просто использовать существующий. На рисунке 5 изображена реализация данного интерфейса.

```
public class UserRepository : GenericRepository<User, FileStorageContext>, IUserRepository
{
    public UserRepository(FileStorageContext dbContext) : base(dbContext)
    {
    }

    public async Task<User> GetByLogin(string login)
    {
        return await Context.Users.FirstOrDefaultAsync(x => x.Login == login);
    }
}
```

Рисунок 5 – Реализация репозитория для User

Для реализации паттерна «Модуль работы» создан интерфейс *IUnitOfWork* и его наследник *UnitOfWork*, содержащий в себе вызов метода *SaveChanges* из контекста. На рисунке 6 предоставлена схема *IUnitOfWork* и *UnitOfWork*.

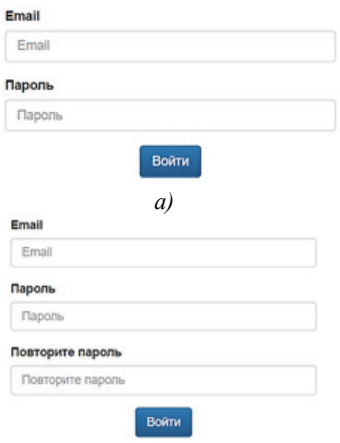
```
public interface IUnitOfWork
{
    Task SaveAsync();
}

public class UnitOfWork : IUnitOfWork
{
    private readonly DbContext _dbContext;

    public UnitOfWork(DbContext context)
    {
        _dbContext = context;
    }

    public async Task SaveAsync()
    {
        await _dbContext.SaveChangesAsync();
    }
}
```

Рисунок 6 – Реализация паттерна

Реализация авторизации и аутентификации. Выбор инструмента для механизма работы аутентификации и авторизации носит важную роль, так как с его помощью, пользователям предоставляется доступ к ресурсам. *Json Web Tokens (JWT)* – открытый индустриальный стандарт, описывающий возможность безопасной передачи служебной информации о правах, между двумя клиентами. Главное преимущество данной технологии, в том, что с ее помощью уменьшается количество запросов в базу данных, для проверки данных пользователя, а также его прав [18].

Реализация пользовательского интерфейса. Сегодня существует несколько фреймворков для построения *SPA*-приложений. Наиболее популярных из них – *Angular*, *React* и *VueJs*. Для построения интерфейса выбран фреймворк *React*, так как прототип решения не должен обладать богатой функциональностью. Предполагается наличие формы входа и регистрации, с помощью которой пользователь будет заходить в систему, а также страницы, содержащей список файлов, где нужный из которых сможет скачать пользователь. Для работы прототипу необходимо наличие четырех страниц в веб-версии. Это страницы авторизации, регистрации, небольшой личный кабинет, а также же список всех файлов пользователя с возможностью их скачивания.

Реализация веб-интерфейса. Ввиду того, что для прототипа нет необходимости в сложных настройках и конфигурациях, то используем прямое подключение скриптов через *CDN*. В данном случае, скрипты собраны и сформированы кем-то еще, а пользователи получают ссылки на них. В таком случае, в проект достаточно подключить эти ссылки через специальные тэги. С помощью этого шага уменьшается головная боль для разворачивания инфраструктуры и сборки. На рисунке 7а изображена страница входа, на которой пользователь вводит электронную почту и пароль. После чего, он авторизовывается в решении. На рисунке 7б изображена страница регистрации пользователя, отличается она от страницы авторизации лишь наличием дополнительно поля ввода для подтверждения пароля [19].



а)

б)

Рисунок 7 – Реализованная страница входа (а) и регистрации пользователя (б)

Реализовано приложение, постоянно мониторящее файлы и при необходимости отправляющее их на сервер. Для этого предусмотрено 3 окна:

1. Окно настроек – отвечает за установления папки, файлы в которой будут постоянно проверяться на изменения, а также за проверку ситуации, когда добавляются новые файлы.

2. Окно входа в приложение – данное окно отвечает за ввод электронной почты и пароля с помощью которых производится вход в систему. Также данное окно производит их сохранение

3. Контекстное меню –меню всплывающее окно в трее системы которое отвечает за показ окна настроек. Также с его помощью можно произвести разлогирование из программы и полное закрытие программы.

В рамках настольного приложения, предполагается постоянный мониторинг файлов, находящихся в папке, указанной в настройках настольного клиента. При этом прототип не будет поддерживать вложенные каталоги. Мониторинг будет реализовываться с помощью встроенных средств *.NET-Framework*. Данное средство мониторит события, происходящие в файловой системе. После этого будет происходить обновление или сохранение файла на сервере.

Вполне реальна ситуация, когда клиент с одним логином и паролем работает с нескольких компьютеров. Достаточно обычной ситуацией будет изменение или удаление файлов на одном из компьютеров. Допустим на первом произошло добавление и удаление файла, при это эти файлы должны исчезнуть и со второго. Чтобы это стало возможным необходимо сообщаться клиенту о событиях, происходящих на сервере. Наиболее популярными способами сделать это являются *long poll* (длинные запросы) и технология *WebSockets* [20]. Длинные запросы можно описать как очередь ожидающих запросов. Здесь запрос отправляется на сервер, при этом соединение с сервером не закрывается до того, момента, пока на сервере не отработает какое-либо событие, после отработки которого, оно отправляется как ответ на запрос. После получения ответа, клиент сразу отправляет новый ожидающий запрос.

При первом запуске программы предполагается загрузка всех недостающих файлов со стороны сервера. Для этого предполагается делать нескольких действий. Первым шагом будет получение списка всех файлов пользователя в виде *JSON*-файла. На рисунке 8 приведен пример данного файла.

Рисунок 8 – Пример списка файлов, полученных с сервера

Возможна ситуация, когда в папке уже есть некоторые файлы. Для этого необходимо сделать проверку соответствий пары «хэш-название», между полученными данными и файлами, находящимися в папке. Если возникнет ситуация, когда пары совпадают, необходимо просто добавить записи в локальную базу данных клиента. Если совпадений не найдено, тогда необходимо посчитать хэш файлов, присвоить им идентификаторы и отправить на сервер. Файлы, которые присутствуют на сервере, необходимо скачать на сторону клиента, при этом делать это необходимо в многопоточном режиме, что позволит загрузить большое количество файлов в относительное короткое время. Для этого серверу будут уходить запросы с идентификаторами файлов, после этого будет происходить их скачка. Следующим шагом станет выставление им имен и сохранение в файловой системе. После данных шагов, файлы в системе будут готовы к использованию.

Заключение. В ходе исследования спроектирован прототип облачного сервиса для хранения пользовательских данных. Реализовано приложение, мониторящее файлы и при необходимости отправляющее их на сервер. Кроме серверного компонента, отвечающего за хранение файлов и других данных, спроектированы веб и настольные решения. Возможно использование системы несколькими пользователями, она обладает минимальным набором необходимых для работы функций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ананченко И.В., Гришечко Е.К. Разработка клиент-серверных приложений, работающих в облачных средах. Успехи современной науки и образования. – 2016. – Т.2. – № 4. – С. 124-126.

2. Thinh L. V., Middleware to Integrate Mobile Devices, Sensors and Cloud Computing/ Bouzefrane S, Attar A. // ScienceDirect. – 2015. – №52. – С.234

3. Фаулер М. Шаблоны корпоративных приложений – 3-е изд. – М.: Вильямс, 2010. – 544 с.

4. Симан М. Внедрение зависимостей в .NET – 1-е изд. – СПб.: Питер, 2012. – 204 с.

5. How to create simple blog using ASP.NET MVC [Электронный ресурс]. URL: http://www.prideparrot.com/blog/archive/2012/12/how_to_create_a_simple_blog_part1 (дата обращения: 14.10.2020).

6. How to create a blog using ASP.NET MVC [Электронный ресурс]. URL: https://stackoverflow.com/questions/4254822/how-to-create-a-blog-in-asp-net-and-not-asp-net-mvc (дата обращения: 14.10.2020).

7. Фриман М. ASP.NET MVC 5 с примерами на C# 5.0 для профессионалов – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2013. – 351 с.

8. Asankhaya Sharma. How to choose the right Technology Stack for your Startup? [Электронный ресурс]. URL: https://www.linkedin.com/pulse/20140404155507-16837833-how-to-choose-the-right-technology-stack-for-your-startup (дата обращения: 14.10.2020).

9. Маклин Хол Г. Адаптивный код на C#. Проектирование классов и интерфейсов, шаблоны и принципы SOLID – СПб.: Питер, 2015. – 432 с.

10. Рихтер Д. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft.NET Framework 4.5 на языке C# – СПб.: Питер, 2015. – 432 с.

11. Шилдт Г. Полное руководство C# 4.0 – 3-е изд. – М.: Вильямс, 2011. – 487 с.

12. Троелсен Э. C# и платформа .Net. Библиотека программиста. – СПб.: Питер, 2002. – 800 с.

13. МакДональд М. WPF. Windows Presentation Foundation в.NET 4.5 с примерами на C# 5.0 для профессионалов / Мэтью Мак-Дональд; [пер. с англ. Ю. Н. Артеменко]. – 4-е изд. – Москва [и др.]: Вильямс, 2013. – 1018 с.

14. Архитектура REST [Электронный ресурс]. URL: https://habrahabr.ru/post/38730/ (дата обращения: 14.10.2020).

15. Зачем нуженRest? [Электронный ресурс]. URL: http://eax.me/rest/ (дата обращения: 14.10.2020).

16. How to choose the right Technology for your Web Application? [Электронный ресурс]. URL: https://medium.com/the-resonant-web/best-tech-stacks-for-web-development-e35229e0b473 (дата обращения: 14.10.2020).

17. Guthrie S., Somasegar S. Microsoft Application Architecture Guide, 2nd Edition 2009

18. BigTable: A Disturbed Storage System for Structured Data [Электронный ресурс]. URL: http://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/ru//archive/bigtable-osdi06.pdf (дата обращения: 14.10.2020).

19. Ричардсон Л. RESTful Web APIs – O'REILLY, 2013. – 193с

20. Ричардсон Л. RESTful WebServices Cookbook: Solutions for Improving Scaalability and Simplicity – O'REILLY, 2010. – 320 с.

Статья поступила в редакцию 05.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 519.7
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0013

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ СИСТЕМЫ НЕЧЁТКОГО ВЫБОРА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

©2020

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

Аннотация: в статье рассматривается вопрос выбора алгоритма системы нечёткого выбора для управления гибридной электростанции [ГбЭС], являющуюся частью интеллектуальной электрической сети, прогнозирующей производство электроэнергии. Исследуется обработка метеорологических данных с целью прогнозирования производительности гибридной электростанции. Показано, что потребление и производство электроэнергии имеют нелинейный характер, изменяющийся в течение суток, значит для выполнения договорных обязательств необходимо иметь представление о влиянии внешних погодных условий на производство электроэнергии. В статье описаны способы, позволяющие спрогнозировать производительность гибридной электростанции в зависимости от погодных условий в заданном районе. Описана работа системы управления гибридной электростанции, включающей ветряной и солнечный источники электроэнергии. Рассмотрен выбор алгоритма системы нечёткого выбора на базе нечётких множеств. Система нечёткого выбора предназначена для моделирования работы гибридной электростанции с заданным значением соотношения установленных мощностей входящих в ее состав возобновляемых источников энергии. Система нечёткого выбора определяет величину генерируемой электроэнергии и на базе данных о текущих метеорологических условиях с использованием нечетких правил. Система нечёткого выбора позволяет проверить эффективность выбора соотношения установленных мощностей входящих в состав микрогрид возобновляемых источников энергии в виде солнечных батарей и ветрогенераторов в зависимости от текущих или прогнозируемых метеорологических условий путем расчета баланса между генерируемой и потребляемой мощностями.

Ключевые слова: прогнозирование, гибридная электростанция, интеллектуальная электрическая сеть, smart grid, нечёткие множества, алгоритм Мамдани, искусственная нейронная сеть, глобальная модель погоды.

ANALYSIS OF OPTIONS OF A FUZZY SELECTION SYSTEM FOR PREDICTION OF THE PERFORMANCE OF A HYBRID POWER PLANT

©2020

Timofeev Maxim Nikolaevich, engineer
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
(410054, Russia, Saratov, Polytechnicheskaya st., 77, e-mail: rendom@sstu.ru)

Annotation. The article discusses the issue of choosing an algorithm for a fuzzy choice system for controlling a hybrid power plant, which is a part of an intelligent electrical network that predicts electricity production. The processing of meteorological data in order to predict the performance of a hybrid power plant is investigated. It is shown that the consumption and production of electricity are non-linear, changing during the day, which means that in order to fulfill contractual obligations, it is necessary to have an idea of the influence of external weather conditions on electricity production. The article describes ways to predict the performance of a hybrid power plant depending on weather conditions in a given area. The operation of the control system of a hybrid power plant, including wind and solar power sources, is described. The choice of an algorithm for a fuzzy choice system based on fuzzy sets is considered. The fuzzy selection system is designed to simulate the operation of a hybrid power plant with a given value of the ratio of installed capacities of its constituent renewable energy sources. The fuzzy selection system also determines the amount of generated electricity based on the current meteorological conditions using fuzzy rules. The fuzzy selection system allows you to check the effectiveness of the choice of the ratio of installed capacities of the renewable energy sources included in the microgrid in the form of solar panels and wind generators, depending on the current or projected meteorological conditions by calculating the balance between generated and consumed capacities.

Keywords: forecasting, hybrid power plant, smart grid, smart grid, fuzzy sets, Mamdani's algorithm, artificial neural network, global weather model.

Введение. В результате аварий на атомных электростанциях многие страны начали закрывать существующие программы атомной энергетики. При отказе от ядерной энергетики, потребовалось использовать новые источники электроэнергии. Был возрождён интерес к возобновляемой энергетике: ветряной энергетике, энергии приливов, геотермальной энергии, прогресс в электронном приборостроении позволил создавать новые типы фотоэлементов с КПД достигающим 24-85%, в лабораторных условиях. Таким образом, появилось большое количество технических решений для создания электростанций на основе возобновляемых источников электроэнергии и передачи на расстояния до 2000 км. Солнечные электростанции начали активно применяться в южных широтах, ветряные электростанции на морских, оффшорных

электростанциях, но эксплуатация возобновляемых источников электроэнергии показала нестабильный характер производства электроэнергии, связанный с энергетическими затишьями. Одним из способов компенсации энергозатиший является использование нескольких разнородных источников электроэнергии, то есть гибридной электростанции (ГбЭС). Вопрос построения гибридных электростанций освещался, как составная часть концепции интеллектуальных электрических сетей (*smart grid*), но процесс проектирования, прогнозирования рабочих режимов электростанции, удовлетворения потребностей потребителя редко рассматривался комплексно. Основной объём публикаций посвящён техническим и экономическим вопросам функционирования электростанций, в которых первичные метеорологические данные и прогнозирование погоды, и влияние их на выработку электроэнергии упоминаются, но играют второстепенную роль. В зарубежных экономических публикациях большое внимание часто уделяется ценообразованию, вопросам окупаемости и формирования тарифов на электроэнергию, что не всегда может быть применено в российской практике [1-4]. К актуальным задачам отечественной возобновляемой энергетики можно отнести разработку компонентов системы принятия решений, позволяющих оценить производительность электростанции в краткосрочном, среднесрочном планировании, на основе прогноза погоды. Обычно, атмосферные процессы описываются уравнениями гидротермодинамики [5], базирующимися на законах сохранения энергии, массы и импульса. К основным средствам, позволяющим с высокой точностью спрогнозировать погоду, относятся авторегрессионные модели и нейронные сети. Имеются возможности для использования существующих глобальных моделей погоды для построения прогноза на площади порядка 10-20 км^2, что требует умеренных вычислительных мощностей.

Целью работы является рассмотрение методов и средств, позволяющих построить прогноз производства электроэнергии гибридной электростанцией, включающей в себя солнечный и ветряной источник электроэнергии, на краткосрочный и среднесрочный периоды, определение лучшего алгоритма для системы нечёткого выбора.

Материалы и результаты исследований. Для построения модели природной среды использовались данные метеорологических наблюдений с метеостанции Александров Гай, Россия, WMO_ID=34391, координаты 50° 09' с.ш., 48° 33' в.д.; 25 м над уровнем моря. Использовались две выборки основная и тестовая. Основная выборка временной интервал с 1 января 2015 г. по 31 декабря 2019 г., тестовая выборка с 1 января по 29 июля 2020 года. В выборке отражены результаты наблюдений за все дни, по восемь измерений в день. Время снятия показаний: 01:00, 04:00, 07:00, 10:00, 13:00, 16:00, 19:00, 22:00 [6]. При подготовке массива данных, все пустые значения были заменены нулём, все интервалы средним значением, все значения конвертированы в тип *double*. Выбор Александров Гая обусловлен удобным местом для расположения гибридной электростанции. Александрово-Гайский район имеет большое количество солнечных и ветряных ресурсов, реки Большой и Малый Узень, обеспечивают ветровой коридор, есть не используемые в сельском хозяйстве земли.

Для обработки статистических данных применялись, программные продукты *Statistica 12,5* и *Matlab 2012b*.

Основной интерес представляет скорость ветра (*Tt*) и инсоляция на горизонтальной поверхности (*E*). Имеющиеся данные спутниковых наблюдений с достаточной точностью позволяют определить размер *E* и изменение этой переменной в течение года и спрогнозировать *E* на краткосрочную и среднесрочную перспективу. Более сложная задача стоит в прогнозировании скорости ветра, имеющая большую изменчивость в краткосрочной и среднесрочной перспективе [7-11].

Выбрано два направления построения прогнозной модели Tt. Первое направление, — прогнозирование Tt на короткий, месячный, интервал, таким образом получена система из двенадцати уравнений [12], описывающих изменение скорости ветра в течение года [13].

На основании метеорологических наблюдений в программах *Matlab* и *Statistica* построены несколько вариантов прогнозных моделей, авторегрессионная (коэффициент корреляции 55%), нейронная сеть (коэффициент корреляции 87,5%), модель на основе дерева принятия решений (коэффициент корреляции 63,4%) для прогнозирования скорости ветра и прозрачности атмосферы, выбрана наилучшая [14].

Кроме электротехнических вопросов, связанных с преобразованием и передачей электричества в гибридной электростанции, возникает вопрос управления всем электротехническим комплексом с учётом метеорологической обстановки, режимов работы солнечной и ветряной электростанции (СЭС и ВЭС), состояния аккумуляторных батарей и необходимой потребности в электроэнергии.

В общем виде система управления ГбЭС представлена на рисунке 1.

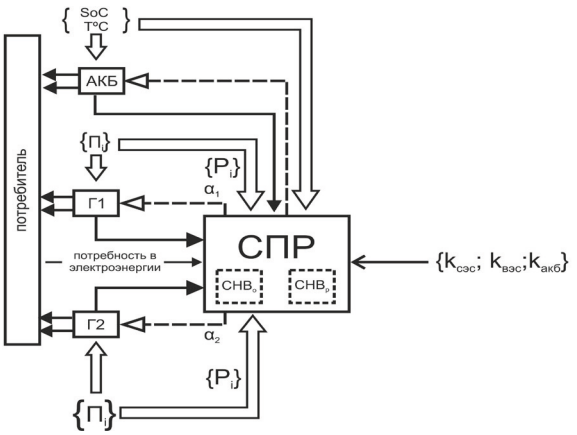


Рисунок 1 – Структура системы управления ГбЭС

Эта система предполагает использование отличающихся генерирующих систем в различных временных интервалах, в зависимости от наиболее

предпочтительных условий для того или иного вида генерации. В связи этим в работе предлагается система поддержки принятия решений (СПР) с прогнозированием производства электроэнергии при помощи нечёткой логики.

Принцип работы исследуемой системы принятия решений (СПР) следующий. На СПР поступает запрос от Потребителя о необходимом количестве электроэнергии на определённый временной интервал. СПР собирает информацию о текущих режимах работы генерирующего оборудования Г1(ВЭС) и Г2(СЭС). Генерирующие мощности гибридной электростанции Г1 и Г2 зависят от постоянных и переменных факторов [15-19]. К постоянным факторам можно отнести погрешности, которые можно спрогнозировать, например деградацию солнечных панелей в течение времени. К переменным можно отнести факторы, изменчивость которых можно предугадать с определённой долей вероятности. К ним относятся изменение скорости ветра в течение суток, количество ясных и пасмурных дней, плотность воздуха и т.д. Эти факторы образуют множество погрешностей $П_i$. Данные о текущем состоянии Г1 и Г2 передаются в блок системы принятия решений (СПР). Аккумуляторная батарея АКБ служит фильтром, сглаживающим пики перепроизводства и недостатка электрической энергии. В СПР собираются данные о текущем состоянии Г1, Г2 и АКБ, величине погрешностей $\{П_i\}$, о необходимой потребности в электроэнергии, — нагрузке $\{P_i\}$, а также коэффициентах ограничений –$\{k_{взс}, k_{сэс}, k_{акб}\}$. На базе системы нечёткого вывода (СНВ) принимаются решения о приоритете использования Г1, Г2 и передаются управляющие сигналы α_1, α_2 и α_3. Для прогнозирования погоды используются два отдельных блока. Один передающий долгосрочный и среднесрочный прогноз погоды, с 5 до 10 дней, для СПР на основе глобальной модели погоды. Блок расчёта краткосрочного и среднесрочного прогноза, с 2 до 5 дней, действует на основании локальных метеоданных.

Показатель использования аккумулятора $k_{акб}$ рассчитывается как разность между размером потребности и произведённой электроэнергией, $k_{акб}$ может иметь три состояния: положительное, отрицательное и нулевое.

При нулевом $k_{акб}$ производство электроэнергии равно потреблению, $k_{взс}+k_{сэс}-P_i=0$, управляющее воздействие $\alpha_3=0$, аккумулятор не используется.

При положительном $k_{акб}$ производство электроэнергии превышает потребление. СПР опрашивает АКБ о степени заряда (SoC). Если 0≤SoC посылается управляющее воздействие α_3 начало зарядки АКБ до SoC=1. Если при полной зарядке АКБ $k_{акб}>0$, отправляется управляющее воздействие α_2 для уменьшения угла атаки лопасти ветроколеса и следовательно уменьшения парусности. В случае, если используется технология ориентации солнечных батарей при помощи управляющего воздействия α_1 можно изменить угол наклона солнечной панели.

При отрицательном $k_{акб}$ потребление электроэнергии превышает производство. СПР опрашивает АКБ о значении SoC. Если SoC>0 отправляется управляющее воздействие α_3 разряд АКБ, α_2 для увеличения угла атаки, α_1 изменение наклона солнечной панели.

В связи с непостоянным характером производства-потребления будут постоянно возникать пики и спады избытка и недостатка электроэнергии. В этом случае или необходимо пользоваться аккумуляторами, которые не могут быть бесконечными или продавать излишки и покупать недостающее на оптовом рынке электроэнергии. У оптового рынка есть два сегмента представляющие интерес с точки зрения возобновляемой энергетики:

• рынок мощности;

• рынок электроэнергии на сутки вперёд.

Имея СНВ и получая для неё метеорологические данные и прогноз погоды на сутки вперёд можно спрогнозировать потенциальные избыток-недостаток. Используя подобную СНВ можно управлять текущим (суточным) электроснабжением. Вышеописанные СНВ используются как основные ячейки СПР обрабатывающие прогноз погоды на ближайшие часы (рынок мощности - $СНВ_{ом}$), на следующие сутки (рынок на сутки вперёд $СНВ_{ос}$).

Была произведена оценка вариантов построения СНВ-модель на базе алгоритма Мамдани, база правил описывает всю СНВ:

• две модели на базе алгоритма Мамдани, каждая из которых описывает отдельную переменную;

• три модели на базе алгоритма Мамдани, две из которых описывают отдельную переменную, третья обрабатывает поступающие данные;

• две модели на базе алгоритма Мамдани, каждая из которых описывает отдельную переменную, и нейронная сеть обрабатывающая поступающие данные.

Вариант 1. Модель на базе алгоритма Мамдани, база правил описывает всю СНВ.

Эта модель включает в себя восемь входных переменных, две выходные переменные и является пере усложнённой, возникли трудности с поиском и редактированием необходимых правил. Модель отличала низкая скорость работы.

На практике генерирующие мощности большинства электростанций используются в диапазоне от 20 до 70% в зависимости от времени года и потребности в электроэнергии. ВЭС зависят только от *Tt*, для вращения ветроколеса необходимо от 3 до 6 м\с в зависимости от модели ветрогенераторов. Производительность СЭС кроме продолжительности светового дня и величины инсоляции зависит от степени загрязнения солнечных панелей, прозрачности атмосферы, на которую влияют туманы и облачность.

Вариант 2. Две модели на базе алгоритма Мамдани, каждая из которых описывает отдельную переменную.

Были использованы две нечёткие модели на базе алгоритма Мамдани. Модель *Sun* определяет коэффициент использования генерирующего оборудования СЭС при текущей облачности, прозрачности атмосферы и загрязнённости солнечных панелей, рассчитанного по формуле 1. Модель *Wind* опираясь на данные о текущей *Tt* определяет коэффициент использования генерирующего оборудования ВЭС.

Использование в системе нечеткого логического вывода большого количества входных переменных, усложнило модель, сделала её громоздкой и сложной. С целью упрощения модели введена переменная группа погрешностей. Входная переменная, получается, по формуле:

$$\Delta S = k_a \cdot T_a + k_d \cdot d + k_c \cdot f, \quad (1)$$

где: ΔS – коэффициент использования генерирующего оборудования СЭС; k_a – коэффициент прозрачности атмосферы; T_a – инсоляция ясного неба; k_d – коэффициент снижения производительности солнечных панелей; d – производительность солнечных панелей теоретическая; k_c – коэффициент облачности; f – облачность.

Коэффициенты k_a, k_d, k_c выражаются в интервале [0, 1] и показывают по 100-бальной шкале насколько текущие показатели снижены относительно единицы.

Модель *Wind* имеет одну входную переменную *wind-speed*: диапазон ранжирования [0 16] имеет четыре функции принадлежности: *light* [0; 0; 2; 6], *low* [2; 6; 10], *fresh* [6; 10; 14], *strong* [10; 14; 16; 16].

На рисунке 2 показаны результаты работы построенной модели. На графике А показана производительность СЭС, соответственно график Б — это производительность ВЭС. На графике В видна общая выработка электроэнергии ГбЭС, на графике Г отражена нагрузка, на графике Д процесс удовлетворения потребности в электроэнергии.

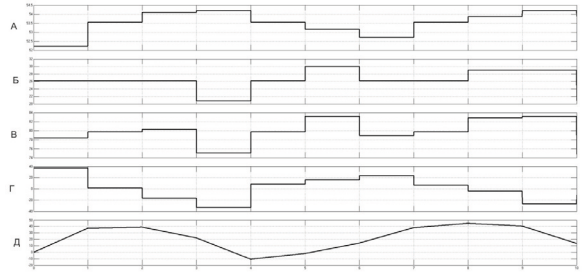


Рисунок 2 – Результаты работы 2 варианта СНВ

Вариант 2 бис (рис. 3) [20] состоит из трёх моделей на базе алгоритма Мамдани, две из которых описывают отдельную переменную, третья обрабатывает поступающие данные.

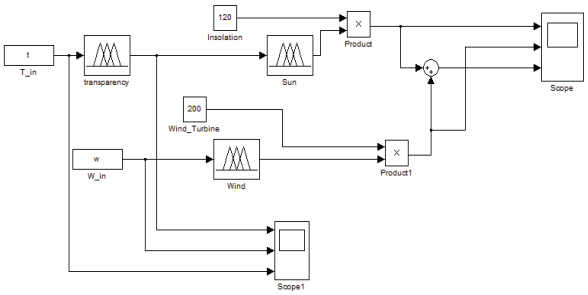


Рисунок 3 – Вариант 2бис построения СНВ

Этот вариант является развитием предыдущего варианта. Модели *Sun* и *Wind* остаются неизменными. В СНВ добавлена нечёткая модель *Transperency*, производящая автоматизированную обработку входных переменных:

- прозрачность атмосферы;
- текущая облачность;
- загрязнение солнечных панелей.

Использование модуля *Transparency* позволило упростить работу по обработке и подготовке первичных метеорологических данных.

На рисунке 4 показаны результаты работы варианта 2 бис, где: график А - планируемая производительность СЭС, Б - ВЭС, С - ГбЭС.

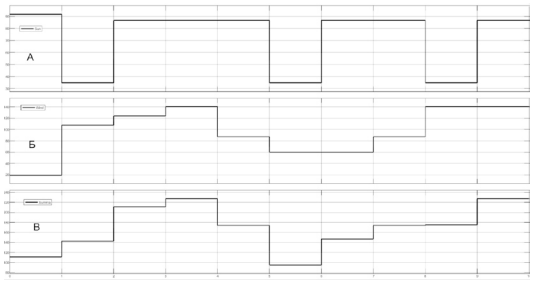


Рисунок 4 – Результаты работы 2бис варианта СНВ

Моделирование работы ГбЭС [21] показывают изменчивый характер работы СЭС и ВЭС, накладывающиеся друг на друга периоды энергетических затиший, не позволяют использовать ГбЭС автономно. Периоды солнечных энергетических затиший можно запланировать только на ближайшее будущее.

Работа ВЭС более предсказуема. Скорость и направление ветра изменяются дважды в течение дня, сезонные изменения можно прогнозировать, имея результаты глобальной модели погоды. Текущая модель показала стабильную работу и удобство использования, возможность масштабирования. К недостаткам можно отнести только высокие требования к квалификации настройщика нечётких моделей.

Вариант 3 (рис.5) состоит из двух моделей на базе алгоритма Мамдани, каждая из которых описывает отдельную переменную и нейронную сеть, обрабатывающую поступающие данные. На рисунке 5 показаны результаты работы, где: график А — производительность СЭС, Б — производительность ВЭС. На графике В видна общая выработка электроэнергии ГбЭС, на графике Г отражена нагрузка, на графике Д процесс удовлетворения потребности в электроэнергии.

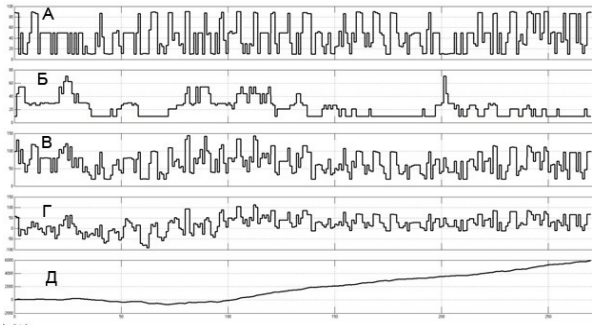


Рисунок 5 – Результаты работы 3 варианта СНВ

Использование в варианте 2 бис дополнительной системы нечеткого логического вывода упростило подготовку данных. Изменение базы правил за счёт увеличения количества входных переменных, с целью увеличения точности, усложняет модуль и делает работы по настройке и изменению параметров более

громоздкими и трудоёмкими. Для создания более простой в обслуживании и технологической СНВ было принято решение модуль по обработке метеорологических данных строить на базе нейронной сети, модули *Sun* и *Wind* остаются неизменными.

В СНВ для подготовки входных переменных обучена линейная двухслойная нейронная сеть, тридцать нейронов в слое.

Третий и 2 бис варианты показали удобство в настройке, изменении параметров, масштабируемости. Третий вариант удобно использовать, если не требуется вносить изменений в нейронную сеть или для моделирования режима работы в лабораторных условиях в виде испытательного стенда. Вариант 2 бис более трудоёмок в настройке, но может выдавать результаты с меньшей погрешностью. Точность полученных результатов: краткосрочное прогнозирование (1 сутки) 90-96%, среднесрочное прогнозирование (2-5 суток) 70-78%, долгосрочное (от 7 дней) порядка 60%.

Заключение. В статье предложена реализация составной части системы управления, а именно, система нечёткого выбора, позволяющая оценивать производительность ГбЭС на основании прогноза погоды. Для оценки производительности ГбЭС отсутствует необходимость составлять полный прогноз погоды, поэтому были выделены два значащих критерия скорость ветра и прозрачность атмосферы. На основании анализа временных рядов построена нейронная сеть прогнозирующая скорость ветра и прозрачность атмосферы. Разработана общая концепция системы управления и алгоритмы нечёткого выбора. Произведён обзор четырёх вариантов, три варианта на основе алгоритмов Мамдани и один комбинированный на основании нейронной сети и алгоритма Мамдани, выбраны оптимальные варианты системы нечёткого вывода. Создание подобной системы принятия решений позволяет получить универсальный модуль для прогнозирования производительности ГбЭС на краткосрочную и среднесрочную перспективу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Jane, R.; Parker, G.; Vaucher, G.; Berman, M. Characterizing Meteorological Forecast Impact on Microgrid Optimization Performance and Design. Energies 2020, Vol. 13, P.577.

2. Jane, R.S. Networked Microgrid Optimization and Energy Management. Ph.D Thesis, Michigan Technological University, Houghton, MI, USA, 2019.

3. H. Bouaicha, H. Dallagi, E. Craparo and S. Nejim, "Economic scheduling of a hybrid microgrid based on weather forecasts," 2017 International Conference on Advanced Systems and Electric Technologies (IC_ASET), Hammamet, 2017, P. 110-117.

4. S. Dutta, Y. Li, A. Venkataraman, L. M. Costa, T. Jiang, R. Plana, P. Tordjman, F. H. Choo, C. F. Foo, and H. B. Puttgen, "Load and renewable energy forecasting for a microgrid using persis tence technique," Energy Procedia 2017, Vol. 143, P. 617-622.

5. Барашкова Н. К. Атмосферные процессы: динамика, численный анализ, моделирование: учебное пособие: [для студентов вузов, обучающихся по направлению "Гидрометеорология"] / Н. К. Барашкова, Л. И. Кижнер, И. В. Кужевская; науч. ред. Г. О. Задде; Том. гос. ун-т. - Томск: [ТГУ], 2012. URL:http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000447829.

6. Архив погоды в Александровом Гае, номер метеостанции 34391 [Электронный ресурс] / (ООО) "Расписание Погоды", — Электрон. текстовые дан. — СПб.:2020. . – Режим доступа: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Александровом_Гае, свободный.

7. Толстых М.А. Полулагранжева модель атмосферы с высоким разрешением для численного прогноза погоды // Метеорология и гидрология. 2001. No 4. С. 5-16.

8. Толстых М.А., Желен Ж.Ф., Володин Е.М., Богословский Н.Н., Вильфанд Р.М., Киктев Д.Б., Красюк Т.В., Кострыкин С.В., Мизяк В.Г., Фадеев Р.Ю., Шашкин В.В., Шляева А.В., Эзау И.Н., Юрова А.Ю. Разработка многомасштабной версии глобальной модели атмосферы ПЛАВ // Метеорология и гидрология. 2015. No 6. С. 25-35.

9. Толстых М.А., Шашкин В.В., Фадеев Р.Ю., Шляева А.В., Мизяк В.Г., Рогутов В.С., Богословский Н.Н., Гойман Г.С., Махнорылова С.В., Юрова А.Ю. Система моделирования атмосферы для бесшовного прогноза. М.: Триада лтд. 2017. 166 с.

10. Толстых М.А., Фадеев Р.Ю., Шашкин В.В., Гойман Г.С., Зарипов Р.Б., Киктев Д.Б., Махнорылова С.В., Мизяк В.С., Рогутов В.С. Многомасштабная глобальная модель атмосферы ПЛАВ: результаты среднесрочных прогнозов погоды // Метеорология и гидрология. 2018. No 11. С. 90-99.

11. Фадеев Р.Ю., Толстых М.А., Володин Е.М. Климатическая версия модели атмосферы ПЛАВ: разработка и первые результаты // Метеорология и гидрология. 2019. No 1. С. 22-35. (2) (PDF) Development of SL-AV global semi-Lagrangian atmosphere model in 2009–2019.

12. Тимофеев М.Н. Обоснование выбора систем с возобновляемыми источниками электроэнергии на базе моделирования природного энергетического потенциала / М.Н. Тимофеев, Ю.Б. Томашевский //Вопросы электротехнологии. 2016. № 1 (10). С.96-101.

13. Тимофеев М. Н. Построение модели природной среды для проектирования электроэнергетических систем с возобновляемыми источниками электроэнергии //Электротехнические комплексы и системы управления. – 2015. – №. 4. – С. 29-33.

14. Чучуева И. А. Модель прогнозирования временных рядов по выборке максимального подобия [Текст]: дис. … канд. тех. наук: 05.13.18 / Чучуева Ирина Александровна – М., 2012.

15. Подковальников С.В., Поломошина М.А. Интеграция возобновляемых источников энергии в систему электроснабжения промышленного предприятия // Вестник ИрГТУ. 2018. №11 (142).

16. Панкратьев П.С. Размещение тепловой электростанции в районе с децентрализованным электроснабжением в условиях многокритериальности с учетом неточно выраженных предпочтений ЛПР // Вестник ИрГТУ. 2019. №2 (145).

17. Шакиров В.А., Палатов Д.А. Поддержка принятия решений в условиях неточно заданных предпочтений в отношении важности критериев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. №2 (50).

18. Шакиров В.А., Панкратьев П.С. Поддержка принятия решений на стадии предпроектных исследований на основе двухуровневого многокритериального анализа // Прикладная информатика. 2013. №6 (48).

19. Яцало Б.И., Грицюк С.В., Мирзеабасов О.А., Василевская М.В. Учет неопределенностей в рамках многокритериального анализа решений с использованием концепции приемлемости // УБС. 2011. №32.

20. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU 2020664336. Тимофеев М.Н. Программа моделирующая работу интеллектуальной сети (микрогрид), включающая несколько источников возобновляемой энергии. Опубл. 20.11.2020 Бюл.No11.

21. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU 2019666065. Томашевский Ю.Б. [и др.] Программа определения баланса мощности в микрогрид на основе вычисления генерируемой возобновляемыми источниками энергии мощности с использованием нечетких правил. Опубл. 04.12.2019 Бюл.No12.

Статья поступила в редакцию 10.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 65.011.56
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0014

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ ТОРГОВЛИ

© 2020

Аксентьев Андрей Александрович, аспирант
Сизов Александр Семёнович, доктор технических наук, профессор
Юго-Западный государственный университет
(305040, Курская область, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, e-mails: aks_w@mail.ru, as.sizov@yahoo.com)

Аннотация. В статье рассматриваются структурно-функциональная схема оптимизации бизнес-процессов и участие в ней системы вычисления оценочных показателей работы бизнеса из нечётких данных как один из возможных инструментов данной оптимизации. Рассмотрены текущие достижения специалистов в сфере информационных технологий, систем управления взаимоотношениями с клиентом (CRM) а также использования нечёткой логики в бизнес-процессах торговых предприятий. Рассмотренные исследования показали, что в настоящий момент специалистами рассматриваются отдельные составляющие рассмотренной в данной работе системы, однако в качестве единого целого организма аналогичные системы описаны весьма скудно. Рассмотрена типовая схема бизнес-процессов предприятия, ведущего деятельность в сфере торговли, со внесёнными в неё этапами по сбору нечётких данных, а также этапы вычисления оценок на основании нечётких данных и варианты их дальнейшего использования для повышения эффективности бизнеса.

Ключевые слова: управление торговым предприятием, управление взаимоотношениями с клиентом, оценка качества обслуживания, оценка на основе нечётких данных, анализ нечётких данных.

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL SCHEME OF BUSINESS MANAGEMENT PROCESSES OF A TRADE ENTERPRISE

© 2020

Aksentjev Andrey Alexandrovich, postgraduate student
Sizov Alexander Semyonovich, doctor of Technical Sciences, professor
South-West State University
(305040, Kursk region, Kursk, 50 years of October str., 94, e-mails: aks_w@mail.ru, as.sizov@yahoo.com)

Abstract. The article discusses the structural and functional scheme for optimizing business processes and the participation in it of the system for calculating the estimated indicators of business performance from fuzzy data as one of the possible tools for this optimization. The current achievements of specialists in the field of information technology, customer relationship management (CRM) systems, as well as the use of fuzzy logic in business processes of trade enterprises are considered. The studies reviewed have shown that at the moment experts are considering individual components of the system considered in this work, however, as a single whole organism, similar systems are described very poorly. A typical scheme of business processes of an enterprise operating in the field of trade, with the stages for collecting fuzzy data introduced into it, as well as the stages of calculating estimates based on fuzzy data and options for their further use to improve business efficiency, is considered.

Keywords: trade enterprise management, customer relationship management, service quality assessment, fuzzy data-based assessment, fuzzy data analysis.

Введение. В современных условиях ведения бизнеса предприятию важно иметь полноценную и эффективную схему управления лояльностью клиентов, поскольку многие важные показатели деятельности предприятия могут быть существенно улучшены в том случае, если помимо ведения основной деятельности по обработке заказов предприятие будет также уделять внимание вопросу совершенствования как отдельных процессов или услуг, так и принципов деятельности в целом [20].

Весьма важным направлением является клиентская лояльность [1]. Информация о клиентской лояльности – это совокупность данных о действиях и покупках клиента, его отзывах и оценках, а также ответы клиента на проводимые с целью повышения клиентской лояльности [2] опросы уровня удовлетворённости обслуживанием на предприятии.

Важно собирать данные об уровне удовлетворенности клиентов, а также отзывы и интересы конкретных клиентов в базе данных предприятия, что позволит в будущем не только просчитывать реальные показатели лояльности клиентов, но и рассматривать данные показатели в динамике, на основании изменений делать выводы об эффективности и целесообразности тех или иных решений, принятых в сфере управления лояльностью клиентов. Важно понимать, что процесс управления лояльностью клиентов не является разовым и требует систематического анализа и доработки [3].

Целью исследования является разработка системы поддержки принятия решений и применение модели для управления лояльностью клиентов и взаимоотношениями для повышения точности продаж, надежности и прибыльности, получаемой отраслью, на основании внедрения в структурно-функциональную схему управления бизнесом предприятия

системы вычисления оценок на основании нечётких данных и закрепления собранных результатов в базе данных.

Задачи исследования сводятся к определению места в схеме управления бизнес-процессами предприятия процесса определения ключевых показателей ценности клиента, установлению взаимосвязи между ними, а также дальнейших вариантов использования собранной информации для увеличения качества работы предприятия и поднятия уровня продаж.

На сегодняшний день, среди существующих на рынке систем управления предприятием использование механизмов классификации клиентов на основании инструментов нечеткой логики с целью повышения точности определения категорий не развито. Тем не менее, исследования, проведенные А.Ю. Лабинским показывают преимущества классификации средствами нечеткой логики над ручной классификацией [4]. Среди немногочисленных работ, посвящённых конкретно теме увеличения эффективности работы предприятий с системами управления взаимоотношениями с клиентом, выделяются исследования Слесаревой Е.А. [2] и Хрусталева Р. В. [5]

Исследования М.С. Голосовского [6] в сфере систем нечеткого логического вывода позволяют использовать механизм, предложенный А.Ю. Лабинским [4], путем использования для подстройки правил нечеткого логического вывода принципа пропорционально-интегрального регулятора с ограниченной интегральной составляющей.

О необходимости четкой классификации клиентов и ее влиянии на деятельность предприятия идет речь в работах Г.А. Резник [7] и Fredrick K [8]. В то же время, В.Д. Сухов в своей работе [9] описывает, что помимо рассмотрения вопросов прибыльности использование автоматизированной системы управления на основании систем нечеткого вывода может приводить к сокращению расходов предприятия на 20-30%.

Прогнозирование продаж на основании информации о клиентах, их потребностях и информации об акциях и дисконтах предприятия описаны в работе Anup Kumar, Amit Adlakha и Kampan Mukherjee [10]. Немногим ранее [11], тот же автор, Anup Kumar, предлагал концептуальную модель динамического ценообразования, основанного на механизме нечеткой кластеризации данных о платежном поведении клиента, его интересах и некоторых иных поведенческих факторах.

Материалы и результаты исследования. Предприятие, работая с клиентом, имеет ряд нечетких параметров, а именно данные:

– уровень лояльности клиента к предприятию;

– оценка уровня эффективности доставки товара клиенту;

– оценка качества работы сотрудников, принимавших участие в обработке и обслуживании данного заказа;

– оценка уровня заинтересованности клиента в продукции данного характера и в заказанном товаре в целом;

– данные о платёжном поведении клиента.

Сбор и расчёт нечеткой информации о клиентской лояльности – это комплекс мер, позволяющих определить, насколько клиент был удовлетворён своими покупками на предприятии, каковы его интересы в части услуг и продукции, а также дать оценку вероятности дальнейшего сотрудничества [18]; определить причины понижения уровня лояльности среди клиентов [19], выяснить, какие направления деятельности предприятия являются «сильными сторонами» по мнению клиентов, а какие напротив, лишь создают проблемы клиентам и не вызывают у них чувства удовлетворения [12].

Ниже представлена структурно-функциональная схема управления деятельностью предприятия в части обслуживания клиентов и их заказов, а также управления клиентской лояльностью.

На рисунке 1 представлена типовая структурно – функциональная схема управления взаимоотношениями между клиентом и предприятием на основе создания специализированной системы учета бизнес-процессов. Благодаря тому, что каждый этап сбора информации о клиенте, его заказе и товарных позициях из него, а также каждый этап обработки заказа проходит через базу данных [17], сохраняя промежуточные результаты, а также собранную информацию, со временем по мере накопления данных система будет давать более точные оценки клиентам, основываясь на рассчитанных прежде показателях и корректируя их с помощью вновь собранной и обновлённой информации.

Для расчёта показателей, нечеткая информация относительно которых собирается на различных этапах работы системы взаимоотношений с клиентами, используется алгоритм Мамдани [14], конкретные примеры использования нечетких данных для получения истинных показателей лояльности клиентов предлагались и рассматривались авторами данной статьи в другой работе [13].

Схема описывает следующие процессы и этапы обработки заказа от первичного указания нечёткой информации о клиенте до успешно завершённого заказа:

1. Входные данные. Это нулевой этап, поскольку всё, что известно о клиенте – это частичная информация о нём, предоставленная самостоятельно, а также нечёткая информация о пожелании клиента приобрести тот или иной товар либо услугу. Запись собранной информации в базу данных предприятия.

2. Этап 1. Сбор и анализ информации о заказчике и составе заказа, расчёт показателей лояльности и заинтересованности в покупке системой на основании нечёткой логики.

2.1. Анализ полноты данных о клиенте и их реальности, соответствия географии деятельности предприятия. На данном этапе происходит фильтрация заказов, которые предприятием обработаны быть не могут по ряду причин. К примеру, если заказ был размещён в системе не человеком, а роботизированной

системой с целью накрутки каких-либо показателей, или же если заказ требует доставку в регион, не обслуживаемый предприятием.

2.2. Расчёт уровня заинтересованности заказчика в совершении данной покупки. Система на основании нечёткой информации о клиенте выполнит предварительный расчёт показателей лояльности клиента, является ли этот клиент новым или же обслуживался на предприятии прежде, какими товарами интересовался ранее и является ли постоянным; чем обычно завершаются сделки данного клиента.

2.3. Расчёт показателя лояльности клиента на основании нечётких алгоритмов. Система осуществит расчёт показателя лояльности на основании всей собранной о клиенте информации, его прежних заказов и прочей информации.

2.4. Проверка предварительного или переданного электронными средствами заказа на выполнимость. На данном этапе рассматривается нечёткая информация не о клиенте, а о его заказе. Определяется наличие заказанного или подобных товаров на складе или возможности заказа у поставщиков, определяется соответствие габаритов и объемов заказа выбранным способам оплаты и доставки.

2.5. В результате расчёт вышеуказанных показателей системой принимается предварительное решение о принятии заказа на обработку. Все рассчитанные показатели записываются в базу данных для того, чтобы их можно было использовать на последующих этапах управления обработкой данного заказа.

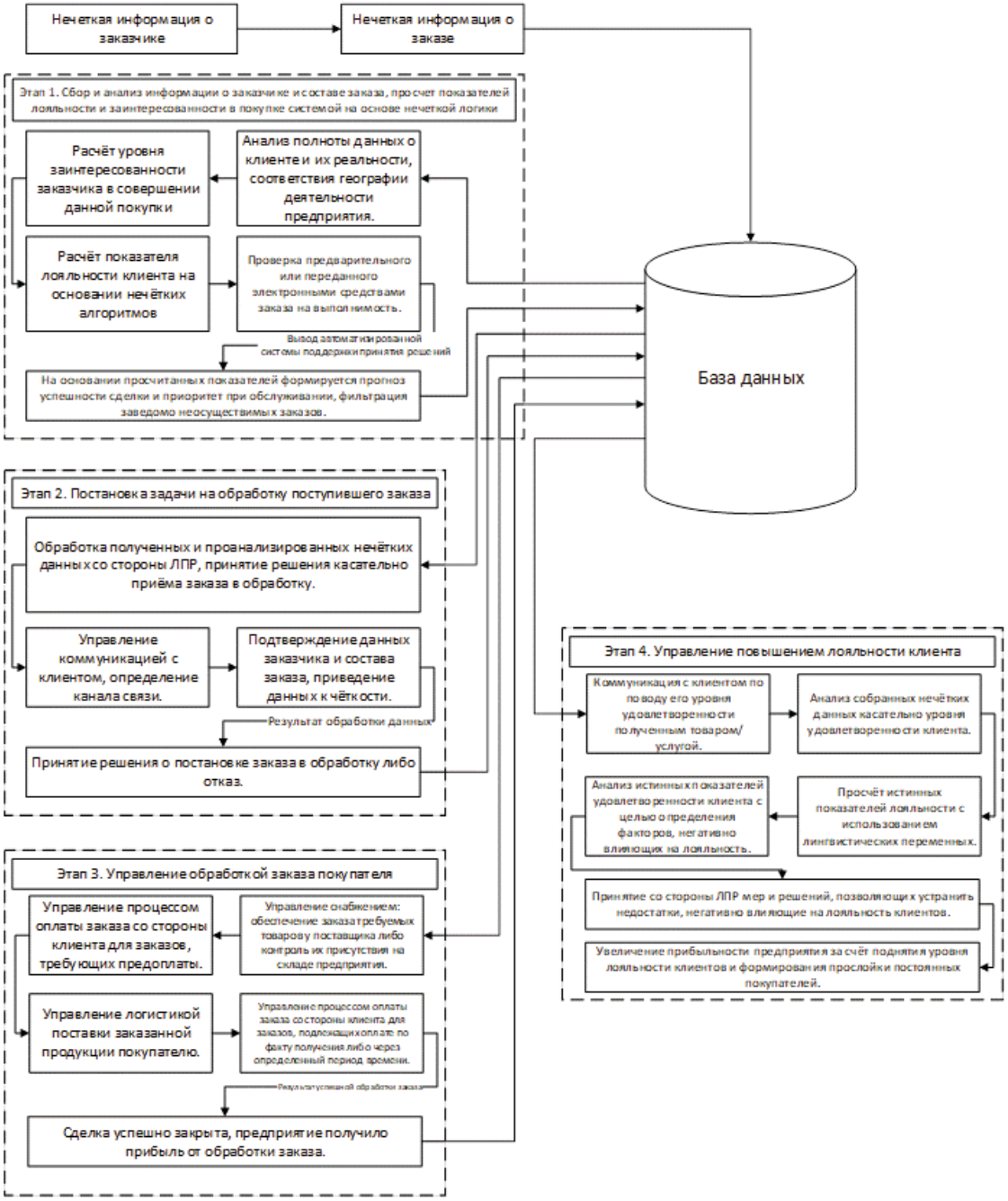


Рисунок 1 - Структурно-функциональная схема управления предприятием на основе создания специализированной системы учета бизнес-процессов

3. Этап 2. Постановка задачи на обработку поступившего заказа.

