



XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего *плюс*

Основан в 2011 г.

18+

Том 7
№ 3 (43)
2018

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
Алехина Марина Анатольевна, доктор физико-математических наук, профессор
Ефремова Сания Юнусовна, доктор биологических наук, профессор
Политаева Наталья Анатольевна, доктор технических наук, профессор
Румянцев Константин Евгеньевич, доктор технических наук, профессор
Чулков Валерий Александрович, доктор технических наук, доцент

Редакционная коллегия:

Акинин Николай Иванович, доктор технических наук, профессор
Алексеев Геннадий Валентинович, доктор технических наук, профессор
Антипов Сергей Тихонович, доктор технических наук, профессор
Базарнова Юлия Генриховна, доктор технических наук, профессор
Богданов Андрей Владимирович, доктор технических наук, профессор
Бурхта Вера Алексеевна, доктор химических наук, профессор
Васенев Иван Иванович, доктор биологических наук, профессор
Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор
Громов Юрий Юрьевич, доктор технических наук, профессор
Квятковская Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор
Кемалов Берик Каирович – кандидат технических наук, PhD
Кручинина Наталия Евгеньевна, доктор технических наук, профессор
Лавендел Юрий Оскарович, Candidate of the Technical Sciences, LR Dr.sc.ing
Мамедова Тарана Аслан кызы, доктор технических наук
Маскевич Сергей Александрович, доктор физико-математических наук, профессор
Махмудова Любовь Ширваниевна, доктор технических наук, профессор
Михеев Михаил Юрьевич, доктор технических наук, профессор
Пашенко Дмитрий Владимирович, доктор технических наук
Первухина Елена Львовна, доктор технических наук, профессор
Петрова Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор
Прохоров Сергей Антонович, доктор технических наук, профессор
Рыбаков Анатолий Валерьевич, доктор технических наук, доцент
Рыжаков Виктор Васильевич, доктор технических наук, профессор
Стороженко Павел Аркадьевич, член-корреспондент Российской академии наук, доктор химических наук, профессор
сельскохозяйственных 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
Ципенко Антон Владимирович, доктор технических наук, профессор

Ответственный секретарь

Жарова Олеся Сергеевна, кандидат философских наук

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

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

Компьютерная верстка:
Н. В. Хлопцева

Технический редактор:
О. С. Жарова

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

Подписано в печать 22.06.2018.
Выход в свет 29.06.2018.
Формат 60X84 1/8
Печать ризография.
Усл. печ. л. 15,58.
Тираж 70 экз. Заказ № 1390.

© ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет, 2018

Типография «Копи-Ризо»,
440000, г. Пенза, ул. Каляева, 7 В.
Тел. (841-2) 56-25-09.
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, заведующий кафедрой «Пищевые производства» (Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия)

Алехина Марина Анатольевна, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Математика»

(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)

Политаева Наталья Анатольевна, доктор технических наук, профессор, профессор Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия)

Румянцев Константин Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационная безопасность телекоммуникационных систем»

(Инженерно-технологическая академия, Южный федеральный университет, г. Таганрог, Россия)

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

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

Редакционная коллегия:

Акинин Николай Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность»

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

Алексеев Геннадий Валентинович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Процессы и аппараты пищевых производств»

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

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, профессор, заведующий кафедрой «Переработка сельскохозяйственной продукции и безопасность жизнедеятельности»

(Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск, Россия)

Бурахта Вера Алексеевна, доктор химических наук, профессор, проректор по научной работе

(Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, г. Уральск, Республика Казахстан)

Васенев Иван Иванович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экологии»

(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)

Громов Юрий Юрьевич, доктор технических наук, профессор, декан факультета «Информационные технологии»

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

Квятковская Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор, директор института информационных технологий и коммуникаций

(Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия)

Кемалов Берик Каирович – кандидат технических наук, PhD, заместитель начальника департамента образования и науки министерства обороны

(Республика Казахстан, г. Астана)

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

Лавендел Юрий Оскарович, Candidate of the Technical Sciences, LR Dr.sc.ing, Professor of the Department of Software Engineering (Rīgas Tehniskā universitāte, Латвия)

Мамедова Тарана Аслан кызы, доктор технических наук, 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)

Пашенко Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Вычислительная техника» (Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия)