3.1. Обработка полученных и проанализированных нечетких данных со стороны ЛПР, принятие решения о приёме заказа в обработку.

3.2. Управление коммуникацией с клиентом, определение канала связи.

3.3. Подтверждение данных заказчика и состава заказа, приведение данных к чёткости.

3.4. В результате – принятие решения о постановке заказа на обработку либо отказ. Результат этапа и вся информация, приведенная к чёткости, записываются в базу данных предприятия для дальнейшего взаимодействия.

4. Этап 3. Управление обработкой заказа покупателя

4.1. Управление снабжением: обеспечение заказа требуемых товаров у поставщика либо контроль их наличия на складе предприятия.

4.2. Управление процессом оплаты со стороны клиента для заказов, требующих предоплаты.

4.3. Управление логистикой поставки заказанной продукции покупателю.

4.4. Управление процессом оплаты заказа со стороны клиента для заказов, подлежащих оплате по факту получения либо через определённый период времени с момента поставки.

4.5. Результат обработки заказа может быть либо положительным (сделка закрыта; предприятие получило прибыль) либо отрицательным (срыв по той или иной причине, подлежащей дальнейшему анализу). В любом случае результат обработки и подробная информация о нём записываются в базу данных предприятия.

5. Этап 4. Управление повышением лояльности клиента.

5.1. Коммуникация с клиентом по поводу уровня удовлетворенности полученным товаром/услугой.

5.2. Анализ собранных нечётких данных об уровне удовлетворённости клиента.

5.3. Расчёт истинных показателей лояльности с использованием лингвистических переменных.

5.4. Анализ истинных показателей удовлетворённости клиента с целью определения факторов, оказывающих негативное влияние на лояльность.

5.5. Принятие со стороны ЛПР мер и решений, позволяющих устранить недостатки, негативно влияющие на лояльность клиентов.

5.6. Как следствие, увеличение прибыльности предприятия за счёт поднятия уровня лояльности клиентов и формирования прослойки постоянных покупателей.

Заключение. Таким образом, в данной работе разработана структурно-функциональная схема управления бизнес-процессами предприятия торговли, позволяющая собирать и анализировать нечеткие данные о заказчике и составе заказа, а также, с помощью систем, основанных на нечеткой логике, ставить задачи на обработку поступившего заказа, управлять данной обработкой, управлять повышением лояльности клиента. Оптимизация таких направлений, как повышение качества продаж и формирование клиентской базы напрямую зависит от возможности оценивать и влиять на лояльность клиентов. Для оценки лояльности клиентов и управления отношениями с предприятием целесообразно разработать модель клиента на основе нечеткой логики [4].

Следует отметить, что данная структурно-функциональная схема является лишь звеном в цепи разработок, которые ведутся автором с целью создания единого, многофункционального и комплексного механизма управления взаимоотношениями предприятия с клиентов, который будет активно использовать нечёткие данные и механизмы классификации клиентов с целью определения уровня лояльности клиентов, отдельных моментов, которые приводят к его уменьшению. Но истинной же целью работы является создание механизма, который позволит предприятию вести с клиентами такие взаимоотношения, которые бы позволяли формировать условия для длительного и успешного сотрудничества.

В случае построения бизнес-процессов предприятия на базе предложенной структурно-функциональной схемы решается сразу несколько проблем, свойственных современному бизнесу, существующему в условиях обслуживания клиентов посредством множества возможных каналов сбыта, множества способов оплаты и доставки, а также огромного количества способов коммуникации с клиентом.

Использование базы данных на каждом из этапов позволяет сформировать единую учётную карточку клиента [15], которая будет содержать все собранные предприятием о клиенте данные, а также информацию о предпочитаемых клиентом способах оплаты и доставки, о товарах, которыми интересуется клиент и о его платежном поведении. Но самое важное, что данная структурно-функциональная схема посредством взаимодействия с базой данных объединяет обращения одного клиента посредством всех возможных каналов связи в одну единую сферу, благодаря чему предприятие не будет упускать из виду обращения клиента [16], куда и каким бы каналом они не поступили.

Благодаря объединению информации обо всех заказах и сделках с клиентами в единое информационное пространство становится возможным на основании оценок качества обслуживания, доставки и прочих факторов со стороны клиента, полученных на различных этапах взаимодействия, сформировать массив нечётких данных, который, в последствии, дефаззифицировать посредством предложенного автором метода на основе алгоритма Мамдани [14]. Полученный результат позволит предприятию установить оценку, в большей степени соответствующую действительности, чем каждая из полученных нечётких оценок в отдельности.

Самая ценная информация, которую может получить предприятие от клиента – это информация о тех

факторах, которые привели к низкой оценке качества обслуживания и которые испортили общее мнение клиента о предприятии, товаре либо отдельных сотрудниках предприятия. Система сбора нечётких оценок, предложенная на структурно-функциональной схеме, позволяет не только собирать такую информацию, но и систематизировать её, приводя нечёткие данные к чёткости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Резник Г.А. Лояльность клиентов как показатель эффективности маркетинговой стратегии предприятия / Г.А. Резник, М.В. Власкина // Вестник Евразийской науки. – 2019. – № 1. – С. 8.

2. Слесарева Е.А. Направления совершенствования аналитического функционала CRM-систем / Е.А. Слесарева, Д.Е. Смирнов // Вестник Московского университета МВД России. – 2017. – № 2. – С. 206–207.

3. Сухов В.Д. Разработка и внедрение алгоритма CRM-системы на предприятии / В.Д. Сухов, А.А. Киселев, А.И. Сазонов // Теоретическая экономика. – 2019. – № 1. – С. 55–58.

4. Лабинский А.Ю. Использование нечеткой логики в решении задач классификации / А.Ю. Лабинский // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2018. – № 3. – С. 46–53.

5. Хрусталев Р.В. Особенности инновационных систем управления взаимоотношениями с клиентами // Вестник ТГТУ. – 2013. – №3. – С. 689-692.

6. Голосовский М.С. Алгоритм настройки системы нечёткого логического вывода типа Мамдани / М.С. Голосовский, А.В. Богомолов, Д.С. Теребов, Е.В. Евтушенко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер. Математика. Механика. Физика. – 2018. – № 3. – С. 19-29.

7. Резник Г.А. Лояльность клиентов как показатель эффективности маркетинговой стратегии предприятия / Г.А. Резник, М.В. Власкина // Вестник Евразийской науки. – 2019. – №1.

8. Fredrick K., Christopher D. Investigative analysis of CRM System Implementation and the challenges attached to its integration into existing ERP System. From an Organization Perspective: A case study of a Freight Forwarding Company in Sweden. – 2019. – 91 p.

9. Сухов В.Д. Разработка и внедрение алгоритма CRM-системы на предприятии / В.Д. Сухов, А.А. Киселев, А.И. Сазонов // Теоретическая экономика. – 2019. – №1. – С. 55-58.

10. Kumar A., Adlakha A., Mukherjee. Modeling of product sales promotion and price discounting strategy using fuzzy logic in a retail organization. Industrial Management & Data Systems. – 2018. – №8 Vol. 116. – 1418-1444 pp.

11. Kumar A., A conceptual model for automation of product dynamic pricing and sales promotion for a retail organization. Kybernetes. – 2016. – №3 Vol. 45. – 490-507 pp.

12. Легкий Н.М. Использование принципов нечеткой логики при формировании управленческих решений на промышленном предприятии / Н.М. Легкий // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2016. – № 3. – С. 40–42.

13. Аксентьев А.А. Разработка системы принятия решений на основе нечеткой логики для анализа лояльности клиентов и управления отношениями / А.А. Аксентьев, А.С. Сизов // Проблемы теории и практики управления. – 2020. – №6. – С. 72-88.

14. Mahmoud Dhimish, Violeta Holmes, Bruce Mehrdadi, Mark Dales. Comparing Mamdani Sugeno fuzzy logic and RBF ANN network for PV fault detection. Renewable Energy. – 2018. – Vol. 117. – 257-274 pp.

15. Токарева А.В. Особенности развития CRM-систем / А.В. Токарева, Е.А. Четвертова // Достижения науки и образования. – 2016. – № 5 (6). – С. 20-23.

16. Лещёв В.А. Эффективность применения CRM–системы / В.А. Лещёв // Молодой ученый. — 2016. — №12. — С. 165–168.

17. Макаров И.В. Методы удержания на плаву и развития компаний в эпоху коронавируса / И.В. Макаров // Образование. Наука. Научные кадры. – 2020. – №3. – С. 146-148.

18. Марабаева Л.В. Современные тенденции развития российского рынка CRM-систем / Л.В. Марабаева, Е.Г. Кузнецова, И.В. Волгина // Вестник Российского университета кооперации. – 2018. – № 4 (34). – С. 46-50.

19. Клочкова А.В. CRM-система как инновационный инструмент повышения конкурентоспособности организации / А.В. Клочкова, А.А. Бебякина // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». – 2019. – №4. – С. 177-184.

20. Иванова И.А. Моделирование оценки систем управления взаимоотношениями с клиентами организации / И.А. Иванова, А.С. Итяйкина // Экономический анализ: теория и практика. – 2018. – №7 (478). – С. 1367-1378.

Статья поступила в редакцию 13.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 519.67
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0015

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПО ПРЕДВЕСТНИКАМ ИХ ПОВЕДЕНИЯ

© 2020

Воробьёв Юрий Михайлович, инженер-электроник
АО Авиастар – СП
(432072, Ульяновская область, г. Ульяновск, проспект Антонова, 1, e-mail: aviastar-spru@mail.ru)
Дмитриенко Герман Вячеславович, доктор технических наук, профессор кафедры Самолетостроение
Ульяновский государственный технический университет
Обособленное структурное подразделение «Институт авиационных технологий и управления»
(432072, г. Ульяновск, проспект Созидателей, д. 13, Блок 2, email:dmitrienko.german@yandex.ru)

Аннотация. Рассматриваются вопросы повышения эффективности обслуживания вычислительной техники за счет автоматизации поиска неисправностей и автоматического контроля их функционирования. Предложено два алгоритма дистанционного обслуживание и диагностирования вычислительной техники на предмет прогнозирования неисправностей элементов по предвестникам их поведения. Реализация первого алгоритма возможна в том случае, когда управляющая и диагностирующая программа находится на сервере в центре дистанционного обслуживания. Для диагностирования вычислительной техники на предмет прогнозирования неисправностей элементов по предвестникам их поведения устанавливается связь с ней. При наличии связи запускается с сервера программа диагностирования. Выдаются результаты диагностирования. Если были обнаружены ошибки или неисправности в работе вычислительной техники, то информация записывается в "Банк симптомов ошибок и методов их устранения", анализируется, выдаются рекомендации по их устранению и проводится прогнозирование будущих отказов. Второй алгоритм может быть реализован, если программа диагностирования находится на клиентской машине и по запросу сервера запускается и проводится диагностирование вычислительной техники на предмет прогнозирования неисправностей элементов по предвестникам их поведения. Функционально, система "интеллектуального" дистанционного технического обслуживания может изменяться в соответствии со специфическими требованиями клиентов и области применения.

Ключевые слова: контроль, диагностирование, вычислительная техника, ошибки, неисправности, центр дистанционного обслуживания, предвестники поведения, система, устранение, комплексный подход, эксплуатация.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR PREDICTING MALFUNCTIONS OF COMPUTER EQUIPMENT ELEMENTS BASED ON THEIR BEHAVIOR PREDICTORS

© 2020

Vorobyov Yuri Mikhailovich, electronics engineer
Aviastar-SP JSC
(432072, Ulyanovsk region, Ulyanovsk, Antonov Avenue, 1, e-mail: aviastar-spru@mail.ru)
Dmitrienko German Vyacheslavovich, doctor of technical Sciences, professor
of the department of aircraft Engineering
Ulyanovsk state technical University, separate structural division "Institute of aviation technologies and management"
(432072, Ulyanovsk, Prospekt Creators, 13, Block 2, e-mail: dmitrienko.german@yandex.ru)

Annotation. The issues of improving the efficiency of servicing computer technology by automating troubleshooting and automatic control of their functioning are considered. Two algorithms for remote maintenance and diagnostics of computer technology are proposed for predicting malfunctions of elements by precursors of their behavior. The implementation of the first algorithm is possible when the control and diagnostic program is located on the server in the remote service center. To diagnose computing technology for predicting malfunctions of elements by the precursors of their behavior, a connection is established with it. If there is a connection, a diagnostic program is launched from the server. Diagnostic results are given. If errors or malfunctions were found in the operation of computing equipment, then the information is recorded in the "Bank of error symptoms and methods for their elimination", analyzed, recommendations for their elimination are given, and future failures are predicted. The second algorithm can be implemented if the diagnostics program is located on the client machine and, at the server's request, it starts and diagnoses computing equipment to predict faults of elements based on the precursors of their behavior. Functionally, the intelligent remote maintenance system can be modified according to specific customer requirements and applications.

Keywords: control, diagnostics, computing technology, errors, malfunctions, remote service center, precursors of behavior, system, elimination, integrated approach, operation.

Введение. Существует много способов повышения надежности функционирования вычислительной техники и поддержания ее технически исправного состояния, начиная с профилактического обслуживания и заканчивая созданием дуплексных вычислительных систем и систем с реконфигурацией [1]. Осуществле-

ние этих мероприятий требует больших затрат, причем они в значительной степени зависят от того, насколько рационально организованы указанные меры [4]. Внедрение централизованного обслуживания не смогло решить проблему эффективного, качественного обслуживания и эксплуатации вычислительной техники [8]. Задержки ремонтных бригад (часто без нужного специалиста), высокая плата за обслуживание, краткий список предлагаемых услуг, иногда ограниченный доступ к самой вычислительной техники заставляют искать новые формы обслуживания.

В последние годы быстро увеличивается число вычислительной техники, находящихся в эксплуатации [2]. Также значительно усложняется техническая реализация узлов вычислительной техники, что, в свою очередь, обуславливает расширения числа разнотипных неисправностей ее элементов [3]. Вследствие этого важной проблемой в сфере обслуживания вычислительных систем, вычислительной техники и компьютерных систем является разработка моделей прогнозирования неисправностей элементов вычислительной техники, которые призваны облегчать обслуживание и ускорить ремонт вычислительной техники [5]. В тоже время, на сегодняшний день не разработаны и тем более не исследованы эффективные алгоритмы прогнозирования неисправностей элементов вычислительной техники с учетом различных предвестников их поведения.

Целью статьи является разработка алгоритма прогнозирования неисправностей элементов вычислительной техники по предвестникам их поведения

В статье на основе обобщения, систематизации и анализа научной литературы по проблематике прогнозирования неисправностей элементов вычислительной техники системно алгоритмированы процессы дистанционного обслуживание и диагностирования вычислительной техники на предмет прогнозирования неисправностей элементов по предвестникам их поведения.

Материалы и результаты исследования. Для повышения надежности, готовности и обслуживания в современных устройствах вычислительной техники предусматриваются средства автоматического накопления информации об ошибках при работе машины. Эта информация позволяет накапливать статистику ошибок с целью выявления наиболее вероятных источников ошибок, а также локализовать причину случайных сбоев и смешанных отказов [6]. Последняя задача вследствие невоспроизводимости ситуации представляет собой одну из самых сложных проблем эксплуатации вычислительной техники. Автоматическое накопление информации об ошибках базируется на основе регистрации состояния вычислительной техники в момент ошибки [7]. В операционных системах предусматриваются специальные средства обработки различных типов ошибок и накопления информации о них в специальных системных журналах ошибок. Ошибка, как правило, является следствием неисправности. Процедура обработки ошибок показана на рисунке 1 [8].

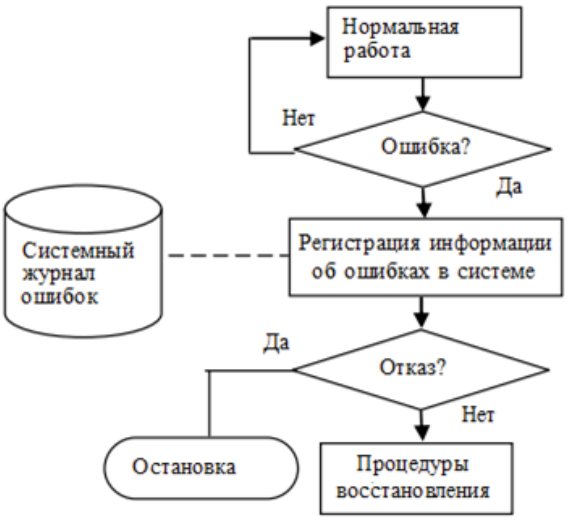


Рисунок 1 - Процедура обработки ошибок

Неисправности систем вычислительной техники могут быть дифференцированы по различным признакам. По источнику происхождения различают внутренние и внешние неисправности. Относительно уровней можно рассматривать как детерминированные, так и не детерминированные неисправности. По степени распространения различают локальные (одиночные) и разветвленные (кратные) неисправности. По продолжительности различают постоянные, случайные и смешанные неисправности. Смешанные неисправности характеризуются периодами активности и пассивности [9].

Интервал времени между моментами возникновения неисправности и проявлением ошибки называют периодом скрытости неисправности [10]. Задачей системы прогнозирования неисправностей элементов вычислительной техники по предвестникам их поведения является выявление ошибки по возможности с большей временной и пространственной способностью, то есть максимально близко от места ее возникновения и с минимальной задержкой по времени. Это удается не всегда, так как некоторые ошибки распространяются в результате передачи информации, искажая информацию в системе. Гораздо сложнее выявляются ошибки сигналов управления [11].

Также во всех микропроцессорах и вычислительной технике используется информационная избыточность. В этих случаях необходимы другие средства обнаружения ошибок. Средства накопления информации о сбоях и отказ развиваются в направлениях учета всех возможных ошибок в системе, сохранение этой информации для последующего анализа, а также сокращение затрат времени операционной системы на указанные действия путем аппаратурной реализации некоторых ее функций [12].

Была сформирован алгоритма процесса прогнозирования неисправностей элементов вычислительной техники по предвестникам их поведения. На рисунке 2 показано типичный процесс выявления ошибки [13].

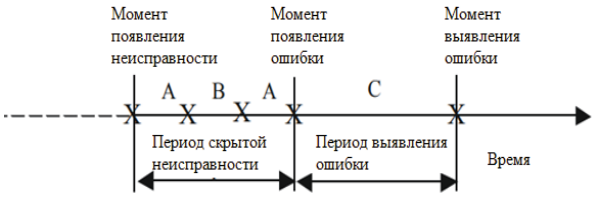


Рисунок 2 - Процесс выявления ошибки

Период *А* – в системе проявляется активная неисправность; период *В* – неисправность стала пассивной; период *С* – в системе присутствует ошибка.

Можно выделить основные состояния функционирования систем вычислительных устройств [23]:

1) исправное функционирование (*С*)

2) в системе вычислительных устройств проявляется активная неисправность, но ошибка не проявляется (*Н*);

3) в системе вычислительных устройств возникает неисправность, которая трансформируется в состояние пассивного положения (*ПН*)

4) в системе вычислительных устройств присутствует как минимум одна не выявленная ошибка, и неисправность, которая ее вызвала сохраняется (*НП*)

5) смешанная неисправность трансформировалась в пассивную или самоустранилась после реализации ошибки (*СН*)

6) ошибка обнаружена (*ОП*).

На рисунке 3 представлены граф состояний для процесса выявления ошибок. Дугами графа обозначены интенсивности перехода из одного состояния в другое λ_{ij}.

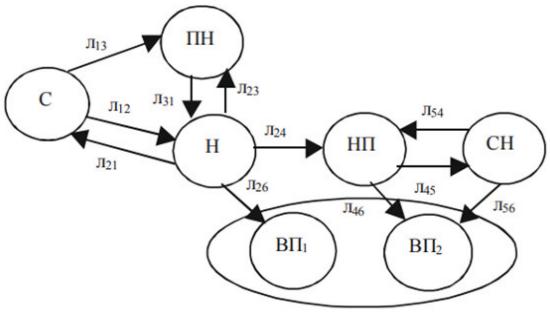


Рисунок 3 - Граф состояний для процесса выявления ошибок

Из состояния *ЧП* устройство может также перейти в состояние *СН*, если имела место случайная или смешанная неисправность, которая самоустранилась или стала пассивной после того, как вызвала ошибку и исказила информацию [14].

Существующие системы мониторинга с помощью *Host* или *АТМ* (*ПОС*) менеджера позволяют проводить контроль текущего технического состояния устройств, но со значительными временными задержками. Рассмотрим настройку и работу алгоритма на примере прогнозирования отказов электродвигателя, когда в качестве входных параметров используются ток двигателя, осевое смещение вала и осевое смещение двигателя. Данные с трех датчиков собраны в базе данных в процессе его эксплуатации за одну неделю, реализованной в среде *Random Forest* (рис. 4).

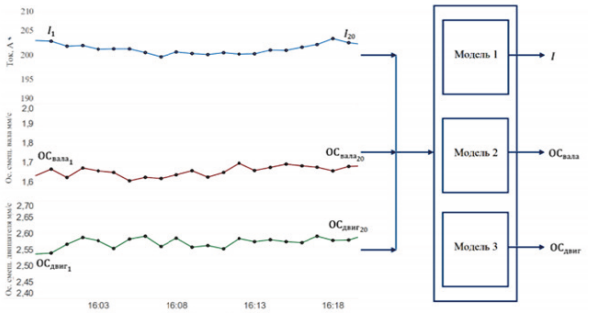


Рисунок 4 – Структура модели прогнозирования на основе разработанного алгоритма в среде Random Forest

Проблема своевременного и качественного обслуживания вычислительной техники успешно решается при внедрении новой формы обслуживания на основе использования компьютерных сетей передачи данных [19]. С развитием сетей вопросы оперативного реагирования на текущее состояние вычислительных систем, а именно контроль технического состояния вычислительной техники и всей сети в целом, в реальном режиме времени стал еще более актуальным. Обслуживание дистанционно удаленной вычислительной техники посредством использования компьютерных сетей передачи данных называется дистанционным [15].

Дистанционное обслуживание является относительно новым направлением развития науки. Поэтому разработка алгоритмов дистанционного диагностирования вычислительной техники на предмет прогнозирования неисправностей элементов по предвестникам их поведения является одним из важных этапов разработки систем дистанционного обслуживания [16].

Предлагаются два алгоритма дистанционного обслуживания, которые в определенной степени отличаются друг от друга. Реализация первого алгоритма возможна в том случае, когда управляющая и диагностирующая программа находится на сервере в центре дистанционного обслуживания (*ЦДО*). Для диагностирования вычислительной техники на предмет прогнозирования неисправностей элементов по предвестникам их поведения устанавливается связь с ней [20]. При наличии связи запускается с сервера программа диагностирования. Выдаются результаты диагностирования. Если были обнаружены ошибки или неисправности в работе вычислительной техники, то информация записывается в "*Банк симптомов ошибок и методов их устранения*" (*БСОМУ*), анализируется, выдаются рекомендации по их устранению и проводится прогнозирование будущих отказов [17].

Второй алгоритм может быть реализован, если программа диагностирования находится на клиентской машине и по запросу сервера запускается и проводится диагностирование вычислительной техники на предмет прогнозирования неисправностей элементов по предвестникам их поведения [21]. Функционально, система "интеллектуального" дистанционного технического обслуживания может изменяться в соответ-

ствии со специфическими требованиями клиентов и области применения [18]. Внешние программы могут быть интегрированы и при доработке программных интерфейсов могут быть добавлены функции клиентов (например, в области управления математическим обеспечением, отчетов (статистики) [22].

Заключение. Система дистанционного обслуживания, и предложенные алгоритмы прогнозирования неисправностей элементов вычислительной техники по предвестникам их поведения позволяют:

– отслеживать состояние вычислительной техники пользователем путем воспроизведения состояния дисплея центра дистанционного технического обслуживания;

– постоянно отображать на дисплее *ЦДО* ошибки вычислительной техники пользователя;

– накапливать в *ЦДО* информацию про неисправности и последовательности действий по ее устранению для записи в базу данных симптомов ошибок и методов их устранения;

– накапливать в *ЦДО* информацию о машинных ошибках вычислительной техники для последующей обработки их с помощью комплексной системы прогнозирования отказов (*КСПО*);

– на основе анализа базы данных симптомов ошибок и методов их устранения выдавать рекомендации по их устранению;

– вести диалог с пользователем.

Построенная по открытой архитектуре, платформа управления дистанционным техническим обслуживанием вычислительной техники может быть легко интегрирована в функциональную и физическую схему существующих систем телеобработки или вычислительных сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алексеева В.А. Использование методов интеллектуального анализа в задачах бинарной классификации // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 6-2. С. 354-356.

2. Алексеева В.А. Использование методов машинного обучения в задачах бинарной классификации // Автоматизация процессов управления. 2015.№ 3 (41). С. 58-63.

3. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. – М.: Мир, 1974. 242 с.

4. Волошин А.А., Волошин Е.А., Усачев С.С., Энтентеев А.Р., Максудов Б.Т. Прогнозирование технического состояния оборудования и управление стабильности энергосистемы при помощи технологии интернета вещей для мониторинга в электрических сетях низкого напряжения // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2017. №12. URL:https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-tehnicheskogo-sostoyaniya-oborudovaniya-i-upravlenie-stabilnosti-energosistemy-pri-pomoschi-tehnologii-interneta (дата обращения: 20.10.2020).

5. Иващенко А.Б. Традиционные и современные подходы в прогнозировании временных рядов / А.Б. Иващенко // Наукові праці Донецького національного технічного університету, №1, 2012. – С. 156 – 175.

6. Информатика, моделирование, автоматизация проектирования (ИМАП-2019). XI Всероссийская школа-семинар аспирантов, студентов и молодых ученых, посвященная памяти Афанасьева Александра Николаевича (Россия, г. Ульяновск, 26-27 ноября 2019 г.) [Электронный ресурс] : сборник научных трудов / под ред. Н. Н. Войта. Электронные данные. – Ульяновск : УлГТУ, 2019. – 191 с.

7. Кадырова Г. Р. Интеллектуальные системы : учебное пособие / Г. Р. Кадырова. – Ульяновск : УлГТУ, 2017. – 59-85 с.

8. Коноваленко С.А., Королев И.Д., Новоселов Д.А. Базовые функциональные возможности существующих систем мониторинга вычислительных сетей // Приволжский научный вестник. 2016. №12-1 (64). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/bazovye-funktsionalnye-vozmozhnosti-suschestvuyuschih-sistem-monitoringa-vychislitelnyh-setey (дата обращения: 20.10.2020).

9. Крашенинников В.Р., Кувайскова Ю.Е. Прогнозирование динамики объекта с использованием авторегрессионных моделей на цилиндре // Радиотехника. 2016. № 9. С. 36-39.

10. Кувайскова Ю.Е., Алёшина А.А. Применение адаптивного регрессионного моделирования при описании и прогнозировании технического состояния объекта // Автоматизация процессов управления. 2016. №4 (46). С. 35-40.

11. Кувайскова Ю.Е., Алёшина А.А. Техническая диагностика объектов с использованием методов нечёткой логики // Радиотехника. 2017. № 6. С. 32- 34.

12. Кувайскова Ю.Е., Алёшина А.А., Федорова К.А. Информационноматематическая система поддержки принятия решений по управлению объектом на основе прогнозирования его технического состояния // Автоматизация процессов управления. 2018. № 1 (51). С. 67-72.

13. Кувайскова Ю.Е., Федорова К.А. Исследование эффективности применения функций принадлежности для описания нечётких термов // Научный вестникУВАУГА(И). 2017. № 9. С. 165-170.

14. Литвиненко В.И. Метод индуктивного синтеза РБФ нейронных сетей с помощью алгоритма клонального отбора / В.И. Литвиненко // Індуктивне моделювання складних систем: зб. наук. праць: Міжнародний науковонавчальний центр інформаційних технологій та систем НАНУ. Випуск 4, 2012 – Кїев: МННЦ ІТС, 2012. – С. 114 - 127.

15. Нейронные сети. STATISTICA Neural Networks: методология и технологии современного анализа данных / под редакцией В. П. Боровикова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Горячая линия, 2008. – 392 с.

16. Панков Д.А., Денисова Л.А. Контроль и диагностика неисправностей программно-аппаратного комплекса // ОНВ. 2018. №2 (158). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kontrol-i-diagnostika-neispravnostey-programmno-apparatnogo-kompleksa (дата обращения: 20.10.2020).

17. Стороженко Н.Р., Голева А.И. Математическая модель и алгоритм мониторинга параметров информационной системы // ОНВ. 2018. №6 (162). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskaya-model-i-algoritm-monitoringa-parametrov-informatsionnoy-sistemy (дата обращения: 20.10.2020).

18. Чучуева И.А. Модель прогнозирования временных рядов по выборке максимального подобия: дис. канд. техн. наук: 05.13.18 / И.А. Чучуева; МГТУ им. Н.Э. Баумана. – М., 2012. – 155 с.

19. Kuvayskova Y.E. The prediction algorithm of the technical state of an object by means of fuzzy logic inference models / Y.E. Kuvayskova // Procedia Engineering. «3rd International Conference «Information Technology and Nanotechnology», ITNT 2017». 2017. Vol. 201. pp. 767-772.

20. Zadeh L.A. Fuzzy Logic // Computational Complexity: Theory, Techniques, and Applications / R.A. Meyers (eds). – New York : Springer, 2012. pp. 1177-1200. 21. Abramovici, M.; Göbel, J.C.; Dang, H.B. Semantic data management for the development and continuous reconfiguration of smart products and systems. CIRP Ann. 2016, 65, 185–188.

22. Cecil, R.; Soares, J. IBM Watson Studio: A Platform to Transform Data to Intelligence. In Pharmaceutical Supply Chains-Medicines Shortages; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2019;

23. Brecher, C.; Buchsbaum, M.; Storms, S. Control from the cloud: Edge computing, services and digital shadow for automation technologies. In Proceedings of the 2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Montreal, QC, Canada, 20–24 May 2019; pp. 9327–9333.

Статья поступила в редакцию 10.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 004.021
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0016

СОЗДАНИЕ КОРПОРАТИВНОГО ТЕКСТОВОГО РЕДАКТОРА ПРИ ПОМОЩИ РЕПЛИЦИРУЕМЫХ НЕ КОНФЛИКТНЫХ ТИПОВ ДАННЫХ

© 2020

Саватеев Максим Валерьевич, магистрант кафедры «Вычислительные машины и системы»
Калашников Виталий Александрович, магистрант кафедры «Вычислительные машины и системы»
Мартышкин Алексей Иванович, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11,
e-mails: never-ok2014@yandex.ru, mymailfordev@gmail.com, alexey314@yandex.ru)
Гурин Евгений Иванович, доктор технических наук,
профессор, профессор кафедры «Вычислительная техника»
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, Пенза, улица Красная, 40, e-mail: gurin2@yandex.ru)

Аннотация. В данной статье рассматриваются основные трудности, связанные с реализацией приложений для совместного редактирования документов как распределенной системы. Перечисляются самые распространенные методы реализации алгоритмов для создания коорпаративного редактора текста, такие как блокирования редактируемого сегмента текста при редактировании одним соавтором; дифференциальное трехстороннее слияние изменений между клиентами и сервером; использование древовидных структур данных; алгоритмы на основе реплицируемых не конфликтных типов данных с подходом операционных преобразований. Приводятся основные достоинства и недостатки перечисленных методов. Предложен вариант реализации с использованием алгоритмов, основанных на реплицируемых не конфликтных типов данных с подходом операционных преобразований. Рассматривается пути решения основной проблемы расхода памяти, характерной для данного метода.

Ключевые слова: клиент, сервер, текстовый редактор, CRDT, распределенные системы.

CREATING CORPORATIVE TEXT EDITOR BY USING CONFLICT-FREE REPLICATED DATA TYPES

© 2020

Savateev Maxim Valerievich, student of sub-department «Computers and systems»
Kalashnikov Vitaliy Alexandrovich, student of sub-department «Computers and systems»
Martyshkin Alexey Ivanovich, candidate of technical sciences, docent,
associate professor of sub-department «Computers and systems»
Penza state technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin Street, 1a/11,
e-mails: never-ok2014@yandex.ru, mymailfordev@gmail.com, alexey314@yandex.ru)
Gurin Evgeny Ivanovich, doctor of technical Sciences, Professor,
professor of the Department of «Computer engineering»,
Penza state University
(440026, Russia, Penza, Krasnaya street, 40, e-mail: gurin2@yandex.ru)

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

Keywords: Client, server, text editor, CRDT, distributed systems.

Введение. Жизнь современного человека невозможно представить без участия в ней компьютера. Ежедневно человек взаимодействует с компьютером, удовлетворяя свои потребности. Огромную роль при взаимодействии с компьютером играют текстовые редакторы [1]. По характеру использования текстовые редакторы делят на 2 группы:

- для личного использования;
- для корпоративного использования.

Корпоративный характер использования широко

распространён в крупных корпорациях и компаниях, где доступ к одному документу необходим сразу нескольким пользователям (от 2 и более). В таких случаях нередко происходит ситуация, когда несколько пользователей одновременно хотят внести изменения в одно и то же место в документе. Подобный исход событий принято считать конфликтным.

Разрешать такие конфликты призвана так называемая «*Теорема CAP*», которая утверждает, что в любой реализации распределённых вычислений возможно обеспечить не более двух из трёх следующих свойств:

• согласованность данных (*consistency*) – во всех вычислительных узлах в один момент времени данные не противоречат друг другу;

• доступность (*availability*) – любой запрос к распределённой системе завершается корректным откликом, однако без гарантии, что ответы всех узлов системы совпадают;

• устойчивость к разделению (*partition tolerance*) – расщепление распределённой системы на несколько изолированных секций не приводит к некорректности отклика от каждой из секций.

Условно все подходы реализации облачных редакторов текста можно разделить на два класса [2]:

• с использованием блокирующих алгоритмов;

• без использования блокирующих алгоритмов [3].

Подход с использованием блокирующих алгоритмов [4] заключается в следующем: если один пользователь в определённый момент времени работает с документом, то в случае, если другой пользователь попытается внести свои изменения, у него ничего не выйдет, т. к. участок документа, с которым работает первый пользователей будет заблокирован для второго пользователя [5].

Достоинством данного подхода является простата реализации [6], требующая от разработчика только разработки протокола взаимодействия клиентов с сервером, в котором необходимо предусмотреть аварийное освобождение занятой секции в случае бездействия редактирующего соавтора [7].

К недостаткам можно отнести отсутствие возможности редактирования документа в режиме *offline* с дальнейшим применением изменений в тексте на сервере. Огромный размер передаваемой информации для редактирования сегмента документа и возврата на сервер для применения изменений. Так же невозможно редактирование документа группой лиц, что принижает роль приложения как колбаративного редактора.

Для решения проблем блокирующих алгоритмов были разработаны методы, которые можно объединить под общим названием – не блокирующие алгоритмы.

Все подобные алгоритмы подразумевают в своей реализации использование так называемых «реплик» [7]. Реплика – копия документа, отправленная со стороны клиента, над которой далее производятся изменения. То есть реплика – своего рода «слепок» документа. Алгоритмы должны гарантировать, что все реплики документов будут идентичны у всех участников в распределенной системе.

Основные методы реализации неблокирующих алгоритмов перечислены далее:

• использование алгоритмов дифференциальной синхронизации [8];

• использование «древовидных» структур данных с использованием *Zipper'*ов;

• использование алгоритмов операционных преобразований (далее *ОП*);

• использование неконфликтных реплицируемых типов данных (далее *CRDT*).

Материалы и результаты исследований. Для решения проблем, присутствующих в блокирующем методе, был разработан ряд решений без использования блокировок. Метод основывается на постоянном слиянии изменений на стороне клиента и на стороне сервера с рассылкой изменений в обе стороны.

Сам процесс назван трехсторонним слияниям и включает три основных шага:

1) клиент отправляет документ на сервер;

2) сервер собирает все изменения клиента и других участников и применяет их к документу;

3) сервер рассылает копии документа всем клиентам.

Данный подход позволяет вводить изменения в документ без блокирования [9]. Однако ставит перед разработчиком сложную задачу реализации механизма слияния изменений, сам же алгоритм затрачивает значительное количество времени на обработку документа. Данное обстоятельство не позволяет использовать этот метод в условиях высоконагруженной вычислительной сети. Так же к недостаткам можно отнести отсутствие гарантии, что после применения очередного слияния сложно структурированный документ не будет испорчен.

Для фиксирования изменений в документе с сохранением иммутабельности первоначального и последующих состояний документа, применяют «древовидные» структуры данных с использованием *Zipper'*ов [10].

Метод заключается в представлении документа как бинарного дерева, листьями которого являются символы в тексте. Во время редактирования для данного документа создаётся *Zipper*, который содержит измененные символы. Для создания *zipper*'а в бинарном дереве создаётся новая вершина, соответствующая корневой вершине, к ней прикрепляются ссылки на дочерние вершины из исходного дерева, ведущие к изменяемому сегменту. На следующем шаге создаётся новый лист взамен отредактированного текста [11]. На последнем шаге создается новая версия дерева, где *zipper* заменяет собой отредактированную ветвь, при этом старое дерево и сам *zipper* хранится отдельно в памяти. Достоинством данного метода является возможность использовать инструменты контроля состояния документа и легко переключаться между старыми и новыми версиями.

К основным недостаткам метода можно отнести

расход памяти, вызванный огромным размером структур данных и сохранением в памяти всех *zipper* для возможности построения старых версий документа. Так же большой размер имеет сам пакет с вектором изменений, который необходимо передать участникам.

Метод операционных преобразований (ОП). Данный метод заключается в представлении каждого события ввода или удаления символа как операции и рассылки всем участникам этой операции для применения изменений. Данный концепт позволяет соблюсти согласованность в копиях документа [12]. Были разработаны ряд моделей для поддержки согласованности, однако каждый требовал сложный алгоритм взаимодействия для предотвращения нарушения причинно-следственной связи в документе. Схема работы данного метода представлена на рисунке 1.

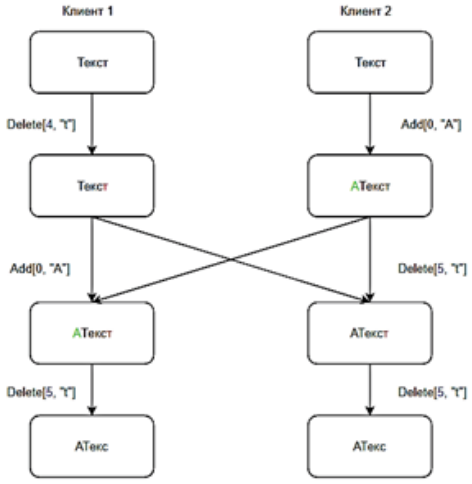


Рисунок 1 – Схема работы метода Операционных преобразований

Среди всех перечисленных ранее методик, ОП является самой сложной в реализации. К недостаткам данного метода относится вероятность возникновения события, когда результат работы метода оказывается некорректным. Это происходит, когда пользователи начинают редактировать один и тот же участок текста, используя разные операции. Все изменения, проводимые пользователями, происходят одновременно. После того, как метод попытается применить все пользовательские изменения, исходный результат не соответствует ожиданиям и является некорректным. Наглядное представления данной ситуации представлено ниже на рисунке 2.

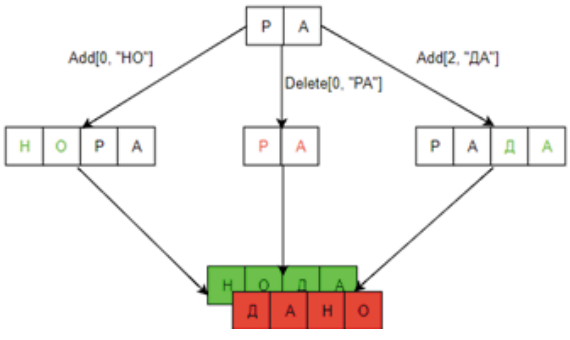


Рисунок 2 – Некорректная работа метода

Метод неконфликтных реплицируемых типов данных. Логическим продолжением *ОП* стало использование алгоритмов и типов данных *conflict-free replicated data type (CRDT)* [13]. Данный метод решает проблемы, которые присутствуют в *ОП*, а именно контроль когерентности состояний всех копий документа с поддержкой согласованности применяемых изменений во всех репликах документа. Стоит отметить, что алгоритм намного проще реализовать, чем алгоритм взаимодействия в *ОП*. При редактировании документа создается вектор *CRDT* объектов, который после прекращения редактирования отправляется на сервер, серверу в свою очередь достаточно распределить вектор в порядке возрастания версий векторов. Для рассылки изменений достаточно отправить те вектора, чья версия больше, чем версия, хранимая на клиенте. Для *CRDT* характерны несколько свойств, таких как ассоциативность, выраженная по формуле 1, и коммутативность, выраженная по формуле 2.

$$(a \cup b) \cup c = a \cup (b \cup c), \quad (1)$$

$$a \cup b = b \cup a, \quad (2)$$

Для разных задач удобнее применять разные реализации данного метода. *CRDT* включает в себя два класса: *CvRDT* и *CmRDT*. В реализации *CvRDT* (*Convergent Replicated Data Type*) всем репликам отправляется полностью вся структура данных т.е. в случае изменения списка отправляется весь список. Структура данных должна поддерживать операции:

• *query* - прочитать какой-либо элемент, не изменяя состояние.

• *update* - изменить структуру, например добавить элемент в список.

• *merge* - объединить состояние, пришедшее из другой реплики с данным состоянием. Данная операция должна быть коммутативной, ассоциативной и идемпотентной. Слияние любых состояний в любых направлениях не возвращает систему в более раннее состояние, а монотонно увеличивает состояние системы.

В реализации *CmRDT (Commutative Replicated Data Type)*, при добавлении элемента репликам отправляется только изменённое состояние, например только добавленный в список элемент, а не весь список. Операции должны быть коммутативными, чтобы состояние реплики не зависело от порядка получения апдейтов.

Достоинствами данного метода являются простота реализации, относительно метода операционных преобразований, соблюдение таких свойств, как коммутативность, ассоциативность, идемпотентность, монотонность. Благодаря перечисленным свойствам можно избежать нарушения порядка, приоритета, потерю пакетов в сети. Также достоинством метода является редактирование произвольных строк.

Недостатком данного подхода является скопления векторов изменений тех символов, которые уже не существуют в документе и не имеют информативной ценности, для этих целей необходима сборка мусора. Если не осуществить сборку мусора, то при подключе-

нии нового клиента, ему будет отправлен пакет огромного размера. Сам клиент будет вынужден затратить огромный объем времени на построение документа.

На рисунке 3а продемонстрирована схема изменений состояний клиента и хранимого документа в виде конечного автомата, где {*S1, S2, S3, S4*} множество состояний, {*O1, O2*} множество операций над документом, {*T0, T1, T2, T3*} текст документа, хранимый на клиенте. Для алгоритмов, основанных на *CRDT* и *ОП*, важно чтобы каждый участник начинал с общего начального состояния документа, обозначенный на рисунке 3 как *S1*, при применении операций *O1* и *O2* все участники должны получить единое состояние *S4* с вариантом текста *T3* не зависимо от порядка применения операций *O1* и *O2*. Если какому-либо участнику не удалось прийти к конечному общему состоянию, то его участи в коллективном редактировании может привести к ошибкам.

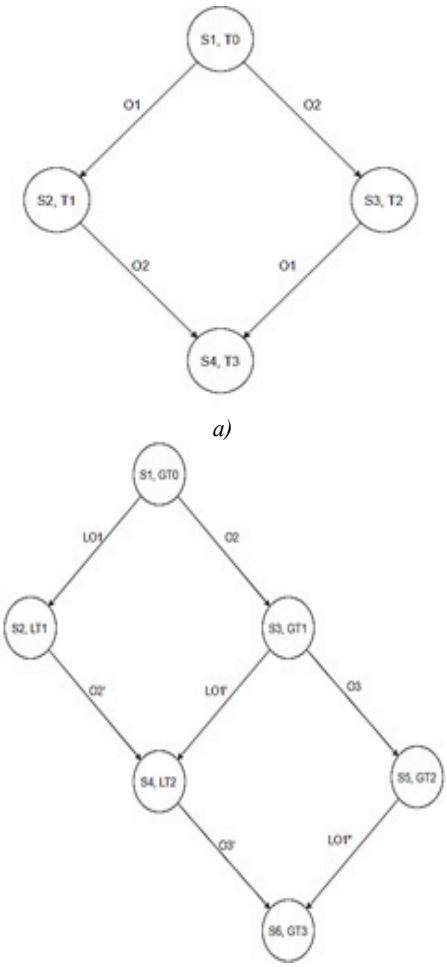


Рисунок 3 – Графическое представление состояний клиента (а) и состояний клиента относительно глобальной версии документа (б)

Для подробного разбора взаимодействия клиента с другими участниками в совместном редактировании, на рисунке 3б продемонстрирована схема изменений состояний клиента и хранимого документа относительно глобальной общей версии документа в виде конечного автомата, где {*S1,..,S6*} множество состояний; {*LO1, LO1', LO1''*} множество операций над локальной версией документа клиента; {*O1, O2, O3, O2', O3'*} множество операций над документом; {*GT0, GT1, GT2, GT3*} текст документа, совпадающий с глобальной версией, {*LT1, LT2*} текст документа, хранимый на локальном клиенте.

Множество {*GT0, GT1, GT2, GT3*} представляет ревизии глобального документа после каждого изменения. Как видно по схеме для получения итоговой ревизии *GT3* клиенту необходимо применить операцию *O3*', когда как всем участникам необходимо применить операцию *LO3*''.

Ранее упоминалось множество {*LO1, LO1', LO1''*}. Данное множество образуется путем обработки операции *LO1* участниками после каждого изменения в тексте, обработка необходима для проведения изменения в нужной позиции над нужным символом. Клиент так же обрабатывает глобальные операции *O2* и *O3* при изменении локальной копии документа, результатом обработки являются операции *O2'* и *O3*'.

Реализация взаимодействия, основанного на CRDT. Стоит отметить, что использование *CRDT* требует от сервера только централизованное хранение документов и векторов изменений [14] этих самых документов, если этого не требуется, то есть возможность реализовать одноранговое *peer-to-peer* взаимодействие [15].

В методе будет рассмотрено классическое клиент-серверное взаимодействие т.к. основным критерием является хранение документа, а также возможность получить его реплику в любой момент времени [16].

CRDT представляет собой объект класса, хранящий:

- литерал, над которым применили операцию;
- код самой операции;
- индекс в тексте, где применялась операция;
- номер версии, в которой вносилось изменение;
- дата применяемых изменений, требуется для сборки мусора.

Вся эта информация позволяет обеспечить согласованность во всех репликах документа [17].

Алгоритм построения реплики документа основывается на последовательном применении операций с соблюдением монотонного возрастания счетчика версий и устранения ошибок, в случае если обнаружится отсутствие какой-либо версии. Одним из способов устранения данной ошибки является попытка запросить у участников вектор нужной версии.

Результатом последовательного применения вектора изменений от версии к версии является единая реплика документа, которая будет идентична у всех участников [18]. Однако если произойдет слияние двух и более векторов разных участников в рамках одной версии, то это приведет к нарушению когерентности документа. Для предотвращения данной ошибки стоит обрабатывать изменения клиентов в строгой очереди и разграничивать доступ к общему вектору версий.

Важной задачей является процедура сборки мусора. Возможны разные варианты реализации, основанные на разграничении прав пользователей и/или степени важности документа, однако все они основываются на том, факте, что применение взаимно противоположных операций над одним и тем же литералом не введет к прямому изменению документа. Это можно представить по формуле 3.

$$insert(ch,i,v)+delete(ch,i',v')=0, \quad (3)$$

где *ch* – литерал, над которым применяется операция;

i – индекс литерала в тексте;

i' - изменений индекс литерала в связи с применением промежуточных операций;

v и *v'* – версия, в которой применялись изменения.

Сборка мусора заключается в удалении в векторе таких пар операций, которые не вносят в документ изменений как таковых, например, удаление ранее присутствующего литерала. Однако факт присутствия литерала ранее в тексте оказывает влияния на сами промежуточные операции. Данное обстоятельство требует внести изменения в сами промежуточные операции, которые заключаются в изменении индексов. В случае замены литерала на другой достаточно удалить пару вставки-удаления старого литерала и на их место поставить операцию вставки нового литерала.

Однако данная операция нарушает иммутабельность [19] начального и промежуточного документа и не позволит получить старые версии текста. Компромиссным решением является установка ограничений на применение сборки мусора, опираясь на «возраст» изменений, конечной версии для чистки, ориентация на степень важности документа. Так же можно предоставить возможность запуска сборки мусора пользователю с определенной ролью, дав возможность настраивать критерии процедуры.

Важную роль играет разрешение конфликта при одновременном редактировании документа. В данном случае документ представляется как критический ресурс, доступ к которому осуществляется только одному участнику редактирования. Доступ к документу представляется как критическая секция. Работу с данным ресурсом можно представить в виде математической модели алгоритма, описанной на языке *СНДА*.

Механизм разрешения конфликтов представлен на рисунке 4. Ниже описаны условные обозначения пошаговой работы алгоритма разрешения конфликта при одновременном редактировании документа. Готовность к входу очередного участника в критическую секцию определяется по формуле 4.

$$E^{i}_{\text{готовКР}} = E^{i-1}_{\text{свобод}} \cup E^{i}_{\text{запрос}} \quad (4)$$

$E^{i}_{\text{готовКР}}$ – событие, определяющее состояние готовности входа очередного пользователя в критическую секцию;

$E^{i-1}_{\text{свобод}}$ – событие, проверяющее критический ресурс на занятость предыдущим пользователем;

$E^{i}_{\text{запрос}}$ – событие, определяющее, доступен ли критический ресурс очередному пользователю.

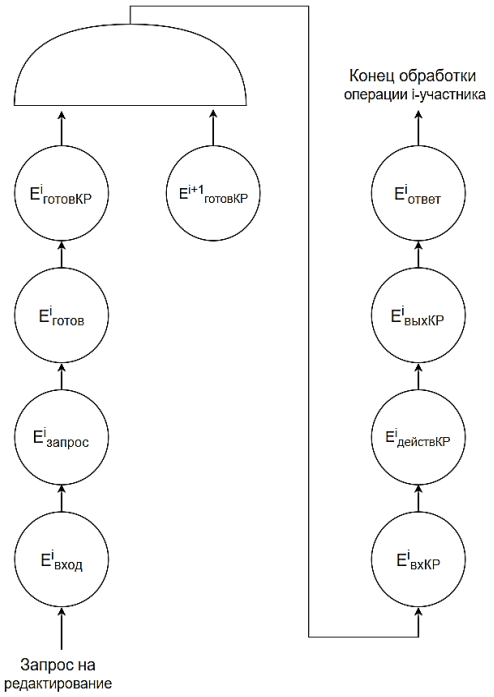


Рисунок 4 – Математическая модель механизма разрешения конфликтов

Параллельно с пользователем, редактирование локальной копии документа осуществляют удаленные участники. При каждом запросе удаленного участника на изменение документа, программа создает отдельный поток для редактирования. Если критическая секция свободна, то осуществляется операция над документом с последующей обработкой списка операций, стоящих в очереди на обработку.

Заключение. В ходе анализа существующих решений было выявлено, что самым часто используемым методом реализации является использование алгоритмов *CRDT* и метод блокирования сегмента документа. Как говорилось ранее, эти методы самые простые в реализации, позволяют по-своему сохранить целостность документа и позволяют довольно быстро создать качественный продукт. Использование древовидных структур с *zipper*'ами встречается намного реже из-за сложности передачи таких структур по вычислительной сети. Метод ОП считается устаревшим, большинство решений на ОП перешло к более простому и надежному методу с использованием *CRDT*.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы. Построение и анализ, Вильямс Издательский дом – 2013. – №3. – С. 140-173.

2. Вашкевич Н. П. Недетерминированные автоматы в проектировании систем параллельной обработки. – 2004. – С. 5.

3. Кнут Д. Искусство программирования т.1. Основные алгоритмы //Вильямс Издательский дом 2000. – С. 27.

4. Синев, М. П. Последовательный алгоритм обработки данных при анализе действий операторов // Новые информационные технологии и системы: сб. тр. 10-й Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза, 2011. – С. 220 –223.

5. Макконнелл С. Совершенный код: Практическое руководство по разработке программного обеспечения //Русская редакция/БХВ - 2017. - С. 126 -129.

6. Бабинский А.З., Букатов А.А., Шапиро В.А. Определение базовых сервисов, разработка методики наполнения и методов реализации образовательных порталов //- 2003. - credit.edu.ru. – С. 7.

7. Синев М. П. Проблемы динамического отображения информации в системах объективного контроля радиотехнического комплекса / Пащенко Д. В., Трокоз Д. А., Синев М. П. // Проведение научных исследований в области обработки, хранения, передачи и защиты информации: сб. науч. тр. – Ульяновск: УлГТУ, 2009. – № 4. – С. 150–154.

8. Fraser Neil Differential Synchronization – Amphitheatre Parkway Mountain View, CA, 94043 [Электронный ресурс]. URL https://neil.fraser.name/writing/sync/ (дата обращения: 04.10.2020).

9. Терехов А.Н., Романовский К.Ю., Д.В. Кознов, П.С. Долгов, А.Н. Иванов Real: методология и CASE-средство для разработки систем реального времени и информационных систем. [Электронный ресурс]. URL http://www.math.spbu.ru/user/dkoznov/papers/Real_General.pdf (дата обращения: 02.10.2020).

10. Пащенко Д. В., Синев М. П. Методика построения систем объективного контроля авиационных радиолокационных комплексов //Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2009. – №. 4. – С. 49-50.

11. Вашкевич Н. П., Бикташев Р. А. Достоинство формального языка, основанного на концепции недетерминизма, при структурной реализации параллельных систем логического управления процессами и ресурсами //Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2011. – №. 1. – С. 4-8.

12. 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.

13. Синев М. П. Автоматная модель межпоточного обращения к разделяемому ресурсу в алгоритмах объективного контроля / М. П.Синев, М. Н. Синева // Молодежь. Наука. Инновации: сб. тр. 7-й Междунар. науч.-практ. конф. [Электронный ресурс]. – Пенза: РГУИТП, 2013. URL: http://rgu-penza.ru/mni/content/files/2013_Sinev,%20Sineva.pdf (дата обращения: 05.10.2020).

14. Pashchenko D. et al. Formal transformation inhibitory safe Petri nets into equivalent not inhibitory //Procedia Computer Science. – 2015. – Т. 49. – С. 99-103.

15. Pashchenko D. et al. The methodology of multicriterial assessment of Petri nets' apparatus //MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2016. – Т. 44. – С. 01009.

16. Pashchenko D. V. et al. Directly executable formal models of middleware for MANET and Cloud Networking and Computing //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2016. – Т. 710. – №. 1. – С. 012024.

17. Синев М. П. Реализация стратегий объективного контроля в радиолокационных комплексах / Д. В. Пащенко, М. П. Синев // Проведение научных исследований в области обработки, хранения, передачи и защиты информации: сб. науч. тр. – Ульяновск : УлГТУ, 2009. – № 4. – С. 155–158.

18. Синев М.П. Поиск решения в экспертных системах объективного контроля // Новые информационные технологии и системы: сб. тр. 10-й Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза, 2011. – С. 185–187.

19. Синев М. П. Система настройки диагностики радиолокационных комплексов/Пащенко Д. В., Трокоз Д. А., Синев М. П. // Новые информационные технологии и системы: сб. тр. 8-й Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза, 2008. – С. 290–295.

Статья поступила в редакцию 04.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 664.851
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0017

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ФИТОНУТРИЕНТОВ ЗАМОРОЖЕННОГО ЯГОДНОГО СЫРЬЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ И ХРАНЕНИИ

© 2020

Базарнова Юлия Генриховна, доктор технических наук, профессор,
директор Высшей школы биотехнологий и пищевых производств
Аронова Екатерина Борисовна, кандидат технических наук, доцент,
доцент Высшей школы биотехнологий и пищевых производств
Москвичева Елена Владимировна, кандидат технических наук,
доцент Высшей школы биотехнологий и пищевых производств
Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29,
e-mail: jbazarnova@spbstu.ru; aronovae@inbox.ru; moskvicheva_ev@spbstu.ru)

Аннотация: Одним из направлений развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации является максимальное использование пищевого сырья и вовлечение вторичных материальных ресурсов в производственный цикл. Традиционные способы переработки ягодного сырья на предприятиях сопровождаются образованием большого количества вторичных продуктов (жмыха и шрота ягод). Ягодный жмых отличается высоким содержанием фитонутриентов: фенольных веществ, органических кислот, витамина С, растительных волокон, необходимых для нормальной жизнедеятельности организма человека, что делает его перспективным ингредиентом для пищевых продуктов функционального и специального назначения. Перспективным направлением исследований является разработка способов заготовки и хранения плодово-ягодных жмыхов и шротов, позволяющих сохранить эссенциальные фитонутриенты. В качестве объектов исследования использовали замороженные ягоды красной смородины, красного крыжовника и зеленого крыжовника, а также сырой ягодный жмых, полученный отделения сока из ягод путем прессования из размороженных ягод и сухой ягодный жмых, полученный после инфракрасной сушки. Полученные результаты показали, что обезвоживание сырого ягодного жмыха позволяет сохранить до 50 % фенольных веществ и до 75 % антоцианов от их исходно-го содержания в ягодном сырье, но приводит к потере водорастворимых компонентов – органических кислот и витамина С. Заготовка и хранение сырого ягодного жмыха путем замораживания при температуре минус (18±1) °С является равноэффективным способом сохранения водорастворимых фитокомпонентов и фенольных соединений ягодного сырья. Сухой ягодный жмых представляет собой полноценную витаминную добавку к ряду пищевых продуктов, в том числе, мучных кондитерский изделий, десертов, желе, кремов, соусов и кисломолочных напитков. Перспективным является использование сухого жмыха в качестве натуральной красящей добавки и загустителя в составе пищевых смесей.

Ключевые слова: фитонутриенты, ягодное сырье, ягодный жмых, фенольные вещества, антоцианы, орга-нические кислоты, витамин С, красная смородина, красный крыжовник, зеленый крыжовник, замороженный жмых.

STUDY OF PHYTONUTRIENTS COMPOSITION OF FROZEN BERRY RAW MATERIALS DURING PROCESSING AND STORAGE

© 2020

Bazarnova Julia Genrihovna, doctor of tech. sciences, professor,
director of the Higher School of Biotechnology and Food Production
Aronova Ekaterina Borisovna, candidate of tech. sciences, associate professor,
associate professor of the Higher School of Biotechnology and Food Production
Moskvicheva Elena Vladimirovna, candidate of tech. sciences,
associate professor of the Higher School of Biotechnology and Food Production
Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University
(195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya, 29,
e-mail: jbazarnova@spbstu.ru; aronovae@inbox.ru; moskvicheva_ev@spbstu.ru)

Abstract. One of the directions of development of the food and processing industry in the Russian Federation is the maximum use of food raw materials and the involvement of secondary material resources in the production cycle. Traditional methods of processing berry raw materials at enterprises are accompanied by the formation of a large number of secondary products (berry oilcake and meal). Berry oilcake has a high content of phytonutrients: phenolic substances, organic acids, vitamin C, plant fibers, which are necessary for the normal functioning of the human body, which makes it a main ingredient for functional and special purpose foods. A promising area of research is the development of methods for harvesting and storing fruit and berry oilcake and meal, allowing to preserve essential phytonutrients. The objects of the study were frozen berries of red currant, red gooseberry and green gooseberry, as well as raw berry cake obtained by separating juice from berries by pressing from thawed berries and dry berry cake obtained after infrared drying. The

results showed that dehydration of raw berry cake allows you to save up to 50 % of phenolic substances and up to 75 % of anthocyanins from their original content in berry raw materials, but leads to the loss of water-soluble components such as organic acids and vitamin C. Harvesting and storage of raw berry cake by freezing at a temperature of minus (18 ± 1) °C is an equally effective way of preserving water-soluble phytocomponents and phenolic compounds of berry raw materials. Dry berry oilcake is a complete vitamin supplement to a number of food products, including flour confectionery, desserts, jellies, creams, sauces and sour milk drinks. It is perspective to use dry cake as a natural coloring additive and thickener in food mixes.

Keywords: phytonutrients, berry raw materials, berry cake, phenolic substances, anthocyanins, organic acids, vitamin C, red currant, red gooseberry, green gooseberry, frozen cake.

Введение. Одним из приоритетных направлений стратегического развития пищевой промышленности России является рациональное использование пищевого сырья и вовлечение вторичных материальных ресурсов в производственный процесс [1, 2].

Традиционные способы переработки ягодного сырья на предприятиях сопровождаются образованием большого количества вторичных продуктов (жмыха и шрота ягод). Технологию получения фитонутриентов из ягод делят на два способа: прессование и экстрагирование. Оставшееся после отпрессовывания сока из ягод, вторичное сырье, называют жмыхом [3].

В состав жмыха входят неоднородная смесь кожуры, семян и пульпа, которые в сумме составляют около 20-40% от веса обработанных ягод. Их количество зависит от технологии, которая используется в производстве сока или экстракта. Жмых также является ценным источником полифенольных веществ и неусвояемых углеводов [4].

Ягодный жмых отличается высоким содержанием фитонутриентов: фенольных веществ, органических кислот, витамина *С*, растительных волокон, необходимых для нормальной жизнедеятельности организма человека, что делает его перспективным ингредиентом для пищевых продуктов функционального и специального назначения [4, 5].

В ягодных и фруктовых жмыхах содержится большое количество пигментов, в том числе антоцианов, что открывает перспективы их использования как нутрицевтиков [6, 7]. Например, пигменты, экстрагируемые из кожицы винограда, используются в пищевой промышленности [8-10].

Перспективным направлением исследований является разработка способов заготовки и хранения плодово-ягодных жмыхов и шротов, позволяющих сохранить эссенциальные фитонутриенты [11].

Ленинградская область располагает значительными ресурсами пищевого сырья, в том числе садовых ягод, которые адаптированы к почвенно-климатическим условиям Северо-Запада России и являются источником усвояемых макро- и микронутриентов, в том числе, сахаров, органических кислот, флавоноидов и витаминов [12].

Наиболее распростаненным ягодным кустарником являются Крыжовниковые (*Grossulariaceae*). Большинство современных публикаций рассматривает семейство *Grossulariaceae* как монотипное, включающее единственный род Смородина (*Ribes*) [13].

Известно более 1500 сортов крыжовниковых, которые являются культивируемыми ягодными кустарниками. Крыжовник обыкновенный (*Ríbes úvacríspa*) – один из представителей, различающийся по цвету ягод, их форме и размеру. Ягоды крыжовника содержат до 13,5% сахаров, большая часть которых представлена легкоусвояемыми моносахарами, до 2% свободных кислот (лимонной, яблочной и др.), более 1 % пектиновых веществ, витамины С (до 54 мг %), Р (0,25 мг %), В и А [14].

Многочисленными сортами представлены и культивируемые смородины: черная, красная и золотистая. Смородина красная (*Ríbes rúbrum)* – маленький листопадный кустарник. Ягоды красной смородины имеют ярко-красный цвет, сочную мякоть, кислый вкус, диаметр ягод составляет 8 – 12 мм, образующие грозди из 5-10 ягод. Ягоды красной смородины содержат меньше сахаров (4-10%), чем чёрной, но больше свободных кислот (до 4,2%). По содержанию аскорбиновой кислоты несколько уступают чёрной смородине, но тоже являются хорошим источником витаминов *С* и *Р* [13, 15].

Целью работы является исследоваие остаточного содержания биологически активных веществ в ягодном жмыхе красной смородины и крыжовника, разработка эффективных способов его заготовки и хранения.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования были замороженные ягоды красной смородины (*Ríbes rúbrum*) сорта «Каскад», красного крыжовника (*Red gooseberries*) сорта «Малахит» и зеленого крыжовника (*Viridi gooseberries*) сорта «Русский», собранные в стадии созревания в Ленинградской области в августе 2019 года, а также сырой ягодный жмых, полученный отделения сока из ягод путем прессования из размороженных ягод и сухой ягодный жмых, полученный после инфракрасной сушки.

Отжим сока из размороженных ягод производился в две ступени: первоначально ягоды пропускали через центробежную соковыжималку *Bosch MES*4010 (мощность 1200 Вт, скорость вращения – 11000 об/мин). Отделенный жмых подвергали центрифугированию при 12000 об/мин в течение 15 мин. Полученный жмых отделя-ли от сока и подвергали инфракрасной сушке при температуре 50°*С* в течение 6 ч до содержания остаточной влаги 3-5%, после чего измельчали на лабораторной мельнице ЛЗМ-1м до порошкообразного состояния. Другой образец жмыха замораживали в герметичных пакетах из полиэтилена при температуре – (30±1)°*С* и затем хранили при температуре – (18±1)°*С* в течение 60 суток.

Образцы замороженных ягод смородины красной, крыжовника массой 500 г размораживали в герметичной упаковке в холодильной камере при температуре 6±2°*C*, после чего проводили их сортировку и отбраковку.

В полученных сухих и замороженных образцах ягодного жмыха определяли массовую долю сухого остатка [16], массовую долю влаги [16], содержание органических кислот и кислых солей [17], фенольных веществ согласно методике [18], антоцианов [19], витамина С методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) [20].

Результаты исследования. На рисунке 1 приведены данные по содержанию влаги в исследуемых образцах ягодного сырья, сухого и замороженного жмыха.

Установлено, что обезвоживание жмыха в указанных режимах ИК-сушки позволяет снизить содержание влаги в образцах от 65-77% (в сыром жмыхе) до 3-5% (в сухом жмыхе).

На рисунке 2 (а – г) приведены результаты исследования содержания водорастворимых фитокомпонентов (органических кислот, витамина *С*, фенольных веществ и антоцианов) в ягодах и ягодном жмыхе.

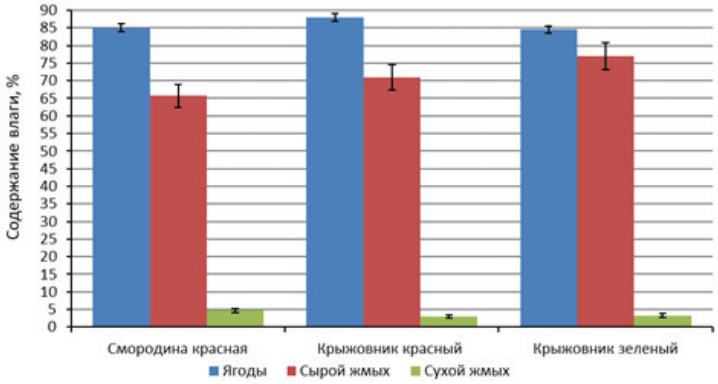
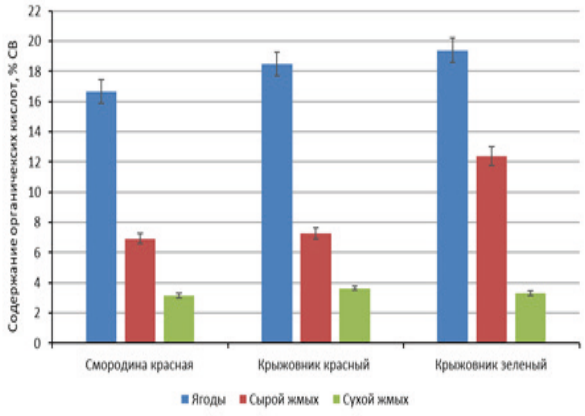
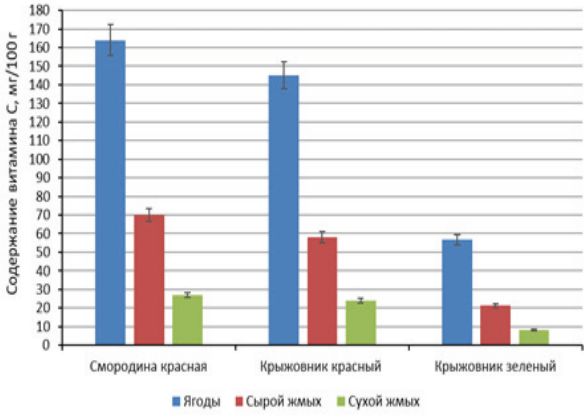


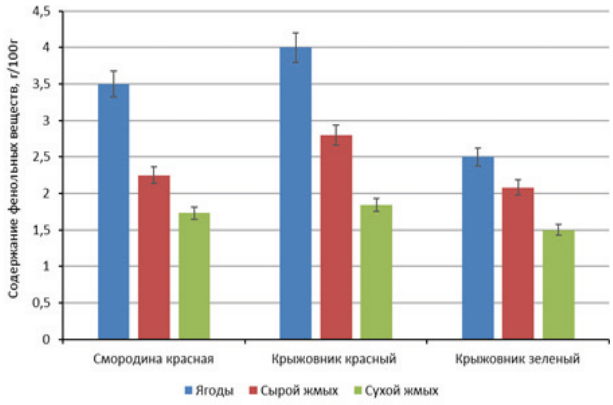
Рисунок 1 - Содержание влаги в ягодах и жмыхе, %



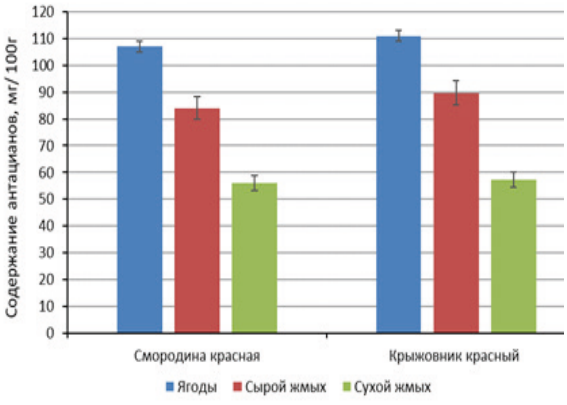
а) органические кислоты



б) витамин С



в) фенольные вещества



г) антоцианы

Рисунок 2 (а-г) – Содержание органических кислот, витамина С, фенольных веществ и антоцианов в исследуемых образцах ягод и жмыхе

Выявлено, что содержание органических кислот и витамина *С* в сыром ягодном жмыхе смородины красной и крыжовника красного составило 40-50% от исходного содержания в ягодах, что обусловлено их потерями при С при окислении их при контакте с металлическими деталями оборудования в процессе отжима. Обезвоживание жмыха до указанного остаточного содержания влаги (3-5% от массы сухого остатка) также приводит к значительной потере органических кислот и витамина *С* (до 90 %) от их исходного уровня в ягодах.

Результаты, приведенные на рисунке 2-в, свидетельствуют, что потери фенольных веществ в сыром ягодном жмыхе в среднем составляют 35% по отношению к их содержанию в ягодах, а при последующем обезвоживании жмыха путем ИК-сушки содержание фенольных веществ снижается примерно до 50% от исходного уровня.

Результаты, приведенные на рисунке 2-г, показывают, что содержание антоцианов в сыром жмыхе красной смородины и красного крыжовника составило 75% от их исходного содержания в ягодах. При высушивании содержание антоцианов снижается незначительно, что позволяет сохранить их количество около 55 мг в 100 г сухого жмыха.

В таблице 1 представлены результаты исследований влияния условий холодильного хранения на сохраняемость органических кислот и фенольных соединений в замороженном жмыхе красной смородины.

Таблица 1 – Динамика органических кислот и фенольных соединений в замороженном жмыхе красной смородины при холодильном хранении. – (18±1) °С, 60 сут.

Показатель	Продолжительность хранения, сут				
	До хранения	14	28	42	56
Содержание органических кислот, % от массы сухого остатка	6,91±0,41	5,98±0,36	5,23±0,29	4,11±0,40	1,86±0,21
Содержание фенольных веществ, г/100 г массы сухого остатка	0,88±0,10	0,73±0,11	0,64±0,09	0,55±0,05	0,41±0,04

Установлено, что в течение первого месяца хранения содержание органических кислот снижается менее интенсивно, чем в последующий период хранения, и составляет в среднем 1,2% каждые 14 суток. Скорость снижения фенольных веществ при этом составляет 0,6% каждые 14 суток хранения.

Заключение. Сравнительная оценка полученных результатов показала, что обезвоживание сырого ягодного жмыха, как вторичного продукта сокового производства, методом ИК-сушки при температуре 50°*С*, позволяет сохранить до 50% фенольных веществ и до 75% антоцианов (красная смородина и крыжовник) от их исходного содержания в ягодном сырье, но приводит к потере водорастворимых компонентов – органических кислот и витамина *С*. Заготовка и хранение сырого ягодного жмыха путем замораживания при температуре – (18±1)°*С* является равноэффективным способом сохранения водорастворимых фитокомпонентов и фенольных соединений ягодного сырья, однако более энергозатратным, а значит менее экономически выгодным.

Сухой ягодный жмых представляет собой полноценную витаминную добавку к ряду пищевых продуктов, в том числе, мучных кондитерский изделий, десертов, желе, кремов, соусов и кисломолочных напитков. Перспективным является использование сухого жмыха в качестве натуральной красящей добавки и загустителя в составе пищевых смесей [4, 7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Филонов А.В., Крампит М.А., Романенко В.И. Современное состояние и перспективные направления использования вторичных материальных ресурсов пищевой промышленности //Фундаментальные исследования. - 2017. – №5. - С.215-219

2. Фединишина Е.Ю., Елисеева С.А., Москвичева Е.В., Насрединова А.Ю. Обоснование технологии мучных кондитерских изделий с использованием вторичных пищевых ресурсов // Индустрия питания. Т.5. № 2. 2020. – С. 13-20.

3. Рециклинг отходов в АПК: справочник / И.Г. Голубев, И.А. Шванская, Л.Ю. Коноваленко, М.В. Лопатни-ков. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 296 с

4. Бакин И.А., Мустафина А.С., Вечтомова Е.А., Колбина А.Ю. Использование вторичных ресурсов ягодного сырья в технологии кондитерских и хлебобулочных изделий // Техника и технология пищевых производств. № 2 (45), 2017 – С. 5-11.

5. Шевченко А.И., Газизулина Н.А., Базарнова Ю.Г. Исследование состава биологически активных веществ в ягодном жоме и его использование в рецептурах ягодных десертов // Инновации в технологии продуктов здорового питания. Международная научная конференция: материалы. 2016. – С. 232-236.

6. Harborne J. B., Williams C. A. Anthocyanins and flavonoids // Natural Product Reports. – 2001. – 18. – P. 310–333.

7. Fröhling, B. Anthocyanins, total phenolics and antioxidant capacities of commercial red grape juices, black cur-rant and sour cherry nectars / B. Fröhling, C.-D. Patz, H. Dietrich, F. Will // Fruit processing. – May/June 2012 – pp. 100–104.

8. Francis F. J. Polyphenols as natural colorants // Polyphenolic Phenomena / A. Scalbert, ed. – Paris: Institut Na-tional de la Rocherche Agronomique, 1993. – P. 209–220.

9. John Shi,1 Jianmel Yu, Joseph E. Pohorly, and Yukio Kakuda Polyphenolics in Grape Seeds–Biochemistry and Functionality // JOURNAL OF MEDICINAL FOOD 6 (4) 2003. – p. 291–299

10. Натуральные пищевые красители: Обзорная информация /Н.В. Кацерикова, В.М. Позняковский. – Новосибирск: Издательство «ЭКОР». 1999. – 58 с.

11. Иванова Т.Н., Климов Р.В. Исследование бактерицидных свойств настоев лекарственного сырья // Хранение и переработка сельхоз сырья, 2002, №12

12. Лавренова Г. В. К вопросу засухоустойчивости и зимостойкости смородины красной; Энциклопедия лекарственных растений / Г. В. Лавренова, В. К. Лавренов. – Москва: АСТ, 2008. – 448 с

13. Цапалова И.Э., Губина М.Д., Позняковский В.М. Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений: Учебное пособие. – Новосибирск: издат. Новосибирского университета, 2000. –180 с

14. Губанов И. А. и др. 717. Grossularia reclinata (L.) Mill. (Ribes reclinatum L.) – Крыжовник отклонённый // Иллюстрированный определитель растений Средней России. В 3 т. –

М.: Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технолог. иссл., 2003. – Т. 2. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). – С. 353.

15. Голуб О.В., Степанова Е.Н., Тяпкина Е.В. Пищевая ценность и качество ягод красной смородины // Техника и технология пищевых производств. – № 1 (44). 2017. – С. 105-110.

16. ГОСТ 33977-2016 Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения общего содержания сухих веществ – М.: Стандартинформ, 2019. – 20 с.

17. ГОСТ ISO 750-2013 Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности – М.: Стандартинформ, 2019. – 10 с.

18. Brune M., Hallberg L., Skanberg A. B. Determination of iron-binding phenolic groups in foods // Journal of Food Science. – 1991. – 56. – P. 128–131

19. ГОСТ 32709-2014 Продукция соковая. Методы определения антоцианинов – М.: Стандартинформ, 2014. – 15 с.

20. ГОСТ 34151-2017 Продукты пищевые. Определение витамина С с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии – М.: Стандартинформ, 2019. – 18 с.

Статья поступила в редакцию 08.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 663.813:634.11
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0018

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ОСВЕТЛЕНИЯ ПЛОДОВОГО ВИНА МЕТОДОМ МИКРОФИЛЬТРАЦИИ НА ПЛОСКОЛИСТОВЫХ МЕМБРАННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

© 2020

Кувшинова Ольга Александровна, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции
Березин Михаил Александрович, кандидат технических наук,
доцент кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции
Кувшинов Алексей Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин имени профессора А.И. Лещанкина
Репин Андрей Дмитриевич, аспирант кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции
Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва
(430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, 68, e-mail: olga-kuvshinova@rambler.ru)

Аннотация. Плодовое вино может быть рекомендовано к умеренному потреблению с пользой для здоровья человека, благодаря наличию в его составе ряда полезных веществ. При производстве вина из яблок негативной стороной процесса брожения сусла является помутнение продукта, что вызвано многообразием биохимических превращений, при формировании основных компонентов. Для осветления виноматериала применяют ультразвук, мембранное фильтрование, электродиализ, обработку электромагнитным полем, инфракрасными лучами, СВЧ и др. Целью работы является изучение микрофильтрационного осветления яблочного вина и физико-механических показателей продукта до и после фильтрации. Объектом исследования является яблочное вино, изготовленное по классической технологии в лабораторных условиях. Полученная зависимость проницаемости мембран при фильтрации яблочного вина от фактора объемного концентрирования ретентата при T = 25°C свидетельствует, что снижение коэффициента проницаемости примерно на 16...18% в процессе фильтрации обусловлено образованием и ростом гелевого слоя на поверхности мембран и имеет экспоненциальный характер. Изученные зависимости плотности проб яблочного вина до и после микрофильтрации в исследуемом диапазоне температур подчиняются линейному закону и отличаются незначительно. Полученная зависимость динамической вязкости вина, не содержащего дисперсной фазы, показывает, что благодаря удалению компонентов, вызывающих коллоидные помутнения, обеспечивается производство стабильного вина. По реологическим характеристикам яблочное вино относится к классу ньютоновских сред с зависимостью реологических параметров от концентрации растворенных веществ. Степень снижения проницаемости для плосколистовых мембран составляет примерно 15...19%. После каждой мойки при следующей фильтрации показатели ухудшаются в пределах 3...5%. При этом после регенерации величины расходов пермеата и коэффициентов проницаемости возрастают. Рекомендовано перед микрофильтрацией проводить предварительную ферментацию виноматериала.

Ключевые слова: мембранная технология, микрофильтрация, осветление, плодовое вино, физико-механические показатели, динамическая вязкость.

STUDY OF FRUIT WINE CLARIFICATION PROCESS BY MICROFILTRATION ON FLAT-SHEET MEMBRANE ELEMENTS

© 2020

Kuvshinova Olga Alexandrovna, cand. sci., associate Professor, associate Professor of the Department of Mechanization of Agricultural Products Processing
Berezin Mikhail Alexandrovich, cand. sci., associate Professor of the Department of Mechanization of Agricultural Products Processing
Kuvshinov Aleksey Nikolaevich, cand. sci., associate Professor of the Department of Mobile Energy Means and Agricultural Machines named after prof. A.I. Leshchankin
Repin Andrey Dmitrievich, postgraduate student of the Department of Mechanization of Agricultural Products Processing
Mordovia State University named after N.P. Ogareva
(430005, Russia, Saransk, Bolshevitskaya, 68, e-mail: olga-kuvshinova@rambler.ru)

Abstract. Fruit wine can be recommended for moderate consumption with health benefits, due to the presence of a number of useful substances in its composition. When producing wine from apples, the negative side of the wort fermentation process is the haze of the product, which is caused by a variety of biochemical transformations, when forming the main components. Ultrasound, membrane filtration, electrodialysis, treatment with electromagnetic field, infrared rays, microwave, etc. are used to clarify wine material. The purpose of the work is to study microfiltration of apple wine and physical and mechanical parameters of the product before and after filtration. The object of the study is apple wine made using classical technology in laboratory conditions. The obtained dependence of the permeability of membranes during filtration of apple wine on the factor of volume concentration of retentate at T = 25 ° C indicates that the decrease in permeability coefficient by about 16... 18% during filtration is due to the formation and growth of a gel

layer on the surface of membranes and has an exponential character. The studied dependencies of the density of apple wine samples before and after microfiltration in the investigated temperature range obey the linear law and differ slightly. The obtained dependence of the dynamic viscosity of a wine that does not contain a dispersed phase shows that by removing components causing colloidal haze, stable wine production is ensured. Conclusions. According to rheological characteristics, apple wine belongs to the class of Newtonian media with a dependence of rheological parameters on the concentration of solutes. The degree of decrease in permeability for flat-sheet membranes is approximately 15...19%. After each wash at the next filtration, the indicators deteriorate within 3...5%. After regeneration permeate flow rates and permeation coefficients increase. Prefermentation of wine material is recommended before microfiltration.

Keywords: membrane technology, microfiltration, clarification, fruit wine, physical and chemical indicators, dynamic viscosity.

Введение. Одним из перспективных направлений переработки плодов и ягод является развитие качественного плодово-ягодного виноделия [1]. На вкусовые и питательные качества вина большое воздействие оказывают физико-механические свойства и сорт исходного сырья, методика извлечения и предварительной обработки сока, в том числе применение дрожжей и ферментации, срок выдержки и способ осветления вина. Наличие в вине дубильных веществ, органических кислот, ферментов и витаминов позволяет рекомендовать продукт к умеренному потреблению с пользой для здоровья человека. В яблочном соке общее количество коллоидов составляет 5…7 г/дм^3, содержание калия до 150 мг/100 см^3 и железа до 2 мг/100 см^3.

В яблочном соке, в отличие от виноградного и других соков, содержится мало азотистых соединений в усвояемой форме. Данный факт влияет на повышение срока брожения. Процесс ферментации яблочного сусла отличается разнообразием биохимических превращений, в ходе каковых создаются основные элементы, инициирующие помутнение продукта [2].

Одним из важных вопросов яблочного виноделия считается осветление исходного сока и получаемого виноматериала. В яблоках содержится большое количество полисахаридов, которые обладают высокой гелеобразующей способностью, повышают мутность и вязкость нативного яблочного сока, а так же усложняют его фильтрацию [3-7].

Осветление соков, виноматериалов и собственно вина необходимо для выполнения следующих задач: предварительной очистки (для облегчения последующего отделения взвешенных частиц мякоти); стабилизации продукта удалением веществ, вызывающих помутнение; в ряде случаев – улучшения органолептических свойств.

Плодовый виноматериал осветляют особыми веществами, которые абсорбируют ненужные частицы, заставляя их выпасть в осадок. В мировой практике виноделия также применяют ультразвук, мембранное фильтрование, электродиализ, обработку электромагнитным полем, инфракрасными лучами, СВЧ и другие [8-16].

Используемые приемы в разной степени воздействуют на вкусовые качества, а также приводят к потере части ценных веществ, связанных с полифенольными комплексами. В свою очередь, это снижает пищевую ценность вина и его органолептические показатели.

Наиболее перспективным направлением является мембранная фильтрация, которая позволяет удалять высокомолекулярные компоненты (например, белки и крахмал) и взвешенные твердые частицы. Микрофильтрация обеспечивает высокую рентабельность и качество продукта, являясь хорошей заменой традиционного процесса.

Перед фильтрацией вино необходимо ферментировать для понижения содержания пектина, далее – предосветлить с целью оптимизации процесса мембранной фильтрации. Рекомендуемые процедуры позволяют получить превосходное качество, высокий выход продукта и оптимальную производительность. Установлено, что осветления плодово-ягодных соков и вин с помощью мембранной технологии позволяет предотвратить их помутнение в процессе хранения и соответственно увеличить его допустимый срок [17].

В данной работе представлены результаты изучения микрофильтрационного осветления яблочного вина и физико-механических показателей продукта до и после фильтрации.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования является плодовое яблочное вино, изготовленное в лабораторных условиях по классической технологии в 2019 году.

Тщательно отсортированные и промытые яблоки (сорта Антоновка) измельчали в лабораторной двухшнековой соковыжималке *Angel*. Полученную мезгу выдерживали в резервуаре 20 мин при температуре 50°С, затем ее охлаждали до 30°С и прессовали для получения сока. Отпрессованный сок осветляли с помощью нутч-фильтра. Для приготовления сусла осветленный сок смешивали в необходимых пропорциях согласно известной рецептуре [19]. При этом добавляли воду для снижения кислотности и сахар, необходимый для начала процесса сбраживания. Также вносили азотистое питание в виде водного раствора аммиака (концентрация 25%) в количестве 0,2 мл/л и разводку чистой культуры винных дрожжей в количестве 3% от объема сусла. Сахар вносили в 2 этапа: в начале производства вина и через 14 дней. Сбраживание сусла вели до остаточного содержания сахара не более 0,5%. Далее полученный виноматериал сливали с осадка и отстаивали при температуре 5°С в течение 10 дней. Затем по истечении недели фильтровали, разливали по стерилизованным бутылкам и укупоривали пробками.

Основной процесс фильтрования яблочного вина

проводили с использованием плосколистовых мембранных элементов *Alfa Laval-MF0,45PP* (с отсечкой 0,45 мкм, общая площадь фильтрации 0,0173 м^2) на лабораторной установке *Lab Unit M20*. Процесс осветления продукта включал серию из шести циклов «фильтрация вина – мойка» с отбором фильтрата при температуре 25º С и трансмембранном давлении 0,155 МПа. При этом не допускалось снижение производительности мембранной установки по пермеату ниже 80…75% от паспортной. Важным этапом исследования являлась оценка эффективности химической мойки мембранных элементов средствами компаний *Diversey* (США).

Микрофильтрация велась с автоматическим фиксированием давления на входе и выходе трансмембранного канала, а также производительности по пермеату и ретентату. По завершении цикла фильтрации отбирались пробы для определения кислотности и жесткости ретентата и пермеата, установления присутствия микрофлоры. Продолжительность эксперимента не превышала 8 ч. [19].

Ополаскивание мембранной установки производилась с определением значения коэффициента проницаемости по дистиллированной воде. Вода подготавливалась на установке *Alfa Laval PilotUnit 2.5″* с применением обратноосмотических спиральных элементов.

Регенерация мембранных элементов рекомендована при снижения проницаемости свыше на 20 %. При химическом способе в качестве моющих средств выбраны: щелочное *Divos 116*; кислотное *Divos 2*; ферментное *Divos 80-2* со щелочной добавкой *Divos 95*.

Оценка физико-механических показателей яблочного вина проводилась по показателям: плотность с использованием вибрационного плотномера *ВИП-2М* [20]; вязкость определялась шариковым вискозиметром фирмы *HAAKE*; активная кислотность *pH* измерялась на иономере с комбинированным электродом *HANNA*; контроль содержания растворенных веществ осуществлялся с помощью *TDS*-метра *TDS*-3 компании *HM Digital*.

Исследование зависимости плотности продукта от температуры в интервале от 20 до 50°С проводилось на 5 пробах (в трех повторных измерениях первичных данных) на вибрационном плотномере *ВИП-2М* [21].

Микровискозиметр (Германия) позволяет использовать образцы жидких сред очень малого объема (менее 0,5 см^3). При измерении вязкости прибор фиксирует время (в миллисекундах) падения стального позолоченного шара между двумя световыми барьерами. Необходимая температура измерения поддерживается термостатом.

Ньютоновская вязкость рассчитывается по следующей формуле:

$$\mu = k(\rho_ш - \rho_ж)t$$

где k – калибровочный коэффициент, определяемый путем измерения времени падения шарика в ньютоновской жидкостью с известной вязкостью, мПа·см^3/г; $\rho_ш$ = 7,08 и $\rho_ж$ – плотность материала шара и жидкости, г/см^3; t – среднее значение времени падения шара, с.

Для предварительного подбора мембранных элементов и последующей разработки процесса осветления вина необходимо изучить размеры частиц дисперсной фазы яблочного вина. Данный анализ проведен на лазерном анализаторе *LaSca* в автоматическом режиме [22].

Результаты исследования. В ходе микрофильтрации яблочного плодового вина была получена зависимость проницаемости мембран при фильтрации продукта от фактора объемного концентрирования ретентата при Т = 25° С (рис. 1).

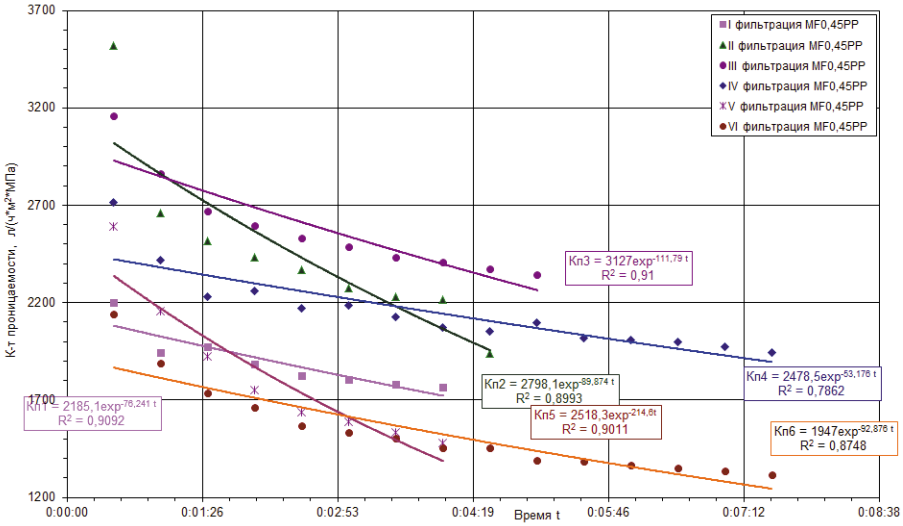


Рисунок 1 – Проницаемость MF-мембран по вину плодовому яблочному

Полученные данные показывают, что в ходе микрофильтрации снижение коэффициента проницаемости мембран происходит экспоненциально примерно на 16...18 %.

Наиболее вероятно, это связано с образованием и ростом гелевого слоя на поверхности мембранных элементов.

Зависимость коэффициента проницаемости от

среднего давления в канале ретентата при фильтрации воды при T = 26°С представлена на рисунке 2. Расход пермеата и коэффициент проницаемости растет после химической очистки мембран. Можно сделать вывод, что режим регенерации мембран, состоящий из промывки ферментным, кислотным и щелочным моющими средствами фирмы *Diversey*, а также ополаскивания водой до нейтрального уровня *pH*, подобран правильно.

После мембранного осветления фильтрат светло-желтый, прозрачный, с ароматом терпкий яблок. Вкус фильтрата полный, игристый, сладкий, практически без потери сахара и кислотности. Объемная доля этилового спирта 5,2%. Массовая концентрация сахаров 45 г/дм^3.

В результате мембранного осветления при хранении в течение 12 месяцев при температуре 10°С химический состав и вкусовые качества продуктов не изменились.

Изучена зависимость плотности вина от температуры на пробах вина до и после микрофильтрации. Результаты типичных зависимостей для фильтрата представлены на рисунке 3, а. Из графиков видно, что плотности проб плодового вина в исследуемом диапазоне температур подчиняются линейному закону и отличаются незначительно.

На втором этапе изучена зависимость динамической вязкости вина, не содержащего дисперсной фазы. Полученные типичные зависимости динамической вязкости плодового вина представлены на рисунке 3,б.

На лазерном анализаторе размеров дисперсных частиц «*ЛАСКА-1К*» гранулометрическим методом получены значения количества фильтруемых частиц плодового вина и представлены в таблице 1.

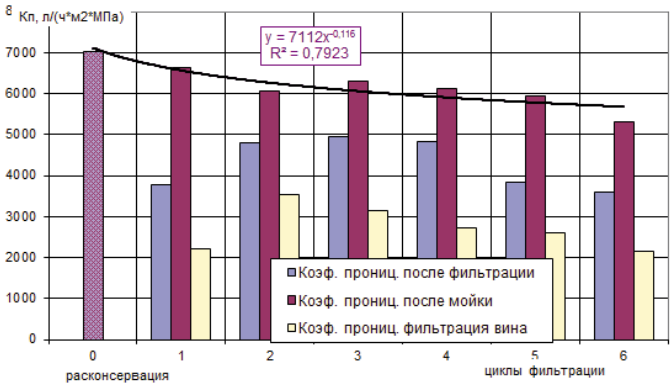
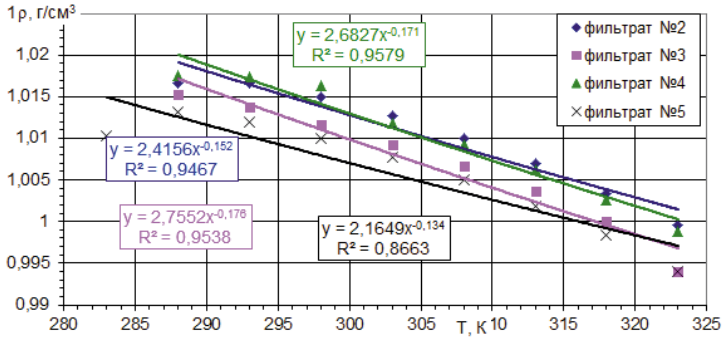
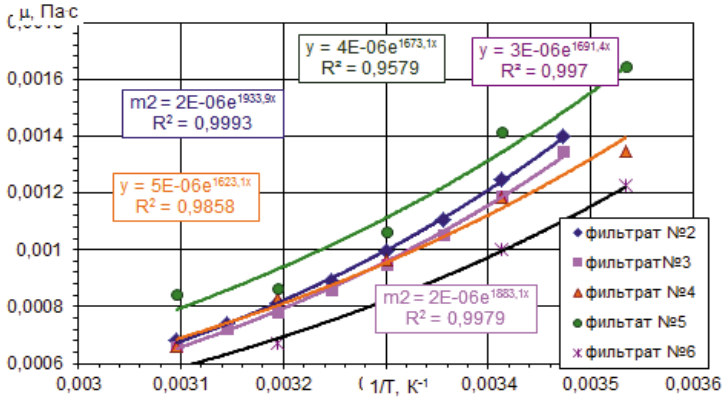


Рисунок 2 – Изменение коэффициента регенерации по воде мембран Alfa Laval-MF по циклам «фильтрация яблочного плодового вина – мойка»



а)



б)

Рисунок 3 – Результаты исследования фильтрата плодового вина: а – плотности; б – динамической вязкости

Таблица 1 – Значение размеров частиц дисперсной фазы яблочного вина

проба	Ретентат №1	Фильтрат №1	Ретентат №2	Фильтрат №2	Ретентат №3	Фильтрат №3	Ретентат №4	Фильтрат №4	Ретентат №5	Фильтрат №5	Исходная
$d_{ср}$, мкм	0,5136	19,87	9,519	0,7994	0,8799	0,7281	0,6387	0,3292	0,725	1,171	0,399
d10	0,2087	12,71	3,79	0,389	0,3658	0,2311	0,3577	0,2266	0,3794	0,503	0,204
d25	0,4164	15,41	5,438	0,5834	0,5486	0,4623	0,5365	0,4531	0,5692	0,755	0,409
d50	0,6245	19,26	8,24	0,779	0,7315	0,6934	0,7153	0,6797	0,7589	1,007	0,613
d75	0,8327	23,5	12,03	0,9224	1,097	0,9245	0,8942	0,9062	0,9486	1,51	0,818
d90	1,041	28,51	17,3	1,361	1,463	1,387	1,073	1,133	1,328	2,014	1,023
SKO	0,1748	43,06	0,313	0,394	0,2477	0,9631	0,2356	2,501	0,3596	3,876	0,248

На основании проведённых исследований для производства стабильного плодового яблочного виноматериала рекомендуется перед микрофильтрацией проводить предварительную ферментацию. Благодаря максимальному удалению компонентов, вызывающих коллоидные помутнения, на стадии сбраживания сока, обеспечивается производство стабильного вина [3].

Заключение. Установлено, что по реологическому поведению плодовое яблочное вино относится к классу ньютоновских сред с зависимостью реологических характеристик от концентрации растворенных веществ. Получены значе-ния плотности дисперсной фазы, фильтрата и ретентата плодового вина с различным содержанием дисперсной фазы в диапазоне температур 15...50 ºС. Исследованы размеры частиц носителей и частиц дисперсной фазы для корректировки выбора плосколистовых полимерных мембран.

Степень снижения проницаемости для плосколистовых мембран составляет примерно 15...19 %. После каждой мойки при следующей фильтрации показатели ухудшаются в пределах 3...5 %. При этом после регене-рации величины расходов пермеата и коэффициентов проницаемости возрастают.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Назарова Н.Е., Залетова Т.В., Зубова Е.В., Кулагина К.А. Технология производства купажных плодово-ягодных вин // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81, № 4. С. 117–121. DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-4-117-121.

2. Агеева Н.М., Прах А.В., Ширшова А.А., Аванесьянц Р.В. [и др.] Совершенствование технологии произ-водства и стабилизации фруктовых вин // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 55 (1). С. 131-143.

3. Бахарев В.В., Киселева Н.А. Исследование возможности использования диких дрожжей при производстве яблочных вин // Известия Высших учебных заведений. Пищевая технология. 2015. № 4 (346). С. 50-53.

4. Bhattacharjee C., Saxena V.K., Dutta S. Fruit juice processing using membrane technology: A review // Innova-tive food science & emerging technologies. 2017. Vol. 43. P. 136–153. DOI: 10.1016/j.ifset.2017.08.002.

5. Roberto Castro-Munoz. Chapter 5 – Membrane technologies for the production of nonalcoholic drinks // Trends in Non-alcoholic Beverages. 2020. P. 141–165. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816938-4.00005-7.

6. Понедельченко А.А Влияние ультразвука на кислотность вина и виноматериалов в процессе осветления в трубчатых мембранных фильтрах // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 3 (69). С. 26–29.

7. Агеева Н.М., Киян А.Т., Панарин В.М. Осветление и стабилизация вин с помощью отечественных бенто-нитов // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 59 (5). С. 144–154.

8. Azar RISL, Morales MD, Maitan-Alfenas GP, Falkoski DL [et al.]. Apple juice clarification by a purified polyga-lacturonase from Calonectria pteridis // Food and bioproducts processing. 2020. T. 119. P. 238–245. DOI: 10.1016/j.fbp.2019.11.013.

9. Miyawaki O., Gunathilake M., Omote C., Koyanagi T. [et al.]Progressive freeze-concentration of apple juice and its application to produce a new type apple wine // Journal of Food engineering. 2016. T. 171. P. 153–158. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2015.10.022

10. Мамедов Б.А., Мамедова А.Р., Фаталиев Х.К. Усовершенствование установки для криообработки соков и вин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 2. С. 110–114.

11. Гержикова В.Г., Кулёв С.В., Сильвестров А.В., Чаплыгина Н.Б. [и др.] Изменение значений физико-химических показателей при поточной обработке виноматериалов, склонных к коллоидным и кристаллическим помутнениям // Русский виноград. 2018. Т. 7. С. 172–178.

12. Иванов В.Н., Ахромеева Н.А. Физические и химические методы стабилизации вина против кристалличе-ского помутнения // Colloquium-journal. 2020. № 23-1 (75). С. 33–34.

13. Кашкара К.Э., Кашкара Г.Г., Гугучкина Т.И. Стабилизация вина к кристаллическим помутнениям с по-мощью электродиализа // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 50 (2). С. 123–135.

14. Апель П.Ю., Бобрешова О.В., Волков А.В., Волков В.В. [и др.]. Перспективы развития мембранной науки // Мембраны и мембранные технологии. 2019. Т. 9. № 2. С. 59–80.

15. Подгорнова Н.М., Петров С.М. Применение керамических мембран при осветлении и пастеризации со-ков для детского питания // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. 2019. № 12 (12). С. 199–203.

16. Загоруйко В.А., Сильвестров А.В., Виноградов В.А. Применение флотационного эжекторного способа для осветления виноградного сусла и яблочного сока // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». 2015. № 8. С. 95–96.

17. Кувшинова О.А., Репин А.Д. Результаты осветления яблочного сока ультразвуком // Инновации в сель-ском хозяйстве. 2019. № 2 (31). С. 244–250.