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

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

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

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

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

Стороженко Павел Аркадьевич, член-корреспондент Российской академии наук, доктор химических наук, профессор, 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 техноферная 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 технический университет, г. Калининград, Россия)

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

информатика, вычислительная техника и управление

ПРОГРАММА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕЧЕТКИХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ ОКРЕСТНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ С ПЕРЕМЕННЫМИ ОКРЕСТНОСТЯМИ	
Седых Ирина Александровна.....	8
ПОСТРОЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
Сейдаметова Зарема Сейдалиевна, Москалева Юлия Петровна, Темненко Валерий Анатольевич.....	13
ВЕРИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ВИРТУАЛИЗАЦИЕЙ ПОСРЕДСТВОМ ВИРТУАЛЬНОГО СЕРВЕРА С КОНФИГУРАЦИЕЙ, АНАЛОГИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ ЗАДАННОЙ МОДЕЛИ	
Мартышкин Алексей Иванович.....	18
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПУНКТОВ	
Котов Николай Александрович, [Погорелов Виктор Иванович].....	25
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ В ТЕОРЕТИКО-ИНФОРМАЦИОННОМ АНАЛИЗЕ ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ	
Стативко Роза Усмановна.....	31
МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ УЗЛОВ РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ	
Мартышкин Алексей Иванович, Мартенс-Атюшев Дмитрий Сергеевич.....	36
КИБЕРНЕТИЧЕСКАЯ ТРАКТОВКА УРАВНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ	
Еремин Илья Евгеньевич, Еремينا Виктория Владимировна, Подолько Евгения Александровна.....	41
ОЦЕНКА АЛЬТЕРНАТИВ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПЕРЕХОДА	
Шорникова Татьяна Александровна, Гусынина Юлия Сергеевна.....	46

технология продовольственных продуктов

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПШЕНИЧНОГО ПОЛУФАБРИКАТА С ДОБАВЛЕНИЕМ АМАРАНТОВОЙ МУКИ	
Шишкина Анастасия Николаевна, Садыгова Мадина Карипулловна, Белова Мария Владимировна, Ларин Юрий Николаевич, Асташов Александр Николаевич.....	49
ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ В ПИЩЕВОЙ ОТРАСЛИ	
Пастушкова Екатерина Владимировна, Чугунова Ольга Викторовна, Волков Алексей Юрьевич, Кругликов Николай Александрович.....	54
ОПТИМИЗАЦИЯ УГЛА НАКЛОНА ВИНТОВОЙ ЛИНИИ ПОСЛЕДНЕГО ВИТКА ШНЕКА ВОЛЧКА-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ	
Пеленко Валерий Викторович, Иваненко Владимир Павлович, Усманов Илхом Ибрагимович.....	58
ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЛИПИДОВ ПОЛУОБЕЗЖИРЕННОГО КУКУРУЗНОГО ЖМЫХА	
Нюдлеева Ирина Александровна, Красильников Валерий Николаевич, Чернова Елена Викторовна, Матвеева Юлия Аникториевна.....	65
БЕЗОПАСНОСТЬ И КАЧЕСТВО РЕГИОНАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ДЛЯ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ	
Садыгова Мадина Карипулловна, Башинская Оксана Сергеевна, Кондрашова Анжела Владимировна, Кузнецова Людмила Ивановна.....	70
БЕЗГЛУТЕНОВЫЕ ПОЛУФАБРИКАТЫ В ТЕСТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛУОБЕЗЖИРЕННОЙ ЛЬНЯНОЙ МУКИ	
Красильников Валерий Николаевич, Тырлова Ольга Юрьевна.....	75
АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ	
Арисов Александр Валерьевич, Гращенко Дмитрий Валерьевич, Чугунова Ольга Викторовна.....	80