18. Домашнее вино из яблок по технологии виноделов. [Загл. с экрана]. – Режим доступа: https://therumdiary.ru/napitki/vina/domashnee-vino-iz-yablok-po-texnologii-vinodelov.html. (Дата обращения 20.07.20).

19. Кувшинова О.А., Водяков В.Н., Репин А.Д. Мембранная технология осветления яблочного сока // Сель-ский механизатор. 2019. № 2. С. 28–29.

20. Ледяйкина Н.А. Методика работы на плотномере ВИП-2М для исследования физических характеристик продуктов пищевой промышленности // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2016. С. 281–287.

21. Кувшинова О.А., Сардаева М.Н. Методика работы на лазерном анализаторе «ЛАСКА-1К» // Энергоэф-фективные и ресурсосберегающие технологии и системы: межвузовский сборник научных трудов. Саранск, 2016. С. 268–273.

Статья поступила в редакцию 21.10.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 637.071
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0019

ФОРМИРОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ МОЛОЧНЫХ СОСТАВНЫХ НАПИТКОВ

©2020

Нилова Людмила Павловна, кандидат технических наук, доцент, доцент Высшей школы сервиса и торговли
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(194064, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: nilova_l_p@mail.ru)
Иванова Виктория Викторовна, кандидат технических наук, доцент, доцент
Российская таможенная академия, Санкт-Петербургский филиал имени В.Б. Бобкова
(192241, г. Санкт-Петербург, ул. Софийская, д.52, лит. А; e-mail: astafyeva14@yandex.ru)
Малютенкова Светлана Михайловна, кандидат технических наук, доцент,
доцент Высшей школы сервиса и торговли
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(194064, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: malutesha66@mail.ru)

Аннотация. В статье обсуждаются факторы, формирующие антиоксидантные свойства молочных составных напитков. На примере напитков на основе молока «Актимель», «Имунеле» и на основе сыворотки «Актуаль» с разными растительными ингредиентами были проведены исследования антиоксидантной активности разными методами: FRAP, DPPH, кулонометрическое титрование. Полученные результаты значительно варьировали в зависимости от используемого метода определения антиоксидантной активности: FRAP> DPPH> кулонометрическое титрование. Однако была установлена общая тенденция зависимости значений антиоксидантной активности напитков от состава сырьевых ингредиентов. Напитки на основе молока – «Актимель» и «Имунеле» имели более выраженные антиоксидантные свойства, чем напитки на основе сыворотки «Актуаль». При более высокой массовой доли жира антиоксидантная активность напитков на основе молока была выше. Внутри групп напитков прослеживалась зависимость от использованного фруктово-ягодного сырья. Преобладание в составе напитков растительных ингредиентов в виде пюре, содержащих антоцианы в больших количествах, повышало значения их антиоксидантной активности. Наиболее выраженные антиоксидантные свойства имел молочный составной напиток «Актимель» Черника-Ежевика, выработанный на основе молока, с массовой долей жира 2,5%, и растительных ингредиентов в виде пюре черники и ежевики.

Ключевые слова: молочные составные напитки, состав, антиоксидантные свойства, FRAP, DPPH, кулонометрическое титрование.

FORMATION OF ANTIOXIDANT PROPERTIES OF DAIRY COMPOSITE DRINKS

©2020

Nilova Liudmila Pavlovna, phD of Engineering, associate Professor,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
(194021, Russia, Saint-Petersburg, Polytechnic Street, 29, e-mail: nilova_l_p@mail.ru)
Ivanova Victoria Viktorovna, phD of Engineering, associate Professor,
Russian Customs Academy St.-Petersburg branch named after Vladimir Bobkov
(192241, St. Petersburg, Sofiyskaya st., 52, lit. A, e-mail: astafyeva14@yandex.ru)
Malutenkova Svetlana Michailovna, phD of Engineering, associate Professor,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
(194021, Russia, Saint-Petersburg, Polytechnic Street, 29, e-mail: e-mail: malutesha66@mail.ru)

Abstract. The article discusses the factors that form the antioxidant properties of dairy composite drinks. On the example of milk-based drinks such as "Actimel", "Imunele" and drinks based on the serum "Actual" with different plant ingredients, the antioxidant activity was studied by different methods: FRAP, DPPH, coulometric titration. The results obtained varied significantly depending on the method used for determining the antioxidant activity: FRAP> DPPH> coulometric titration. However, a general tendency was established for the dependence of the values of the antioxidant activity of beverages on the composition of the raw ingredients. Milk-based drinks - "Actimel" and "Imunele" had more pronounced antioxidant properties than drinks based on the serum "Actual". With a higher mass fraction of fat, the antioxidant activity of milk-based drinks was higher. Within the groups of drinks, there was a dependence on the used fruit and berry raw materials. The predominance of puree plant ingredients, which were high in anthocyanins, increased the antioxidant activity in dairy composit drinks. The most pronounced antioxidant properties were possessed by the fermented milk drink "Actimel" Bilberry-Blackberry, made on the basis of milk with a mass fraction of 2.5% fat and vegetable components in the form of blueberry and blackberry puree.

Keywords: dairy drinks, composition, antioxidant activity, FRAP, DPPH, coulometric titration.

Введение. В последние годы в ассортименте продукции молокоперерабатывающих предприятий наблюдается стремительный рост в сегменте молочных составных продуктов. В их состав входят растительные ингредиенты, которые расширяют линейку ассортимента, позиционируют себя продуктами для

здорового питания, привлекая внимание потребителей [1, 2]. Самый широкий ассортимент представлен ферментированными напитками (йогуртами), а также напитками на основе молока или сыворотки с использованием или без пробиотических микроорганизмов [3]. Растительные ингредиенты наряду с молочной составляющей формируют антиоксидантные свойства напитков [4-6].

Молочные составные напитки вырабатывают на основе молока или сыворотки. Антиоксидантные свойства молока обусловлены токоферолами, ретинолами, каротиноидами, а также белковыми соединениями [3]. Среди белковых веществ антиоксидантные свойства приписывают лактоферрину, альбумину, β-лактоглобулину и казеину за счет способности образовывать хелатные соединения с металлами переменной валентности [4]. В научной литературе представлены противоречивые данные об антиоксидантных свойствах молока и его потерях при термической обработке. Так, при термической обработке молока его антиоксидантная активность может снизиться почти на 50% [7, 8]. И наоборот, приводится зависимость антиоксидантной активности молока от различных видов термической обработки: сырое <стерилизованное <пастеризованное [9]. Ультрапастеризованное молоко теряет антиоксиданты по сравнению более низкой термической обработкой, используемой при пастеризации [10]. Антиоксидантная активность молока после ферментации зависит от качественного состава заквасочной микрофлоры. При производстве йогуртов, где при сквашивании используются молочнокислые стрептококки и болгарская палочка, происходит снижение антиоксидантной активности (*DPPH*-тест) на 10% и более по сравнению с молоком [11]. При использовании ацидофильной палочки для сквашивания, антиоксидантная активность (*ABTS*-тест) ферментированного продукта незначительно возрастает [12].

Антиоксидантные свойства сыворотки обуславливают сывороточные белки, серосодержащие аминокислоты (1,7%) и аминокислоты с разветвленной цепью (26%) [13]. Причем, чем меньше молекулярная масса белков и аминокислот, тем выше антиоксидатная активность. Так, каждый мономер лактоферрина может связывать 2 иона $Fe3^{+}$. *ORAC* результаты показали, что фракции сыворотки, содержащие пептиды с молекулярной массой 1 кДа имеют значения 0,91 мкмоль ТЭ / мг, чем фракции, с молекулярной массой 5 кДа (0,75 мкмоль ТЭ/мг). Антиоксидантная активность низкомолекулярных пептидов сыворотки сравнима с синтетическим антиоксидантом, бутилированным гидроксианизолом (2,43 мкмоль ТЭ), но в 1,7-4 раза ниже, чем полифенолы растений катехин и кверцетин (14,9 и 10,5 мкмоль ТЭ, соответственно). Ферментативный гидролиз белков сыворотки с образованием простых пептидов, pH повышают ее антиоксидантные свойства, а термическая обработка снижает [13-15]. В промышленных масштабах сыворотку получают ультрафильтрацией или криоконцентрированием [16].

Растительные ингредиенты в сочетании с молоком или сывороткой позволяют получить составной напиток с более выраженными антиоксидантными свойствами, чем исходные рецептурные компоненты. Так, добавление экстракта красного женьшеня в количестве 2% в молоко и йогурты повышает их антиоксидантную активность (*DPPH*-тест) в 2,8 и 3,2 раза, соответственно [17]. В ферментированных напитках растительные ингредиенты способствуют развитию молочнокислых микроорганизмов, формируя сенсорные и антиоксидантные свойства [18, 19]. Причем продолжительность ферментации увеличивает антиоксидантную активность только гидрофильной фракции, а липофильной – уменьшает [19]. Это подтверждает решающую роль растительных ингредиентов в формирование антиоксидантных свойств и зависит от их вида, увеличиваясь в напитках с растительными ингредиентами, содержащими антоцианы [20]. Термическая обработка сыворотки может привести к снижению ее антиоксидантных свойств [21].

Целью исследований является изучение влияния молочного и растительного сырья на антиоксидантные свойства молочных составных напитков.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на образцах молочных составных напитков на основе молока «*Актимель*» и «*Имунеле*» и на основе сыворотки «*Актуаль*» с различными растительными ингредиентами (табл. 1), реализуемые в розничной торговле.

Таблица 1 – Наименование и состав основных компонентов объектов исследований

Наименование		Компоненты, влияющие на антиоксидантную активность напитка	
		молочная основа	плодово-ягодное сырье
Актимель	Черника-Ежевика	молоко обезжиренное, сливки, сухое молоко	пюре черники и ежевики
	Клубника		клубничное пюре
	Мультифрукт		концентрированные соки персика, банана, маракуйи, ананаса; концентрированное пюре манго
Имунеле	Черника	молоко нормализованное, сыворотка молочная сухая*	концентрированные соки яблочный и черничный
	Клубника-Княженика		концентрированные соки яблочный и клубничный, пюре клубники
	Малина-Морошка		концентрированный малиновый сок
Актуаль	Черника-Смородина	восстановленная молочная сыворотка	концентрированные соки черной смородины, черной моркови, яблока и черники
	Клубника-Малина		концентрированные соки яблочный, клубничный и малиновый
	Персик-Маракуйя		концентрированные соки персика и маракуйи

*Примечание: *сыворотка молочная сухая входит только в состав напитка «Имунеле со вкусом «Клубника-Княженика»*

«*Актимель*» и «*Имунеле*» представляли собой напитки кисломолочные с различными вкусами в зависимости от растительных ингредиентов и ароматизаторов и обогащенные пробиотиками. Все исследуемые образцы были обогащены витаминно-минеральными комплексами/премиксами.

Антиоксидантную активность определяли тремя методами: спектрофотометрически методом *FRAP* с ортофенантролином, основанном на способности трехвалентного железа образовывать хелатные комплексы, и методом *DPPH*, по способности антиоксидантов связывать стабильный свободный радикал *DPPH*. Кулонометрическое титрование осуществляли на титранте «Эксперт-006» электрогенерированным бромом при постоянной силе тока. Полученные результаты выражали в мг в пересчете на аскорбиновую кислоту (АК).

Результаты исследований. Молочные составные напитки были выработаны с использованием различного молочного и растительного сырья. В напитках «*Актимель*» молочная основе представляла собой обезжиренное и сухое молоко, а также сливки для нормализации продукта по массовой доле жира. В напитках «*Имунеле*» в качестве молочной основы было использовано нормализованное молоко. В результате массовая доля жира в напитке «*Актимель*» составляла 2,5%, а в «*Иммунеле*» - 1,2%. Напитки «*Актуаль*» были произведены путем восстановления сухой молочной сыворотки. Растительные ингредиенты были представлены соками и пюре, виды которых варьировали в зависимости от наименования. Отсутствие в составе напитков «*Актимель*» и «*Имунеле*» некоторых видов соков создало необходимость называть эти продукты «со вкусом». Дополнительно к информации, представленной в таблице 1, следует отметить, что в составе напитков «*Актимель*» и «*Имунеле*» использовались красители в виде антоцианов, карминов, каротинов, которые могут повлиять на формирование их антиоксидантных свойств.

Антиоксидантная активность напитков, определенная разными методами, даже в пересчете на одно стандартное вещество, различалась в широких пределах (табл. 2). Однако общая тенденция зависимости антиоксидантных свойств напитков от состава сырьевых ингредиентов прослеживалась независимо от метода. Напитки на основе молока – «*Актимель*» и «*Имунеле*» имели более выраженные антиоксидантные свойства, чем напитки на основе сыворотки «*Актуаль*». Внутри групп прослеживалась зависимость от использованного фруктово-ягодного сырья. Преобладание в составе напитков растительных ингредиентов, содержащих антоцианы в больших количествах, повышало значения их антиоксидантной активности.

FRAP тест показал, что для напитков на основе молока «*Актимель*» и «*Имунеле*» полученные значения находились в пределах от 8,0 до 10,14 мг/100 мл, причем в группе напитков «*Актимель*» они были выше на 6-15%. Исходя из состава ингредиентов, можно предположить о влиянии жирорастворимых антиоксидантов при большей массовой доли жира в напитках «*Актимель*». Это также может быть причиной низких значений *FRAP* теста в напитках на основе сыворотки «*Актуаль*», которые были меньше, чем в напитках на основе молока в 6-20 раз. Жирорастворимые антиоксиданты, в частности токоферолы и каротиноиды, первыми нейтрализуют свободные радикалы, окисляясь сами, а аскорбиновая кислота, содержащаяся в растительных ингредиентах, восстанавливает их. В тоже время казеин и другие белки молока образуют хелатные соединения, а концентрат сывороточных белков, не подвергшийся гидролизу, содержит мало низкомолекулярных пептидов и аминокислот с разветвленной цепью [13].

Таблица 2 – Антиоксидантная активность молочных составных напитков

Наименование		Антиоксидантная активность, мг / 100 мл напитка в пересчете на аскорбиновую кислоту		
		FRAP	DPPH	кулонометрическое титрование
Актимель	Черника-Ежевика	10,14±0,15	8,50±0,10	1,33±0,05
	Клубника	8,53±0,10	6,94±0,08	0,96±0,02
	Мультифрукт	9,63±0,20	7,85±0,10	1,28±0,02
Имунеле	Черника	8,75±0,10	7,24±0,10	1,21±0,02
	Клубника-Княженика	8,00±0,20	6,75±0,06	1,15±0,03
	Малина-Морошка	8,25±0,12	7,00±0,10	1,18±0,01
Актуаль	Черника-Смородина	1,55±0,05	1,30±0,05	0,59±0,01
	Клубника-Малина	0,66±0,01	0,56±0,02	0,47±0,02
	Персик-Маракуйя	0,37±0,01	0,31±0,02	0,42±0,02

Результаты *DPPH* теста напитков отличались от *FRAP* теста более низкими значениями. В напитках «*Актимель*» эта разница составляла от 19 до 23%, а «*Имунеле*» и «*Актуаль*» 17-18%. *DPPH* тест характеризует прямое взаимодействие антиоксидантов со свободными радикалами, поэтому решающую роль здесь играют полифенолы растительного сырья, и чем их больше, в первую очередь, антоцианов, тем выше будут значения антиоксидантной активности. В группах разных напитков четко прослеживается тенденция зависимости вида растительных ингредиентов и значений *DPPH*. Самые высокие значения *DPPH* имели напитки с чернично-ежевичным пюре «*Актимель*», а затем с черничным соком «*Имунеле*», значения которого превысили *DPPH* «*Актимель*» с клубничным пюре. Но концентрированные соки в напитках «*Актуаль*» не смогли значительно увеличить их антиоксидатную активность, определенную методом *DPPH*.

При использовании для определения антиоксидантной активности кулонометрического титрования, получаемые значения зависели от количества веществ, вступающих в электрохимическую реакцию. Электрогенерированный бром вступает в реакцию по кратным связям, охватывая, в большей степени, антиоксиданты растительного сырья, но может также вызвать разрыв двойных связей в жирных кислотах. Воз-

можно поэтому антиоксидантная активность напитка «*Актимель*» выше, чем напитка «*Имунеле*», и самая низкая у напитков без жира на основе сыворотки. Но в целом тенденция значений антиоксидантной активности остается такой же, что и при использовании других методов определения.

Заключение. Антиоксидантные свойства молочных составных напитков «*Актимель*», «*Имунеле*» и «*Актуаль*» с разными растительными ингредиентами были исследованы с использованием разных методов: *FRAP*, *DPPH* и кулонометрическое титрование. Несмотря на значительные различия в результатах исследований, прослеживается общая тенденция комплексного влияния молочного и растительного сырья на антиоксидантную активность напитков. Напитки на основе молока обладают большей антиоксидантной активностью, чем напитки на основе сыворотки. Увеличение массовой доли жира молока повышает антиоксидантную активность напитков. Пюре, используемое в качестве растительных ингредиентов, повышает антиоксидантную активность напитков, по сравнению с использованием концентрированных соков. Чем больше растительные ингредиенты содержат антоцианов, тем выше антиоксидантная активность напитков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Khramtsov A.G. Tradition and innovation of dairy industry // Foods and raw materials. 2015. V.3. №1. – P. 140-141.

2. Рожкова И.В., Бегунова А.В. Пробиотические микроорганизмы как фактор повышения здоровья // Молочная промышленность. 2020. №7. С. 38–39.

3. Нилова Л.П., Малютенкова С.М., Икрамов Р.А. Потребительские предпочтения в дифференциации пищевых продуктов // Международный научный журнал. 2019. № 5. С. 32-37.

4. Шидловская В.П., Юрова Е.А. Антиоксиданты молока и их роль в оценке его качества // Молочная промышленность. 2010. №2. С. 24–26.

5. Поротова Е.Ю., Храмцов А.Г., Лодыгин А.Д. Основы технологии комбинированного низколактозного напитка из вторичного молочного сырья // Проблемы развития АПК региона. 2016. Т.1. № 1-1(25). С. 196-197.

6. Нилова Л.П., Малютенкова С.М., Флоринская Е.Э. Роль растительного сырья в формировании потребительских свойств ферментированных молочных напитков // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 44. С. 81-86.

7. Высокогорский В.Е, Веселов П.В. Антиоксидантная активность козьего и коровьего молока // Молочная промышленность. 2009. №7. С. 86-87.

8. Быков И.М., Попов К.А., Мелконян К.И. Сравнительная биохимическая характеристика антиоксидантно-энергетического потенциала молока и молочных продуктов // Астраханский медицинский журнал. 2015. Т. 10. № 3. С. 45–49.

9. Балакирева Ю.В., Ахмадуллина Ф.Ю., Лапин А.А. Влияние промышленных режимов пастеризации на интегральную антиоксидантную и витаминную активности коровьего молока // Бутлеровские сообщения. 2010. Т. 19. № 2. С. 19–25.

10. Ertan K., Bayana D., Gokce O., Alatossava T., Yilmaz Y., Gursoy O. Total antioxidant capacity and phenolic content of pasteurized and UHT-treated cow milk samples marketed in Turkey // Akademik Gıda. 2017. №15 (2). P. 103–108.

11. Park H., Lee M., Kim K.T., Park E., Paik H.D. Antioxidant and antigenotoxic effect of dairy products supplemented with red ginseng extract // Journal of Dairy Science. 2018. № 101 (10). 8702-9710.

12. Chan Ch.L., Gan R. , Shah N.P., Corke H. Enhancing antioxidant capacity of Lactobacillus acidophilus-fermented milk fortified with pomegranate peel extracts // Food Bioscience. 2018. № 26. P. 185–192.

13. Corrochano A.R., Buckin V., Kelly Ph.M., Giblin L. Invited review: Whey proteins as antioxidants and promoters of cellular antioxidant pathways // J. Dairy Sci. 2018. № 101. P. 4747–4761.

14. Veskoukis A.S., Kerasiotia E., Skaperda Z., Papapostolou P.A., Nepka Ch., Spandidos D. A., Asprodini E., Taitzoglou I., Kouretas D. Whey protein boosts the antioxidant profile of rats by enhancing the activities of crucial antioxidant enzymes in a tissue-specific manner // Food and Chemical Toxicology. 2020. №142. 111508.

15. Ballatore M.B., Bettiol M.R., Braber N.L.V., Aminahuel C.A., Rossi Y.E., Petroselli G., Erra-Balsells R., Cavaglieria L.R., Montenegro M.A. Antioxidant and cytoprotective effect of peptides produced by hydrolysis of whey protein concentrate with trypsin // Food Chemistry 2020 №319. 126472.

16. Остроумов Л.А., Короткий И.А., Бородулин Д.М., Сазонова Е.К. Продукты переработки сыворотки, полученные методами ультрафильтрации и криоконцентрирования // Молочная промышленность. 2020. № 9. С. 65-67.

17. Park H., Lee M., Kim K.T., Park E., Paik H.D. Antioxidant and antigenotoxic effect of dairy products supplemented with red ginseng extract //J. Dairy Sci. 2018. № 101. P.8702–8710.

18. Мусина О.Н., Бондаренко Н.И., Усатюк Д.А., Шелковская Н.К. Изучение поведения молочно-облепиховых смесей при сквашивании // Молочная промышленность. 2020. № 11. С. 16-17.

19. Chan Ch.L., Gana R., Shah N.P., Corke H. Enhancing antioxidant capacity of Lactobacillus acidophilus-fermented milk fortified with pomegranate peel extracts // Food Bioscience 2018. № 26. 185–192.

20. Нилова Л.П., Вытовтов А.А., Малютенкова С.М. Растительное сырье в формировании антиоксидантных свойств сокосодержащих напитков // Международный научный журнал. 2017. № 4. С.83-87.

21. Cappato L.P., Ferreira M.V.S., Moraes J., Pires R.P.S., Rocha R.S. Whey acerola-flavoured drink submitted Ohmic Heating: Bioactive compounds, antioxidant capacity, thermal behavior, water mobility, fatty acid profile and volatile compounds // Food Chemistry. 2018. № 263. P. 81–88.

Статья поступила в редакцию 30.10.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 637.04
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0020

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ МЯСА ЛОСЯ

©2020

Шагаева Наталья Николаевна, старший преподаватель кафедры «Товароведения, технологии сырья и продуктов животного и растительного происхождения им. С.А. Каспарьянца»
Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К.И. Скрябина
(109472, Россия, Москва, ул. Ак. Скрябина, 23, e-mail: nata-shag@yandex.ru)
Колобов Станислав Викторович, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Товароведения и товарной экспертизы»
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова
(117997, Россия, Москва, Стремянной пер., 36, e-mail: 97rus@mail.ru)

Аннотация. Для решения проблемы обеспечения населения необходимыми микронутриентами важное значение имеет внедрение новых технологий получения продуктов массового потребления, обеспечивающих профилактику алиментарно-зависимых состояний, способствующих устранению дефицита эссенциальных веществ. Статья посвящена результатам исследования влияния пищевых волокон на качественные характеристики полуфабрикатов из мяса лося. В качестве объекта исследования были использованы образцы рубленых полуфабрикатов из мяса лося без добавления и с добавлением свекловичных волокон (клетчатки)взамен хлеба в количестве 25%, 50%, 75%, 100%. Входе исследования были применены методы высокоэффективной жидкостной хроматографии, атомно-абсорбционной спектрометрии, профильный для органолептической оценки качества. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии влияния свекловичных волокон на витаминный состав продукта. Воздействие пищевых волокон на минеральный состав выявлено только в отношении железа, марганца и кальция, содержание которых увеличивалось по мере увеличения доли свекловичных волокон. При органолептической оценке показателей качества рубленых полуфабрикатов из мяса лося установлено, что по мере увеличивания содержания пищевых волокон наблюдалось снижение интенсивности мясного аромата, появление своеобразного послевкусия, излишней рыхлости, водянистости, снижение пышности изделия.

Ключевые слова: незаменимые факторы питания, эссенциальные вещества, пищевые волокна, свекловичная клетчатка, мясо лося, рубленый полуфабрикат из мяса, мясной продукт.

STUDY OF THE INFLUENCE OF DIETARY FIBER ON THE QUALITY CHARACTERISTICS OF SEMI-FINISHED PRODUCTS FROM MOOSE MEAT

©2020

Shagaeva Natalya Nikolaevna, senior lecturer at the department of Commodity science, technology of raw materials and products of animal and vegetable origin named after S.A. Kasparianza
Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K.I. Scriabin
(109472, Russia, Moscow, ul. Akademika Skryabina, 23, e-mail: nata-shag@yandex.ru)
Kolobov Stanislav Viktorovich, candidate of technical sciences, docent, assistante professor at the department of Commodity Science and Commodity Examination
Plekhanov Russian University of Economics
(115093, Russia, Moscow, Stremyanny per., 36, E-mail: 97rus@mail.ru)

Abstract. To solve the problem of providing the population with the necessary micronutrients, it is important to introduce new technologies for obtaining mass-consumption products that ensure the prevention of alimentary-dependent conditions that help eliminate the deficit of essential substances. The article is devoted to the results of research on the influence of dietary fiber on the quality characteristics of semi-finished products from moose meat. As an object of research, samples of chopped semi-finished products from moose meat were used without the addition and with the addition of beet fibers (fiber) instead of bread in the amount of 25%, 50%, 75%, 100%. Methods of high-performance liquid chromatography, atomic absorption spectrometry, and profile methods for organoleptic quality assessment were used for the study. The results obtained indicate that there is no effect of beet fiber on the vitamin composition of the product. The effect of dietary fiber on the mineral composition was revealed only in relation to iron, manganese and calcium, the content of which increased as the proportion of beet fiber increased. When organoleptic evaluation of quality indicators of chopped semi-finished products from moose meat, it was found that as the content of dietary fiber increased, there was a decrease in the intensity of the meat flavor, the appearance of a peculiar aftertaste, excessive friability, wateriness, and a decrease in the splendor of the product.

Keywords: essential nutrition factors, essential substances, dietary fiber, beet fiber, moose meat, chopped semi-finished meat, meat product.

Введение. В настоящее время среднестатистический городской житель России испытывает быструю и длительную утомляемость, неврастению, низкую работоспособность при отсутствии каких-либо заболеваний, что связывают с дефицитом незаменимых факторов питания.

При удовлетворении потребностей организма в необходимых для него незаменимых пищевых веществах наблюдается укрепление его иммунной функции и предотвращение нарушений в его внутренней среде, а именно в крови, лимфе, тканевой жидкости, следовательно, и устойчивости основных физиологических функций, то есть системе гомеостаза [1-5].

Незаменимые пищевые вещества призваны сохранять стабильность важных показателей организма, обеспечивая человеку хорошее самочувствие. Например, макронутриенты, включающие в себя белки, жиры и углеводы, обеспечивают энергетические и пластические потребности. Микронутриенты, обеспечивают регуляцию функций, усвоение пищи, при этом не являются источником энергии. К микронутриентам относят: витамины, макро- микроэлементы, пищевые волокна (клетчатка) и другие [6-8]. Организм человека не синтезирует микронутриенты, поэтому он должен получать их ежедневно с едой.

Пищевые волокна играют важную роль в питании человека, обеспечивая функционирование всего желудочно-кишечного тракта и нормализацию кишечной микрофлоры [9,10]. Дефицит пищевых волокон в рационе современного человека увеличивает риск сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний [11,12]. Рекомендуемый уровень суточного потребления пищевых волокон согласно ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» составляет 30 г / сутки.

Универсальное использование клетчатки в пищевой промышленности в качестве технологической добавки или функционального ингредиента, с подтвержденным позитивным влиянием на организм, изменяющего химические и структурно-механические свойства продукта, позволяет широко применять ее в составе мясных продуктов [13-16].

Мясные продукты на основе мяса диких животных в настоящее время - актуальное решение обновления ассортимента мясной промышленности в условиях насыщения рынка свининой, говядиной, мясом птицы отечественного производства. Лось, как промысловый ресурс – один из наиболее ценных видов диких животных. Мясо лося содержит много белка, который усваивается организмом человека значительно быстрее, чем белок мяса домашних животных и мало жира, что позволяет рассматривать это мясо как диетическое [17].

Целью работы является изучение влияние свекловичных волокон на витаминно-минеральный состав и органолептические показатели качества рубленых полуфабрикатов из мяса лося.

Материалы и методы исследования. Объектом для исследования служили образцы рубленых полуфабрикатов – котлеты из мяса лося. В качестве основного мясного сырья было использовано мясо лося. Свекловичные волокна добавлялись взамен хлеба пшеничного в количестве 0% (контроль), 25% (образец 1), 50% (образец 2), 75% (образец 3) и 100% (образец 4).

После смешивания компонентов формировались котлеты округлой формы высотой 1,5-2 см и массой не более 100 г.

Входе исследования были определены витамины группы В методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, макро- и микроэлементы методом атомно-абсорбционной спектрометрии, дана органолептическая оценка качества с использованием профильного метода, при котором были выделены 16 признаков для 4 показателей (внешний вид, вкус, запах, консистенция). Интенсивность этих признаков оценивали по стандартной 9-бальной шкале для мясной продукции. Результаты оценок легли в основу построения профилограмм.

Экспериментальные данные, полученные в результате проведенных исследований, были подвергнуты статистической обработке с помощью пакета компьютерной программы *Microsoft excel 2016*. Повторность опытов (n) в экспериментальных исследованиях составляла не менее 3 раз при 3-4-х кратной повторности испытаний.

Результаты исследования. На основании того, что уровень поступления витаминов и минеральных веществ в организм человека зависит от их содержания в пищевых продуктах, было принято решение изучить витаминный и минеральный состав рубленных полуфабрикатов из мяса лося с содержанием разной концентрации свекловичных волокон (табл. 1).

Полученные данные свидетельствуют об отсутствии влияния свекловичных волокон на витаминный состав продукта, разница между значениями измерений не достоверна. Существенного влияния на минеральный состав полуфабрикатов также не выявлено, за исключением железа, марганца и кальция содержание которых увеличивалось по мере увеличения доли свекловичных волокон. Содержание железа образце №1 увеличилось в 1,1 раза, образце №2 в 1,3 раза, образце 3 в 1,4 раза, образце №4 в 1,6 раза по отношению к контрольному образцу. Увеличение марганца и кальция наблюдалось только в образцах с содержанием клетчатки 50% (в 3,3 и 1,2 раза соответственно), 75% (в 4,2 и 1,3 раза соответственно) и 100% (в 5,2 и 1,4 раза соответственно). В этих образцах также было отмечено снижение содержания натрия в 1,1 раза по отношению к контрольному. Измерения по изменению содержания селена, цинка, йода, кобальта, молибдена в образцах с пищевыми волокнами не проводились, так как из предварительно изученного нами состава свекловичных волокон известно, что эти элементы или отсутствовали, или находились в виде следов, следовательно, можно предположить, что витаминно-минеральный состав опытных образцов не будет отличаться от контроля.

Согласно требованиям ТР ТС 022/2011 [18] сред-

няя суточная норма физиологической потребности для взрослого будет удовлетворяться в витаминах: тиамин на 10%, рибофлавин – 7,5%, ниацин – 3,8%, пантотеновая кислота – 52,8%, пиридоксин – 12,5%, кобаламин – 24,2%. В минеральных веществах: железо на 16,4% (контроль), 18,7% (образец 2), 21,1% (образец 3) и 25,8% (образец 4); марганец на 3% (контроль), 10% (образец 2), 12,5% (образец 3), 15,5% (образец 4); кальций на 1,9% (контроль), 2,3% (образец 2), 2,4% (образец 3), 2,6% (образец 4); натрий на 43,7% (контроль), 41,6% (образец 2), 40,5% (образец 3), 39,5% (образец 4).

Таблица 1 – Витаминно-минеральный свойств рубленых поуфабрикатов из мяса лося

	Контрольный и опытные образцы				
	контроль	образец 1	образец 2	образец 3	образец 4
Витамины мг в 100г продукта					
B1 (тиамин)	0,14±0,02	0,14±0,02	0,13±0,01	0,13±0,01	0,13±0,02
B2 (рибофлавин)	0,12±0,02	0,12±0,02	0,13±0,02	0,13±0,01	0,13±0,01
B3 (ниацин)	0,70±0,02	0,67±0,02	0,65±0,01	0,62±0,02	0,59±0,03
B5 (пантотеновая кислота)	2,64±0,03	2,63±0,04	2,62±0,01	2,62±0,05	2,61±0,03
B6 (пиридоксин)	0,25±0,01	0,24±0,03	0,24±0,01	0,24±0,01	0,23±0,03
B12 (кобаламин), мкг	0,242±0,001	0,242±0,001	0,242±0,001	0,242±0,001	0,242±0,001
Макроэлементы, мг в 100г продукта					
Железо	2,29±0,02	2,62±0,04	2,95±0,03	3,32±0,04	3,61±0,04
Марганец	0,06±0,02	0,12±0,02	0,20 ±0,01	0,25±0,03	0,31±0,01
Медь	0,27±0,01	0,27±0,01	0,28±0,01	0,28±0,01	0,28±0,01
Селен	0,01±0,001	-«-	-«-	-«-	-«-
Цинк	1,38±0,03	-«-	-«-	-«-	-«-
Йод	0,004±0,001	-«-	-«-	-«-	-«-
Кобальт	0,01±0,001	-«-	-«-	-«-	-«-
Молибден	0,01±0,001	-«-	-«-	-«-	-«-
Микроэлементы, мг в 100г продукта					
Сера	131,88±6,92	129,97±5,45	128,12±1,52	125,64±6,86	124,35±5,49
Калий	209,99±6,85	208,66±3,65	207,32±5,80	206,01±6,70	204,54±3,80
Кальций	19,13±0,05	20,91±0,05	22,74±0,05	24,48±0,05	26,35±0,07
Магний	16,84±0,15	16,42±0,10	16,02±0,10	15,59±0,10	15,02±0,13
Натрий	567,68±11,70	554,06±5,60	540,44±6,8	526,82±11,56	513,18±6,5
Фосфор	111,57±3,70	109,45±2,50	107,36±1,9	105,24±3,80	103,10±1,7

Разработка продуктов питания многокомпонентного состава прежде всего должна опираться на моделирование вариантов рецептуры, позволяющее сравнивать вариации разрабатываемого продукта относительно друг друга с последующим выбором рецептуры, получившей максимальную оценку дегустаторов [19, 20]. Для установления отклонений качественных показателей рубленых полуфабрикатов был применен профильный метод органолептической оценки (табл. 2).

Независимо от рецептурного состава котлеты должны иметь округлую форму без деформаций, из измельченной однородной массы, со свойственным цветом для используемого мясного сырья. Данным критериям соответствовали образцы – контрольный, 1 и 2 (распложены по мере возрастания бальной оценки).

Увеличение доли пищевых волокон до 75 – 100% привело к незначительному увеличению приплюснутости формы изделия. Добавление волокон в фаршевую систему продукта позволило улучшить цветовые характеристики, после термообработки опытные образцы обладали более светлым цветом, чем контрольный.

Согласно профилограммам вкуса и запаха, использование свекловичных волокон несколько снижает соленость продукта. Появление растительного, снижение специфического привкуса мяса лося, а также просто мясного вкуса наблюдалось по мере увеличения ввода клетчатки.

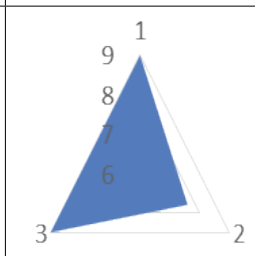
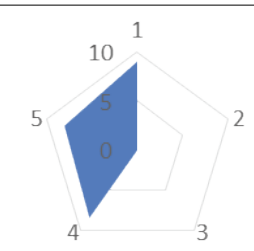
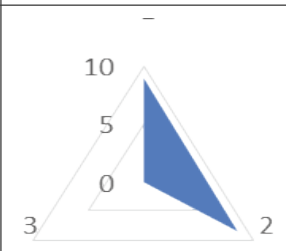
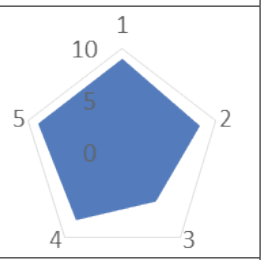
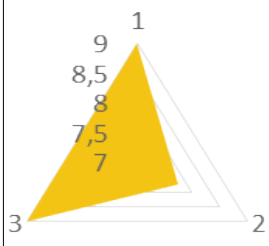
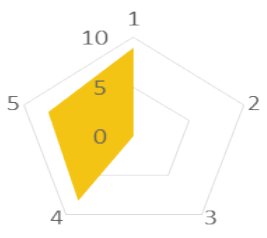
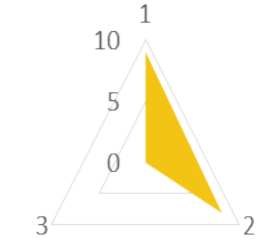
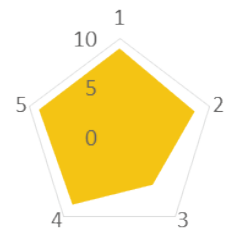
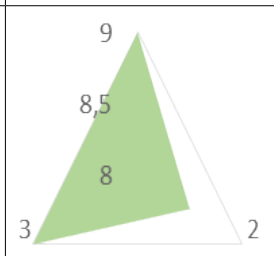
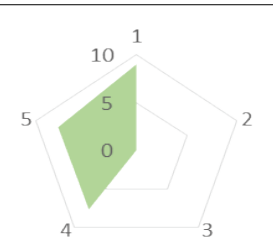
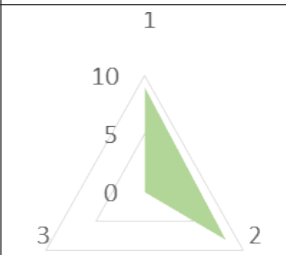
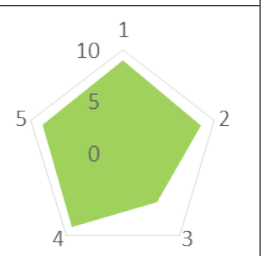
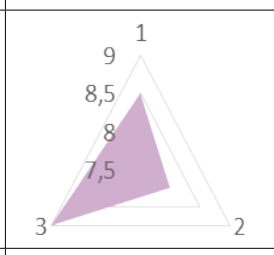
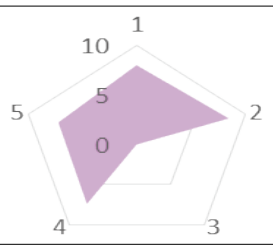
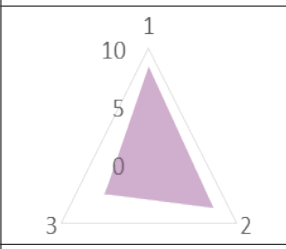
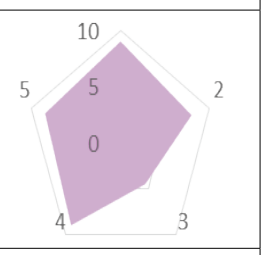
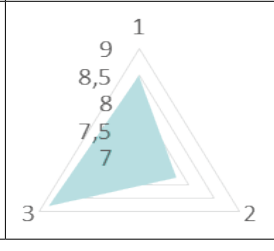
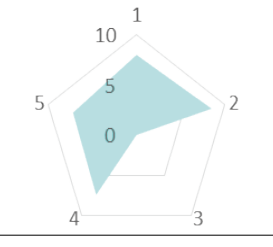
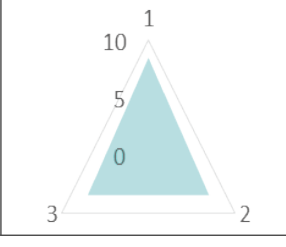
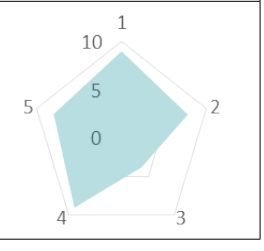
Из оценки запаха котлет следует, что также как и при оценке вкуса, по мере увеличения дозы волокон в составе фарша выраженный специфический мясной запах переходил в растительный.

Профилограмма консистенции свидетельствует о том, что все образцы обладали однородной консистенцией. Очень мягкой, пышной, сочной консистенцией обладал образец 2, контрольный образец по отношению к другим был плотным, менее мягким и сочным.

Добавление 25% клетчатки, не оказало существенного влияния на консистенцию. Добавление 75% и 100% вызвало излишнюю рыхлость структуры. Сочность котлет с содержанием клетчатки менее 50% была отмечена просто как сочная, в образцах с более 50% сочность перешла в водянистость.

Самая приемлемая сочность отмечена у образца с 50% клетчатки. С увеличением доли волокон пышность изделий уменьшалась.

Таблица 2 – Профилограммы внешнего вида, вкуса, запаха, консистенции рубленых полуфабрикатов из мяса лося

образец	внешний вид	вкус	запах	консистенция
	1 – состояние поверхности 2 – цвет 3 - форма	1 – мясной 2 – растительный 3 – хлебный 4 – специфичный 5 – соленый	1 – мясной 2 – специфический 3 - растительный	1 – однородная 2 – сочная 3 – плотная 4 – мягкая 5 - пышная
контроль				
1				
2				
3				
4				

Заключение. Таким образом, результаты проведенных исследований указывают на то, что свекловичные волокна оказывают существенное влияние на органолептические показатели рубленых полуфабрикатов из мяса лося, следовательно, будут влиять на сенсорное восприятие потребителей и в меньшей степени будут влиять на витаминно-минеральный состав продукта. При сравнении с контрольным образцом (рубленый полуфабрикат без добавления свекловичных волокон) образец №2 (с добавлением свекловичных волокон взамен 50% хлеба) по всем основным органолептическим показателям превосходил его. При замене хлеба 25% волокон не наблюдалось существенного влияния на органолептические показатели, тогда как при замене на 75% и 100% наблюдалось негативное влияние – изменение запаха и вкуса, мясной специфичный аромат сменялся на растительный.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Исаев В.А. Незаменимые факторы питания для поддержания и коррекции нарушенного гомеостаза организма / В.А. Исаев // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. – 2016. - №4. – С. 27 - 33.

2. Богатырев А.Н. Натуральные продукты питания – здоровье нации / А.Н. Богатырев, Н.С. Пряничникова, И.А. Макеева // Пищевая промышленность. – 2017. - №8. – С. 26.

3. Кудряшева А.А. Влияние питания на здоровье челове-

ка / А.А. Кудряшева // Пищевая промышленность. – 2004. - №4. – С. 88.

4. Захарова И.Н. Дефицит витаминов и микроэлементов у детей и их коррекция / И.Н. Захарова, Е.В. Скоробогатова, Е.Г. Обыночная, Н.А. Коровина // Педиатрия. – 2007. – Т.86. (№3). – С. 113.

5. Ткачук Е.А. Оценка минерального состава продуктов питания, поступающих в дошкольные образовательные учреждения / Е.А. Ткачук, И.Ю. Тармаева, Н.А. Цыренжапова, А.В. Боева // Казанский медицинский журнал. – 2014. – Т. 95 (№3). – С. 434.

6. Коденцова В.М. Об обогащении пищевых продуктов витаминами / В.М. Коденцова // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85 (№4). – С.87 – 88.

7. Пути совершенствования дошкольного и школьного питания и укрепления здоровья детей / В.А. Исаев, С.В. Симоненко, Т.А. Антипова и др. // Пищевая промышленность. – 2007. - №7. – С.43.

8. Водорастворимая форма витамина D3 / Т.М. Околелова, С.В. Енгашев, Е.С. Енгашева и др. // Птицеводство. – 2018. - №4. – С. 21.

9. Броновец И.Н. Пищевые волокна – важная составляющая сбалансированного здорового питания // И.Н. Броновец // Медицинские новости. 2015. - №10. – С. 46-48.

10. Могильный М.П. Рациональное использование источников пищевых волокон при производстве пищевой продукции / М.П. Могильный, А.Ю. Баласанян, Т.Ш. Шалтумаев // Новые технологии. – 2014. – Вып.1. - С. 28 -29.

11. Современные направления использования пищевых волокон в качестве функциональных ингредиентов / М.П. Могильный, Т.В. Шленская, М.К. Галюкова и [др.] // Новые технологии. – 2013. - Вып. 4. – С. 27-28.

12. Зачесова И.А. Применение пищевых волокон в мясной промышленности / И.А. Зачесова, А.А. Меркулова // Вопросы ветеринарии и ветеринарной биологии: Сборник научных трудов молодых ученых. Вып. 11. - М.: ФГБОУ ВО МГАВМиБ имени К.И. Скрябина, 2016. - С. 105 – 110.

13. Петрова А.С. Исследование влияния пищевых волокон на показатели качества вареных колбасных изделий / А.С. Петрова, К.Н. Ларичева, М.В. Осиповва, Е.П. Сучкова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2020. - №1. – С. 68.

14. Данилова И.А. Эффективность производства некоторых видов мясных полуфабрикатов в современных условиях / И.А. Данилова, Г.В. Чебакова, К.В. Есепенок // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы X Международной научно-практической конференции, 23 июня 2020 года. В 2-х томах. Том 1. - Ульяновск, ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2020. – С. 49.

15. Шагаева Н.Н. Исследование биологической ценности свекловичных пищевых волокон / Н.Н. Шагаева, С.В. Колобов // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы X Международной научно-практической конференции, 23 июня 2020 года. В 2-х томах. Том 1. – Ульяновск: ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2020. – С. 76 – 80.

16. Шулбаева М.Т. Сохранение традиционных качеств пищевых продуктов при использовании пищевых волокон / М.Т. Шулбаева, К.Л. Коновалов // Пищевая промышленность. – 2004. - №5. – С.16.

17. Шагаева Н.Н. Рубленый полуфабрикат из мяса лося с пролонгированным сроком хранения / Н.Н. Шагаева, С.В. Колобов // Передовые пищевые технологии: состояние, тренды, точки роста: Сборник научных трудов I научно-практической конференции с международным участием / Отв. Редактор Бабаин Ю.В. – М.: ФГБОУ ВО «МГУПП», 2018. – С. 58.

18. ТР ТС 022/2011 Пищевая продукция в части ее маркировки. – Режим доступа: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293799/4293799226.files/23.gif

19. Бекешева А.А. Квалиметрическая оценка потребительских свойств и сенсорных показателей качества сладких желированных блюд функционального назначения / А.А. Бекешева, О.С. Якубова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2018. - №5(52). – С. 96 - 102.

20. Яшкин А.И. Применение дескрипторно-профильного метода в разработке котлет с гороховой мукой / XIII Международной научно-практической конференции: в 2 кн. ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет». – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2018. – С. 343.

Статья поступила в редакцию 28.10.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 641.56
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0021

РАЗРАБОТКА ОХЛАЖДЕННЫХ МЯСНЫХ РУБЛЕННЫХ КУЛИНАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

© 2020

Чугунова Ольга Викторовна, доктор технических наук, профессор,
заведующая кафедрой технологии питания
Пономарев Аркадий Сергеевич, аспирант
Уральский государственный экономический университет
(620144, г. Екатеринбург, ул 8 Марта, 62, e-mails: chugunova@usue.ru, arkadiy.ponomarev.69@mail.ru)

Аннотация. Приведены результаты исследования мясных кулинарных изделий, выработанных на основе фарша из мяса индейки с добавлением зернового матрикса из муки овсяной и ячменной в различных соотношениях. Использование овсяной и ячменной муки обусловлено наличием пищевых волокон. В их состав входит β-глюкан – растворимое пищевое вещество (растворимая клетчатка). Клиническими испытаниями доказано, что β-глюкан способствует понижению холестерина, а также замедляет повышение уровня сахара в крови. Проектирование рецептур рубленных кулинарных изделий проводилось с учетом пищевой ценности вносимого пищевого зернового матрикса, учитывалось содержание пищевых волокон, структурно-механических характеристик фаршевых систем, органолептических показателей готовой продукции. В качестве контрольного образца использована рецептура котлет паровых из мяса птицы, в экспериментальных образцах хлеб в различных дозировках заменяли на зерновой матрикс. Определены основные органолептические показатели готовых кулинарных изделий и реологические показатели фаршей, получена зависимость эффективной вязкости фарша от скорости сдвига.

Ключевые слова: мясные кулинарные рубленные изделия, пищевой зерновой матрикс, реологические свойства.

DEVELOPMENT OF CHILLED MEAT CHOPPED CULINARY PRODUCTS OF CENTRALIZED PRODUCTION

© 2020

Chugunova Olga Viktorovna, doctor of technical Sciences, professor,
head of the Department of food technology
Ponomarev Arkady Sergeevich, phD student
Ural state University of Economics
(620144, Yekaterinburg, ul. 8 Marta, 62, e-mails: chugunova@usue.ru, arkadiy.ponomarev.69@mail.ru)

Abstract. The results of research of meat culinary products developed on the basis of minced Turkey meat with the addition of grain matrix from oatmeal and barley flour in various proportions are presented. The use of oat and barley flour is due to the presence of dietary fiber; wheat flour Wallpaper high amount of biologically valuable substances and dietary fiber. They contain beta-glucan, a soluble food substance (soluble fiber). Clinical trials have shown that beta-glucan helps lower cholesterol and also slows down the increase in blood sugar. The design of recipes for chopped culinary products was based on the principles of food combinatorics, taking into account the content of full-fledged proteins, polyunsaturated fatty acids, vitamins and minerals, especially calcium, potassium, iron, and dietary fiber. As a control sample, a recipe for steamed cutlets from poultry meat was used; in experimental samples, bread in various dosages was replaced with a grain matrix. The main organoleptic indicators of ready-made culinary products and rheological indicators of minced meat are determined, and the dependence of the effective viscosity of minced meat on the shear rate is obtained.

Keywords: Meat culinary minced products, food grain matrix, rheological properties.

Введение. Одним из перспективных направлений развития предприятий индустрии питания является выпуск готовых кулинарных изделий и полуфабрикатов высокой степени готовности. Централизованное изготовление мясных кулинарных изделий и полуфабрикатов высокой степени готовности позволяет механизировать технологические операции, которые выполняются вручную на малых предприятиях, повысить эффективность использования оборудования, реализовать производственный поток, использовать прогрессивные технологии, прогнозировать качество готовой продукции. Важной составляющей централизованного производства является прогнозирование сроков хранения готовых кулинарных изделий, в том числе мясных рубленных изделий из мяса птицы, срок годности которых согласно СанПиН 2.3.2. 1324-03 составляет 12 часов.

Актуальным направлением в расширении ассортимента мясных полуфабрикатов и готовых кулинарных изделий является разработка рецептур и технологии на основе комбинирования мясного и растительного сырья. Применение в составе фаршевых систем для производства рубленных изделий мяса индейки, и продуктов переработки зерна (мука, отруби, зародыши) позволяет создавать продукты с высокой пищевой и биологической ценностью, сбалансированным ами-

но-и жирнокислотным составом, расширить ассортимент кулинарной продукции.

Также при разработке мясных рубленных изделий необходимо учитывать, что по данным различных социологических и медицинских исследований выявлено недостаточное потребление животных жиров, снижение потребления пищевых волокон, недостаточное потребление витаминов и минеральных веществ [1,3]. Поэтому создание продуктов, имеющих функциональную направленность, в том числе полуфабрикатов из мяса птицы, является актуальным. Источником функциональных пищевых ингредиентов (ФПИ) могут быть злаки – ячмень и овес, содержащие пищевые волокна, минеральные вещества (железо, марганец, магний и калий) и витамины группы В [2-4]. Исследования показали, что в качестве ФПИ можно использовать крупы, переработанные в муку: среднеранний сорт ярового ячменя «Абалак» и овес сорта «Память Балавина», как наиболее продуктивные, выращиваемые в Свердловской области.

В работах И.К. Нестеренко, Анисимовой Л.В. [5], Гольцовой Е.С., Артемовой Е.Н. [6], Кокоревой Л.А. [3], Prasad R. [7], Nelson K. [8] и др. [9-11], изучена возможность использования овсяной и ячменной муки в качестве добавки для повышения пищевой ценности пищевых продуктов. Влияние зерновых ингредиентов на качество, пищевую ценность, безопасность и экономическую эффективность рубленых полуфабрикатов рассматриваются в работах Гуринович Г.А. [12], Решетник Е.И. [13], Зубаревой Е.Н. [14], Зининой О.В. [15] и др. Тем не менее, ряд вопросов, касающихся использования продуктов переработки ячменя и овса, как функционального ингредиента остаются не решенными. Отсутствуют принципиальные технологические решения применения зернового сырья в технологии мясных рубленных изделий. Все выше изложенное определяет актуальность исследования.

Овсяная мука является источником белков, жирных кислот, витаминов и минеральных элементов. Также регулирует жировой обмен, нормализует работу желудочно-кишечного тракта.

Ячменная мука содержит большое количество клетчатки, поэтому оказывает на пищеварение положительное действие. Кроме того, в ее составе присутствуют витамины группы *B (B1, B2)* и витамин *PP*, калий, кальций, магний, железо [1, 8-10].

Основным критерием выбора данных видов муки является то, что в их состав входит β-глюкан – натуральный полисахарид, растворимое пищевое вещество (растворимая клетчатка). β-глюканы в овсе, ячмене и ржи имеют линейную цепь β-1,3-глюкана и β-1,4-глюкана. Отличительной способностью β-глюкана является его положительное воздействие на снижение холестерина, а также замедление повышения уровня сахара в крови [3]. β -глюкан способен связывать воду – образовывать коллоиды и гели, а также удерживать аромат и придавать продукту цвет.

Целью работы является разработка охлажденных мясных рубленных изделий для централизованного производства предприятиями общественного питания с использованием зернового сырья.

Исследования по разработке рецептур рубленных изделий из птицы (индейки) с использованием пищевого зернового матрикса (ПЗМ), в состав которого входит мука из ячменя и овса является актуальным, так как будет способствовать расширению ассортимента рубленных мясных изделий из мяса птицы.

Методы и материалы исследований. Для исследования были выбраны вида муки (ячменная и овсяная), выращенные в Свердловской области (сорт ярового ячменя «Абалак» и овес сорта «Память Балавина»). Ячменная и овсяная мука сравнивались с традиционной (пшеничной высшего сорта, производства ЗАО «Магнитогорский комбинат хлебопродуктов - СИТНО»).

Объектами исследования являются:

– контрольный – котлеты паровые, рубленные из птицы (индейки) по сборнику рецептур Голунова Е.А. [16]. Опытные образцы котлет из птицы (индейки) паровые с 100% заменой рецептурного пшеничного хлеба на пищевой зерновой матрикс (ПЗМ):

– объект К1 – с содержанием ПЗМ из овсяной и ячменной муки (30/70 % соответственно);

– объект К2 – с содержанием ПЗМ из овсяной и ячменной муки (40/60 % соответственно);

– объект К3 – с содержанием ПЗМ из овсяной и ячменной муки (50/50 % соответственно);

– объект К4 – с содержанием ПЗМ из овсяной и ячменной муки (60/40 % соответственно);

– объект К5 – с содержанием ПЗМ из овсяной и ячменной муки (70/30 % соответственно).

При выполнении эксперимента использовались стандартные органолептические, физико-химические и расчетные методы исследования. Исследования проводились в 3-5-кратном повторении и обрабатывались статистически с использованием пакета прикладных программ *MS Excel*.

Качество сырья и готовых изделий определяли по следующим показателям:

- органолептические показатели качества готовой продукции определяли по ГОСТ 31986-2012. Органолептические показатели охлаждённых мясных рубленных изделий определяли в соответствии с ГОСТ 32589-2013. Основными органолептические показателями для рубленных котлет являются: внешний вид, консистенция, вид на разрезе, форма и размер, вкус и запах;

- массовую долю влаги или сухих веществ определяли с помощью ускоренного весового метода по ГОСТ 5900-2014;

- массовую долю поваренной соли в готовых изделиях определяли по ГОСТ 9957-2015;

- массовую долю жира определяли по ГОСТ 5900-2014 экстракционно-весовым методом;

- определение вязкости фаршей из мяса птицы проводили на ротационном вискозиметре «Реотест-2» при t=10 ± 0,5 °С. Градиент скорости сдвига изменяли в диапазоне от 1-437,5 $с^{-1}$ [19].

- влагосвязывающую способность (ВСС) ммясного сырья определяли по Грау-Хамму в ммодификации Воловинской-Кельман. Сущность метода заключается в выделении влаги исследуемым образцом при легком его прессовании, сорбции ввыделяющейся вводы фильтровальной бумагой и определении количества отделившейся влаги по размеру площади пятна, оставляемого ею на фильтровальной бумаге.

- пищевую и энергетическую ценность изделия определяли расчетным методом [16].

Результаты и их обсуждение. Для производства мясных рубленных кулинарных изделий использовалось мясо индейки, прошедшее ветеринарно-санитарную экспертизу, допущенное к промышленной переработке и отвечающее требованиям безопасности, установленным ТР ТС.

Мясо индейки в отличии от мяса других видов птицы, превосходит по живой массе, выходу съедобных частей тушек (более 70 %), массе мышечной ткани (до 60% и более) и считается более ценным. Отличительной чертой мясо индейки является высокая пищевая ценность, в том числе органолептические показатели. Мясо индейки содержит высокое количество белка (20-28 %) и относительно не высокое содержание жира (5-20 %), витамины группы В и имеет самый низкий уровень холестерина по сравнению с другими видами мяса [17,18]. Однако при подборе соотношения рецептурных ингредиентов необходимо учитывать структурно-механические характеристики пищевых систем, технологические свойства мясо индейки, потери массы, сохранность формы готовых изделий, влагосвязывающую (ВВС) и влагоудерживающую (ВУС) способность.

В работе изучено влияние зерновых ингредиентов – мука из овсяной и ячменной муки – пищевой зерновой матрикс (ПЗМ) на реологические свойства фаршей из мяса индейки, потерю массы и органолептические показатели фаршей.

Установлено, что при увеличении в ПЗМ доли овсяной муки до 50 % и выше влагосвязывающая способность снижается (образец К1). При замене 100 % пшеничного хлеба на ПЗМ в образцах К2-К4, значение влагосвязывающей способности фарша снизилось по сравнению с ВСС контрольного образца на 2,5-3,5%, и составило 94-96% (рис. 1).

Исследования влагоудерживающей (ВУС) способности и потери массы рубленных изделий показали, что с увеличением доли в ПЗМ овсяной муки, она снижается, в среднем на 3,3 %, потери массы возрастали на 3±0,5%. А ячменная мука наоборот обладает выраженной способностью удерживать влагу, что обусловлено ее химическим составом и сорбирующими свойствами. Высокая гидрофильность углеводного комплекса вызывает поглощение влаги волокнами и прочное ее удерживание [22]. Что положительно сказывается на сохранности массы изделий при тепловой обработке и не влияет на развариваемость готовых блюд. Для дальнейших исследований выбраны образцы К2-К4.

Для централизованного производства мясных рубленных кулинарных изделий, предусматривающего механизацию технологических операций, важно учитывать влияние растительного сырья на структурно-механические характеристики пищевых систем. Исследования показали, что введение ПЗМ в фарш приводит к снижению напряжения сдвига и эффективной вязкости. Установлено снижение эффективная вязкость фаршей в зависимости от увеличения содержания доли овсяной муки в пищевом зерновом матриксе (ПЗМ) в рецептурах, при этом скорость сдвига оказывала существенное влияние на изменение эффективной вязкости. Эффективная вязкость всех образцов резко уменьшалась при скоростях сдвига 1-5,5 $с^{-1}$, дальнейшее увеличение скорости сдвига приводило к замедлению изменения эффективной вязкости, а при скоростях сдвига более 25 $с^{-1}$ эффективная вязкость фаршевых систем приближалась к постоянному значению.

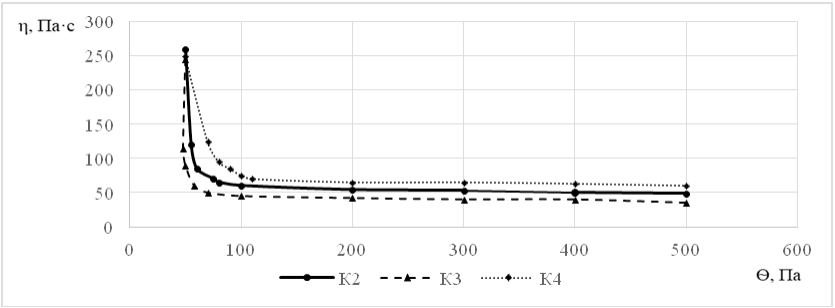


Рисунок 1 – Эффективность вязкости в образцах фарша из мяса индейки с ПЗМ от напряжения сдвига

Исследования зависимости эффективной вязкости от напряжения сдвига в образцах фарша из мяса индейки с ПЗМ показали, что образец К1 с содержанием ПЗМ из овсяной и ячменной муки 100 % от нормы рецептурной закладки хлеба пшеничного (30/70 %) и образец К5 с ПЗМ из овсяной и ячменной муки 100 % от нормы рецептурной закладки хлеба пшеничного (70/30 %) значительно уступают контрольному образцу, поэтому в дальнейших исследованиях данные образцы не рассматривались.

Сравнительный анализ органолептических ппоказателей разработанных образцов паровых котлет из мяса индейки с различным содержанием ПЗМ ппроводили на основе дескрипторно-профильного метода дегустационного анализа, по показателям качества: внешнему ввиду, цвету, консистенции, запаху и вкусу (рис. 2).

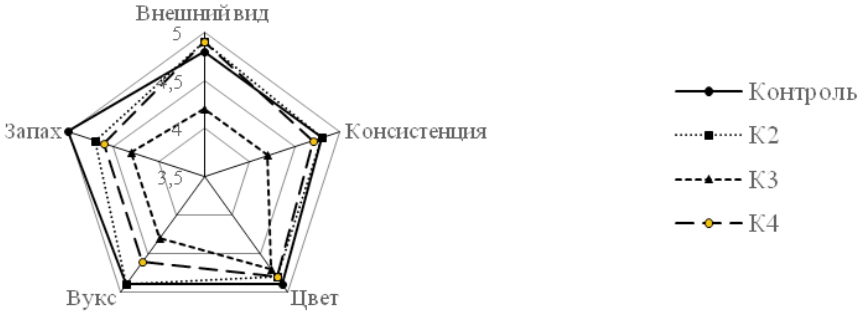


Рисунок 2 – Органолептические показатели качества паровых котлет из мяса индейки с различным содержанием ПЗМ

Наиболее высокими органолептическими характеристиками обладают образцы котлет паровых К2 и К4 с содержанием зернового ингредиента из овсяной и ячменной муки 100 % от нормы рецептурной закладки хлеба пшеничного (50/50 и 40/60 % соответственно). Использование ПЗМ с более высоким содержанием ячменной муки не оказывает влияния на запах и вкус в сравнении с контрольным образцом. При повышении содержания в ПЗМ доли овсяной муки до 50 % и выше у готовых изделий консистенция становится более плотной (что согласуется с реологическими характеристиками фарша), а запах и вкус птицы – менее выраженными, при этом запах и вкус зерновых ингредиентов становятся более выраженными. При замене хлеба на ПЗМ готовые кулинарные изделия приобретали более кремовый цвет на разрезе и поверхности. При повышении содержания в ПЗМ доли ячменной муки до 50 % и выше консистенция становилась более мягкой и нежной, сочность возрастала. В целом замена хлеба на ПЗМ существенно не отразилась на общей органолептической оценке изделий.

Органолептический анализ показал, что оптимальным вариантом для из изготовления рубленных котлет из мяса индейки является Образец К4, где использован ПЗМ при соотношении овсяной и ячменной муки – 40/60 %. Данный образец хорошо сохранял форму, изделие было без трещин, округло-приплюснутой формы с заостренным концом. Консистенция однородная, мягкая. Цвет изделия – светло-кремовый, на разрезе – светло-кремовый. Вкус изделия – вареной индейки, умеренно соленый. Запах – свойственный индейки. Без постороннего вкуса и запаха.

Внешний вид и консистенция изделий с использованием овсяной муки выше 50% (объекты К4 и К5) обладали недостаточной влагосвязывающей способность, изделия имели очень рыхлую консистенцию по сравнению с контрольным образцом. Изделие отличалось неприятным привкусом при разжевывании.

Результаты исследования пищевой ценности показали, что в котлетах паровых из мяса птицы (индейки) с добавлением ПЗМ содержание пищевых волокон выше, чем в контрольном образце в 2,5-3 раза. По содержанию основных пищевых веществ: белков, жиров и углеводов существенных отличий не выявлено (табл. 1). Введение в рецептуру мясных рубленых изделий ПЗМ позволяет получить изделия с повышенным соотношением β-глюкана.

Таблица 1 - Энергетическая ценность и основные пищевые вещества мясных рубленых изделий, в 100 г

Код образца	Содержание, %				Энергетическая ценность, ккал
	Белки	Жиры	Углеводы	Пищевые волокна/ β-глюканы*	
К	14,95±0,2	9,65±0,2	7,01±0,1	0,2±0,02 / -	175
К1	15,25±0,4	12,08±0,4	7,52±0,2	0,6±0,02 / 0,35±0,01	200
К2	15,40±0,2	11,15±0,2	8,64±0,1	0,5±0,02 / 0,40±0,01	198
К3	16,25±0,4	10,85±0,1	9,12±0,1	0,5±0,02 / 0,45±0,01	200
К4	15,85±0,4	10,40±0,3	8,75±0,2	0,5±0,02 / 0,45±0,02	185
К5	15,35±0,2	10,15±0,2	8,52±0,2	0,6±0,01 / 0,50±0,01	186

**Получено расчетным методом по [6,7]*

Установлено, что введение пищевого зернового матрикса в рубленные изделия из мяса птицы повышают пищевую ценность изделия по всем пищевым веществам. Вследствие чего увеличивается и энергетическая ценность на 10-25 ккал.

Технология приготовления котлет из индейки паровых ПЗМ включает в себя следующие стадии. Филе птицы (индейки) промывают под проточной водой и просушивают, затем 1 - 2 раза измельчают на волчке с отвер-стиями в решетке диаметром 2-3 мм, добавляют разведенный в воде зерновой матрикс в соотношении 1:2, вновь измельчают, добавляют соль, хорошо вымешивают. Формуют котлеты и варят на пару в ппароконвектомате, режим «пар» при температуре 180° С в течение 15-20 мин. При необходимости готовые кулинарные изделия упаковывают в полимерные пленочные материалы, под вакуумом или в условиях защитной атмосферы в газонепроницаемые полимерные материалы (пленки или пакеты), и охлаждают до температуры 4-6° С.

Заключение. Таким образом, при внесении в рецептуру котлет паровых из мяса птицы (индейки) пищевого зернового матрикса, в состав которого входит овсяная и ячменная мука в различных соотношениях происходит незначительные изменения структуры мясного фарша, определяемые химическим составом

рецептурных компонентов и технологическими факторами (внутренней структурой и характером взаимодействия отдельных элементов). Установлено, что введение пищевого зернового матрикса в рубленные изделия из мяса птицы повышают пищевую ценность изделия по всем пищевым веществам.

Проведенная количественная оценка основных реологических параметров фарша из мяса индейки с добавлением ПЗМ, показала что полученные характеристики новых изделий могут быть использованы при выборе оптимальных технологических процессов в централизованном производстве полуфабрикатов на основе мяса птицы (индейки).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Тутельян В.А. Нормативная база оценки качества и безопасности пищи / В.А. Тутельян, Д.Б. Никитюк, С.А. Хотимченко // Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2017. № 2. С. 74-120.

2. Шарипова, А.Ф. Сенсорные характеристики рубленых полуфабрикатов из мяса птицы с добавлением овсяных хлопьев и гречневой муки / А.Ф. Шарипова, Д.Д. Хазиев, М.А. Казанина, С.Г. Канарейкина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2017. - № 3(65). - С. 169-171.

3. Феофилактова О.В. Исследование технологических свойств нетрадиционных видов муки при производстве продукции предприятий общественного питания / О.В. Феофилактова, А.С. Пономарев // Индустрия питания. – 2019. – №2 (4). – С. 28-34.

4. Чугунова О.В. Разработка современной модели качества продовольственных товаров на основании интегрального анализа удовлетворенности потребителей / О.В. Чугунова, Н.В. Заворохина, В.В.Фозилова // Изве-стия Уральского государственного экономического университета. - 2012. - № 1 (39). - С. 181-187.

5. Нестеренко И.К., Анисимова Л.В., Flour composite mixture is a concentrate with a high nutritional value based on barley flour and spices, В сборнике: Биотехнология и общество в XXI веке. Сборник статей Международной научно-практической конференции. А.А. Ильичев - главный редактор, Барнаул. С. 220-223. (2015)

6. Гольцова Е.С., Артемова Е.Н. Ячменная мука как новый компонент для создания функциональных продуктов питания. В сборнике: Стратегия развития индустрии гостеприимства и туризма. материалы VII Международной Интернет-конференции, Орел, 22 января-26 марта 2018 г. - С. 438-443.

7. Prasad R., Alok J., Latha S., Arvind K., Unnikrishnan V.S. Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods - a review // J. Food Sci. Technol. 2015. Vol. 52, no. 2. Pp. 662-675. DOI: 10.1007/s13197-013-1072-1.

8. Nelson K., Stojanovska L., Vasiljevic T., Mathai M. Germinated grains: a superior whole grain functional food // Canadian Journal of Physiology and Pharmacology. 2015. Vol. 91, no. 6. Pp. 429-441. DOI: 10.1139/cjpp-2012-0351.

9. Sternaa V., Zuteb S. Brunavaa L. Oat grain composition and its nutrition benefice // Agriculture and Agricultural Science Procedia. 2016. Vol. 8. Pp. 252-256. DOI: 10.1016/j.aaspro.2016.02.100.

10. Beloshapka A.N., Buff P.R., Fahey G.C., Swanson K.S. Compositional Analysis of Whole Grains, Processed Grains, Grain Co-Products, and Other Carbohydrate Sources with Applicability to Pet Animal Nutrition // J. Foods 2016. Vol. 5. Pp. 1-16. DOI: 10.3390/foods5020023.

11. Zdunczyk Z., Flis M., Zielinski H., Wroblewska M., Antoszkiewicz Z., Juskiewicz J. In vitro antioxidant activities of barley, husked oat, naked oat, triticale, and buckwheat wastes and their influence on the growth and bio-markers of antioxidant status in rats // J. Agric. Food Chem. 2006. Vol. 54. Pp. 4168-4175. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b05164.

12. Гуринович, Г. В. Льняная мука и качество мясных рубленых полуфабрикатов / Г.В. Гуринович, О. Рун-да // Мясная индустрия. -2013. - № 9. - С. 38-41.

13. Решетник, Е.И. Влагоудерживающая способность как критерий качества мясо-растительных полуфабрикатов / Е.И. Решетник, В.А. Максимюк, Т.В. Шарипова // Потенциал современной науки. - 2015. - № 2 (10). - С. 62-65.

14. Зубарева, Е.Н. Рубленые полуфабрикаты с пшеничным зародышем / Е.Н. Зубарева, И. С. Патракова, Г. В. Гуринович, Н.Н. Потипаева //Мясная индустрия. - 2011. - № 12. - С. 20-23.

15. Зинина О.В. Исследование рубленых полуфабрикатов из мяса цыплят-бройлеров, обогащенных мукой из непропаренной гречневой крупы / Зинина О.В., Гаврилова К.С., Позднякова М.А. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2019. №1. – С.31-40.

16. Голунова Л.Е. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. - 8-е изд. - СПб.: ПРОФИКС, 2006. - 688 с.

17. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: справ. - М.: ДеЛи принт, 2008. - 276 с.

18. Митрофанов Н.С. Мясо птицы - важнейший компонент мясных продуктов // Мясные технологии. -2007. - № 2. - С. 14-17.

19. Доня Д.В. Реологические показатели комбинированных мясных фаршей / Д.В. Доня, Е.В. Махачева // Вестник КрасГАУ. 2014. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/reologicheskie-pokazateli-kombinirovannyh-myasnyh-farshey (дата обращения: 29.10.2020).

20. Лавренова З.И. Влияние пророщенной пшеницы на качество, пищевую ценность, безопасность и экономическую эффективность рубленых полуфабрикатов / З.И. Лавренова, Е.А. Денисюк, Т.В. Залетова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2017. - № 2. - С. 68-74.

21. Нижельская К.В. Разработка новых видов мясных полуфабрикатов - котлет для людей старшего возраста / К.В. Нижельская, О.Г. Чижикова // Вестник МГТУ. 2018. №3. – С.488-495.

22. Сафронова Т.Н. Способы повышения пищевой ценности мясных кулинарных изделий / Т.Н. Сафронова, Л.Г. Ермош, О.М. Евтухова и др. Монография. Изд-во Сибирский федеральный университет. - 2015. – 114 с.

Статья поступила в редакцию 14.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 664.001.12/.18
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0022

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАУЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

© 2020

Ларин Игорь Александрович, кандидат военных наук, доцент, старший преподаватель
Волков Иван Евгеньевич, соискатель
Николаев Иван Николаевич, слушатель
Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева
(199034, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова д.8,
e-mails: igorlarin@mail.ru, volkovivan36@yandex.ru, nikola26-08-1989@mail.ru)

Аннотация. Предложены методологические аспекты научного обоснования технических решений совершенствование процессов и аппаратов пищевых производств и определения основных терминов методологии принятия технических решений в области развития процессов и аппаратов пищевых производств. Научное обоснование технических решений предлагается осуществлять на основе совокупного исследования методологических и нормативно-технических аспектов развития технических систем и совершенствования технологических процессов. Методологические аспекты совершенствования аппаратов базируются на применении методов таксономического анализа, квалиметрии, оптимизации показателей качества технических устройств и параметров технологических процессов. Новый подход состоит в том, что научное обоснование новых технических решений совершенствования существующих и разработки новых технических средств, технологического оборудования и технологий должно основываться на совокупном исследовании методологических и нормативно-технических аспектов развития технических систем и технологических процессов. Разработка новых аппаратов предусматривается в соответствии с требованиями нормативной базы технического регулирования проектно-конструктивной деятельности и организации процессов производства продуктов питания. Методологические аспекты научного обоснования новых технических и технологических решений основывается на методологической базе, которая включает три взаимосвязанных системы: систему методов теоретического обоснования технических и технологических решений; систему методов эмпирического (экспериментального) обоснования; систему методов и способов оптимизации технологических процессов транспортирования, хранения, переработки, производства продуктов питания и контроля их качества.

Ключевые слова: процессы, аппараты, технические решения, научное обоснование, методологическая база, нормативно-правовая база.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF SCIENTIFIC SUBSTANTIATION OF TECHNICAL SOLUTIONS FOR IMPROVING THE PROCESSES AND APPARATUS OF FOOD PRODUCTION

© 2020

Larin Igor Aleksandrovich, candidate of Military Sciences, associate Professor, senior Lecturer
Volkov Ivan Evgenievich, applicant
Nikolaev Ivan Nikolaevich, listener
Military Academy of Logistics named after General of the Army A.V. Khruleva
(199034, Russia, St. Petersburg, Makarova nab., 8,
e-mails: igorlarin@mail.ru, volkovivan36@yandex.ru, nikola26-08-1989@mail.ru)

Annotation. Methodological aspects of scientific substantiation of technical solutions, improvement of processes and apparatus of food production, and definition of the basic terms of methodology for making technical decisions in the field of development of processes and apparatus of food production are proposed. Scientific substantiation of technical solutions is proposed to be carried out on the basis of an aggregate study of methodological and regulatory and technical aspects of the development of technical systems and improvement of technological processes. The methodological aspects of improving the devices are based on the use of methods of taxonomic analysis, qualimetry, optimization of the quality indicators of technical devices and parameters of technological processes. The new approach is that the scientific substantiation of new technical solutions for improving existing and developing new technical means, technological equipment and technologies should be based on a combined study of methodological and regulatory and technical aspects of the development of technical systems and technological processes. The development of new devices is envisaged in accordance with the requirements of the regulatory framework for technical regulation of design and construction activities and the organization of food production processes. Methodological aspects of scientific substantiation of new technical and technological solutions is based on a methodological base, which includes three interrelated systems: a system of methods for theoretical substantiation of technical and technological solutions; a system of methods of empirical (experimental) substantiation; a system of methods and methods for optimizing technological processes of transportation, storage, processing, food production and quality control.

Keywords: processes, devices, technical solutions, scientific justification, methodological base, regulatory framework.

Введение. Решение практических задач в области развития аппаратов (технических средств) производства продовольствия зависит от степени разработанности теоретической базы. Наличие теоретических разработок позволяет определить направления развития техники и оптимизировать процессы совершенствования и создания новых технических средств и технологий. Однако, при столь очевидном значении теоретических исследований, к настоящему времени не разработаны четкие и понятные принципы, концептуальные подходы и методологическая сущность научного обоснования технических и технологических решений модификации технических средств и процессов продовольственного обеспечения. Поэтому разработка концептуальных подходов к решению этих вопросов является актуальной задачей.

Целью исследования является разработка методологических аспектов обеспечивающих научное обоснование новых технических и технологических решений совершенствования процессов и аппаратов пищевых производств.

Материалы и результаты исследования. На основании результатов исследования развития технических систем можно утверждать, что научное обоснование технических решений совершенствования процессов и аппаратов пищевых производств заключается в применении научно обоснованных методов, моделей, методик теоретических и экспериментальных исследований для расчета параметров и определения новых показателей соответствия технических средств и технологий продовольственной службы военно-техническим, технико- и военно-экономическим требованиям к образцам вооружения, военной и специальной технике и технологическим процессам транспортирования, хранения, переработки, производства продуктов питания и контроля их качества [1-5]. Исходя из предложенного определения, можно сделать вывод о том, что совершенствование существующих и разработка новых технических средств и технологий должны основываться на совокупном исследовании методологических и нормативно-технических аспектов развития технических систем и технологических процессов [6-10].

На рисунке 1 представлена структура методологической и нормативно-правовой основ, которые могут быть положены в основу научного обоснования технических и технологических решений совершенствование процессов и аппаратов пищевых производств. Она определяет систему теоретических и экспериментальных методов и нормативно-правовых принципов исследования показателей качества технических средств и их совершенствования, а также позволяет доказать основные научные результаты разработки технических и технологических решений модификации технических средств и технологического оборудования.

Рисунок 1 – Методологическая и нормативно-правовая база научного обоснования технических и технологических решений

Проведенный анализ теории и практики организации продовольственного обеспечения военнослужащих, а также изучение методологической и нормативно-правовой основ совершенствования аппаратов пищевых производств позволили сформулировать методологическую сущность научного обоснования развития технических средств и технологий.

Она заключается в том, что модификация технических средств продовольственной службы и процессов продовольственного обеспечения в целях повышения показателей их качества и возможности применения в особых условиях необходима и возможна на основе использования инновационных технологий, базирующихся на применении современных материалов, физических, механических, химических моделей технологических процессов продовольственного обеспечения и принципов колориметрии, термодинамики, физико-химического анализа, газожидкостной хроматографии, спектрофотометрии, конвекции, ионизации, магнитогидродинамического резонанса, те-

пломассопереноса, используемых для модификации и разработки технических устройств и объектов.

Как показано на рисунке 1 методологическая база научного обоснования технических и технологических решений включает три взаимосвязанных системы: систему методов теоретического обоснования технических и технологических решений; систему методов эмпирического (экспериментального) обоснования; систему методов и способов оптимизации технологических процессов транспортирования, хранения, переработки, производства продуктов питания и контроля их качества.

В соответствии с задачами научного обоснования, которые следуют из определения этого термина, система методов теоретического доказательства целесообразности технических и технологических решений включает (рис. 2): метод таксономического анализа; метод колориметрии; модели оптимизации показателей качества технических устройств и параметров технологических процессов; метод магнитострикционной очистки муки и подготовки комплексной мучной смеси повышенной пищевой ценности; методы аэрогидроочистки зерна, электрогидравлического размола зерна, пульсирующего продвижение теста внутри технологической трубы и его смешивания с ингредиентами, брожение в процессе многофакторного интенсифицирующего воздействия вибрации, электроконтактной выпечки хлеба и хлебобулочных изделий, нарезки вибрационным ножом и их упаковки в термоусадочную пленку; метод определения и измерения содержания летучих веществ образующихся при порче (для выявления состава подвижной части (фазы) вещества пищевого продукта, при этом, к веществам подвижной части (фазы) относятся аммиак, сероводород и пары спирта); метод определения и измерения цвета в спектрах видимого излучения; метод электростимуляции парного мяса; метод электротермической конвекции теплообменных поверхностей жарочного настила; метод сжигания обедненного ионизированного газового топлива в электрическом поле и др.

Необходимо отметить, что предназначение метода таксономического анализа заключается в определении классификации технических средств продовольственной службы и определение их соответствия военно-техническим требованиям; применение метода колориметрии позволяет обосновать технические решения по разработке приборов контроля качества исходного сырья и готовых продуктов питания; использование метода магнитострикционной очистки муки и подготовки комплексной мучной смеси повышенной пищевой ценности направлено на повышение контроля за качеством продуктов питания, а модель оптимизации показателей качества технических устройств и параметров технологических процессов – на обеспечение надежности и показателей производительности [11-15].

Рисунок 2 – Система методов теоретического обоснования технических и технологических решений

На рисунке 3 представлена система методов эмпирического (экспериментального) обоснования, которая включает методы планирования эксперимента, статистические методы анализа точности и стабильности технологических процессов, методы проверки однородности дисперсии, экспертно-аналитические методы и методы имитационного моделирования, методы линейного, динамического и выпуклого программирования и др. [16-18].

Применение этих методов позволяет выполнить экспериментальную проверку пригодности разработанных и предложенных технических устройств и средств продовольственного обеспечения, а также технологических процессов хранения, переработки, производства продуктов питания.

Система методов и способов оптимизации технологических процессов транспортирования, хранения, переработки, производства продуктов питания и контроля их качества включает специфические методы модификации технологических процессов, методы оценки технического уровня оборудования: назначения, надежности, эргономические, эстетические, технологичности, унификации, патентно-правовые, экологические, безопасности и экономические; методы оценки показателей качества продуктов питания и исходного сырья, методы переработки исходного сырья.

Большое значение для модификации и разработки, новых ТС и технологического оборудования имеют исследование возможности и оценки применения существующих технических и технологических решений [19,20]. В целях обеспечения соответствия модификации образцов техники продовольственной службы требованиям надежности и безопасности необходимо использовать документы нормативно-правовой и нормативно-технической базы регулирования процессов совершенствования существующих и разработки новых технических средств, технологического оборудования пищевой промышленности. На рисунке 4 показаны структура и состав нормативно-правовых документов.

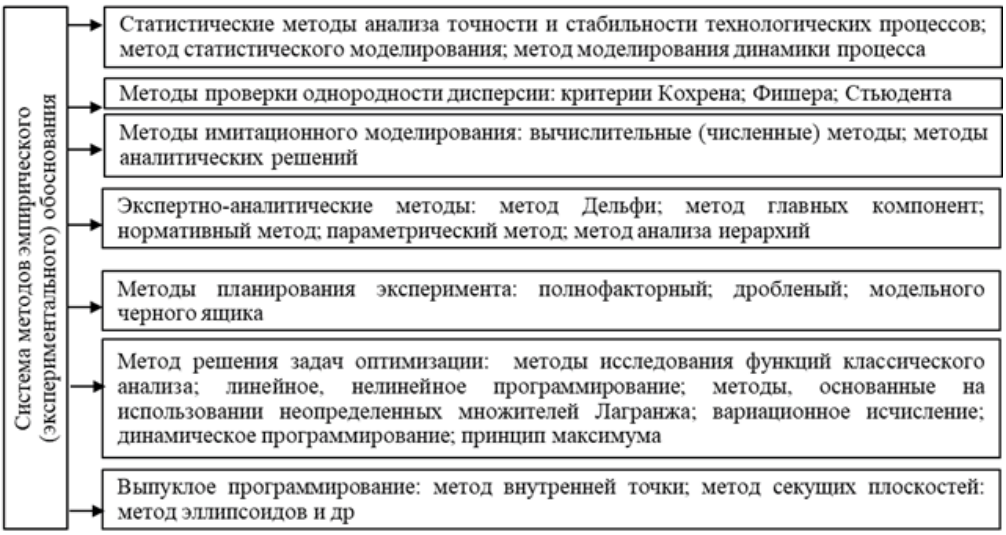


Рисунок 3 – Система методов эмпирического (экспериментального) обоснования

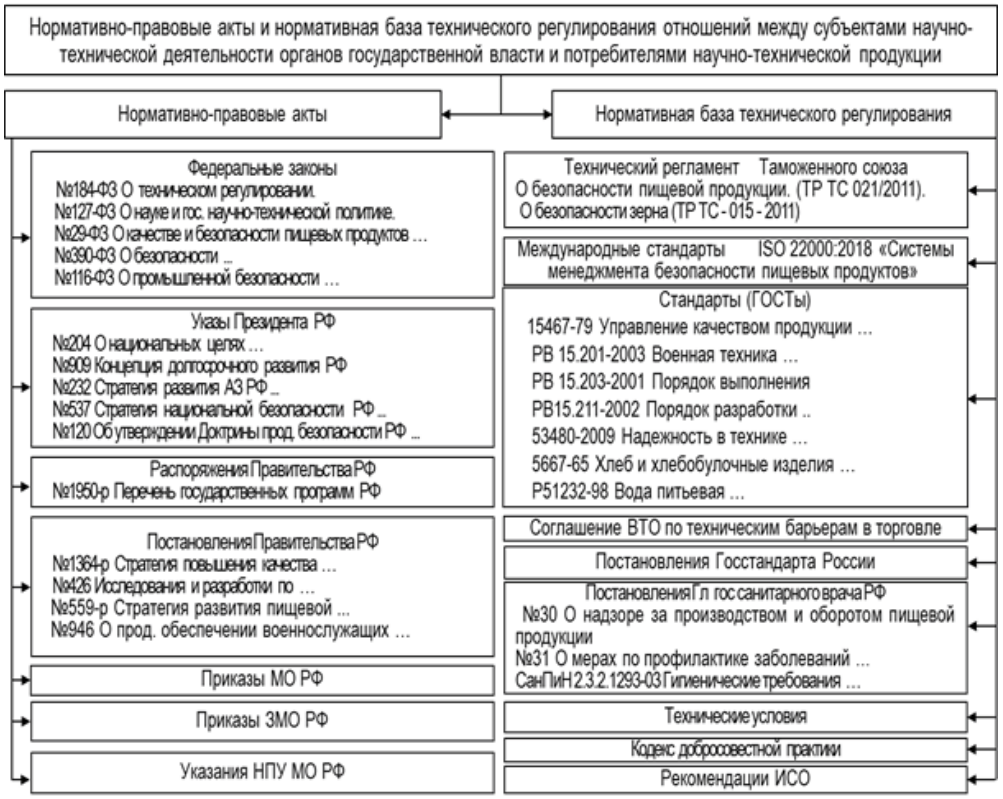


Рисунок 4 – Нормативно-правовые акты и нормативная база

Заключение. Таким образом, формирование системы методов теоретических, экспериментальных исследований и нормативно-технических аспектов развития технических систем и совершенствования технологических процессов с раскрытием их предназначения на различных этапах пищевых производств составляют методологические аспекты к научному обоснованию технических и технологических решений совершенствование процессов и аппаратов пищевых производств. Сформулированная структура и состав методологической и нормативно-правовой базы позволяет выполнить научное обоснование технических и технологических решений совершенствования процессов и аппаратов пищевых производств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Верболоз Е.И., Романчиков С.А. Особенности низкотемпературной тепловой обработки мясопродуктов в пароконвектомате с наложением ультразвуковых колебаний / Е.И. Верболоз, С.А. Романчиков // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 3 (73). С. 35-41.

2. Верболоз Е.И., Николюк О.И. Применение ультразвука при сушке макаронных изделий с белковыми добавками Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 1 (71). С. 50-54.

3. Николюк О.И. Расширение ассортимента хлебобулочной продукции и ресурсосбережения процесса выпечки /

Г.В. Алексеев, А.П. Савельев О.И. Николюк.// Ползуновский Вестник, Барнаул, АГТУ, ISSN 2072-8921 № 2. 2018. – С. 60-65.

4. Ermoshin N.A., Romanchikov S.A. Technological innovations in bread production in the arctic / N.A. Ermoshin, S.A. Romanchikov //В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 32002. doi:10.1088/1757-899X/862/3/032002.

5. Ermoshin N.A., Romanchikov S.A., Nikolyuk O.I. The electrohydraulic method for meat tenderization and curing / N.A. Ermoshin, S.A. Romanchikov, O.I. Nikolyuk //Theory and Practice of Meat Processing. 2020. Т. 5. № 2. С. 45-49.

6. Шаронов А.Н., Наумов А.В., Лопатин С.А., Шатохин И.С. О некоторых направлениях развития государственно-частного партнерства в интересах совершенствования разработки мобильных технических средств служб материального и медицинского обеспечения / А.Н. Шаронов, А.В. Наумов, С.А. Лопатин, И.С. Шатохин// Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения: военно-научный журнал. 2020. № 1 (53). С. 64-74.

7. Шаронов А.Н., Востряков И.В., Шатохин И.С. О результатах разработки и проведения государственных испытаний отделения подвижного хлебозавода в кузовах-контейнерах ПХК-М / Шаронов А.Н., Востряков И.В., Шатохин И.С. // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения: военно-научный журнал. 2020. № 1 (53). С. 104-119.

8. Ермошин Н.А., Романчиков С.А., Николюк О.И. Технология сепарированной очистки от примесей, электрогидравлического размола зерна и электроконтактной выпечки хлебобулочных изделий /Н.А. Ермошин, С.А. Романчиков, О.И. Николюк //Вестник Международной академии холода. 2020. № 3. С. 64-69.

9. Ермошин Н.А., Оболенская Ю.А., Романчикова Я.С.// Технические решения повышения пищевой ценности и показателей качества продуктов питания из мяса / Н.А. Ермошин, Ю.А. Оболенская, Я.С/ Романчикова// В сборнике: Юность и знания - гарантия успеха -2020. Сборник научных трудов 7-й Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах. Отв. редактор А.А. Горохов. 2020. С. 45-49.

10. Абдурахманов, Э. Ф. Технологическая разработка сохранения пищевой ценности и повышения усвояемости мясных блюд [Текст] / Э. Ф. Абдурахманов // Техника и технология пищевых производств, 2019. –Т. 49, – № 2. С. 177–184. DOI: 10.21603/2074-9414-2019-2-177-184

11. Шаронов А.Н., Шаронов Е.А. Оценка проектов модернизации подвижных средств хлебопечения / А.Н. Шаронов, Е.А. Шаронов // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения: ежеквартальный журнал научно-технических статей. Вольск: ВВИМО, 2018. С. 64-71.

12. Лоза А.А. Оценка значений технологических параметров электрогидравлического воздействия на зерновой продукт численными методами / Е.И. Верболоз, А.А. Лоза // Вестник ВГУИТ, – Воронеж,– № 2, Т. 79, 2017. – С. 68- 72.

13. Абдурахманов, Э. Ф. Техническая разработка в целях гриль приготовления мясных продуктов питания в условиях камбуза подводной лодки [Текст] / Э. Ф. Абдурахманов // Все о мясе, 2019. – № 2. С 49–53. DOI: 10.21323/2071-2499-2019-2-49-53

14. Шаронов А.Н., Шаронов Е.А. Оценка состояния и возможности средств полевого хлебопечения / А.Н. Шаронов, Е.А. Шаронов // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения: ежеквартальный журнал научно-технических статей. Вольск: ВВИМО, 2018. С 57 -64.

15. Лоза, А.А. Использование переходных процессов в электрических сетях для формования импульсного режима работы / А.А. Лоза, Е.И. Верболоз., А.Г. Леу //ТППП АПК, – Воронеж, – № 4 (18), 2017. – С. 74-79.

16. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей. – М.: Высшая школа. 1999. – 576 с.

17. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента / Ю.П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский // М.: Наука. 1976. – 280 с.

18. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие для бакалавров/ В.Е. Гмурман // – М.: Юрайт. 2013. – 479 с.

19. Гнеденко, Б.С. Математические методы в теории научности/Б. С. Гнеденко// – М.: Наука. 1965. – 275 с.

20. Абдурахманов, Э. Ф. Техническая разработка ускорения тендеризации и посола мясных полуфабрикатов [Текст] / Э. Ф. Абдурахманов // Ползуновский вестник, 2018. – № 4. – С. 31–36

Статья поступила в редакцию 14.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 637
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0023

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕРЕЗОВОГО СОКА В ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНОГО МОРОЖЕНОГО

© 2020

Верховых Дарья Андреевна, аспирант школы биомедицины департамента пищевых наук и технологий
Каленик Татьяна Кузьминична, доктор биологических наук,
профессор департамента пищевых наук и технологий, школа биомедицины
Дальневосточный Федеральный Университет
(690922, Приморский край, остров Русский, поселок Аякс, 10,
e-mails: dverhovyh@gmail.com, kalenik.tk@dvfu.ru)

Аннотация. Мороженое является распространенным пищевым продуктом среди различных групп населения. Согласно нормативным документам, действующим на территории РФ, мороженое делится на несколько видов, исходя из содержания молочного жира: молочное, сливочное и пломбир. Однако высокое содержание сахара в любом виде данного продукта ограничивает круг его возможных потребителей. В статье приведена информация об используемых на сегодняшний день подсластителях в рецептуре мороженого, а также их преимущества и недостатки. Выявлено, что на сегодняшний день является актуальным разработка рецептур и создание новых видов мороженного, с использованием нетрадиционного вида сахарозаменяющего сырья, применение которого позволит придать продукту необычный вкус, обогатить его полезными веществами, также изменяя качественные показатели, и при этом расширить существующий ассортимент на современном рынке. Одним из перспективных сахарозаменителей является березовый сок. Благодаря широкому распространению растений рода Bétula и большому ареалу произрастания на территории всей России, вышеупомянутый продукт может быть получен с минимальными материальными и ресурсными затратами, а высокое содержания сухих веществ, витаминов, микро- и макроэлементов делает этот продукт лесопромышленного комплекса незаменимым и многообещающим заменителем традиционно применяемых подсластителей.

Ключевые слова: мороженное, нетрадиционное сырье, березовый сок, береза, нетрадиционные сахарозаменители

PROSPECTS FOR THE USE OF BIRCH JUICE IN THE PRODUCTION OF MILK ICE CREAM

© 2020

Verkhovykh Daria Andreevna, phD Student School of Biomedicine Department of Food Science and Technology
Kalenik Tatiana Kuzminichna, doctor of Biological Sciences,
professor of the Department of Food Science and Technology School of Biomedicine
Far Eastern Federal University
(690922, Primorsky Territory, Russky Island, village Ajax, 10e-mails: dverhovyh@gmail.com, kalenik.tk@dvfu.ru)

Annotation.Ice cream is a common food product among various population groups. According to the regulatory documents in force on the territory of the Russian Federation, ice cream is divided into several types, based on the content of milk fat. The object of the study was milk ice cream, since, due to its low fat content, it can be eaten by people following various diets. However, the high sugar content of this product limits the range of possible consumers. The article provides information on the sweeteners used today in ice cream recipes, as well as their advantages and disadvantages. It was revealed that today it is relevant to develop recipes and create new types of ice cream, using an unconventional type of sugar substitute raw materials, the use of which will give the product an unusual taste, enrich it with useful substances, also changing the quality indicators, and at the same time expand the existing range on the modern market. One of the promising sugar substitutes is birch juice. Due to the wide distribution of plants of the genus Bétula and the large growing area throughout Russia, the above product can be obtained with minimal material and resource costs, and the high content of dry substances, vitamins, micro- and macro- elements makes this product of the forestry complex an irreplaceable and promising substitute for traditionally used sweeteners.

Keywords: ice cream, non-traditional raw materials, birch sap, birch, non-traditional sweeteners.

Введение. В рецептуру молочного мороженого, выделенного отдельно из-за невысокого содержания массовой доли молочных жиров – не выше 7,5%, процент которого в иных вида достигает 8-11,5% (в сливочном) и 12-20% (в пломбире), содержится достаточно много сахарозы – не меньше чем 14,5-15,5%, тогда как в сливочном мороженом и пломбире этот процент не превышает 14,0% [1].

Традиционно по нормам государственных стандартов подсластителями молочного мороженого являются:

– сахар-песок;

– рафинированный сахар и его пудра;

– жидкий сахар;

– кристаллическая и моногидратная глюкоза;

– сухие глюкозные сиропы;

– патока из крахмала стандартная и повышенной сладости;

– патока из мальтозы [2].

Недостатком данных соединений является высо-

кий уровень гликимического индекса, который приобретает и выпущенное молочное мороженое. Такой продукт способствует резким колебаниям сахара в крови, нарушению функции желудочно-кишечного тракта, снижению аппетита, развитию аллергических диатезов, набору лишнего веса, что делает особенно проблематичным его применение, так как продукция исходно ориентируется на детей дошкольного и младшего школьного возраста [3].

Острота проблемы чрезмерного использования рафинированных сахаров назрела еще в середины XX века, когда в Европе и Америке впервые появились публикации о вреде рафинированных пищевых продуктов. Так, доктор наук Вильям Мартин назвал сахар пищей, в которой нет необходимых для гармоничного развития организма витаминно-минеральных веществ, что приводит к нарушению гомеостатического баланса и развитию многочисленных патологий, независимо от возраста потребителя сладкой продукции [4].

Традиционные сахарозаменители для пищевой промышленности синтезируются искусственно (глюкоза) или производятся по рафинированным технологиям (патоки), и позволяют в большей мере оптимизировать выпуск готовой продукции или удешевить производство, а не проявить заботу о здоровье россиян. В настоящем аспекте все большее внимание производителей и экспертов по охране здоровья нации начинают приобретать натуральные сахарозаменители [5].

Эти продукты выделяются из природного сырья и содержатся в различных овощах, фруктах, ягодах и даже травяных и древесных культурах. На сегодняшний день в мировой практике активно применяются такие сахарозаменители, как [6]:

– Стевия. Слаще сахара в 250 раз, нормализует выработку инсулина и нормализует обмен веществ, культура требует выращивания только в тропическом и субтропическом климате, а также имеет выраженное послевкусие [7];

– Фруктоза. Содержится в натуральных овощах, фруктах и меде, имеет гликемический индекс в 4 раза ниже, чем у сахара [8];

– Сорбит. Присутствует в рябине, абрикосах и яблоках, усваивается без инсулина, так как не относится к группе сахаров, а является шестиатомным спиртом. Имеет свойство идеосинкразии и может вызывать послабление стула, что исключает его масштабное применение в пищевой промышленности [9];

– Эритрит. Содержится в овощах, грибах, фруктах, активно применяется в пищевой промышленности [10].

Эти натуральные сахарозаменители являются качественными и эффективными, однако их применение в Российской Федерации видится экономически нецелесообразным, так как отдельных культуры (например, стевия) не могут произрастать на территории страны из-за климатических условий, а получение таких веществ как эритрит, фруктоза и сорбит нерационально из-за большого отхода свежих фруктов, плодов и ягод, которые население может потреблять в свежем или переработанном виде, сохраняющем весь минерально-органический состав натуральных пищевых продуктов [11].

Между тем, в России традиционным продуктом леса выступает такой сахаросодержащий продукт как березовый сок [12].

Примечательно, что в перечне государственных стандартов для производства молочного мороженого отсутствует березовый сок как вид сырья. Вместе с тем ГОСТ Р 52175-2003 не отрицает потенциальной возможности его применения, так как в Примечаниях 1 к пункту 5.3, описывающем требования к сырью для производства мороженого упоминается о том, что законодательно разрешено применение иных компонентов российского и зарубежного производства, качество которых будет не ниже чем тех видов сырья, которые описаны в ГОСТе.

Проблематичность в мировом масштабе продуктов быстрого питания, к которым можно отнести и молочное мороженое стоит в том, что данный продукт насыщен легкоусвояемыми углеводами. Эти соединения быстро насыщают организм энергией, однако способствуют нарушению баланса углеводного обмена и формируют такие стойкие патологические состояния как избыточная масса тела, нарушение чувствительности к инсулину, рост содержащихся в крови липидных соединений, нарушает микробный симбиоз в ротовой полости и ведет к провокации и развитию кариеса, а также к заболеваниям десен и слизистой оболочки рта и ротоглотки [13, 14].

Крайне нежелательным видится использование как сахара, так и его производных и заменителей и ввиду ориентации молочного мороженого на детскую аудиторию как конечного потребителя. Кроме того, сахар и его классические заменители производятся по технологиям, исключающим присутствие в конечном продукте балластных веществ – антиоксидантов и витаминно-минеральных соединений, что понижает их ценность как сырья для пищевой промышленности [15].

По статистике ВОЗ, население США потребляет около 190 г сахара в сутки, что втрое выше предельного рекомендованного уровня, тогда как россияне употребляют в пищу порядка 100 г рафинированных сахаров, что выше нормы на 1,5 раза [16].

Таким образом, проведя анализ последних исследований, был сделан вывод об отсутствии работ, в которых применялся бы березовый сок в качестве сахарозаменителя в производстве мороженого. Поэтому **целью** данного исследования стало изучение перспективы использования березового сока в качестве сахарозаменителя в производстве мороженого. Для этого было проведено изучение состава и свойств березового сока, произрастающего на территории Дальнего Востока.

Материалы и результаты исследования. Рас-

смотрим свойства березового сока как потенциального натурального заменителя сахара для предприятий пищевой промышленности.

Благодаря широкому ареалу произрастания берез, сырье может быть получено в нескольких регионах из различных сортов березы, после чего методом отбора будут выявлены наиболее конкурентоспособные сорта берез, исходя из содержания в соке микро- и макроэлементов, а также витаминов и сухих веществ. На Дальнем Востоке березовые насаждения по распространению находятся на втором месте (9 %), опережают их лишь лиственничные. Площадь березовых насаждений составляет порядка 14 000 тыс. га [17].

Различные виды берез, произрастающие в нескольких отличных ареалах, например ельнике мелкотравно-зеленомошный (ЕМЗ), белоберезнике ерниковом (ББЕ) и дубняке лещинном равнинном (ДРЗ) также характеризуются отличающейся сокопродуктивностью. Для определения сокопродуктивности березы с одного дерева была использована технология, так называемой подсочки, при которой сок березы получают с применением нескольких этапов: на первом этапе кору березы подрумянивают, то есть снимают слой грубой коры диаметром порядка 10 см; вторым этапом идет бурение подсочных каналов диаметром 10мм, и глубиной около 3 см; далее закладываются каналы на высоте 30–40 см от корневой шейки; после этого устанавливают сокоприемники и сокопроводы, которые представляют собой полихлорвиниловые трубки; сбор сока проводится с постоянным измерением объема с точностью до 5 мл и в течение нескольких часов; после окончания сбора отверстия закупоривают деревянными затычками соответствующего размера. Результаты исследования представлены в таблице 1 [18].

Таблица 1 - Сокопродуктивность по ступеням толщины с одного дерева нескольких видов, в сутки

Вид березы	Ступень толщины, см					
	12	16	20	24	28	32
	Объем сока, л					
Береза плосколистная, ЕМЗ	1,45	2,55	3,50	4,80	5,65	7,64
Береза плосколистная, ББЕ	1,38	2,46	3,55	4,82	5,70	7,80
Береза даурская	0,95	1,45	2,50	3,45	4,70	6,80
Береза ребристая, ДЗР	1,70	3,05	4,25	5,60	6,80	8,40
Береза плосколистная	1,45	2,55	3,50	4,80	5,65	7,64

Из таблицы 1 видно, что для наибольшего выхода сока в объеме подходит береза ребристая. Сравнивая плосколистные березы, произрастающие в ельнике мелкотравно-зеленомошном и белоберезнике ерниковом, обладающие толщиной деревьев в диапазоне 12-16см, можно сказать, что первая характеризуется большей сокопродуктивностью, однако при увеличении толщины деревьев, береза, произрастающая в ельнике также будет обладать большей сокопродуктивностью.

Помимо различия в количестве выделяемого сока каждым отдельным видом березы, содержание химических элементов также разнится. Для качественного определения компонентов авторы использовали метод хромато-масс-спектрометрии. Анализ данных выполнялся при использовании *Agilent ChemStation*. Количественный анализ выполняли методом внутренней нормировки по площадям газохроматографических пиков, вычисленных с помощью пакета *Agilent ChemStation* без использования корректирующих коэффициентов. Содержание химических элементов в березовом соке в различные периоды сокодвижения, а также в нескольких видах берез представлено в таблице 2.

Таблица 2 - Содержание химических элементов в березовом соке в различные периоды сокодвижения

Вид березы	Содержание химических элементов, ppm							
	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	P	K	S
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Начало сокодвижения							
Плосколистная	109,1	73,0	0,05	1,6	3,5	0,1	0,8	4,9
Ребристая	475,0	74,0	0,5	2,6	0,4	0,3	6,6	85,8
Даурская	129,0	10,0	1,0	3,0	3,0	0,2	5,2	61,0
	Середина сокодвижения							
Плосколистная	809,0	307,0	0,5	1,0	1,0	0,3	7,0	15,0
Ребристая	772,0	282,1	0,5	0,7	3,0	0,1	9,0	32,1
Даурская	365,0	87,0	1,6	1,3	20,0	2,5	5,1	33,0
	Окончание сокодвижения							
Плосколистная	671,0	144,0	1,0	1,9	3,4	0,5	7,8	26,4
Ребристая	394,0	118,0	3,4	3,6	16,0	0,4	7,9	89,1
Даурская	689,0	207,0	0,1	3,8	6,5	0,02	9,9	19,8

После анализа выше представленной таблицы можно сделать следующие выводы: независимо от вида березы или периода подсочки, в соке берез преобладающим является кальций; больше всего кальция можно наблюдать в соке березы плосколистной в середине сокодвижения, а меньше всего в начале сокодвижения у того же вида березы; независимо от вида березы, содержание кальция преобладает в соке в середине сокодвижения. Медь, марганец и фосфор содержаться в березовом соке в очень маленьких количествах, которые колеблются в зависимости от периода сокодвижения. Существенно не меняются количества лишь меди и железа, независимо от периода подсочки [19].

Березовый сок содержит около 2% сахара (сухих веществ), а также эфирные масла, обеспечивающие приятный запах и противомикробную активность сока, витамины B6 и B12, оказывающие позитивное воздействие на развитие и работу нервной системы, сапонины и органические кислоты [20].

Еще одним аргументом в пользу применения березового сока как сахарозаменителя при производстве молочного мороженого необходимо назвать высокую экологичность сырья, так как сбор сока идет в достаточно незагрязненных регионах Российской Федерации, а корневая система березы способна извлекать воду из подпочвенных грунтовых вод, не загрязненных удобрениями и пестицидами. Однако свекольный сахар вырабатывается из сельскохозяйственной культуры, произрастающей на чрезмерно удобренных и зачастую экологически неблагополучных почвах,

черпая воду и минеральные соединения из верхнего, наиболее контаминированного слоя грунта.

Заключение. Указанный витаминно-минеральный состав позволяет оценить березовый сок как ценное сырье для пищевой промышленности, позволяющее заменить сахар, глюкозу и патоку.

Однако такой ценный продукт лесопромышленного комплекса как березовый сок еще не входит в список официально утвержденных нормами ГОСТа сахарозаменителей, хотя имеет высокую перспективность применения как сырье, заменяющее сахар для производства молочного мороженого.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Юдаева, Н.А. Виды мороженого и процесс его производства / Н.А. Юдаева, Э.М. Карпузова // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России. Сборник статей международной научно-практической конференции молодых ученых. – 2018. – С.272-274.

2. Казакова, Н.В. Функциональная роль сахаров в процессе формирования потребительских свойств мороженого и взбитых замороженных десертов / Н.В. Казакова // Мир мороженого и быстрозамороженных продуктов. – 2016. – №3. – С.16-17.

3. Яковлева, Е.Д. Влияние сахара на наш организм. Польза и вред сахара / Е.Д. Яковлева // Academy. – 2017 – №9(24). – С.45-46.

4. Творогова А.А. Сравнительный анализ классификации мороженого в России и за рубежом // Мороженщик России. – 2007. – № 5. – С.5-6.

5. Кубаев, М.Б. Сравнение сахарозаменителей / М.Б. Кубаев // Трибуна ученого. – 2020. - №4. – С.20-22.

6. Панов, Д.М. Функциональный шоколад со стеверитом и инулином / Д.М. Панов, Л.В. Донченко, П.Р. Покхрел // Евразийский союз ученых. – 2016. - №5-2(26).- С. 70-73.

7. Иванова, И.А. Содержание фруктозы во фруктах / И.А. Иванова, О.Ю. Ширяева // Новая наука: история становления, современное состояние, перспективы развития: сборник статей Международной научно-практической конференции: в 2-х частях. - 2016. – С.3-6.;

8. Воробьева, А.С. Сорбит в молочных функциональных пищевых продуктах / А.С, Воробьева // Современные направления научных исследований: Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. - 2017. – С.17-20.

9. Гаппаров, М.М. Новая пищевая добавка (заменитель сахара) – эритрит / М.М. Гаппаров // Вопросы питания.- 2000. -Т.69,N 6.- С.43-45

10. Полищук Г.Е. Тенденции развития отрасли производства мороженого // Переработка молока. – 2007. – № 2. – С.52-53.

11. Ковалев, А.П. О рациональном использовании лесов на Дальнем Востоке / А.П. Ковалев, А.А. Наумова // Лесохозяйственная информация. – 2013. - №2. – С.45-46.

12. Johnson, R.K. Dietary sugars intake and cardiovascular health: A scientific statement from the American Heart Association / L.J. Appel, M. Brands, B.V. Howard, M. Lefevre, R.H. Lustig // Circulation.- 2009.- 120(11). – P.1011–1020.

13. Malik, V.S. Sugar-sweetened beverages and weight gain in children and adults: a systematic review and meta-analysis / A. Pan A, W.C. Willett, F.B. Hu // American Junior Clinical Nutrition.- 2013.- 98(4). –P.1084–1102

14. Сарафанова, Л. А. Применение пищевых добавок. Технические рекомендации / Л. А. Сарафанова. – 6-е изд., исп. и доп. – СПб: ГИОРД, 2005. – 200 с.

15. Степанова, А.Ю. Анализ мирового рынка сахара: производство, потребление, торговля / А.Ю. Степанова // Управление рисками в АПК. 2018. - №2. – С.127-147.

16. Палаткин, В.В. Влияние сахара на организм человека / В.В. Палаткин // Фундаментальные аспекты психического здоровья. – 2017. – №2. – С.44-46.

17. Иванченко, В.Д. Дальневосточный лесной комплекс: оценка и проблемы правового регулирования противодействия незаконной вырубки и оборота древесины / В.Д. Иванченко // Власть и управление на востоке России. – 2017. - №4 (81). - С.200-208.

18. Грязькин, А.В. Сокопродуктивность березы в зависимости от количества подсочных каналов на стволе / А.В. Грязькин, А.В. Любимов, И.Д. Самсонова, Х.М. Хетагуров, В.В, Хунг, Г.В. Ванджурак // Естественные науки. – 2017. - №6. – С.6-10.

19. Шемякина, А.В. Берёзы на Дальнем Востоке России (Видовое разнообразие, распространение, биологически активные вещества и их использование) / А.В. Шемякина. - Хабаровск: Изд-во ФБУ «ДальНИИЛХ», 2016. - 130 с.

20. Развязная, И.Б. Новый напиток на основе березового сока / И.Б Развязная, В.Н. Тимофеева, А.Л. Зайцева // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. – 2008.- №1(4). –С.14-19.

Статья поступила в редакцию 27.10.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 519.876.5
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0024

РАЗРАБОТКА РАСШИРЕННОЙ МОДЕЛИ ИМИТАЦИИ СБОРА И ЭВАКУАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ НА БАЗЕ ПО ANYLOGIC

© 2020

Авдеева Марина Олеговна, кандидат экономических наук,
доцент Высшей школы техносферной безопасности
Савельев Дан Игоревич, магистрант Высшей школы техносферной безопасности
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29,
e-mails: avdeeva_mo@spbstu.ru, savelev.dan@yandex.ru)

Аннотация. Несмотря на достаточный уровень развития науки и техники, человечество ещё не способно противостоять всем природным и техногенным катастрофам. Из-за этого ежегодно умирает значительное число людей. Одной из форм сохранения жизни человека в случае чрезвычайных ситуаций является эвакуация населения. Статья посвящена актуальной на данный момент проблеме: применению методов имитационного моделирования для воспроизведения процесса эвакуации населения, а так же дальнейшей их оценки и прогнозирования. Основной целью данной статьи является получение времени эвакуации населённого пункта в зависимости от нахождения сборного эвакуационного пункта. Задачей являлось построить модель эвакуации и провести ряд экспериментов, чтобы определить закономерности, позволяющие влиять на управление процессом вывоза населения из населённого пункта при угрозе ЧС. Новизна исследования заключается в нахождении зависимости места расположения сборного эвакуационного пункта и соответствующего ему времени эвакуации. Модель реализована на базе применения программного продукта *AnyLogic*. В результате получены: сравнение общего времени эвакуации при расположении сборного эвакуационного транспорта в различных точках, а так же распределение общего времени эвакуации от времени выхода человека из места своего жительства или работы. Полученные данные позволяют сделать первоочередные выводы о безопасности тех населённых пунктов, которые находятся в зоне частых разрушительных ЧС.

Ключевые слова: управление, техносферная безопасность, моделирование, имитационное моделирование, чрезвычайная ситуация, эвакуация, *AnyLogic*, безопасность жизнедеятельности, сохранение жизни и здоровья

DEVELOPMENT OF AN EXTENDED MODEL FOR SIMULATING THE ASSEMBLAGE AND EVACUATION OF THE POPULATION IN AN EMERGENCY SITUATION BASED ON ANYLOGIC SOFTWARE

© 2020

Avdeeva Marina Olegovna, candidate of economic sciences,
Associate Professor of the Higher School of Technosphere Safety
Saveliev Dan Igorevich, master's student of the Higher School of Technosphere Safety
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29,
e-mails: avdeeva_mo@spbstu.ru, savelev.dan@yandex.ru)

Annotation. Despite the sufficient level of development of science and technology, humanity is not yet able to withstand all natural and man-made disasters. Because of this, a significant number of people die every year. One of the forms of saving human life in case of emergency situations is evacuation of the population. The article is devoted to the current problem: the use of simulation methods to reproduce the process of evacuation of the population, as well as their further assessment and forecasting. The main purpose of this article is to get the time of evacuation of a locality depending on the location of the combined evacuation point. The task was to build a model of evacuation and conduct a series of experiments to determine the patterns that can influence the management of the process of removing the population from the locality in the event of an emergency. The novelty of the study is to find the dependence of the location of the combined evacuation point and the corresponding evacuation time. The model is implemented using the AnyLogic software product. The results are: comparison of the total evacuation time when the combined evacuation transport is located at different points, as well as the distribution of the total evacuation time from the time when a person leaves their place of residence or work. The data obtained allow us to draw priority conclusions about the safety of those localities that are in the zone of frequent destructive emergencies.

Keywords: management, technosphere safety, simulation, simulation, emergency, evacuation, AnyLogic, safety, life and health.

Введение. Несмотря на достаточный уровень развития науки и техники, человечество ещё не способно противостоять всем природным и техногенным катастрофам. Из-за этого ежегодно умирает значительное число людей [1, 2].

Одной из форм сохранения жизни человека в случае чрезвычайных ситуаций является эвакуация населения. Под эвакуацией понимается вывоз людей

в безопасные районы [3]. Это достаточно сложный процесс, основанный на взаимодействии нескольких уровней управления и состоящий из ряда мероприятий. Так необходимо организовать оповещение населения, его сбор, обеспечение транспортом, непосредственно транспортировку людей и т.д. [4, 5].

В некоторых населённых пунктах нашей страны замечен взрывной рост количества жилых домов, а следовательно, и числа жителей, при этом обеспечение дорогами запаздывает на несколько лет. Поэтому было принято решение проверить возможность эвакуации некого города при текущем транспортном обеспечении.

В предыдущих публикациях авторов [6, 7] был рассмотрен процесс эвакуации из конкретной территории, но внимание было уделено преимущественно автодорогам, ведущим из неё. Данное же исследование нацелено на более широкое изучение: передвижение человека от жилого дома или рабочего места до сборного пункта эвакуации, посадка в эвакуационный транспорт, передвижение в безопасный район.

Существует множество работ, описывающих подобную проблематику, но основная их цель показать частные процессы, как поведение людей в толпе [8, 9], их информирование [10] и выбор оптимального пути [11], столкновение эвакуационного транспорта [12] и т.д. Но этих данных недостаточно, чтобы судить об эффективности процесса эвакуации, их лишь можно использовать для уточнения параметров разрабатываемой в данной работе.

Основной **целью** разработки модели является получение времени эвакуации из населённого пункта в зависимости от нахождения сборного эвакуационного пункта. Поэтому при постановке задачи моделирования в нашей статье необходимо учесть следующие факторы, которые будут влиять на время эвакуации:

- планировка населённого пункта;
- распределение жителей по территории;
- информирование о чрезвычайной ситуации;
- готовность населения и служб к эвакуационным мероприятиям;
- другие.

С учетом вышеизложенного, постановка задачи моделирования представлена в виде черного ящика, показанный на рисунке 1:

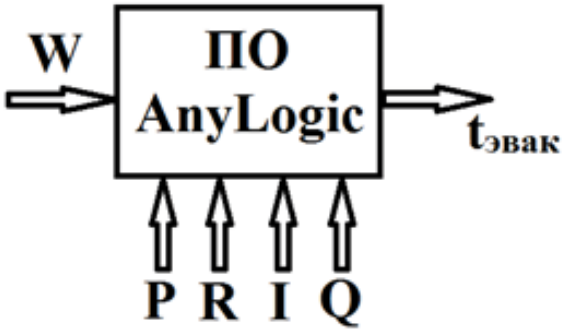


Рисунок 1 - Постановка задачи моделирования

Где *W* - входной поток событий, управляющие переменные: *P* - планировка населённого пункта, *R* - распределение жителей по территории, *I* - информирование о чрезвычайной ситуации, *Q* - расположения СЭП. В качестве результата будем рассматривать время эвакуации tэвак.

Исходя из поставленной целевой установки, можно выделить следующие задачи:

- построить имитационную модель процесса эвакуации населения,
- провести ряд экспериментов, чтобы определить закономерности, позволяющие влиять на управление процессом вывоза населения из населённого пункта при угрозе ЧС.

Материалы и методы исследования. Осуществив постановку задачи, далее следует перейти к реализации модели или ее построению. Чтобы сделать это, необходимо выбрать метод. В рамках данного исследования будем использовать метод имитационного моделирования.

В целом, метод моделирования - метод изучения сложного объекта, при помощи переноса значимых его свойств на более простой для изучения объект. Таким образом, происходит абстрагирование от множества мелких, но усложняющих систему характеристик, оставляя только важное.

В имитационном же моделировании под методом понимается некая основа, которая используется, чтобы «перевести» систему из реального мира в мир моделей. Метод предполагает определенный язык, «положения и условия» для разработки модели.

Процесс эвакуации - сложный процесс, зависящий от многих факторов. Чтобы решить проблему его описания, необходимо использовать модели, построение которых основано на принципе познаваемости мира, а именно декомпозиции, абстрагировании, агрегировании [13-15]. Таким образом, требуется разделить процесс на несколько более простых, выделить наиболее важные характеристики и соединить их в единую структуру, с которой было бы удобно работать, и которая с определённой точностью описывала бы интересующий процесс.

Эвакуация людей из населённого пункта была разделена на следующие процессы:

- перемещение людей из места жительства/работы к сборному эвакуационному пункту;
- посадка в эвакуационный транспорт;
- транспортировка в безопасный район;
- высадка пассажиров.

Каждый из этих процессов описывается своим собственной элементом модели.

На этапе абстрагирования были выделены следующие характеристики с наибольшим влиянием на окончательный результат процесса эвакуации, которые выступают исходными данными для модели:

- схемы населённого пункта и автодорожной сети;
- вероятность использования того или иного вида транспорта;
- интенсивность отправления людей от мест жи-

тельства/работы;

• интенсивность прибытия эвакуационного транспорта к сборным эвакуационным пунктам.

Вышеуказанные параметры не основаны ни на каком-либо объекте, являются предположением авторов, т.к. основной целью работы является показать возможность создания подобных моделей и особенности работы с ними.

Для решения поставленной задачи использовался программный продукт *AnyLogic*, который разработан на основе современных концепций в области информационных технологий и результатов исследований в теории гибридных систем и объектно-ориентированного моделирования.

Это комплексный инструмент, охватывающий в одной модели основные в настоящее время направления моделирования: дискретно-событийное, системной динамики, агентное [16-18].

AnyLogic позволяет в моделировании использовать блоки из разнообразных библиотек: производственных систем, железнодорожная, потоков [19, 20] и т.д.

В данной работе были задействованы библиотеки моделирования процессов, пешеходная, дорожного движения.

Модель включает в себя следующие этапы:

• создание агентов,

• их передвижение,

• взаимодействие друг с другом,

• «уничтожением» агентов по выполнению ими своих задач.

На рисунке 2 показана структура модели эвакуации из населённого пункта. Блоки зеленого цвета, относятся к пешеходной библиотеке, чёрного цвета – эвакуационного транспорта, синие – обработчики событий, которые применяются как для пешеходов, так и для транспорта.

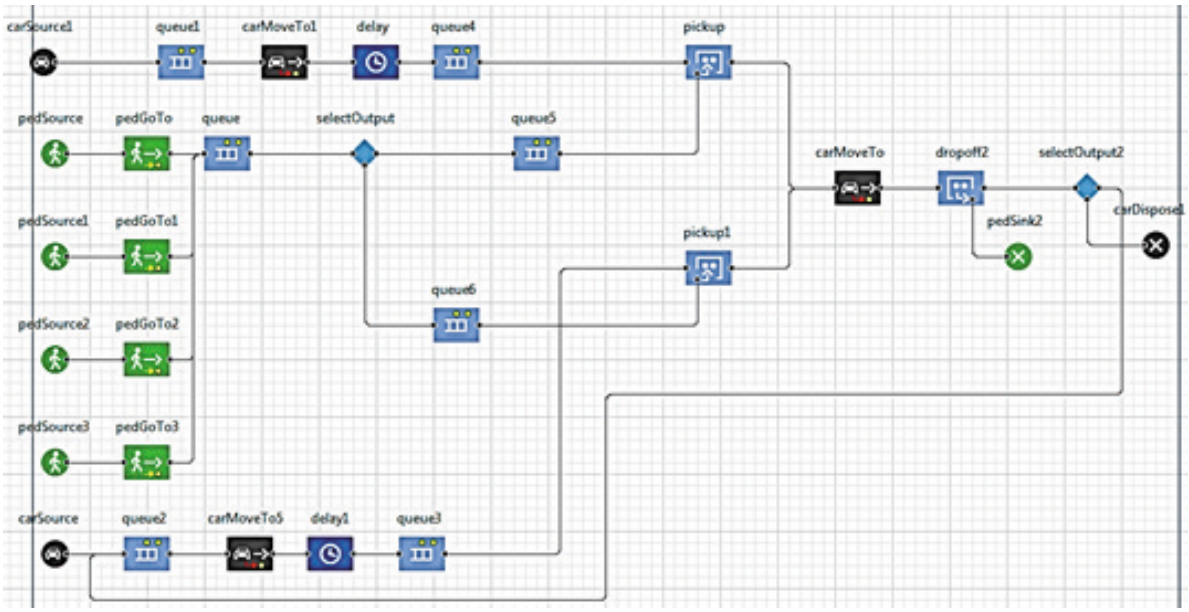


Рисунок 2 – Структура модели эвакуации населения

Блоки с названием «*pedSource(N)*» и «*carSource(N)*», где *N* – номер блока, непосредственно описывают создание агентов, затем идёт несколько блоков, описывающих движение к сборным эвакуационным пунктам. В зависимости от того, каким видом транспорта (автобус или личный транспорт) пользуется эвакуируемый производится выбор следующего блока, «*pickup*» или «*pickup1*», где происходит посадка людей в соответствующий транспорт. Следующий блок отвечает за перемещение в безопасный район. Затем происходит высадка людей и либо уничтожение агентов-личного автотранспорта, либо возвращение автобусов в населённый пункт для дальнейшего вывоза людей.

На рисунках 3 и 4 показаны карты передвижения людей и автотранспорта. Для каждого вида агентов своя.

На рисунке 3 показана схема населённого пункта. Оранжевые линии ограничивают жилищную застройку. На зелёных линиях, меж оранжевых, равномерно создаётся поток эвакуируемых. Зелёная черта в левой части рисунка обозначает сборный эвакуационный пункт, к которому движутся люди.

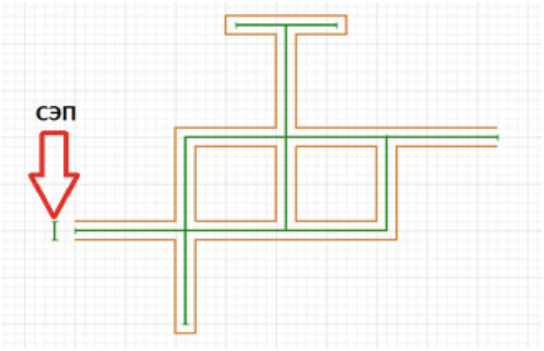


Рисунок 3 - Примерная схема населённого пункта

На рисунке 3 схематично показана автодорожная сеть. На парковке (1) создаются агенты-«транспорт», на сборном эвакуационном пункте (2) происходит непосредственно посадка в транспорт, в (3) происходит высадка. Дальше дорога замыкается.

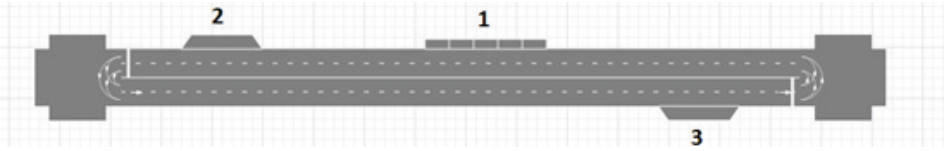


Рисунок 4 - Примерная схема автодорожной сети

На последнем этапе в описании блоков модели даются ссылки на элементы карт передвижения людей и автотранспорта, чтобы запрограммировать движение агентов по картам.

Результаты исследования. В ходе работы была построена новая подробная модель, позволяющая изучать процессы эвакуации населённых пунктов. Для каждого случая только необходимо изменить схемы городской застройки и автодорожной сети (можно также использовать несколько видов эвакуационного транспорта).

В качестве результата работы можно привести сравнение (табл. 1) общего времени эвакуации при расположении сборного эвакуационного транспорта в различных точках, показанных на рисунке 5.

Таблица 1 – Сравнение времени эвакуации в зависимости от расположения СЭП.

	Номер СЭП				
	1	2	3	4	5
Время эвакуации, ед. модельного времени	75	65	80	75	65

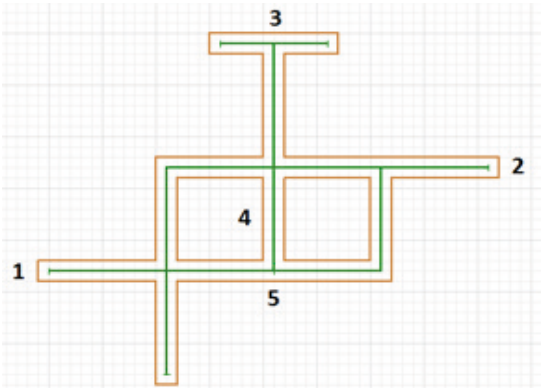


Рисунок 5 - Схема расположения СЭП на плане населённого пункта

Следовательно, стоит заключить, что правильно выбранное расположение места сбора эвакуируемых может кардинально повлиять на безопасность населения.

Также в ходе эксперимента было получено распределение общего времени эвакуации от времени выхода человека из места своего жительства или работы (рис. 6).

Заметно, что преобладает наименьшее время эвакуации, в то время как дальше гистограмма показывает практически равные значения. Это можно объяснить тем, что со временем у СЭП образуется скопление из людей (рис. 7). А отсутствие порядка эвакуируемых не позволяет людям, раньше прибывшим к месту сбора, эвакуироваться первыми.

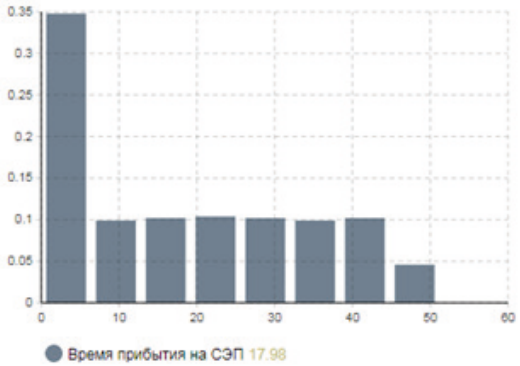


Рисунок 6 - Гистограмма общего времени эвакуации

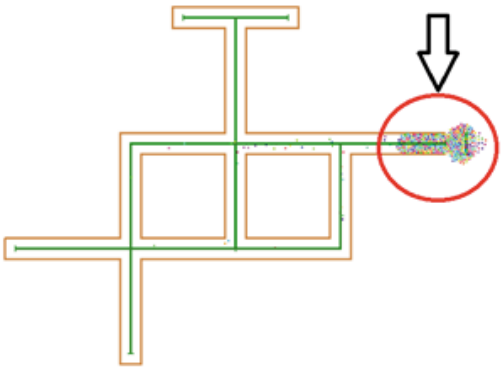


Рисунок 7 - Скопление людей у СЭП

Заключение. Работа позволяет выявлять ошибки, допущенные градостроителями и чиновниками, тем самым повысив безопасность населения при чрезвычайных ситуациях. Появляется возможность оценивать эвакуацию не качественной субъективной оценкой, а количественной (общее время эвакуации). Тем самым появляется возможность подбирать те условия, которые наиболее позволяют избежать негативных последствий.

Так основываясь на данных, полученных в данном исследовании, можно заключить, что правильно выбранное место расположения СЭП может сэкономить порядка 25% времени, а наличие нескольких пунктов – избежать скопления людей.

На данном этапе разработки программа имеет ряд допущений, которые не позволяют назвать модель полностью достоверной. Объективность модели ещё должна подвергнуться верификации. Но авторы считают, что для поверхностной оценки она уже применима, позволив тем самым сделать первоочередные выводы о безопасности тех населённых пунктов, которые находятся в зоне частых разрушительных ЧС.

Для полноты модели необходимо встроить модули, отвечающие за поведение людей в толпе и ав-

тотранспорта в случае аварии в процессе эвакуации, эффективности использования тех или иных СЭП из-за воздействия негативных факторов ЧС (например, подтопление) и т.д.

Таким образом, тема данной работы остаётся актуальной для дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Порфирьев Б. Н. Экономика природных катастроф // Мир новой экономики. – 2015. – №. 4.

2. Порфирьев Б. Н., Макарова Е. А. Экономическая оценка ущерба от природных бедствий и катастроф //Вестник Российской академии наук. – 2014. – Т. 84. – №. 12. – С. 1059-1059.

3. Kongsomsaksakul S., Yang C., Chen A. Shelter location-allocation model for flood evacuation planning //Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. – 2005. – Т. 6. – С. 4237-4252.

4. ESM S. O., OAM P. C., Davies B. Timeline modelling of flood evacuation operations //Procedia Engineering. – 2010. – Т. 3. – С. 175-187.

5. Kolen B., Helsloot I. Decision-making and evacuation planning for flood risk management in the Netherlands //Disasters. – 2014. – Т. 38. – №. 3. – С. 610-635.

6. Савельев Д. И., Авдеева М. О. Постановка задачи моделирования чрезвычайной ситуации природного характера // Неделя науки СПбПУ. – 2020. – С. 13-15.

7. Avdeeva M. O. et al. Model of settlement evacuation based on the imitation modelling application //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 918. – №. 1. – С. 012076.

8. Golshani N. et al. Modeling evacuation demand during no-notice emergency events: tour formation behavior //Transportation research part C: emerging technologies. – 2020. – Т. 118. – С. 102713.

9. Yi J., Pan S., Chen Q. Simulation of pedestrian evacuation in stampedes based on a cellular automaton model //Simulation Modelling Practice and Theory. – 2020. – Т. 104. – С. 102147.

10. Hou J. et al. Prediction model of traffic loading rate for large-scale evacuations in unconventional emergencies: A real case survey //Process Safety and Environmental Protection. – 2020. – Т. 144. – С. 166-176.

11. Тарасенко О. А., Беляев В. Ю., Стаховский О. В. Алгоритм нахождения оптимального маршрута экстренной эвакуации населения. – 2016.

12. Alam M. D. J., Habib M. A. Modeling Traffic Disruptions during Mass Evacuation //Procedia Computer Science. – 2020. – Т. 170. – С. 506-513.

13. Бурлов В. Г., Андреев А. В., Гомазов Ф. А. Управление безопасностью объекта техносферы на основе закона сохранения целостности объекта //Технико-технологические проблемы сервиса. – 2018. – №. 1 (43).

14. Бурлов В. Г., Матвеев А. В. Основы теории синтеза облика системы обеспечения безопасности и способов ее функционирования на потенциально опасных объектах // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2012. – №. 3. – С. 1-13.

15. Бурлов В. Г., Зенина Е. А., Матвеев А. В. Синтез модели и способов функционирования системы в условиях конфликта //Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2012. – №. 3 (150).

16. Borshchev A. et al. Multi-method modelling: AnyLogic // Discrete-event simulation and system dynamics for management decision making. – 2014. – С. 248-279.

17. Emrich S., Suslov S., Judex F. Fully agent based. Modellings of epidemic spread using anylogic //Proc. eurosim. – 2007. – С. 9-13.

18. Garifullin M., Borshchev A., Popkov T. Using AnyLogic and agent-based approach to model consumer market //Proceedings of the 6th EUROSIM Congress on Modelling and Simulation. – 2007. – С. 1-5.

19. Григорьев И. AnyLogic за три дня. Практическое пособие по имитационному моделированию. – 2017. – 273 с.

20. Merkuryeva G., Bolshakovs V. Vehicle schedule simulation with AnyLogic //2010 12th International Conference on Computer Modelling and Simulation. – IEEE, 2010. – С. 169-174.

Статья поступила в редакцию 18.10.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 159.9.072
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0025

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СОТРУДНИКАМИ МЧС

© 2020

Бочкарева Людмила Петровна, кандидат психологических наук, доцент,
доцент кафедры «Гуманитарные дисциплины»
Виноградов Олег Станиславович, кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Защита в чрезвычайных ситуациях»
Виноградова Наталья Александровна, кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Гуманитарные дисциплины»
Чернышев Алексей Андреевич, магистрант
Яловой Алексей Евгеньевич, магистрант
Пензенский казачий институт технологий (филиал) ФГБОУ ВО
«Московский государственный университет технологий и управления
им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)»
(440006, г. Пенза, ул. Володарского, 6,e-mails: mila58reg@yandex.ru, fox-bbs@mail.ru, woinova53@mail.ru)

Аннотация. Актуальность изучения влияния стрессогенных факторов на эмоциональное выгорание сотрудников, работающих в условиях чрезвычайных ситуаций объясняется тем, что такая деятельность сопровождается хроническим психическим напряжением и огромными физическими нагрузками, что негативно отражается на личности специалистов. Последствиями этого влияния являются различные профессиональные деформации личностных качеств, что может сказаться на качестве работы. Профессиональная деформация может проявляться в разных симптомах: эмоциональных (высокая тревожность, фрустрированность, агрессивность и т.д.), когнитивных (негативные мысли и установки, разочарование в жизни)поведенческих (негативные отношения с окружающими людьми, снижение качества выполняемой работы, возникновение различных аддикций). В целом, профессиональное выгорание неблагоприятно отражается на здоровье (психическом, физическом) специалиста, его субъективном благополучии и эффективности выполняемой профессиональной деятельности. В данном исследовании предпринята попытка эмпирического изучения проявлений эмоционального выгорания и стратегий противостояния стрессу у сотрудников МЧС. В исследовании участвовали две группы сотрудников одной из пожарно-спасательных частей Федеральной противопожарной службы МЧС РФ по Пензенской области с разным стажем профессиональной деятельности. Диагностика проявлений эмоционального выгорания проводилась по методике В.В. Бойко. Для изучения стратегий совладающего поведения был использован тест «Индикатор копинг-стратегий» (автора Дж.Амирхан)Установлено, что вне зависимости от профессионального стажа сотрудники демонстрируют низкий уровень эмоционально выгорания, что объясняется определенной адаптацией к стрессогенным условиям профессиональной деятельности, высокой психологической готовностью сотрудников к деятельности в системе МЧС, наличием профессионально – важных качеств. Однако, отмечаются отдельные негативные эмоциональные симптомы, которые по мере увеличения стажа профессиональной деятельности, могут увеличивать риск возникновения синдрома эмоционального выгорания.

Ключевые слова: профессиональная деятельность, сотрудники МЧС, синдром эмоционального выгорания, симптомы эмоционального выгорания, профессиональный стресс.

PSYCHOLOGICAL FACTORS OF PROVIDING TECHNOSPHERIC SAFETY BY EMERCOM OF EMPLOYEES

Bochkareva Lyudmila Petrovna, candidate of psychological Sciences,
associate Professor of the Department "Humanitarian Disciplines"
Vinogradov Oleg Stanislavovich, candidate of Technical Sciences,
associate Professor, Head of the Department "Emergency protection"
Vinogradova Natalya Aleksandrovna, candidate of Technical Sciences,
associate Professor, Head of the Department "Humanitarian Disciplines"
Chernyshev Alexey Andreevich, undergraduate
Yalovoy Alexey Evgenievich, undergraduate
Moscow State University of Technology and Management named after VG Razumovsky PKU (branch)
(440006, Penza, Volodarskogo street, 6, e-mails: mila58reg@yandex.ru, fox-bbs@mail.ru, woinova53@mail.ru)

Abstract. The relevance of studying the influence of stress factors on the emotional burnout of employees working in emergency situations is explained by the fact that such activities are accompanied by chronic mental stress and enormous physical exertion, which negatively affects the personality of specialists. The consequences of this influence are various professional deformations of personal qualities, which can affect the quality of work. Professional deformation can manifest itself in different symptoms: emotional (high anxiety, frustration, aggressiveness, etc., cognitive (negative thoughts and attitudes, disappointment in life, behavioral (negative relationships with people around, a decrease in the

quality of work performed, the emergence of various addictions). In general, professional burnout adversely affects the health (mental, physical) of a specialist, his subjective well-being and the effectiveness of his professional activity. In this study, an attempt is made to empirically study the manifestations of emotional burnout and stress coping strategies in EMERCOM employees. The study involved two groups of employees of one of the fire and rescue units of the Federal fire service of the Ministry of emergency situations of the Russian Federation in the Penza region with different professional experience. Diagnostics of manifestations of emotional burnout was carried out according To the method of V. V. Boyko. To study coping strategies, we used the "coping strategies Indicator" test (author J. Amirkhan). It was found that regardless of their professional experience, employees demonstrate a low level of emotional burnout, which is explained by a certain adaptation to stressful conditions of professional activity, high psychological readiness of employees to work in the EMERCOM system, and the presence of professionally important qualities. However, there are some negative emotional symptoms that may increase the risk of burnout as the length of professional experience increases.

Keywords: professional activities, employees of the Ministry of Emergency Situations, burnout syndrome, symptoms of burnout, occupational stress.

Введение. Решение профессиональных задач у сотрудников МЧС, в критических и экстремальных условиях, происходит в условиях повышенного риска и высокой ответственности за жизнь людей. Такие особенности профессиональной деятельности создают постоянную хроническую напряженность и оказывают сильное психотравмирующее воздействие на личность специалиста, усиливающееся действием стресс – факторов в условиях чрезвычайной ситуации. Такая деятельность создает высокий риск возникновения у сотрудников МЧС такого явления как профессиональное выгорание [1].

В настоящее время в психологической науке накоплено достаточно много фактического материала относительно проблемы выгорания как среди зарубежных, так и отечественных исследователей: К. Маслач, С. Джексон, Б. Перлман, Е. Хартман, В.В. Бойко, Н.Е. Водопьянова, В.Е. Орел, Е.С. Старченкова и т.д. Однако, несмотря на это, не сложилось единой теории, которая полностью объясняла бы данное явление [2, 3, 12].

В отечественной психологии феномен выгорания (профессиональное, эмоциональное) многими исследователями (В.В. Бойко, Н.Е. Водопьянова, И.Г. Малкина-Пых и др.) рассматривается как результат хронических профессиональных стрессов, имеющий соответствующие фазы (напряжение, резистенция и истощение) [3-5].

Начальным механизмом в развитии синдрома эмоционального выгорания выступает нарастающее тревожное напряжение, вызванное хроническим воздействием психотравмирующих факторов профессиональной деятельности. Невозможность или неспособность устранить эти факторы вызывает неудовлетворенность собой как специалистом, своими профессиональными и должностными обязанностями. Длительность этой стадии может варьировать от трех до пяти лет (в зависимости от личностных особенностей сотрудника, степени напряженности деятельности).

Развитие следующей фазы эмоционального выгорания – резистенции (сопротивления) характеризуется появлением феномена неадекватного эмоционального избирательного реагирования, т.е., специалист начинает «дозировать» и ограничивать эмоции в профессиональном, а иногда и личном общении.

Возникновение завершающей фазы выгорания характеризуется полным эмоциональным истощением, что проявляется в появлении симптомов эмоционально – личностной отстраненности, т.е., эмоции исключаются из сферы профессиональной деятельности, работник перестает сочувствовать и сопереживать субъектам профессионального взаимодействия (пострадавшим, коллегам), происходит потеря интереса к работе, могут возникать психосоматические заболевания. Специалист, находящийся на этой стадии выгорания, испытывает неудовлетворенность всеми сторонами жизни и иногда теряет её смысл [2, 3].

Исследователи, изучая эмоциональное выгорание, выделяют две основные группы причин, приводящих к его возникновению. Первая группа связана с характеристиками самой профессиональной деятельности и организационной среды. К профессионально – организационным факторам относят: большую рабочую нагрузку, плохие условия труда, высокую ответственность при выполнении профессиональных обязанностей, недостаток материального и морального стимулирования и т.д. Некоторые авторы выделяют в самостоятельную группу факторов, те, что связаны с содержанием и характеристиками самой профессиональной деятельности, т.е. интенсивные контакты, напряженность трудового дня, работу с трудным контингентом пострадавших, клиентов и т.д. [2, 6]. Но наиболее часто, выгорание отмечается в профессиях со специфическими условиями труда: высокая ответственность за жизнь и здоровье людей, наличие риска и угрозы жизни, эмоционально насыщенное интенсивное общение. Все эти особенности характерны для профессиональной деятельности сотрудника МЧС.

Вторая группа причин, приводящих к возникновению выгорания – это личностные факторы, т.е., индивидуально - психологические особенности самих специалистов. Среди индивидуальных характеристик профессионала наиболее исследована взаимосвязь эмоционального выгорания с такими индивидуальными характеристиками как: возраст, пол, стаж профессиональной деятельности, уровень образования, семейный статус [3]. В рамках нашего исследования

представляют интерес такие индивидуальные характеристики сотрудников как возраст и стаж профессиональной деятельности. Имеющиеся в литературе данные показывают, что синдром эмоционального выгорания развивается у сотрудников по мере увеличения возраста и стажа профессиональной деятельности. В ряде научных исследований отмечается, что эмоциональное выгорание у личного состава МЧС чаще всего возникает у сотрудников со сроком службы более 10 лет [8, 10, 11].

Важнейшим психологическим ресурсом личности, препятствующим выгоранию, являются стратегии совладающего поведения (коппинг - стратегии). Совладающее поведение является формой преодоления стрессового воздействия. Приемы, к которым человек прибегает, чтобы справиться со стрессовой ситуацией, могут иметь как активный характер (ее преобразование, изменение), так и пассивный (принятие, избегание). По литературным данным, наиболее предрасположены к выгоранию лица с пассивными стратегиями сопротивления стрессу (дистанцирование, уход, избегание), а также лица, использующие асоциальные и агрессивные модели поведения. Наоборот, люди, использующие просоциальные копинг - стратегии, предполагающие вступление в социальный контакт, поиск социальной поддержки, демонстрируют низкий уровень эмоционального выгорания [8-9].

Учитывая высокий уровень психоэмоциональных нагрузок сотрудников МЧС при выполнении профессиональных обязанностей в условиях чрезвычайных ситуаций, особую актуальность приобретает изучение проявлений эмоционального выгорания в связи с проблемой сохранения психологического здоровья работников этой сферы.

Целью данного исследования стало изучение эмоционального выгорания и стратегий противостояния стрессу у сотрудников МЧС с разным стажем профессиональной деятельности. Мы предполагаем, что по мере увеличения стажа профессиональной деятельности у сотрудников могут наблюдаться различия как в симптомах выгорания, так и в стратегиях совладания со стрессом.

Материалы и методы исследования. В исследовании принимали участие две группы сотрудников одной из пожарно-спасательных частей Федеральной противопожарной службы МЧС РФ по Пензенской области. В первую группу вошли сотрудники со стажем профессиональной деятельности от 2 -х до 5 лет. Средний возраст сотрудников составлял 25,6 ±4,2 года. Во вторую группу вошли сотрудники со стажем службы более 10 - ти лет, средний возраст которых 37,3 ±3,2 года. Все участвующие в исследовании сотрудники – мужчины.

Для определения выраженности симптомов эмоционального выгорания была использована методика, разработанная В.В. Бойко. Методика позволяет определить подробную картину эмоционального выгорания, раскрывая три последовательные фазы: «Напряжение», «Резистенция» и «Истощение». Для каждой из указанных фаз характерно наличие определенных симптомов. Для изучения стратегий совладающего поведения был использован тест «Индикатор копинг-стратегий» (авт. Дж.Амирхан), выявляющий три базовые стратегии совладания со стрессом: разрешение проблем, поиск социальной поддержки и избегание. В исследовании использовались методы математической статистики: *t*-критерий Стьюдента для независимых выборок и угловое преобразование Фишера (φ*).

Результаты исследования. Результаты изучения показателей эмоционального выгорания сотрудников МЧС с разным стажем профессиональной деятельности приведены в таблице 1. В таблице 2 приведены результаты, полученные при изучении стратегий совладающего поведения.

Таблица 1 - Средние показатели эмоционального выгорания сотрудников МЧС с разным стажем профессиональной деятельности (в баллах)

Показатели эмоционального выгорания		Сотрудники со стажем менее 5 лет	Сотрудники стажем более 10 лет	Значения $t_{эмп}$-Стьюдента
Фаза напряжения	переживание психотравмирующих обстоятельств	5,8	9,4	2,27*
	неудовлетворенность собой	7,6	6,1	0,93
	«загнанность в клетку»	2,1	4,5	1,23
	тревога и депрессия	6,6	7,3	0,7
Показатель сформированности фазы «напряжение		22,1	27,3	0,82
Фаза резистентности	неадекватное эмоциональное избирательное реагирование	7,2	9,5	1,17
	эмоционально-нравственная дезориентация	4,9	5,6	0,28
	расширение сферы экономии эмоций	7,6	8,6	1,31
	редукция профессиональных обязанностей	3,3	4,7	0,35
Показатель сформированности фазы «резистенция»		23	29,4	1,3
Фаза истощения	эмоциональный дефицит	6,8	7,2	0,84
	эмоциональная отстраненность	5,4	6,3	0,61
	личностная отстраненность	3,4	4,6	0,57
	психосоматические и психовегетативные нарушения	1,7	3,2	1,12
Показатель сформированности фазы «истощение»		17,3	21,3	0,43
* - различия статистически значимы tкр = 2,02 при $p \leq 0,05$, tкр = 2,71 при $p \leq 0,01$				

Наиболее выраженными симптомами эмоцио-

нального выгорания в фазе «Напряжения» у сотрудников со стажем до 5 лет являются «неудовлетворенность собой» и «тревога и депрессия». Эти симптомы возникают у молодых сотрудников вследствие необходимости приспособления к трудностям выполняемой профессиональной деятельности на начальном этапе профессионализации. Возможно, они ощущают определенную недостаточность практических умений, навыков и профессионального опыта и испытывают тревожное напряжение и неудовлетворенность собой.

Таблица 2 – Показатели копинг - стратегий сотрудников МЧС с разным стажем профессиональной деятельности (в процентах)

Группы исследуемых	Базисные копинг – стратегии		
	Разрешение проблемы	Поиск социальной поддержки	Избегание
Сотрудники стажем более 10 лет	55	45	0
Сотрудники со стажем менее 5 лет	35	55	5
Расчеты по φ* - критерию Фишера	φ*=2,864**	φ*=1,414	-
Примечание:* φ* = 1,64 при p≤ 0,05 **; φ* = 2,31 при p≤ 0,01;*** φ* = 3,027 при p≤ 0,001			

В фазе «Резистентности», у сотрудников данной группы наиболее выражены такие симптомы, как: «неадекватное избирательное эмоциональное реагирование», «расширение сферы экономии эмоций», т.е., сопротивление профессиональному стрессу идет за счет эмоциональной «экономии» и избирательности эмоционального реагирования.

Из симптомов фазы «Истощения» наиболее выраженными у молодых сотрудников, являются «эмоциональный дефицит» и «эмоциональная отстраненность», свидетельствующие о экономном расходовании эмоционально- энергетических ресурсов. По - видимому, посредством этих эмоциональных меха-низмов происходит защита от постоянных психоэмоциональных перегрузок.

Но, в целом, количественные показатели всех трех фаз эмоционального выгорания у молодых сотрудников выражены на низком уровне, что позволяет говорить лишь о начальных проявлениях эмоционального выгорания.

Доминирующим симптомом в фазе «Напряжения» у сотрудников со стажем профессиональной деятельности более 10 лет является «переживание психотравмирующих обстоятельств». По данному симптому отмечаются статистически достоверные различия между сотрудниками (различия статистически значимы $t_{эмп}$=2,27*). Большая выраженность этого симптома у сотрудников со стажем более 10 лет, свидетельствует том, что они, по сравнению со своими молодыми коллегами, более осознают и переживают психотравмирующие факторы своей профессиональной деятельности и это может вызывать у них соответствующие эмоции. Возможно, это объясняется тем, что сложная профессиональная деятельность сотрудника МЧС требует от него больших нервно- психических затрат, ресурсы которых с возрастом уменьшаются, и это начинает осознаваться сотрудником и вызывать у него отрицательные эмоции.

Фаза «Резистентности» у сотрудников данной группы проявляется такими симптомами как: «расширение сферы экономии эмоций» и «неадекватное избирательное эмоциональное реагирование». Это говорит о том, что они «экономят» на эмоциях в общении не только в профессиональной области, но и в общении с близкими людьми, для защиты от хронических стрессов и ограничивают эмоциональную отдачу за счет выборочного реагирования на ситуации.

Наиболее выраженными симптомами фазы «Истощение» являются: «эмоциональный дефицит» и «эмоциональная отстраненность». По - видимому, эти негативные эмоциональные изменения можно рассматривать как приобретенную сотрудниками за годы профессиональной деятельности эмоциональную защиту в экстремальных и фрустрирующих ситуациях.

Показатели сформированности фаз эмоционального выгорания у сотрудников этой группы находятся в диапазоне низких значений, что свидетельствует о том, что сотрудники несмотря на постоянное пребывание в экстремальных ситуациях и эмоциональных перегрузках, проявляют определенную устойчивость к стресс - факторам профессиональной деятельности.

Статистический анализ не выявил достоверных различий между сотрудниками с разным стажем по выраженности симптомов эмоционального выгорания, за исключением симптома, связанного с переживанием психотравмирующих обстоятельств профессиональной деятельности. Таким образом, это свидетельствует о том, что независимо от стажа службы у сотрудников проявляется тенденция противостояния профессиональному стрессу. Основными компенсирующими механизмами, за счет которых происходит торможение эмоционального выгорания, является дозирование и экономия эмоций как в профессиональной деятельности, так и вне её.

Рассмотрим результаты изучения стратегий, которые сотрудники используют для преодоления стрессовых ситуаций. Анализ копинг - стратегий сотрудников МЧС со стажем профессиональной деятельности более 10 лет показывает, что больше половины (55%) из них используют в стрессовых ситуациях стратегию «разрешение проблемы», что говорит о том, что они успешно справляются со стрессовыми ситуациями, стремясь активно использовать собственные личностные ресурсы. Это логично объясняется как приобретением сотрудниками жизненного и профессионального опыта, так и формированием у них соответствующих профессионально -важных качеств.

Среди сотрудников со стажем менее 5 лет значительно меньше используется данная стратегия (35 %), (различия статистически значимы $\varphi_{эмп}$= 2,87). Это можно объяснить недостаточностью профессионального опыта и адаптации к экстремальным условиям деятельности пожарного – спасателя. Большинство сотрудников этой группы (55%) стремятся в трудных

и стрессовых ситуациях обращаться за помощью и поддержкой ближайшего социального окружения. Среди сотрудников со стажем профессиональной деятельности более 10 лет тоже достаточно много тех (45%), кто использует кооперативно ориентированную стратегию преодоления стресса, ориентируясь на поддержку близких и коллег. Это, видимо, объясняется тем, что спасательная работа в экстремальных ситуациях, предполагает коллективную деятельность и требует сотрудничества, поддержки и взаимопомощи [12-15]. Исследователи отмечают, что специфика профессиональной деятельности пожарного–спасателя носит коллективно - групповой характер [16, 17].

Сотрудники МЧС практически не используют неконструктивную и мало адаптивную стратегию «избегания», проявляющуюся в стремлении к уклонению от возникшей стрессовой ситуации, (она отмечается только у 5% сотрудников с меньшим стажем деятельности). Это является вполне закономерным, так как данная стратегия предполагает дистанцирование от трудной ситуации, что противоречит успешной профессиональной деятельности спасателей.

Заключение. Таким образом, проведенное исследование показывает, что сотрудники МЧС с разным стажем профессиональной деятельности демонстрируют низкий уровень эмоционального выгорания. Это может быть объяснено комплексом причин: определенной адаптацией к стрессогенным условиям в процессе профессионализации, качественным профессиональным отбором, наличием определенных профессионально- важных качеств (стрессоустойчивость, самоконтроль и т.д.), использованием конструктивных стратегий преодоления стрессовых ситуаций.

Однако, у сотрудников вне зависимости от стажа профессиональной деятельности, имеются определенные симптомы, которые свидетельствуют о негативных изменениях эмоциональной сферы и повышают риск развития эмоционального выгорания. С увеличением срока службы у сотрудников усиливается нервное напряжение в виде переживания психотравмирующих обстоятельств профессиональной деятельности, что компенсируется посредством эмоциональной «экономии», притупленности эмоций, эмоциональной отстраненностью и избирательностью эмоционального реагирования.

Поэтому для сотрудников МЧС необходимо проведение психолого - профилактической работы, направленной на предупреждение развития синдрома эмоционального выгорания и постоянного психологического сопровождения их профессиональной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бочкарева Л.П., Виноградов О.С., Виноградова Н.А., Морозова А.В., Гуляева Э.Ю. Подготовка кадровых военных с учетом психологических особенностей профессии // В сб.: Развитие рынка труда на современном этапе социально-экономических преобразований. сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2020. С. 25-28.

2. Бойко В.В. Синдром эмоционального выгорания в профессиональном общении. — СПб.: Питер, 2015.- 105 с.

3. Водопьянова Н.Е., Старченкова Е.С. Синдром выгорания: диагностика и профилактика: практическое пособие / М.: Изд- во: Юрайт, 2018. – 343 с.

4. Личность в экстремальных условиях и кризисных ситуациях жизнедеятельности: Сборник научных статей международной научно-практической конференции / Под ред. Р.В. Кадырова. – Владивосток : Мор. гос. ун-т им. адм. Г. И. Невельского, 2011. – 373 с.

5. Психологические аспекты стресса: Учебное пособие / Зинченко Е.В. - Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2017.

6. Психология чрезвычайных ситуаций / Гуревич П.С. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2015.

7. Порошин А.А., Шишков М.В., Стрельцов О.В. Оценка готовности профессиональной деятельности выпускников учебных заведений высшего профессионального образования Государственной противопожарной службы МЧС России// Науч-аналит. Журн. «Вестник С.-Петерб. Ун-та ГПС МЧС России» №1, 2016 - С. 166-173

8. Виноградов О.С., Виноградова Н.А., Кадакина Н.А., Малюкова И.О. Подготовка специалистов в области «Техносферной безопасности» в высшей школе//В сб.: Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве Материалы Всероссийской научно-практической конференции, 2019.- С. 176-179.

9. Экстремальная психология: теория и практика. Часть II: сборник научных статей / под ред. А.В. Кокурина, В.И. Екимовой, Е.А. Орловой. — Москва: РУСАЙНС, 2017. —228 с.

10. Ширванов А.А., Камнева Е.В. Факторы профессионального «выгорания» сотрудников МЧС России // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2016. № 2 (29). С. 105-108.

11. Demerouti E., Mostert K., Bakker A. Burnout and work engagement: a thorough investigation of the independency of both constructs // J. of Occupational Health Psychology. – 2010. – № 3. – С. 209-222.

12. Белорожев О.Н. Педагогические условия формирования способности курсантов к активному взаимодействию в чрезвычайных ситуациях//Педагогическое образование в России. №4, 2017-.С.95-99

13. Горин С.С., Паршина А.Ю., Мартынюк В.А., Гуляева Э.Ю. Комплекс мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций // E-Scio. 2019. № 3 (30). С. 85-91.

14. Назарова О.М., Аверьянова А.В. Психологические особенности служебной деятельности женщин-сотрудников МЧС // В сб.: Воспитание в современных условиях: региональный аспект. Сборник научных статей по материалам Всероссийской научно¬-практической конференции. Под редакцией М А. Лыгиной, О.А. Логиновой, Л.Ю. Боликовой. 2018. С. 156-162.

15. Назарова О.М., Попова О.А., Сабурова Н.А. Коммуникативная компетентность и социальный интеллект как профессионально важные качества сотрудника МЧС// Вестник Саратовского областного института развития образования. 2019. № 4 (20). С. 72-77.

16. Барабанщиков А.В., Феденко Н.Ф. Основы военной психологии и педагогики. - М., Воен. издат. 2012. - 366 с.

17. Бархаев Б.П. Психология и педагогика профессиональной деятельности офицера / под ред. Б.П. Бархаева. М.:Воениздат, 2006. - 488 с.

Статья поступила в редакцию 26.10.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 331. 46
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0026

НОВОЕ В ОЦЕНКЕ И УЧЕТЕ МИКРОТРАВМ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

© 2020

Донцов Сергей Александрович, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Управление безопасностью в техносфере»
Российский университет транспорта (МИИТ)
(127994, Россия, Москва, ул. Образцова, д.9, стр 9, e-mail: sdonzov@rambler.ru)
Аганов Аркадий Артурович, аспирант кафедры «Инженерная защита окружающей среды»
Ивахнюк Григорий Константинович, доктор химических наук,
профессор, заведующий кафедрой «Инженерная защита окружающей среды»
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет)
(190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 26,
e-mails: a.a.aganov@mail.ru, fireside@inbox.ru)
Дроздова Людмила Филипповна, кандидат технических наук,
профессор кафедры «Экология и производственная безопасность»
Балтийский государственный технический университет (БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова)
(190005, Россия, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1, e-mail: drozdovalf@yandex.ru)

Аннотация. Показана важность и достоверность учета и оценки микротравм как наиболее распространенного вида незначительных повреждений работников при выполнении технологических операций на предприятиях машиностроения, проведен обзор существующих нормативно-правовых документов, показано векторное развитие термина. Выполнено исследование травматизма в машиностроительном комплексе. С целью дальнейшего совершенствования и развития системы управления охраной труда разработан четырехшаговый алгоритм расследования микротравм, приведены рекомендуемые отчетные формы для их учета. Приведенные решения по классификации, анализу и учету микротравм позволяет выстроить систему безопасности труда нового поколения, снизить количество опасных ситуаций, экономических потерь и компенсаций, рационально инвестировать в охрану и безопасность труда.

Ключевые слова: микротравма, производственный травматизм, расследование, оценка, учет, машиностроение.

NEW IN THE EVALUATION AND ACCOUNTING OF MICROTRAUMA IN MACHINE-BUILDING ENTERPRISES

© 2020

Dontsov Sergey Aleksandrovich, phD, associate Professor Department of Safety Management in the Technosphere
Russian University of Transport (MIIT)
(127994, Russia, Moscow, Obraztsova St., 9 p., 9, e-mail: sdonzov@rambler.ru)
Aganov Arkady Arturovich, graduate student of the Department of Environmental Engineering
Ivakhnyuk Grigory Konstantinovich, doctor of Chemical Sciences, professor,
head of the Department of Environmental Engineering
St. Petersburg State Technological Institute (Technical University)
(190013, Russia, St. Petersburg, Moskovsky Prospekt, 26, e-mails: a.a.aganov@mail.ru, fireside@inbox.ru)
Drozdova Lyudmila Filippovna, phD, professor of the Department of Ecology and Industrial safety
Baltic State Technical University (BSTU "VOENMECH" named after D.F. Ustinov)
(190005, Russia, St. Petersburg, 1st Krasnoarmeyskaya St. 1, e-mail: drozdovalf@yandex.ru)

Abstract. The importance of both reliable accounting and assessment of microtraumas as the most common type of minor damage to employees during technological operations at machine-building enterprises is shown, the existing regulatory documents are reviewed, vector development of the term is shown. A study of injuries in the machine building complex was carried out. In order to further improve and develop the labor protection management system, a four-step algorithm for investigating microtraumas has been developed, and recommended reporting forms for accounting are given. The given solutions for classification, analysis and accounting of microtraumas allow building a new generation of labor safety system, reducing the number of dangerous situations, economic losses and compensations, and rationally investing in labor safety and safety.

Keywords: microtrauma, industrial injuries, investigation, assessment, accounting, mechanical engineering.

Введение. Известно, что основные направления профилактики производственного травматизма основаны на предпосылках возникновения несчастных случаев, а это в первую очередь различные систематические нарушения требований безопасности, которые неизбежно приводят к несчастным случаям на производстве, в том числе и микротравмам.

Международная кооперация производств и все убыстряющаяся их глобализация, ужесточение норм и правил охраны труды, дальнейшее совершенство-

вание системы управления охраной труда (СУОТ), внедрение лучших мировых практик требуют детального изучения, классификации и собственно введения самого понятия «микротравма» и инструментария ее оценки.

Достоверность и корректность учета и оценки микротравм важна для выстраивания системы безопасности последнего поколения.

В РФ в области охраны и безопасности труда в последние годы было введено много новшеств, включая специальную оценку условий труда, производственный контроль, профессиональные риски и др.

Целью настоящего исследования явилась: таксономия микротравм на машиностроительных предприятиях, создание новых подходов и алгоритма для их анализа, учета, разработка рекомендаций по их предотвращению и обеспечению корректирующих воздействий.

Материалы и методы исследования. Специфика отечественного трудового права такова, что Трудовой кодекс РФ (ст. 227) [1] не дает объяснения и четкого определения микротравмы.

В «Рекомендациях…» [2] указано, что при контроле проверяется выполнение требований безопасности труда в процессе производственной деятельности, предупреждение производственного травматизма, в том числе и микротравм.

Приказ Минздравсоцразвития России №160 от 24 февраля 2005 г. «Об определении степени тяжести повреждения здоровья при несчастных случаях на производстве» [3] классифицирует несчастные случаи на производстве по степени тяжести повреждения здоровья на 2 категории, а к микротравмам соответственно, можно отнести все те легкие несчастные случаи на производстве, кроме приведенных в п. 3 [3].

ГОСТ 12.0.002-2014 [4] определяет микротравму как незначительную травму, не требующую медицинского вмешательства и/или требующую минимального вмешательства, но не сказывающуюся на трудоспособности работника.

Энциклопедия по охране труда [5] дает определение микротравме как незначительного повреждения тканей организма работника, вызванного внешним воздействием опасного производственного фактора, которое не повлекло за собой временную утрату трудоспособности работника и необходимость его перевода на иную работу.

Источник [6] характеризует микротравму как повреждение, вызванное каким-либо воздействием, обычно незначительным по силе, но превышающим пределы физиологического сопротивления организма и приводящим к нарушению функции и структуры тканей после однотипного его воздействия.

Поэтому нами предлагается определять микротравму как кратковременное повреждение здоровья работника, не повлекшее за собой потерю трудоспособности или повлекшее, но в весьма ограниченном временном промежутке (до 24 часов).

Учет, оценка и исследование микротравм на предприятиях должно быть обязательным элементом для постоянного развития и совершенствования СУОТ, однако на сегодняшний день хозяйствующие субъекты РФ за редким исключением крупнейших холдингов практически не осуществляют их учет, соответственно отсутствуют и методики оценки.

Не является исключением и машиностроительный комплекс, так по данным Роструда коэффициент частоты несчастных случаев в 2019 г. для подотрасли «Производство особых видов машин и оборудования» составил 9,8 [7].

Проведенный анализ на одном из крупнейших машиностроительных предприятий отрасли – ПАО «КАМАЗ» по динамике общей численности персонала, по количеству травмированных и коэффициенту распределения частоты производственного травматизма приведен на рисунке 1.

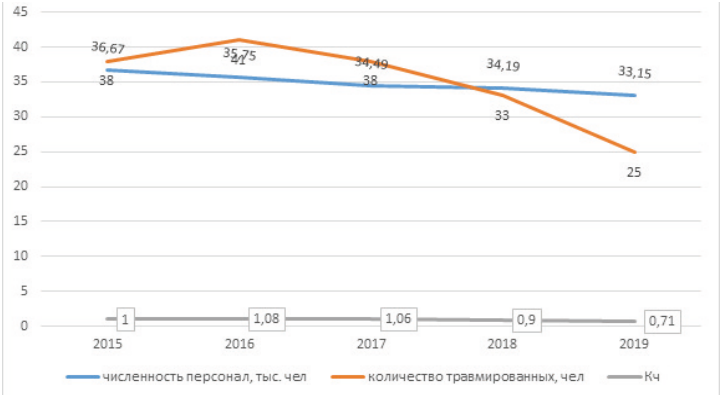


Рисунок 1 – Динамика несчастных случаев в ПАО «КАМАЗ» в 2015-2019 гг.

В 2019 году в ПАО «КАМАЗ» произошло 25 несчастных случаев на производстве, из них 1 смертельный и 4 тяжелых [8-9], к сожалению учет и классификация микротравм на предприятии не осуществляется.

Согласно закона («пирамиды», «треугольника») Герберта Гейнриха и мировой практики, известно, что на один смертельный несчастный случай приходится 1-3 тыс. микротравм, и остается без внимания большое количество нарушений требований охраны труда, которые могут привести как к несчастным случаям, так и к другим аварийным ситуациям [10-16].

Исходя из указанного соотношения, можно спро-

гнозировать количество микротравм на указанном предприятии.

Графическая интерпретация соотношения несчастных случаев на производстве в пирамиду происшествий Герберта Гейнриха и более современную модель *ConocoPhillips Marine* приведены на рисунке 2 [10-12].

В настоящее время сборочные предприятия КАМАЗа расположены в Индии, Вьетнаме, Узбекистане, Азербайджане, Казахстане, Литве, а дилерская и сервисная сеть ПАО «КАМАЗ» за рубежом состоит из 96 субъектов, в том числе: 60 субъектов в странах СНГ, 36 субъектов в странах дальнего зарубежья [8-9].

Работа предприятия на международном рынке требует постоянного совершенствования СУОТ [10-19], внедрения лучших отечественных и мировых практик, что также подтверждает актуальность и важность создания инструментария по учету и оценке микротравм.

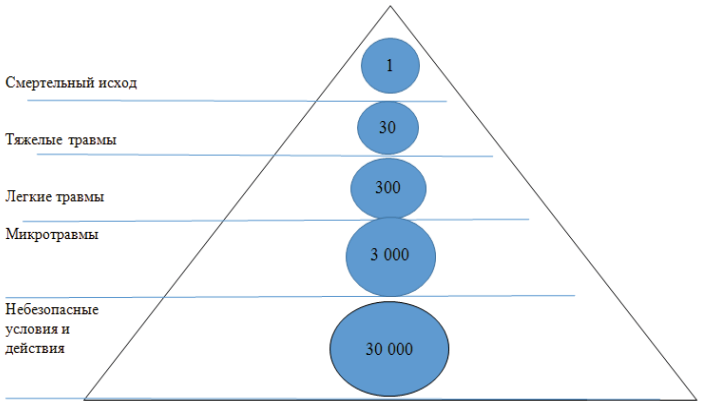


Рисунок 2 – Пирамиды происшествий Герберта Генриха / ConocoPhillips Marine

Результаты исследования. Рассмотрим рекомендуемый алгоритм по учету и расследованию микротравм для машиностроительных предприятий.

Этап 1. Оповещение травмированным работником и/или медицинским сотрудником непосредственного руководителя подразделения, осуществление ответственными лицами расследования в течение суток (согласно принятой методологии и культуры безопасности предприятия)

Этап 2. Осмотр места происшествия руководителем структурного подразделения и членами комиссии, проведение расследования, заполнение журнала регистрации и учета микротравм – таблица 1.

Этап 3. Окончательное заполнение журнала регистрации и учета микротравм, оформление акта о расследовании микротравмы по результатам расследования несчастного случая согласно рекомендуемому акту – таблица 2. Акт оформляется в одном экземпляре, хранится у специалиста по охране труда в течение одного календарного года.

Этап 4. По результатам расследования (в случае наступления тяжких последствий при нарушении охраны труда) проведение внепланового инструктажа руководителем структурного подразделения (согласно п. 2.1.6) [20].

Таблица 1 – Рекомендуемая (примерная) форма журнала регистрации и учета микротравм на машиностроительном предприятии.

№	Дата и время получения микротравмы	Профессия (должность), структурное подразделение	ФИО пострадавшего, год рождения, опыт работы	Выполняемый вид работы	Характер полученных повреждений	Установленная причина травмирования	Принятые меры и срок исполнения	ФИО и должность лица, проводившего расследование
1					Ожог			
2					Ссадина			
3					Порез			
…	…	…	…	…	…	…	…	…
n					Укус осы			

Таблица 2 – Рекомендуемая (примерная) форма Акта о расследовании микротравмы на машиностроительном предприятии

Акт расследования микротравмы

Происшедшей *(дата, должность, структурное подразделение, ФИО, год рождения, опыт работы).*
Время происшествия *(обращение в медпункт, или отказ от медицинской помощи).*
Установленное повреждение здоровья *(наименование медицинского учреждения, оказываемого помощь).*
Освобождение от трудовой деятельности *(в часах или до конца рабочего дня).*
Обстоятельства происшедшего: *(краткое изложение происшедших обстоятельств).*
Основная причина микротравмы: *(указывается основная причина с обязательной ссылкой на нормативно-правовые акты).*
Перечень мероприятий по устранению причин происшествия: *(мероприятия по предупреждению возможных опасностей и профессиональных рисков, мероприятия по улучшению условий труда).*
Подписи лиц, проводивших расследование: *(ФИО, должность, дата)*
Акт направлен (передан) специалисту по охране труда *(дата).*

Заключение. При наличии микротравм в структурном подразделении ответственными лицами (например, специалистом по охране труда, представителем первичной профсоюзной организации, руководителем и др.) разрабатываются корректирующие воздействия. Перечень конкретных защитных решений зависит от вида микротравмы и специфики технологического процесса структурного подразделения (предприятия). можно сформулировать в виде четырех групп:

1. Технические (устранение и /или ограничение опасной зоны, механизма, инструмента и т.п.).

2. Технологические (замена опасного технологического процесса на более безопасный, внедрение на предприятии принципа «наилучшие из доступных технологической альтернативы», замена или увеличение количества СИЗ, улучшение их характеристик и др.).

3. Управленческие (включение расследования микротравм в монографический анализ условий и охраны труда, для ознакомления с причинами и событиями травматизма, как можно большего количества сотрудников машиностроительного предприятия, внедрение прогрессивных методик обучения персонала безопасности труда, постоянное совершенствование инструментария СУОТ).

4. Экономические (создание четкой, прозрачной и справедливой экономической системы мотивации персонала на работу без травм, происшествий, инцидентов, внедрение прогрессивного контракта оплаты труда для сотрудника и руководителя и др.).

Машиностроительный комплекс во всем мире традиционно является флагманом промышленности, без его возрождения невозможно достигнуть обозначенные цели и задачи в стране.

На современном машиностроительном предприятии классификация, анализ, учет микротравм должны явиться неотъемлемой интегрированной частью (подсистемой) современной СУОТ, направленной на снижение уровня производственного травматизма, экономических потерь и компенсаций, дальнейшего инвестирования в человеческий капитал персонала, улучшение имиджа предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020).

2. Рекомендации по осуществлению ступенчатого контроля выполнения требований охраны труда в организации Утв. объединением организаций профсоюзов МО 22.01.2001 и ГУ по труду и социальным вопросам МО 24.01.2001.

3. Приказ Минздравсоцразвития РФ от 24.02.2005 N 160 «Об определении степени тяжести повреждения здоровья при несчастных случаях на производстве» Зарегистрировано в Минюсте РФ 7 апреля 2005 г. N 6478.

4. ГОСТ 12.0.002-2014 Система стандартов безопасности труда. Термины и определения.

5. Российская энциклопедия по охране труда. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://bio.niv.ru/doc/encyclopedia/work-safety/fc/slovar-207-3.htm#zag-1490.

6. Большая Медицинская Энциклопедия. Под ред. Б. В. Петровского издание третье, онлайн версия. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://бмэ.орг/ .

7. Сайт Федеральной службы по труду и занятости РФ. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://www.rostrud.ru/.

8. Годовой отчет ПАО «КАМАЗ» за 2019 – 403 с. Утв. Годовым Общим собранием акционеров ПАО «КАМАЗ» 30.06.2020 (протокол №43 от 02.07.2020).

9. Официальный сайт ПАО «КАМАЗ» - [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://kamaz.ru/.

10. Донцов, С.А. Организация и проведение внутренних аудитов охраны труда на предприятиях машиностроения. Монография /С.А. Донцов, Г.К. Ивахнюк, А.А. Аганов, К.А. Суворов. Под ред. Ивахнюка Г.К. СПб: «Свое издательство», 2019 – 102 с.

11. Захаров, П. Культура безопасности труда: Человеческий фактор в ракурсе международных практик / П. Захаров, С. Пересыпкин. – М.: Альпина бизнес, 2019 – 128 с.

12. Панкратова, Г. Теория и практика безопасности на современном предприятии / Г. Панкратова М.: «Accent Graphics communications», 2015 – 80 с.

13. ILO-OSH 2001. Руководство по системам управления охраной труда (МОТ - СУОТ). – Женева: Международное бюро труда, 2003. – 28 с.

14. Донцов, С.А. Стратегия управления безопасностью труда и охраной здоровья персонала / С.А. Донцов, Л.Ф Дроздова, Г.К. Ивахнюк // Безопасность жизнедеятельности. – М.: «Новые технологии», 2019. – № 3. – С. 3–9.

15. Донцов, С.А. Оценка и внедрение культуры безопасности нулевого травматизма на машиностроительных предприятиях / С.А. Донцов, Л.Ф Дроздова // Вестник РГУПС. 2019. – №1. – С. 14-21.

16. Донцов, С.А. Культура безопасности персонала как элемент совершенствования системы управления охраной труда // Проблемы безопасности российского общества, 2019. – №1. – С 12-20.

17. ГОСТ 12.0.230-2007 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Общие требования (с Изменением N 1).

18. ГОСТ 12.0.230.1-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Руководство по применению ГОСТ 12.0.230-2007.

19. Типовое положение о системе управления охраной труда. Утверждено приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 19 августа 2016 года N 438н.

20. Постановления Минтруда России и Минобразования России от 13.01.2003 № 1/29 «Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций» (с изм. от 30 ноября 2016 года).

Статья поступила в редакцию 16.10.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 331.463; 331.464
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0027

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2020

Позднякова Татьяна Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры «Биомедицинская инженерия»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, e-mail: tanjapozd@mail.ru)

Аннотация. Сохранение жизни и здоровья работников предприятия является прямой задачей работодателя. Число несчастных случаев на производстве напрямую зависит от состояния охраны труда, которое определяется соблюдением техники безопасности работниками предприятия при выполнении трудовых обязанностей, показателями безопасности используемого оборудования, санитарно-гигиеническими условиями работы и другими факторами. Несмотря на положительную динамику снижения производственного травматизма, Россия занимает одно из первых мест в мире по количеству несчастных случаев на производстве, в т.ч. повлекших смерть работников. В статье проводится сравнительный анализ числа несчастных случаев на производстве со смертельным исходом на в России и в других странах мира. Рассмотрены наиболее распространённые причины, приведшие к получению травм на производстве. Проанализирована динамика снижения производственного травматизма, в т.ч. со смертельным исходом в Российской Федерации за 2000 – 2018 годы. Показаны различия в частоте производственного травматизма у мужчин и женщин в РФ. Приведена структура наиболее травмоопасных видов экономической деятельности. Проанализированы основные причины смертей на производстве. Рассмотрены в динамике средняя продолжительность больничного листа в РФ в связи с утратой трудоспособности и количество денежных средств, потраченных работодателем на охрану труда за последние девять лет. Приведены основные показатели производственного травматизма в Пензенской области. Проведён анализ темпов снижения несчастных случаев на производстве со смертельным исходом. Рассмотрены показатели производственного травматизма, в т.ч. со смертельным исходом по гендерному принципу. Определены причины несчастных случаев со смертельным и тяжелым исходом на производстве в Пензенском регионе. В результате проведённого исследования предложены меры по сокращению количества несчастных случаев на производстве.

Ключевые слова: производственный травматизм, безопасность, охрана труда, несчастные случаи на производстве, динамика, частота, уровень, причины, виды деятельности, экономические потери.

ANALYSIS OF OCCUPATIONAL INJURIES IN THE RUSSIAN FEDERATION AND PENZA REGION

© 2020

Pozdnyakova Tatyana Nikolaevna, candidate of Agricultural Sciences, associate Professor
of the Department of Biomedical Engineering
Penza State technological university
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin Street, 1a/11, e-mail: tanjapozd@mail.ru)

Abstract. Preserving the life and health of the company's employees is a direct task of the employer. The number of accidents at work directly depends on the state of labor protection, which is determined by compliance with safety regulations by employees of the enterprise when performing work duties, safety indicators of the equipment used, sanitary and hygienic working conditions, and other factors. Despite the positive dynamics of reducing occupational injuries, Russia is one of the first countries in the world in terms of the number of accidents at work, including: caused the death of employees. The article provides a comparative analysis of the number of fatal accidents at work in Russia and in other countries of the world. The most common causes that led to injuries at work are considered. The dynamics of reducing occupational injuries, including fatal ones, in the Russian Federation in 2000-2018 is analyzed. Differences in the frequency of occupational injuries in men and women in the Russian Federation are shown. The structure of the most traumatic types of economic activity is given. The main causes of industrial deaths are analyzed. The dynamics of the average length of sick leave in the Russian Federation due to disability and the amount of money spent by the employer on labor protection over the past nine years are considered. The main indicators of industrial injuries in the Penza region are given. The analysis of the rate of decline in fatal accidents at work was carried out. The indicators of occupational injuries, including fatal ones by gender, are considered. The causes of fatal and severe industrial accidents in the Penza region were determined. As a result of the study, measures are proposed to reduce the number of accidents at work.

Keywords: occupational injuries, safety, labor protection, accidents at work, dynamics, frequency, level, causes, types of activities, economic losses.

Введение. Одним из ключевых составляющих производственного процесса любого предприятия являются безопасные условий труда. Несмотря на то, что на протяжении последних 20-ти лет в России наблюдается устойчивая тенденция снижения роста производственного травматизма, уровень смертности

по-прежнему остается достаточно высоким [1,2,3]. В России, как и в большинстве других развитых стран, количество смертельных случаев от травм, полученных в процессе производства, занимают третье место после онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний [4,5].

Проблема высокого травматизма на производстве, в том числе со смертельным исходом, продолжает оставаться актуальной и вызывает серьёзные беспокойства не только в РФ, но и в других странах мира [1,5,6,7]. Высокий уровень несчастных случаев на производстве является прямым следствием плохих условий производства, недостаточной работой служб по охране труда, приводит к значительным потерям производственного и человеческого потенциала, а также негативно сказывается на демографической и экономической ситуации в стране [1,2,3,5].

Целью исследования является анализ и оценка современного состояния уровня ПТ в России, в мире и Пензенской области.

Материалы и результаты исследований. Согласно данным международной организации труда (МОТ) ежегодно в мире на производстве фиксируется более 300 млн. несчастных случаев, в результате которых погибает около 2,3 млн. трудящихся. По усреднённым данным ежедневно 6000 человек получают профессиональные заболевания (160 млн. в год). Количество несчастных случаев на производстве в странах СНГ составляет порядка 11 тыс. случаев в год [5,6,7].

В Российской Федерации в результате несчастных случаев на производстве ежегодно погибает порядка 5000 работников предприятий, более 150000 получают травмы, около 13000 человек становятся инвалидами. Значительное распространение травм на предприятиях в РФ обусловлено негативными экономическими, социальными и культурными изменениями в обществе, а также сокращением профилактических мероприятий, направленных на снижение травматизма и профессиональных заболеваний и рисков их возникновения [3,8,9].

Несмотря на прослеживающиеся тенденции к снижению, число несчастных случаев на производстве со смертельным исходом на 100000 работников предприятий в России продолжает оставаться высоким. По сведениям Международной организации труда данный показатель в нашей стране в 1,25 раза выше, чем в США; в 3,75 раза выше, чем в Германии; в 2,3 раза – чем во Франции (рис. 1) [6,10].

Рисунок 1 – Число смертельных несчастных случаев на 100000 работников в странах мира [11]

По словам специалистов, одной из основных причин такого положения, является уникальность действующей системы, когда вместо совершенствования техники, технологий и безопасности, осуществляются выплаты компенсационного характера для людей, занятых на вредных и опасных условиях [5,12]. Стремясь максимизировать прибыль, многие работодатели не уделяют должного внимания мерам по обеспечению безопасных условий труда. Нередко несчастные случаи на производстве происходят и по вине самих работников предприятия, которые стараясь повысить производительность труда, не соблюдают элементарных правил техники безопасности [12,13].

Общепринятой классификации причин производственного травматизма в настоящее время не существует, но все их можно разделить на группы по месту и характеру получения травмы, по отношению к выполнению служебных обязанностей. Среди наиболее заметных причин производственного травматизма можно выделить следующие [14,15,16]:

- технические (связаны с конструкторскими недоработками и неисправностями в механизмах, узлах оборудования, а также с низким уровнем автоматизации и плохой организацией производственного процесса);
- организационные (связаны с нарушением правил эксплуатации оборудования, нарушением режимов труда и отдыха и т.д.);
- санитарно-гигиенические (связаны с нарушениями санитарных норм - и правил и плохой организацией рабочих мест работников предприятия);
- личностные (связаны с физическими и психическими перегрузками работника, проявляющиеся в плохом самочувствие и усталости, стресс, нервные перегрузки, монотонная работа и т.д.).

Наибольшее количество производственных травм вызваны техническими и организационными причинами. Так 50% несчастных случаев на производстве происходит из-за отсутствия необходимых средств защиты или неправильной их эксплуатацией; более 23% связаны с неудовлетворительной организацией производственных работ; 6,7% происходят из-за нарушений

в технологическом процессе [9,14].

Как было отмечено ранее, в последние годы в России наблюдается снижение роста производственного травматизма, но, по мнению экспертов, данные официальной статистики не отражают реальную картину по данному вопросу и сильно занижены [8,12].

В период с 1990 по 2000 годы в РФ отмечено снижение числа несчастных случаев на производстве более чем на 20%. Анализ динамики показателей производственного травматизма за последние восемнадцать лет также свидетельствует о заметном снижении количества несчастных случаев на производстве, так, в период с 2000 по 2018 годы количество пострадавших при выполнении производственных функций сократилось на 128,2 тыс. или в 6,4 раза (с 151,8 до 23,6 тыс. случаев) (рис. 2) [1,9]. Происходило снижение и показателей ПТ со смертельным исходом, но не так стремительно. Если в 2000 году в различных отраслях народного хозяйства погибло 4,4 тыс., человек, то в 2018 году – 1,07, т.е. в 4 раза меньше.

Рисунок 2 – Динамика производственного травматизма в Российской Федерации, тыс. чел. [17]

Снижение частоты травматизма может быть связано в первую очередь с недоучётом травм средней и лёгкой тяжести [2,8,12]. Для того чтобы не платить огромные штрафы и выплаты, многие работодатели вынуждены скрывать произошедшие несчастные случаи на производстве. Помимо этого, статистикой не учитывается теневой сектор экономики, где производственные травмы в большинстве случаев не оформляются или в лучшем случае оформляются как бытовые [1,9]. По мнению многих авторов, снижение показателей частоты несчастных случаев в РФ может быть обусловлено изменением структуры занятых по отраслям экономики, т.е. межсекторальный «перелив» из травмоопасных отраслей народного хозяйства (строительство, промышленность, сельское хозяйство) в наименее рискованные отрасли (оптовая и розничная торговля, финансовая деятельность и т.д.) [2,18].

В России, как и в большинстве других европейских странах, существуют немаловажные различия в частоте производственных травм среди мужчин и женщин. Это связано с тем, что мужчины в силу своих психоэмоциональных особенностей подвержены более рискованному поведению, как правило, трудятся в более тяжёлых и травмоопасных отраслях народного хозяйства, поэтому количество несчастных случаев на производстве у мужчин выше, чем у женщин [9,15]. На рисунке 3 приведена динамика производственного травматизма в РФ среди мужчин и женщин.

Показатели несчастных случаев на производстве, в т.ч. со смертельным исходом, как у мужчин, так и у женщин сокращались на протяжении всего девятилетнего периода исследования. Если в 2010 году в РФ количество несчастных случаев на производстве у мужчин составляло 33407 случая, то в 2014 году – 21972, т.е. произошло сокращение данного показателя более чем в 1,5 раза.

Если сравнивать 2010 и 2019 годы, то частота несчастных случаев на производстве у мужчин сократилась более чем в 2 раза. Аналогичная картина по данному показателю наблюдалась и у женского пола. Значительное сокращение уровня женского производственного травматизма, более чем в 2 раза, было отмечено в 2019 году – 7045 случаев, в 2010 году – 14315 случаев.

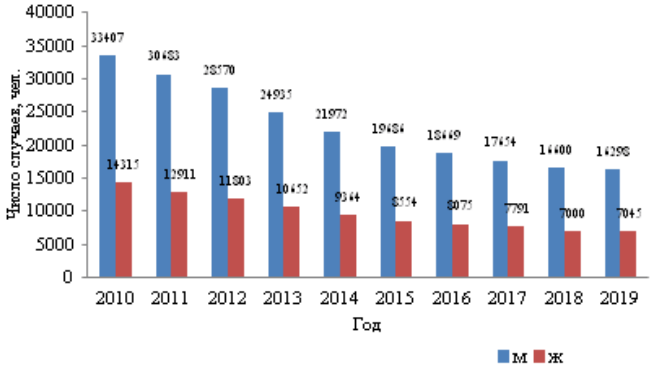


Рисунок 3 – Динамика производственного травматизма у мужчин и женщин в РФ [17]

Ещё 20 лет назад уровень мужского травматизма был выше женского более чем в 3,7 раза, на протяжении последних 10 лет данный показатель остаётся практически неизменным и составляет 2,3.

По данным Роструда [18] по итогам 2019 года наиболее травмоопасными видами экономической деятельности являются: обрабатывающие производства – 20% (в 2018 г. строительство – 21%) от общего числа погибших в результате выполнения трудовых обязанностей. На втором месте находится транспортировка и хранение – 17% (в 2018 г. обрабатывающие производства – 17%); третье место принадлежит отрасли строительство – 16% (в 2018 г. - сельское, лесное хозяйство, охота и рыболовство – 13%); четвёртое месте в антирейтинге принадлежит сельскому, лесному хозяйство, охоте и рыболовству – 14% (в 2018 г. - деятельность, связанная с транспортировкой и хранением – 12%) (рис. 4).

а)

б)

Рисунок 4 – Производственный травматизм:
а) структура наиболее травмоопасных видов экономической деятельности;
б) структура причин смертей на производстве

В общей сумме несчастных случаев на производстве на эти отрасли приходится более 70% смертей. Такая ситуация напрямую связана с неблагоприятными условиями труда. В 2019 году удельный вес работников, выполнение трудовых обязанностей которых связано с вредными и опасными условиями производственного процесса, составляло более 35%. Существуют традиционно опасные отрасли, в которых данный показатель составляет выше 30% от общего количества работников предприятия [8,9,13,14]. Это такие отрасли, как: добыча полезных ископаемых - 55,4%, обрабатывающая промышленность - 43,7%, строительство - 39,4%, водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений - 39,4% и т.д. Согласно данным Росструда [18], основной причиной смертей на производстве является падение работника с высоты - 34%; на втором месте (23%) - воздействие движущих предметов, деталей, механизмов; 13% происшествий связано с падением, обрушением, обвалом материалов; 12 % приходится на транспортные происшествия. Более 30% случаев произошло из-за неправильной организации работы персонала, нарушений правил технологического процесса, слабая подготовка работников в сфере безопасности труда и несоблюдение требований безопасности самими работниками.

Экономические потери, связанные с производственным травматизмом, достаточно велики, т.к. это приводит не только к повышению затрат предприятия, связанных с потерей рабочего времени, но и ведёт к снижению технико-экономических показателей предприятия, а также снижает эффективность общественного производства вследствие недопроизводства ВВП [2,7,13].

За период 2010-2019 годы произошло увеличение числа дней нетрудоспособности у пострадавших с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более практически на 5 дней (2010 г. – 45,8; 2019 г. – 50,6) (табл. 1).

Таблица 1 – Показатели длительности нетрудоспособности в связи с производственной травмой

Показатель	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Число дней нетрудоспособности у пострадавших с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более и со смертельным исходом в расчете на 1 пострадавшего	45,8	48,4	45,8	47,4	48,7	48,6	49	49,3	50,1	50,6
Финансирование мероприятия по охране труда в расчете на 1 работающего, тыс. руб.	6,7	7,9	8,8	8,9	9,6	10,9	11,5	14,3	14,2	14,9

Если сравнивать данный показатель с началом 90-х годов, то можно отметить увеличение числа человеко-дней нетрудоспособности на 1 пострадавшего почти в 2,2 раза. Средняя продолжительность больничного листа за анализируемый период составила чуть больше 48 дней. По словам экспертов, такая ситуация обусловлена тем, что в настоящее время на предприятиях используются сложные механизмы, нарушение эксплуатации которых приводит к возрастанию тяжести травм и увеличению длительности листов нетрудоспособности. Кроме этого, под влиянием различных контролирующих органов права работников на

восстановление и реабилитацию стали соблюдаться в более полном объёме [6,12]. Жизнь и здоровье работников предприятия зависят от безопасных условий труда, которые в свою очередь во многом определяются количеством денежных средств, потраченных работодателем на охрану труда [13,16]. В соответствии со ст. 226 Трудового кодекса РФ, финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда является прямой обязанностью работодателя и составляют 0,2% от суммы затрат на производство продукции. За анализируемый период в РФ наблюдалось устойчивое увеличение количества денежных средств выделенных на мероприятия по охране труда в расчете на 1 работающего с 6724,2 руб. в 2010 году до 14862, 4 в 2019 году, т.е. более чем в 2,2 раза. Данный факт также оказал положительное влияние на снижение числа несчастных случаев на производстве, в т.ч. со смертельным исходом.

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики [11], в Пензенской области, как и в большинстве субъектов РФ, в последнее время наблюдается устойчивая тенденция снижения показателей производственного травматизма. В качестве исключения выступают 2011 и 2016 годы (табл.2). В 2019 году количество несчастных случаев на производстве в сравнении с 2010 годом сократилось более чем в 3 раза [19,20].

Таблица 2 – Динамика показателей ПТ в Пензенской области

Показатель	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Численность пострадавших с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более и со смертельным исходом, чел. Всего:	253	266	213	198	165	117	120	71	87	83
- мужчины (женщины)	169 (77)	188 (78)	145 (66)	139 (57)	120 (45)	80 (36)	84 (36)	55 (16)	61 (26)	60 (23)
- лиц до 18 лет (иностранных граждан)	7(0)	0(0)	1(1)	1(1)	0 (0)	1(0)	0(0)	0(0)	0(2)	0(0)
Из них со смертельным исходом Всего:	16	12	19	20	13	4	7	6	4	3
- мужчины (женщины)	16(0)	12(0)	17(1)	18(0)	12(1)	4(0)	6(1)	6(0)	4(0)	3(0)
- лиц до 18 лет (иностранных граждан)	0(0)	0(0)	0(1)	1(1)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
Численность пострадавших с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более и со смертельным исходом в расчете на 1000 работающих	1,6	1,7	1,2	1,2	1	0,8	0,8	0,5	0,6	0,6
Число дней нетрудоспособности у пострадавших с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более и со смертельным исходом в расчете на 1 пострадавшего	40,5	39	57,5	40	38,7	59	49,4	46,1	82,9	54,2
Финансирование мероприятия по охране труда в расчете на 1 работающего, тыс. руб.	3,5	4,8	8,2	5,8	6,0	6,3	6,9	7,0	8,1	8,4

Наиболее значительное снижение числа пострадавших с утратой способности к труду на 1 день и более (> 70%) за девятилетний период было отмечено в 2017 году. За 2010 – 2019 годы происходило постепенное снижение количества пострадавших с летальным исходом. Так в 2019 году данный показатель уменьшился более чем в 5 раз. Темпы снижения несчастных случаев со смертельным исходом, рассчитанных базовым способами находились в пределах от 19% в 2014 году до 81% в 2019 году. Прирост несчастных случаев с летальным исходом в сравнении с предшествующим периодом были отмечены в 2012 году – 75%; в 2013 году – 5% и в 2016 году – 75%. , В гендерном аспекте показатели производственного травматизма, в т.ч. с летальным исходом в Пензенской области повторяют общероссийскую тенденцию к снижению. Так за все анализируемые годы число пострадавших с утратой трудоспособности в т.ч. со смертельным исходом было выше у мужчин, чем у женщин в среднем в 2 раза. В 2010 году отмечено 7 несчастных случаев на производстве среди подростков. Среднее число дней нетрудоспособности больничному листу в Пензенской области на 8 дней больше, чем по Российской Федерации и составляет 56,4 дня [19,21].

По мнению специалистов, снижение количества пострадавших в результате несчастных случаев при выполнении трудовых обязанностей, напрямую связано с увеличением финансовых вложений в мероприятия по охране труда и профилактике ПТ [16,20]. Так если в 2010 году финансовые затраты в расчёте одного работающего в Пензенской области составляли около 3,5 тыс. руб., то к 2019 году они увеличились в 2,4 раза и составили 8,4 тыс. руб. Увеличение объёмов финансовых вложений в охрану труда свидетельствует о повышении заинтересованности руководителей предприятий в создание безопасных условий труда.

В Пензенской области основными причинами несчастных случаев с летальными исходами на производстве являются [16,19]:

- неудовлетворительная организация производственного процесса и несовершенство применяемых технологий;

- недостаточная подготовка инженеров по охране труда;

- недостаточный контроль ответственных лиц за соблюдением правил и норм по охране труда работниками при выполнении производственных работ;

- недостаточная работа по обучению кадров безопасным методам и приемам выполнения производственных работ;

- нарушение работниками предприятия трудовой и производственной дисциплины.

Заключение. Таким образом, анализ ПТ в РФ и Пензенской области показал, что, несмотря на снижение количества несчастных случаев на производстве, данная проблема продолжает оставаться актуальной. С целью снижения числа несчастных случаев на производстве, необходимо уделять особое внимание оценке и пропаганде безопасных условий труда, тщательно изучать причины несчастных случаев. Совершенствовать систему управления охраной труда на

всех уровнях трудового взаимодействия, повышать правовую грамотность трудящихся в вопросах связанных с безопасными условиями труда, а также расширять формы и методы участия работников в деятельности предприятия по охране труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ :

1. Тихонова Г.И., Чуранова А.И., Горчакова Т.Ю. Производственный травматизм как проблема социально-трудовых отношений в России риска // Проблемы прогнозирования. – 2012. - № 3(132). – С.103-118.

2. Бухтияров И.В., Измеров Н.Ф., Тихонова Г.И., Чуранова А.Н. Производственный травматизм как критерий профессионального риска // Проблемы прогнозирования. – 2017. - № 5. – С. 140-149.

3. Фомин А.И., Халявина М.Н., Осипова А.А. Исследование проблем производственного травматизма и профессиональной заболеваемости // Вестник научного центра ВОСТНИИ по промышленной и экологической безопасности. - 2017. - №4. - С. 82-90.

4. Измеров Н.Ф., Тихонова Г.И., Чуранова А.Н., Горчакова Т.Ю. Условия, охрана труда и производственный травматизм в России // Здравоохранение Российской Федерации. - 2013. - № 1. - С. 3-7.

5. Андреева Т.М. Травматизм в Российской Федерации на основе данных статистики // Электронный научный журнал «Социальные аспекты здоровья населения». - 2010. - № 4. - С.1 -10.

6. https://www.who.int/ru - Сайт Всемирной организации здравоохранения (дата обращения 27.10.2020).

7. https://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/WCMS_249273/lang--ru/index.htm - Международная организация труда (дата обращения 27.10.2020).

8. Зильберман А.С. Роль охраны труда и её состояние на современном производстве // Молодой учёный. – 2019. - № 6 (244) – С. 277-279

9. Судак С.Н. Анализ производственного травматизма в России и Мурманской области за 2005-2009 годы // Вестник Мурманского государственного технического университета. – 2011. - Т. 14, № 4. – С. 860-867.

10. Лукьянчикова Т.Л., Ямщикова Т.Н., Клецова Н.В. Компаративистский анализ производственного травматизма: Россия и мир // Экономика труда.- 2018. - Т 5, № 3. - С. 647-662.

11. https://rosstat.gov.ru – Федеральная служба государственной статистики (дата обращения 27.10.2020).

12. Хусберг В. В России просто не регистрируются все несчастные случаи // Приложение к газете «Коммерсант». - 2006. - № 207 (3538). - С. 29.

13. Чурмачева Н.В. Динамика производственного травматизма в строительной отрасли //Труды Новосибирского государственного университета. – 2017. - Т.20 №1 (64). - С. 70-79.

14. Карданов Р.Н., Грабовый К.П. Анализ причин производственного травматизма//Проблемы современной науки и образования.- 2017. - № 22(104). - С. 18-20.

15. Демишев В.И.. Управление охраной труда в условиях становления рыночной экономики: На примере Краснодарского края: автореферат дис. ... кандидата экономических наук : 08.00.05 / Науч.-исслед. ин-т труда и соц. страхования. - Москва, 2006. - 21 с.

16. Кузьмишкин А.А., Гарькин И.Н., Забиров А.И. Охрана труда: анализ производственного травматизма (на примере Пензенской области) // Молодой учёный. – 2014. - № 20. - С. 157-159.

17. https://rostrud.gov.ru/search/index.php- Федеральная служба по труду и занятости (дата обращения 27.10.2020).

18. Еникеев В.Г., Смелик В.А., Шикрабак Р.В., Смирнов В.Т., Джабборов Н.И. Сравнительный анализ травматизма работающих в различных видах экономической деятельности // Аграрный научный журнал. - : 2018. - № 6. - С. 41-44.

19. https://pnz.gks.ru/ofstatistics - Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пензенской области (дата обращения 27.10.2020).

20. https://penza-gorod.ru/line_of_activity/occupational/results-injuries/ - Официальный сайт администрации г. Пензы (дата обращения 27.10.2020).

21. Качалов Н.А., Михина Т.В. Методические подходы к сравнительной оценке уровней производственного травматизма в субъектах Российской Федерации // Уровень жизни регионов России. – 2011. - № 6 (160). - С. 53-57.

Статья поступила в редакцию 10.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 331.451
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0028

К ВОПРОСУ О БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА СЕРВИСНОГО ПЕРСОНАЛА ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

© 2020

Губин Богдан Валерьевич, аспирант кафедры «Управление безопасностью в техносфере»
Нарусова Елена Юрьевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Управление безопасностью в техносфере»
Стручалин Владимир Гайозович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление безопасностью в техносфере»
Российский университет транспорта (МИИТ)
(127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, д 9, стр. 9,
e-mails: bvgubin@gmail.com, Kafedra2009@inbox.ru Struchalin_v@bk.ru)

Аннотация. Развитие пассажирского железнодорожного сообщения ставит новые задачи по эксплуатации и сервисному обслуживанию подвижного состава. Внедрение современных технологий требует от персонала более высокой квалификации и приводит к возникновению дополнительных производственных факторов, воздействующих на работников. Задачи охраны труда сервисного персонала подвижного состава требуют не только качественного обучения охране труда, но и совершенствования обслуживаемых устройств, в частности, установок обеззараживания воздуха (УОВ), являющихся неотъемлемой частью оборудования современных пассажирских вагонов. В статье рассмотрены основные методы обеззараживания воздуха, описаны конструктивные особенности УОВ с различными видами ламп, в частности, с ультрафиолетовыми лампами, и связанные с ними опасности для обслуживающего персонала. Представлены результаты анализа применения технологии обеззараживания воздуха на пассажирском подвижном составе. Отражены используемые конструктивные решения, а также перспективные методы обеззараживания. Выделены несколько направлений дальнейшего исследования и совершенствования технологии обеззараживания воздуха с использованием ультрафиолетового излучения в пассажирском подвижном составе. Обсуждаются некоторые аспекты охраны труда при обслуживании встраиваемых установок обеззараживания воздуха. Решение задачи улучшения условий труда работников сервисной службы требует разработки новых технологических решений, для чего необходимы исследования по следующим направлениям: установление зависимости степени инактивации микроорганизмов и вирусов от времени эксплуатации ультрафиолетовых ламп и исследование возможности увеличения их срока службы; способы удаления токсичных химических веществ, выделяемых в окружающую среду в аварийном случае; совершенствование конструкции УОВ с целью мгновенной диагностики повреждения ламп в аварийной ситуации; применение газоанализаторов для определения наличия паров ртути в рециркуляционном воздухе.

Ключевые слова: обеззараживание воздуха на транспорте, безопасность труда сервисного персонала, охрана труда и окружающей среды, установки обеззараживания воздуха.

ON THE ISSUE OF OCCUPATIONAL SAFETY OF SERVICE PERSONNEL FOR PASSENGER RAIL CARRIAGES

© 2020

Gubin Bogdan Valerevich, postgraduate Department of security management in the Technosphere
Narusova Elena Yurievna, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the Department of security management in the Technosphere
Struchalin Vladimir Gajozovich, candidate of technical sciences, associate professor of the Department of security management in the technosphere
Russian University of Transport (MIIT)
(127994, Moscow, Russia, st. Obrazcova, 9, building 9,
e-mails: bvgubin@gmail.com, Kafedra2009@inbox.ru Struchalin_v@bk.ru)

Abstract. The development of passenger railway communication sets new tasks for the operation and maintenance of rolling stock. The introduction of modern technologies requires highly qualified personnel and leads to the emergence of additional factors affecting employees. An integral part of the equipment of modern passenger cars is required, which are an integral part of the equipment of modern passenger cars, which are an integral part of the equipment of modern passenger cars. The article discusses the main methods of air disinfection, describes the design features of installations with various types of lamps, in particular, with ultraviolet lamps, and the dangers associated with them for service personnel. The results of the analysis of the application of air disinfection technology on passenger rolling stock are presented. The used constructive solutions, as well as promising methods of disinfection are reflected. Several directions of further research and improvement of air disinfection technology using ultraviolet radiation in passenger rolling stock have been identified. Some aspects of labor protection when servicing built-in air disinfection units are discussed. Solving the problem of improving working conditions for service workers requires the development of new technological solutions, which requires research in the following areas: establishing the dependence of the degree of inactivation of

microorganisms and viruses on the operating time of ultraviolet lamps and studying the possibility of increasing their service life; methods of disposal of toxic chemicals released into the environment in an emergency; improving the design of installations in order to instantly diagnose lamp damage in an emergency; the use of gas analyzers to determine the presence of mercury vapors in the recirculated air.

Keywords: air disinfection at transport, occupational safety, environmental and health safety, air disinfection installations.

Введение. Пассажирский транспорт, являясь одной из важнейших отраслей экономики, выполняет экономические и социальные функции, в большой степени отражает современный уровень общества и создаёт предпосылки для его дальнейшего развития. Значение комфортабельного и безопасного общественного пассажирского транспорта, способного обеспечить надёжное и быстрое сообщение между отдалёнными регионами, особенно велико для государств с протяжёнными территориями. Как известно, российский транспорт имеет богатую историю. Однако технологический прогресс не стоит на месте, современные технологии постепенно внедряются во всех отраслях экономики, и транспортная отрасль не является исключением. Так же, как и в других сферах экономики, на транспорте применяются новейшие решения.

Автоматизация производства, активно проводившаяся с конца XX века, в настоящее время переходит в дигитализацию, то есть цифровое управление техническими системами.

Обеспечение безопасных условий труда работников железнодорожного транспорта выделяется в качестве основного направления политики в области охраны труда ОАО «РЖД» [1]. Комплекс проблем в области обеспечения безопасных условий труда на железнодорожном транспорте лежит в плоскости организационных и технических мероприятий в области обучения и инструктирования работников [2], текущего ремонта и содержания железнодорожного пути, нормализации условий труда членов локомотивных бригад, обслуживания и ремонта тягового подвижного состава, вагонов и многих других направлений работы.

Современный подвижной состав активно использует микроэлектронику в совокупности со специализированным программным обеспечением не только для создания комфорта пассажиров, но и для повышения технологичности сервисного обслуживания. При помощи цифровых систем управления транспортное средство проводит самодиагностику, тем самым локализуя конкретную подсистему и подсказывая эксплуатационному или сервисному персоналу, где возникла неисправность. Это позволяет мгновенно предотвратить отказ той или иной системы, находясь непосредственно на маршруте следования, и оценить уровень безопасности дальнейшего движения для пассажиров.

Наряду с повышением комфортабельности и эксплуатационной надежности подвижного состава большое внимание уделяется безопасности и пассажиров, и работников, занимающихся эксплуатацией и ремонтом. Общественный транспорт является местом наибольшего скопления людей и, соответственно, повышенного риска распространения заболеваний. Пассажиропоток мегаполисов ежедневно достигает нескольких миллионов человек [3]. В настоящее время в связи с угрозой распространения *COVID*-19 особую актуальность приобретает проблема обеспечения безопасных перевозок в общественном транспорте.

Целью исследования является оценка возможности технологических усовершенствований устройств обеззараживания воздуха на пассажирском транспорте для повышения безопасности труда сервисного персонала.

Материалы и результаты исследования. Санитарная обработка подвижного состава как железнодорожного, так и автомобильного общественного транспорта проводится в полной мере в соответствии со стандартами и нормами [4, 5] и, как правило, сочетает в себе разные методы.

Существует несколько методов, и соответственно, видов оборудования для дезинфекции [6-8]:

1) термические методы – обработка высокими температурами, горячим паром;

2) физические методы – обработка ультрафиолетовым излучением, обработка озоном, воздействие электрического поля критической напряженности;

3) химические методы – использование специальных антисептических средств, аэрозолей;

4) механические методы – влажная уборка посредством ручного труда;

5) биологические методы – использование средства биологического происхождения, в основе метода лежит антагонистический эффект взаимодействия между микроорганизмами;

6) комбинированные методы – сочетают в себе несколько методов.

Наиболее распространены физические методы обеззараживания воздуха ультрафиолетовым излучением (УФ). Обработка озоном, в основном, применяется при перевозке грузов, в рефрижераторных вагонах для сохранения продукции, для обработки вагонов-цистерн [9]. В пассажирских перевозках озонирование ограничено, т. к. превышение ПДК (0.2 мг/м^3) озона в помещении приводит к отравлению. Озонирование должно производиться в отсутствие людей, кроме того, оно требует дополнительных мероприятий по проветриванию после дезинфекции, что не всегда возможно в условиях эксплуатации подвижного состава [10].

Салонное пространство, например, вагонов метрополитена и пассажирских электропоездов, обрабатывается специальными антисептиками, также используются установки с ультрафиолетовыми лампами,

применяемые в медицине для деактивации микроорганизмов. Однако данные мероприятия возможно производить после возвращения транспортного средства с маршрута эксплуатации в депо (рис.1) [11].

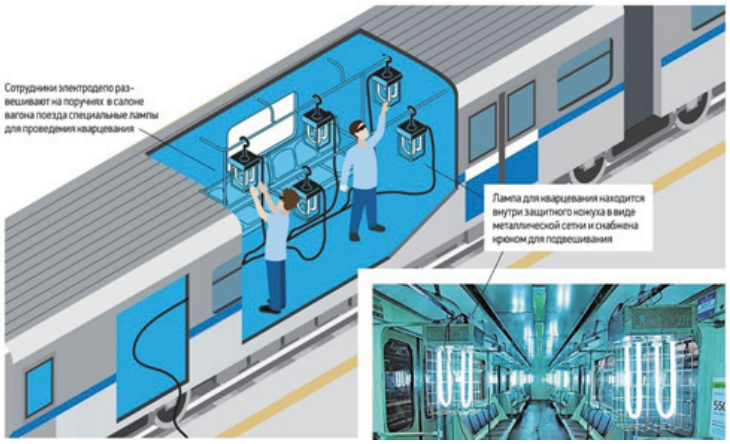


Рисунок 1 – Метод дезинфекции вагонов метрополитена ультрафиолетовым излучением в электродепо

Совершенствование конструкции климатического оборудования для поддержания комфортного микроклимата внутри салона и модернизация современного подвижного состава позволили использовать установки по обеззараживанию воздуха (УОВ) непосредственно во время движения. При этом в зависимости от конструкции климатической системы облучению может подвергаться либо рециркуляционный воздушный поток, либо воздушные фильтры. В качестве источников излучения производители климатического и дезинфицирующего оборудования используют разные виды ламп, например, ртутные или амальгамные. К каждому виду ламп предъявляются различные требования по эксплуатации, замене и утилизации.

В российской практике для обеззараживания воздуха на транспорте широко применяются монолитные установки обеззараживания воздуха, как правило, с одной или несколькими амальгамными лампами. Принцип действия такой установки основан на облучении воздушного потока рециркуляционного или свежего воздуха ультрафиолетовым излучением с длиной волны 254 нм и мощностью около 200 Вт. Установка монтируется в потолочное пространство пассажирского вагона в месте расположения воздушного канала. В зависимости от конструкции климатической системы установка по обеззараживанию воздуха может быть автономной или являться составной частью климатической установки [12,13].

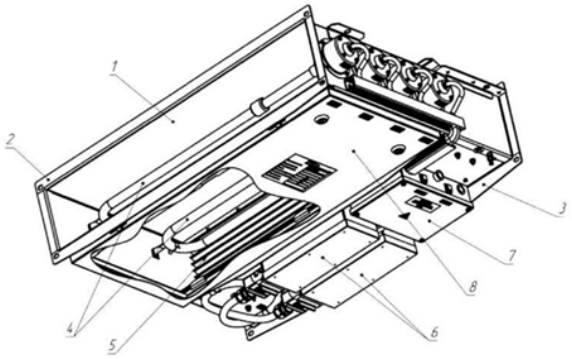


Рисунок 2 – Монолитная установка обеззараживания воздуха

На рисунке 2 изображена установка с несколькими амальгамными лампами, где:

1 – корпус; 2 – впускное воздушное окно; 3 – выпускное воздушное окно; 4 – УФ лампы; 5 – защитная решетка от УФ излучения; 6 – пускорегулирующий аппарат (ПРА); 7 – соединительная коробка УФ ламп и ПРА; 8 – люк для технического обслуживания и замены ламп [12].

Конструктивным вариантом исполнения может быть установка по обеззараживанию воздуха (УОВ), располагаемая внутри климатической установки и облучающая фильтрующийся поток свежего воздуха (рис. 3).

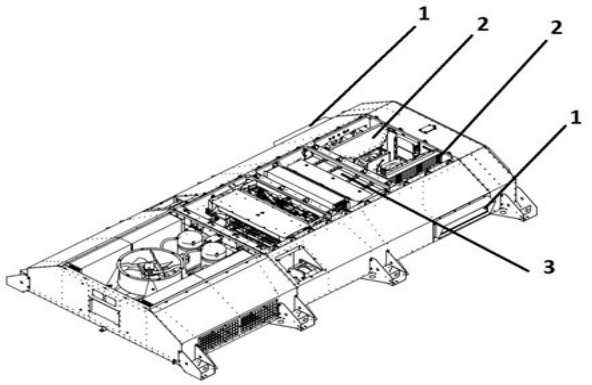


Рисунок 3 – Климатическая установка пассажирского вагона со встроенной УОВ.
1 – приточное окно; 2 – воздушный фильтр; 3 – УОВ

В зарубежной практике чаще встречаются климатические установки со строенными ртутными лампами малой мощности около 60 Вт, которые направляют поток УФ-излучения на воздушные фильтры. Такой вариант исполнения УОВ наиболее легок в обслуживании и требует меньше места для размещения УФ-ламп.

На рисунке 4 представлены климатическая установка с ртутными лампами, располагаемая в специальном отсеке с сервисным люком и датчиком закрытия люка, и реле, отключающее лампы по время срабатывания датчика (открытия люка). Такое устройство обеспечивает безопасность сервисного обслужи-

вания, защищая персонал от ожога кожи и глаз.

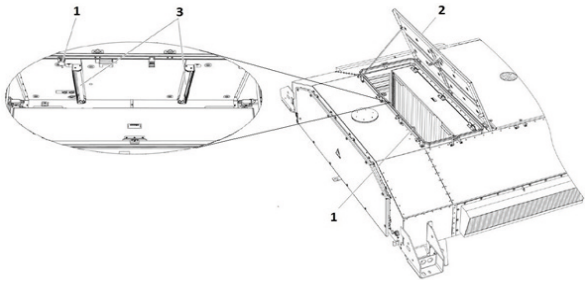


Рисунок 4 – Конструкция климатической установки со встроенными ртутными лампами.
1 – датчик закрытия люка; 2 – сервисный люк для ТО; 3 – ртутные лампы УФ-излучения

Независимо от конструктивного исполнения УОВ, основной их задачей является максимальная деактивация микроорганизмов, находящихся в воздушной среде. Преимущества и недостатки различных устройств обеззараживания воздуха описаны учеными Скачковой О.С., Хамановым И.Г, Довлатовым И.М. и др. [14-16].

Наиболее важным критерием выбора УФ-лампы является степень инактивации микроорганизмов и вирусов, зависящая от интенсивности облучения. Было доказано, что наиболее эффективная инактивация бактерий и, в том числе, коронавирусов происходит при длине волны УФ-излучения в 254 нм и при дозе излучения 339-423 мкВт*с/см² [17].

Одним из параметров, определяющим ресурс УФ-лампы, является степень инактивации микроорганизмов, уменьшающаяся со временем её эксплуатации. Существует новая технология УФ-ламп – *Far-ULC*, при которой используются преимущественно светодиодные УФ-модули, выделяющие некоторые количество озона. При длине волны 222 нм и дозе облучения 1.2 – 1.7 мДж/см² в течение 25 минут деактивируется до 99,9% коронавирусов [18]. Основным преимуществом этой технологии является большая безопасность, достигающаяся благодаря минимальному воздействию ультрафиолетового излучения на глаза и кожу человека. Однако выделение озона вызывает необходимость дополнительных мероприятий, например, проветривания помещений. На рисунке 5 представлена зависимость степень инактивации микроорганизмов и вирусов от дозы излучения [19].

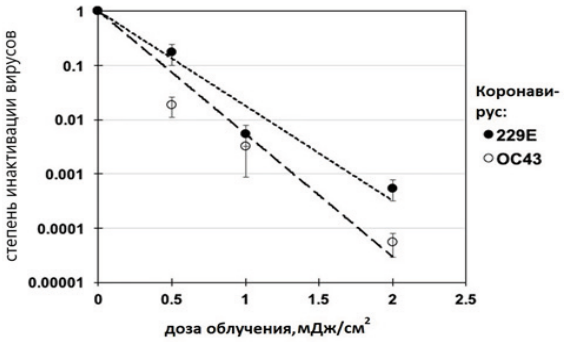


Рисунок 5 – График зависимости степени обеззараживания от дозы УФ-излучения

Заключение. Обеспечение безопасности пассажиров и охрана труда работников сервисных и эксплуатационных служб, занимающихся обслуживанием установок обеззараживания воздуха, являются в настоящее время актуальными задачами.

Разработка новых технологических решений связана с необходимостью исследований по следующим направлениям:

1) установление зависимости степени инактивации микроорганизмов и вирусов от времени эксплуатации ультрафиолетовых ламп и исследование возможности увеличения их срока службы;

2) способы удаления токсичных химических веществ, выделяемых в окружающую среду в аварийном случае;

3) совершенствование конструкции УОВ с целью мгновенной диагностики повреждения ламп в аварийной ситуации; применение газоанализаторов для определения наличия паров ртути в рециркуляционном воздухе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Распоряжение ОАО «РЖД» от 29.12.2016 № 2773р «Об утверждении СТО РЖД 15.001-2016 «Система управления охраной труда в ОАО «РЖД». Общие положения» (вместе с «СТО РЖД 15.001-2016. Стандарт…») // СПС «КонсультантПлюс».

2. Степанов, А.Н. Разработка методики проведения внепланового инструктажа по случаю производственного травматизма, учитывающей человеческий фактор. [Текст] / А.Н. Степанов, Е.Ю. Нарусова, В.Г. Стручалин // Безопасность труда в промышленности. – 2020. – №7. – С. 67-72.

3. Губин, Б. В. К вопросу о безопасности труда и жизнедеятельности при эксплуатации установок обеззараживания воздуха на железнодорожном подвижном составе / Б.В. Губин // Актуальные проблемы техносферной безопасности Москва, 06-12 марта 2019 г.: сб. науч. статей национальной научно-практической конференции. 2019 – М.: Изд-во Российский университет транспорта (Москва), 2019. – С. 248-251.

4. СП 2.5.1198-03 «Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте»

5. СанПиН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях»

6. Шестопалов, Н. В. Совершенствование методических подходов к управлению риском распространения инфекций с аэрозольным механизмом передачи возбудителя / Н. В. Шестопалов, А. Ю. Скопин, Л. С. Федорова, Т. В. Гололобова // Анализ риска здоровью. – 2019. – №1. – С. 84-92.

7. Наголкин, А. В. Современные научные и практические тенденции в области обеззараживания воздуха в медицинских организациях / Наголкин А. В., Володина Е. В., Загидуллов М. Ф., Акимкин В. Г., Борисоглебская А. П., Сафатов А. С., Кузин В. В., Дмитриева В. А. // Здоровье населения и среда обитания – 2016. – №2 (275). – С. 47-51.

8. Новикова, Н. Д. Итоги и перспективы использования технологии микробиологической очистки воздуха с помощью установок «Поток» в космической медицине / Новикова Н. Д., Поддубко С. В., Дешевая Е. А., Наголкин А. В., Володина Е. В., Загидуллов М. Ф. // Авиакосмическая и экологическая медицина – 2016. – Т.50 – №3 – С. 10-16.

9. Ким, К. К. Использование озоновых технологий для решения задач дезинфекции на железнодорожном транспорте/ К. К. Ким, А. И. Кручинин, Г. Л. Спичкин, Е. К. Чистов //

Современные подходы к обеспечению гигиенической, санитарно-эпидемиологической и экологической безопасности на железнодорожном транспорте: сб. трудов ученых и специалистов транспортной отрасли. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожной гигиены Роспотребнадзора, 2016. – С. 8-16.

10. Possibility of Using ozone micro nano bubbles, ozone therapy & routine daily activities cure and protect against corona virus infection [Электронный ресурс]. – режим доступа: https://www.nanobble.com/possibility-of-using-ozone-micro-nano-bubbles-ozone-therapy-routine-daily-activities-to-cure-and-protect-against-corona-virus-infection/

11. Как кварцуют вагоны метро [Электронный ресурс]. – режим доступа: http://asmetro.ru/news/technic/--/id/6825

12. Пат. 143645 U1 Российская Федерация, МПК A61L 2/10, B61D 27/00 Установка для обеззараживания воздуха ультрафиолетовым излучением в вагонах электропоездов / Костюченко С. В., Кикнадзе Н. Д., Тимаков С. В., Ситников А. С., Карелин А. А., Большаков Б. В., Карпычев Д. В., Соколов Д. В.; патентообладатель Кикнадзе Н. Д. – № 2013158635/15; заявл. 30.12.13; опубл. 27.07.14, Бюл. № 21. – 8 с.

13. Пат. 143401 U1 Российская Федерация, МПК A61L 9/20, B61D 27/00 Установка для обеззараживания воздуха ультрафиолетовым излучением в пассажирском вагоне / Костюченко С. В., Кикнадзе Н. Д., Тимаков С. В., Ситников А. С., Карелин А. А., Большаков Б. В., Карпычев Д. В., Соколов Д. В.; патентообладатель Кикнадзе Н. Д. – № 2013157390/15; заявл. 25.12.13; опубл. 20.07.14, Бюл. № 20. – 6 с.

14. Юдаева, О. С. Совершенствование системы обеспечения безопасных условий труда проводников пассажирских вагонов: дис. ... докт. техн. наук: 05.26.01 / Юдаева Оксана Сергеевна; [Место защиты: Моск. гос. ун-т путей сообщ. (МИИТ) МПС РФ]. - Москва, 2015. - 343 с.

15. Хаманов, И. Г. Улучшение условий труда работников железнодорожной отрасли с учетом риска воздействия биологического фактора: дис. ... кан. техн. наук: 05.26.01 / Хаманов Иван Геннадьевич; [Место защиты: Рос. ун-т транспорта]. - Москва, 2018. - 172 с

16. Довлатов, И. М. Факторы, влияющие на эффективность источников УФ излучения/ Довлатов И. М. // Инновации в сельском хозяйстве – 2017. – №2 (23) – С. 61-66.

17. Профилактика COVID-19 [Электронный ресурс]. – режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Профилактика_COVID-19#Резистентность_к_ультрафиолету_разной_длины_волны

18. Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases [Электронный ресурс]. – режим доступа: https://www.nature.com/articles/s41598-018-21058-w

19. Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses [Электронный ресурс]. – режим доступа: https://www.nature.com/articles/s41598-020-67211-2

Статья поступила в редакцию 15.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 334.02, 351.862.1
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0029

ПРИНЯТИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

© 2020

Бондаренко Роман Александрович, кандидат педагогических наук, доцент,
доцент кафедры теории и методологии государственного управления
Академия управления МВД РФ
(125171, Россия, Москва, ул. Зои и Александра Космодемьянских, 8, e-mail: r.bond@mail.ru)

Аннотация. В статье рассматриваются подходы к определению управленческого решения, дается определение понятия управленческого решения в чрезвычайной ситуации на основе анализа законодательной базы РФ. Под принятием управленческого решения в чрезвычайной ситуации понимается социальный акт, который принят в установленном порядке субъектом управления и который, имея директивное значение, направлен на ликвидацию и/или предотвращение негативных последствий чрезвычайной ситуации, через определение целей деятельности объекта управления, а также пути и средства их достижения. На основании законодательства выделены основные виды чрезвычайных ситуаций, основные режимы функционирования органов государственного управления. Рассмотрен алгоритм принятия управленческого решения, выделяются особенности процесса принятия решения в чрезвычайных ситуациях (дефицит времени, резкий рост неопределенности, изменение характера социальных реакций). В качестве проблемы, требующей дополнительного рассмотрения выделен расчет рисков, в частности, выделение основного критерия, так как при этом возникают проблемы этического плана. Отмечается, что выделенные в литературе особенности принятия решений в органах внутренних относятся скорее ко органам государственной власти в целом. В заключении ставится задача коррекции имеющихся алгоритмов принятия решений с учетом выделенной специфики.

Ключевые слова: управленческое решение, чрезвычайная ситуация, управление, алгоритм.

MAKING OF MANAGEMENT DECISIONS IN EMERGENCY

© 2020

Bondarenko Roman Alexandrovich, candidate of Pedagogical Sciences,
associate Professor of the Department of Theory and Methodology of Public Administration
The Academy of management of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation
(125171, Russia, Moscow, Zoya and Alexandra Kosmodemyanskikh St., 8, e-mail: r.bond@mail.ru)

Abstract. The article deals with the approaches to the definition of a management decision and gives a definition of the concept of a management decision in an emergency based on the analysis of the legislative base of the Russian Federation. Adoption of a management decision in an emergency situation means a social act, which is adopted in the established order by the subject of management and which, having a directive meaning, is aimed at liquidation and/or prevention of negative consequences of an emergency situation, through definition of goals of activity of the object of management, as well as ways and means of their achievement. Based on the legislation, the main types of emergency situations and the main modes of functioning of state administration bodies have been identified. The algorithm of making a management decision is considered, the peculiarities of the decision-making process in emergency situations (time deficit, sharp increase of uncertainty, change of character of social reactions) are highlighted. The calculation of risks has been singled out as a problem requiring additional consideration the selection of the main criterion, as it raises problems of an ethical plan. It is noted that the features of decision-making in the internal bodies highlighted in the literature relate rather to the public authorities. In conclusion the task is to adjust the available algorithms of decision making to the specifics highlighted.

Keywords: management decision, emergency, management, algorithm.

Введение. Пандемия *COVID-19* оказала существенное влияние на все стороны общественной жизни. Функционирование управления в условиях чрезвычайной ситуации, с частности процессы принятия управленческих решений приобрело характер проблемы, которая касается фактически всех социальных субъектов.

Проблема принятия управленческих решений достаточно широко рассматривается в рамках различных специальностей. В последние годы издан широкий спектр работ, посвященных управленческим решениям [1-4]. Существенный вклад в разработку проблематики внесли Л.Н.Албастова [5], Д.Д.Вачугов [6], П.Друкер [7-9], Д.К.Лафта [10], Э.М.Коротков [11], В.И. Подлесных [12] и др.

Целью данной работы является рассмотрение процесса принятия управленческих решений в чрезвычайной ситуации, выявление особенностей данного процесса.

Материалы и результаты исследований. К определению понятия управленческого решения существуют различные подходы. Так, Л.И. Лукичева и Д.Н.Егорычев [13], а также Э.А.Смирнов [14] рассматривают управленческое решение как действие и обращают внимание на значимость знаний объективных законов управления и анализ информации о функционировании системы управления. Н.И.Кабушкин [15] рассматривает управленческое решение

как вид управленческого труда, состоящий из последовательности целенаправленных действий. С нашей точки зрения, наиболее справедливо определение Е.Ф. Яськова, который рассматривает управленческое решение как социальный акт, который принят в установленном порядке субъектом управления и который, имея директивное значение, определяет цели деятельности объекта управления, а также пути и средства их достижения [16], поскольку с одной стороны подчеркивается волевой характер действий управляющего субъекта (само понятие акт подразумевает волевой характер), с другой стороны – подчеркивается значимость нормативного аспекта в принятии управленческих решений, что представляется особенно важным для рассмотрения особенностей принятия управленческих решений на различных уровнях государственного управления и, в частности, в органах внутренних дел.

Определенный интерес представляют и выделяемые в литературе критерии управленческого решения, к которым относятся: цели; последствия; разделение труда; профессионализм [17].

Для рассмотрения специфики принятия управленческого решения в чрезвычайной ситуации, необходимо кратко коснуться правовой базы, основы которой заложены федеральным законом «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (№68-ФЗ от 21.12.1994 в редакции от 23.06.2020)[18]. Законодатель трактует чрезвычайную ситуацию как обстановку на определенной территории, сложившуюся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, распространения заболевания, представляющего опасность для окружающих, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Таким образом, существенным критерием подобной ситуации является реализованная или потенциальная угроза человеческой жизни или реальный ущерб окружающей среде или экономике. Признаком данной ситуации является нарушение привычной жизни людей. Таким образом, чрезвычайная ситуация двояко влияет на процесс принятия управленческих решений с одной стороны существенно изменяя сами условия существования объекта управления, следовательно трансформируя обычные алгоритмы принятия решений, с другой стороны изменяя сами условия принятия решения, то есть изменения касаются и непосредственно управленческой деятельности, как в части целей (главным становится минимизация отрицательных последствий), так и содержания.

Таким образом, управленческое решение в чрезвычайной ситуации можно определить как социальный акт, который принят в установленном порядке субъектом управления и который, имея директивное значение, направлен на ликвидацию и/или предотвращение негативных последствий чрезвычайной ситуации, через определение целей деятельности объекта управления, а также пути и средства их достижения. Таким образом, уже в определении подчеркивается существенная особенность процесса принятия управленческого решения в чрезвычайной ситуации, выражающуюся в том, что это всегда реакция на неуправляемое воздействие или его непосредственную угрозу.

Закон делит чрезвычайные ситуации в зависимости от затронутой территории, количества пострадавших людей, размера ущерба на:

1) локального характера;
2) муниципального характера;
3) межмуниципального характера;
4) регионального характера;
5) межрегионального характера;
6) федерального характера.

С точки зрения нашего исследования важно, что при этом в процесс принятия решений вовлекаются фактически все уровни управления, однако в зависимости от вида ситуации, принятие основных управленческих решений концентрируется на соответствующем или более высоком уровне управления, с вовлечением в процессы нижестоящих уровней. Так в условиях весны 2020 года, стратегические решения о типе реагирования принимались на федеральном уровне, однако в процесс принятия решений были вовлечены все иные уровни управления, вплоть до руководства отдельных предприятий.

Закон выделяет следующие основные режимы функционирования органов государственного управления в соответствии с критерием угрозы возникновения чрезвычайной ситуации: повседневный режим (угроза отсутствует); режим повышенной готовности (существует угроза возникновения); в)непосредственно режим чрезвычайной ситуации (при реализации угрозы в реальной жизни, ликвидации ее последствий). С точки зрения принятия управленческих решений в чрезвычайной ситуации, эти уровни отличаются прежде всего временным лимитом на принятие решений (время на принятие решения убывает от повседневного режима к режиму чрезвычайной ситуации), а также степенью неопределенности последствий (которая нарастает в режиме повышенной готовности и особенно в режиме чрезвычайной ситуации).

Операционный компонент, последовательность действий по принятию управленческих решений достаточно неплохо разработана в современных исследованиях. Например, А.С.Боровиков [19] предлагает следующий эталонный алгоритм принятия управленческого решения (рис. 1).

Предложенная схема вполне применима и к принятию управленческих решений в условиях чрезвычайных ситуаций, однако необходимо определить специфику действий в подобных условиях.

Первая особенность заключается в жестко заданном времени принятия решения, более того, ситуация острого временного дефицита особенно характерна для подобного вида, поскольку затягивание с приня-

тием решения может привести к росту тяжести последствий.

Во-вторых, резко нарастает неопределенность, поскольку чрезвычайная ситуация предполагает нетипичность всей ситуации, а значит отсутствие наработанных стереотипов действия. Неопределенность затрагивает как саму ситуацию, так и реакцию на нее (в качестве примера можно привести ситуацию, сложившуюся после введения первых ограничительных мер в рамках коронавирусной инфекции, когда значительное число граждан восприняло введенный режим нерабочих дней просто как дополнительные выходные, не считая необходимым изменить сове поведение и следовать требованиям соблюдения режима самоизоляции).

В-третьих, меняется сама реакция социальных субъектов на привычные раздражители, что приводит к затрудненности прогнозирования их поведения. Так, например, существенную опасность в чрезвычайных ситуациях представляет распространение паники, которая может возникнуть как ответ на стандартные обстоятельства.

Рисунок 1 – Эталонный алгоритм принятия управленческого решения

Существенно затрудняется и расчет рисков, для расчета которых можно использовать критерий потерь от «минимакса» (критерий Сэвиджа); критерий «максимина» (критерий Вальда); критерий «максимакса»; «альфа-критерий» (Критерий Гурвица) [20]. Специфика принятия управленческих решений в чрезвычайной ситуации в системе государственного управления осложняется и тем, что нет четкого понимания, что брать в качестве основного критерия при расчете рисков. В рамках коммерческого предприятия, таковым, несомненно, может выступать прибыль (при условии соблюдения базовых требований соблюдения законодательства). Что брать для составления матрицы решения в режиме чрезвычайной ситуации в качестве основных рисков и как их рассчитывать? Безусловный приоритет жизни людей, заявленный на всех уровнях государственного управления в качестве основного критерия оценки рисков, требует четкой операционализации, поскольку его базовая аксиологическая трактовка подразумевает ценность каждой человеческой жизни, а принятие решений базируется на вероятностном методе, который позволяет минимизировать количество потерь в обществе в целом, однако не гарантирует обеспечение конкретной жизни. Так, например, СМИ приводили описания случаев в ряде стран, когда на самом нижнем уровне принятия решения (конкретного лечебного учреждения), в условиях дефицита аппаратов искусственной вентиляции легких врач был вынужден делать выбор между двумя пациентами. Статистически одна жизнь будет сохранена, однако

ситуация выбора между несколькими кандидатами на лечение порождает серьезные этические проблемы.

Определенная специфика будет и при принятии управленческих решений государственными органами, в частности органами внутренних дел. Д.А. Мусатов выделяет следующие специфические признаки, принятия управленческих решений в органах внутренних дел: 1) субъективный характер управленческого решения; 2) властный характер управленческого решения; 3) волевой характер управленческого; 4) регулятивная направленность управленческого решения; 5) творческий характер управленческого решения; 6) компетентностный характер управленческих решений; 7) процедурный характер принятия управленческого решения [21].

Однако, этот предложенный перечень применим практически к любому виду принятия решений в системе государственного управления. Специфика кроется скорее в применении данных признаков. С нашей точки зрения, эта специфика обусловлена как особенностями самой правоохранительной деятельности, так и особым статусом органов внутренних дел – как правовым, так и социальным. В частности, практически любое управленческое решение в системе ОВД приобретает публичный характер, имеет расширенную императивность, поскольку непосредственно затрагивает широкий круг граждан. Особое значение эти признаки приобретают при принятии решений в чрезвычайной ситуации, так как резко вырастает как степень неопределенности, так и цена последствий принятого решения. Кроме того, необходимо отметить возникновение еще одной существенной коллизии. С одной стороны, в условиях чрезвычайной ситуации резко вырастает ценность оперативности принятия решения, так как практически все чрезвычайные ситуации имеют ярко выраженный динамический характер, с другой стороны к принятию решений государственными органами и, особенно, органами внутренних дел предъявляются жесткие требования по соблюдению процедуры принятия решения, четкое соблюдение которой резко увеличивает время принятия решения и может привести к принятию запаздывающих решений, реализация которых не только не способствует достижению поставленных целей, но может напротив ухудшить ситуацию. Это проблема осознана и законодателем, в частности в последней редакции закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» большая роль в принятии решений отведена органам государственной власти различного уровня, в отличие от предыдущих редакций, когда основной объем решений должен был приниматься специальными органами (по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям). Однако, с нашей точки зрения, этого недостаточно. Необходимо на нормативном уровне отразить необходимые процедуры принятия управленческих решений с учетом специфики действий в чрезвычайной ситуации.

Заключение. Таким образом, процесс принятия управленческих решений в чрезвычайной ситуации имеет свою специфику, которую надо учитывать в управленческой деятельности, при принятии управленческих решений в государственных органах и органах внутренних дел. Процесс принятия управленческих решений на различных уровнях нуждается в дальнейшем рассмотрении с точки зрения коррекции алгоритмов принятия решения с учетом выявленной специфики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бусов В. И. Управленческие решения . — М.: Юрайт, 2018. – 254 с.
2. Карданская Н.Л. Управленческие решения. – М.: Юнити, 2015. – 439 с.
3. Киселев, А.А. Принятие управленческих решений. – М.: Директ-Медиа, 2019. – 182 с.
4. Пирогова Е. В. Управленческие решения. - Ульяновск : УлГТУ, 2010. – 176 с.
5. Албастова Л. Н. Технологии менеджмента. - Ростов-на-Дону : Изд-во Северо-Кавказской акад. гос. службы, 2011. - 302 с.
6. Основы менеджмента. - М. : Высш. шк. (ВШ), 2001. - 366 с.
7. Друкер П. Менеджмент. Вызовы XXI века – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2012. - 163 с.
8. Друкер, П. Практика менеджмента. – М.: Вильямс, 2007. - 397 с.
9. Друкер, П. Эффективный руководитель – М.: Манн, Иванов и Фербер : Эксмо, 2020. - 232 с
10. Лафта, Дж. К. Управленческие решения - М.: Центр экономики и маркетинга, 2002. - 301 с.
11. Коротков, Э. М. Менеджмент. – М.: Юрайт, 2010. - 640 с.
12. Подлесных, В. И. Теория организации .- М.: ИНФРА-М, 2013. - 343 с.
13. Лукичёва Л. И., Егорычев Д. Н. Управленческие решения: учебник / под ред. Ю. П. Анискина. – М., 2009. − С.17.
14. Смирнов Э. А. Разработка управленческих решений: учебник для вузов. − М: ЮНИТИ-ДАНА, 2000.
15. Кабушкин Н. И. Основы менеджмента. Учебник. − М: НПЖ «ФУА», ЗАО «Экономпресс».1997.
16. Яськов Е.Ф. Теория и практика социального управления: Словарь-справочник. – М.: Академия управления МВД России,1997. – С.153.
17. Петухова С.В. Управленческие решения: технология, методы и инструменты / С. В. Петухова, П. В. Шеметов, В. В. Радионов. Л. М. Никифорова. - М.: Омега-Л, 2011.
18. Федеральный закон №68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 в редакции от 23.06.2020. // Консультант Плюс.
19. Боровиков А.С. Алгоритм принятия управленческих решений в условиях риска и неопределённости. Текст: электронный. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-prinyatiya-upravlencheskih-resheniy-v-usloviyah-riska-i-neopredelyonnosti/viewer
20. Ременников Б.В. Управленческие решения: учебное пособие – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2015 – С. 94
21. Мусатов Д.С. Понятие и признаки управленческого решения в деятельности органов внутренних дел. //Бизнес в законе, 2014, №1. - С.183.

Статья поступила в редакцию 12.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020

УДК 502/504
DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0030

МИНИМИЗАЦИЯ РИСКОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

© 2020

Луценко Андрей Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность»
Дальневосточный государственный университет путей сообщения
(680000, Россия, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47, e-mail:andyhab@mail.ru)

Аннотация. Статья посвящена проблеме утилизации отходов и защите окружающей среды от негативных факторов при решении комплекса задач по обращению с отходами. Рассмотрена актуальная нормативно-правовая база вопроса. Дан анализ состояния проблемы токсичности и методов утилизации отходов производства и потребления на современном этапе. В статье предлагается новый способ утилизации твердых отходов, основанный на размещении их в качестве наполнителя в герметичную капсулу, произведенную в процессе вторичной переработки полимерных отходов и дальнейшем производстве строительных блоков. Дополнительная бетонная оболочка в этом случае является защитой капсулы от механических повреждений и выполняет несущую функцию. Метод позволяет организовать процесс утилизации с минимальными затратами на организацию производственной площадки. В результате реализации предлагаемого метода возможно не только эффективное решение проблемы утилизации твердых отходов, но и получения на выходе полезного продукта в виде строительного материала. В заключении сделаны выводы о целесообразности применения разработки и преимуществах её использования.

Ключевые слова: отходы, утилизация, окружающая среда, вредные вещества, капсулирование.

MINIMIZING EMERGENCY RISKS DURING WASTE DISPOSAL

© 2020

Lutsenko Andrey Nikolaevich, phd., associate Professor of the Department of Technosphere Safety
Far Eastern State Transport University
(680000, Russia, Khabarovsk, Serysheva st., 47, e-mail: andyhab@mail.ru)

Annotation. The article is devoted to the problem of waste disposal and the protection of the environment from negative factors when solving a set of tasks for waste management. Considered the current regulatory framework of the issue. The analysis of the state of the problem of toxicity and methods of disposal of production and consumption waste at the present stage is given. The article proposes a new method of solid waste disposal, based on placing them as a filler in a sealed capsule produced in the process of recycling polymer waste and further production of building blocks. In this case, an additional concrete shell protects the capsule from mechanical damage and performs a load-bearing function. The method allows you to organize the recycling process with minimal costs for organizing a production site. As a result of the implementation of the proposed method, it is possible not only to effectively solve the problem of solid waste disposal, but also to obtain a useful product in the form of a building material. In conclusion, conclusions are drawn about the feasibility of using the development and the advantages of its use.

Keywords: waste, disposal, environment, harmful substances, encapsulation.

Введение. Статья 42 Конституции Российской федерации гласит: каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением [1]. Проблема накопления отходов, являющаяся причиной экологических рисков, а также минимизация этих рисков путем утилизации отходов особенно остро ощущается человечеством в последние десятилетия. Объемы мусора растут в геометрической прогрессии и являются болевыми точками для развития человеческой популяции наряду с проблемами гонки вооружений, терроризма и биологических опасностей, выражающихся в форме пандемий. Бесконтрольное размещение вредных и опасных отходов может привести к чрезвычайным ситуациям различной локализации. Как и любая сфера деятельности, утилизация отходов подлежит законодательной регламентации. В частности Федеральный закон №52-ФЗ от 30 марта 1999 года № 52-ФЗ "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" устанавливает санитарные требования к сбору, транспортированию, обработке, накоплению, обезвреживанию, а также размещению отходов производства и потребления и их утилизации, Федеральный закон N 89-ФЗ от 24.06.1998 "Об отходах производства и потребления" декларирует правовые основы и правила обращения с отходами как производства, так и потребления с целью минимизации вредного воздействия на окружающую среду, формирующую здоровье человека и ставит задачу вовлечения отходов в качестве дополнительных источников сырья для хозяйственного оборота. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» N 7-ФЗ от 10 января 2002 года устанавливает принципы укрепления экологической безопасности и обеспечения правопорядка в области охраны окружающей среды и декларирует основы политики государства в этой сфере [2,3,4]. Комплекс серьезных задач, вытекающих из необходимости решения проблемы загрязнения окружающей среды отходами как потребления, так и производственных процессов, требует безотлагательных усилий [5].

Несмотря на усилия, предпринимаемые в области защиты окружающей среды от негативного воздействия отходов производства и потребления, ежегодно объемы отходов, требующие утилизации в Российской федерации составляют 55–60 млн т. [6]. Заметим, что термин «утилизация» сегодня подразумевает термическую переработку, использование в качестве вторичного сырья, захоронение на полигонах, но, зачастую, это бесконтрольное размещение отходов в малодоступных местах и преднамеренный сброс в водные объекты.

В среднем на человека приходится до 400 кг отходов в год и только около 5% из этого объема подлежат переработке [7]. Вне зависимости от происхождения отходы, будь то пластиковые пакеты и одноразовая посуда, битое стекло, устаревшие и вышедшие из строя вещи и бытовые приборы или отходы производства - все они требуют эффективной утилизации с целью минимизации вреда окружающей среде.

Одна из основных проблем отходов связана с образованием слишком большого их количества и недостатком производственных мощностей для их переработки. Большая часть этих отходов токсична. Эта токсичность обусловлена, как наличием вредных веществ в самих отходах, так и появлением вредных соединений в результате взаимодействия химических элементов на мусорных свалках, в частности образованием диоксина - чрезвычайно опасного вещества, оказывающего пагубное влияние как на биоценозы, так и на репродуктивные и имунные системы человека [8].

Опасность усугубляется тем, что такие вещества устойчивы и накапливаются как в организме человека, так и в биосфере планеты, включая воздух, воду, почву. В конструкциях, товарах, пище, а соответственно и в отходах, присутствует более 60 000 вредных и опасных химических веществ.

Примерно 40% отходов - это пластик широко используемый во всех сферах человеческой деятельности как для конечного производства, так и для хранения различного вида продуктов [9]. Количество таких отходов неуклонно растет, распадаясь в процессе деструкции на микрочастицы пластик наносит непоправимый вред фауне, поэтому проблема утилизации пластиковых отходов стоит особенно остро. Негативные изменения в природной среде принимают глобальный характер, обусловленный расположением и масштабами зон экологического загрязнения [10].

Разложение полимерных отходов в природной среде занимает очень длительное время. Основной механизм разрушения полиолефинов (полиэтилена и полипропилена) в природе – окисление кислородом воздуха [11]. Установлено, что в зависимости от вида полиэтилена, цифры по срокам его деструкции достигают 400 лет.

Решение данного вопроса требует развития новых методов и технологий иногда основанных на вливаниях значительных капитальных вложений. Так называемые «зеленые» технологии утилизации, такие как плазменная газификация и пиролиз, не на 100% экологичны. Хотя сжигание отходов и происходит практически без кислорода все равно токсичные продукты горения выделяются в окружающую среду. Также, как и традиционные системы сжигания отходов, эти технологии сопровождаются выбросом токсичного пепла в атмосферу, который потенциально может нанести вред здоровью людей и окружающей среде.

Целью авторского исследования является обоснование и разработка эффективного и безопасного способа утилизации отходов.

Материалы и результаты исследования. Воздействие приоритетных факторов, формирующих окружающую среду и в конечном итоге состояние здоровья населения, определяет комплекс необходимых мер и действий по снижению влияния негативных факторов на здоровье населения и минимизации рисков [5]. Установлено, что широко используемые методы утилизации такие, как термические и захоронение, не обеспечивают достаточной экологической безопасности процесса. Таким образом, борьба с загрязнением окружающей среды отходами, как один из основных факторов, формирующих качественную составляющую экологической среды, является необходимым комплексом действий по управлению процессами утилизации от источника их происхождения до окончательного захоронения либо переработки. Проблеме утилизации отходов посвящено множество работ современных исследователей, но вопрос остается одним из самых актуальных и требующих эффективного решения [12-16].

Поскольку удаление отходов включает в себя множество процессов, таких как сбор, транспортировка, захоронение, переработка, очистка сточных вод и т.д. наиболее эффективным будет комплексный подход к решению данной проблемы (рис. 1). Естественнонаучный подход предполагает, что теоретически любое вещество возможно использовать в том или ином виде в качестве вторичного сырья, а при реализации основным ограничением становится затратная составляющая подхода [17].

Одним из таких подходов, является предлагаемый автором метод «капсулирования», предполагающий не только эффективную изоляцию отходов (в том числе опасных) но и использование трудноразлагаемых пластиковых отходов по вторичному циклу. Использование отходов позволяет решить комплекс экологических и технологических задач [18].

Суть метода состоит в том, что твердые отходы (мусор) после предварительной обработки помещаются в изготовленную из отсортированных пластиковых отходов капсулу и заливаются цементным раствором, после чего капсула герметизируется и размещается в форме для производства строительных блоков.

Герметичная пластиковая капсула обеспечивает эффективную утилизацию - изоляцию вредных веществ в течение продолжительного времени. Дополнительная бетонная оболочка защищает капсулу от механического повреждения и обеспечивает необхо-

димые технические параметры изделия [19].

Производственный процесс бетонных блоков, с внедряемыми в них капсулами, заполненными измельченными и подготовленными твердыми отходами, предполагает выделение четырех производственных линий: разделить на четыре линии:

- подготовки и сортировки и отходов;
- производства капсул из полимерных отходов;
- производства бетонной смеси;
- изготовления конечного продукта.

Готовые блоки могут быть использованы для строительства технических помещений различного назначения.

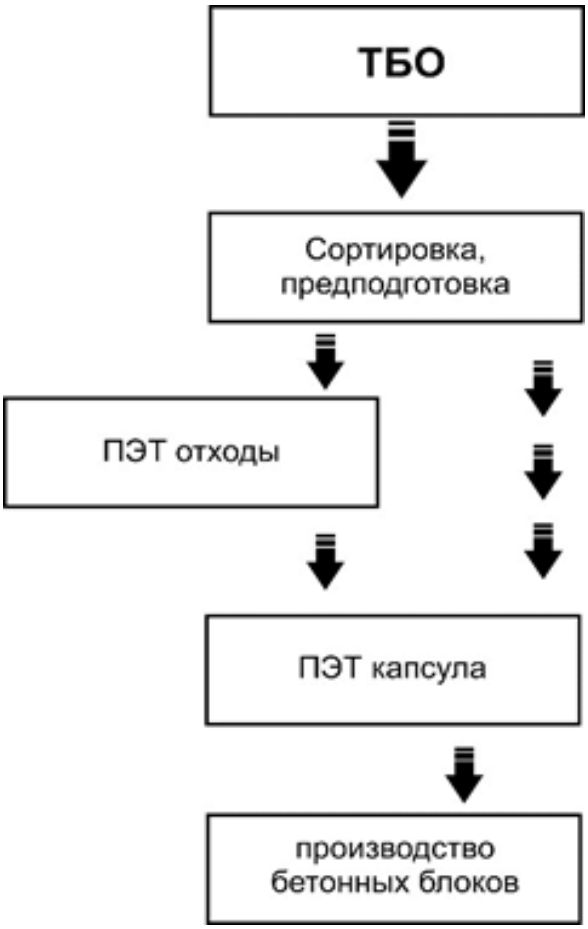


Рисунок 1 – Принципиальная схема утилизации отходов методом «капсулирования»

Для получения капсулы основным сырьем являются пластиковые отходы различного происхождения (одноразовая посуда, упаковочные пленки и изделия и т.д.). Процесс переработки заключается в очистке, измельчении, гранулировании отходов пластмасс и последующего их прохождения через экструзионные установки либо аппараты литья для превращения в емкости для процесса капсулирования. В данном случае основополагающим свойством рециклинга полимеров выступает их способность в процессе многократной переработки сохранять свои качества [20].

Предлагаемая технология утилизации обладает несомненными достоинствами такими как:

- полимерная капсула надежно изолирует от окружающей среды мусор, содержащий вредные вещества;
- заполнение капсулы, содержащей отходы, бетоном и монолитная бетонная оболочка формируют дополнительный барьер от контакта с окружающей средой;
- отходы при утилизации включается в производственный цикл в качестве вторичного сырья;
- капсулы, получаемые из ПЭТ отходов, являются вариантом решения проблемы защиты от загрязнения природной среды опасными продуктами разложения полимеров;
- затраты на производство оборудования и внедрение метода процесса утилизации не значительны;
- строительный материал, получаемый в процессе утилизации, может эффективно использоваться при строительстве технических сооружений.

Заключение. Применение нового способа утилизации отходов позволит эффективно и с минимальными капитальными вложениями не только решать проблему борьбы с отходами, но и использовать их в конечноп полезном продукте в виде строительного материала. Полимерная и бетонная оболочки позволяют надежно «законсервировать» вредные вещества, содержащиеся в отходах. Для полученных данным способом изделий возможна специальная маркировка, которая обеспечит безопасность их применения с возможностью в отдаленные периоды, при развитии технологий, дальнейшего полного обезвреживания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020)

2. Федеральный закон №52-ФЗ от 30 марта 1999 года № 52-ФЗ"О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения"

3. Федеральный закон N 89-ФЗ от 24.06.1998 "Об отходах производства и потребления"

4. Федеральный закон N 7-ФЗ от 10 января 2002 года «Об охране окружающей среды»

5. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской

Федерации в 2018 году». М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019. 844 с.

6. Государственная программа РФ «Охрана окружающей среды на 2012-2020 годы». - С. 8.

7. Новая система обращения с тко [Электронный ресурс] - Режим доступа: URL: https://tass.ru/info/6000776

8. Kazanfirst [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: https://kazanfirst.ru/articles/340178

9. Количество пластиковых отходов в мировом океане может удвоиться к 2030 году [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: https://tass.ru/ekologiya/6191250

10. Бельская, Е. Н. Методика расчета экологических рисков [Электронный ресурс] / Е. Н. Бельская, О. В. Бразговка, Е. В. Сугак // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - № 6. - Режим доступа: URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15755

11. Fanton E., Tidjani A., Arnaud R. Hydroperoxidation in the low-temperature thermooxidation of linear low density polyethylene. // Polymer. 1994. V.35.№2. P.433-434.

12. Баширов В.Д., Утилизация производственных отходов и твердых бытовых отходов / Баширов В.Д., Сагитов Р.Ф.// Ре-

естр новых научных направлений. Москва, - 2018. - С. 196.

13. Буравенская П.А., Рециклинг отходов как экономически выгодный способ утилизации твердых бытовых отходов / Буравенская П.А., Абдулина Е.Р.//Актуальные проблемы обеспечения безопасности в техносфере и защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. - 2017. С. 89-91.

14. Ремизова В.М., Утилизация промышленных отходов. Строительные материалы из отходов // Интеллектуальный потенциал в XXI веке: ступени познания. Строительство и архитектура* педагогика и психология* экономика и бухучет * информационные технологии * мировоззрение* естествознание. Сборник научных докладов № 17: Материалы XVII-ой ежегодной научно-практической конференции. - 2013. С. 25-27.

15. Бурков А.В., Отходы - в доходы, или как минимизировать затраты на утилизацию отходов предприятия / Твердые бытовые отходы. - 2006. № 5. - С. 8-10.

16. Игнатов В.И., Отраслевая системы утилизации отходов как эффективный инструмент механизма решения проблемы утилизации отходов / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2017. № 128. - С. 122-134

17. Алимкулов, С. О. Отходы - глобальная экологическая проблема. Современные методы утилизации отходов / С. О. Алимкулов, У. И. Алматова, И. Б. Эгамбердиев. -Текст : непосредственный // Молодой ученый. - 2014. - № 21 (80). - С. 66-70.

18. Демьянова, В. С. Экологические аспекты ресурсосбережения в сфере управления отходами / В. С. Демьянова, Г. Н. Казина, О. А. Чумакова // Современные наукоемкие технологии. - 2006. - № 5. - С. 28-31.

19. Горбунов, Г. И. Научные основы формирования структуры и свойств строительных материалов / Г. И. Горбунов, А. Д. Жуков - М. : НИУ МГСУ, 2016.

20. Луценко А.Н. Утилизация деревянных шпал//Железнодорожный транспорт. -2020. -№6. - С.62-63.

Статья поступила в редакцию 08.11.2020
Статья принята к публикации 11.12.2020