МЯСНЫЕ ПОЛУФАБРИКАТЫ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ	
Асфондьярова Ирина Владимировна, Сагайдаковская Елизавета Сергеевна.....	87
ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ SOUS VIDE НА КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ КУЛИНАРНОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ ФИЛЕ ИНДЕЙКИ	
Ахмадова Кристина Кахримановна, Чернова Елена Викторовна, Фединишина Екатерина Юрьевна.....	93
ИССЛЕДОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ОБЛУЧЕННОЙ ОХЛАЖДЕННОЙ РЫБЫ	
Тимакова Роза Темерьяновна.....	99
МОДЕЛИРОВАНИЕ МОМЕНТА ЗАТЯЖКИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗАЖИМНОЙ ГАЙКИ ВОЛЧКА	
Пеленко Валерий Викторович, Иваненко Владимир Павлович, Усманов Илхом Ибрагимович.....	105
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МАРМЕЛАДА НА ОСНОВЕ НАТУРАЛЬНОГО СЫРЬЯ	
Фролова Нина Анатольевна.....	109
ПРОЦЕССЫ НЕФЕРМЕНТАТИВНОГО ОКРАШИВАНИЯ В ТРОЙНОЙ СИСТЕМЕ АСКОРБИНОВАЯ КИСЛОТА-УГЛЕВОД-АРИЛАМИН	
Черепанов Игорь Сергеевич.....	114
<i>безопасность деятельности человека</i>	
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ЛИНИЙ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ	
Козырев Артём Михайлович, Савошинский Олег Петрович, Бабилов Игорь Александрович, Аракчеев Александр Валерьевич, Андреев Андрей Викторович.....	118
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	
Панфилова Марина Ивановна, Зубрев Николай Иванович, Леонова Данута Амброжьевна, Леонов Иван Алексеевич, Коростелева Анна Владимировна.....	123
АНАЛИЗ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАДЁЖНОСТИ АВТОМОБИЛЯ	
Елисеев Дмитрий Васильевич, Лапин Павел Алексеевич, Копылов Сергей Александрович.....	127
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОЧИСТКЕ ЁМКОВ ОТ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ	
Новиков Василий Константинович, Фридман Александр Яковлевич, Новиков Сергей Васильевич, Николайкин Николай Иванович, Романова Мария Викторовна.....	131
СНИЖЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЫЛЕВОГО ФАКТОРА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ НА ТОННЕЛЬНЫХ РАБОЧИХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТРОПОЛИТЕНА	
Матвеева Тамара Владимировна, Зубрев Николай Иванович, Устинова Марина Владимировна, Сачкова Оксана Сергеевна, Новоселова Ольга Викторовна.....	137
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ МЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И КОРРОЗИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГАЗОВЫХ БАЛЛОНОВ	
Тразанов Александр Викторович, Таранцева Клара Рустемовна, Красная Елена Геннадьевна, Полянскова Екатерина Александровна.....	141
РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОЗДОРОВЕНИЮ УСЛОВИЙ ТРУДА ТОННЕЛЬНЫХ РАБОЧИХ	
Сачкова Оксана Сергеевна, Матвеева Тамара Владимировна, Зубрев Николай Иванович, Устинова Марина Владимировна, Кашинцева Валентина Львовна.....	145
ИНСТИТУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА-ЮГРЫ)	
Мартынова Дина Юрьевна, Исаков Алексей Константинович.....	150
КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ БЕМИТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	
Зубрев Николай Иванович, Панфилова Марина Ивановна, Ефремова Сания Юнусовна, Леонова Данута Амброжьевна, Леонов Иван Алексеевич.....	157
РАЗРАБОТКА ПОДХОДА К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО РИСКА	
Бызов Антон Прокопьевич, Фомин Александр Владимирович.....	161

CONTENT
Information Science, Computing Devices and Controlling

PROGRAM FOR MODELLING THE FUZZY HIERARCHICAL NEIGHBORHOOD MODELS WITH VARIABLE NEIGHBORHOODS	
Sedykh Irina Alexandrovna	8
CONSTRUCTING OF THE SOME INTEGER VALUED DYNAMICAL SYSTEMS	
Seidametova Zarema Seidalievna, Moskaleva Yulia Petrovna, Temnenko Valerii Anatolievich.....	13
VERIFICATION OF MATHEMATICAL MODELS OF COMPUTING SYSTEMS WITH VIRTUALIZATION BY A VIRTUAL SERVER WITH SIMILAR CONFIGURATION OF THE TITLE MODEL	
Martyshkin Alexey Ivanovich.....	18
THE USE OF THE DATABASE WHEN DESIGNING AN AUTOMATED SYSTEM FOR OBTAINING GEODETIC POINTS	
Kotov Nikolay Aleksandrovich, Pogorelov Victor Ivanovich.....	25
USE OF THE APPARATUS OF FUZZY SETS IN THE THEORETICAL AND INFORMATION ANALYSIS OF THE INTERNET PORTAL OF THE EDUCATIONAL ORGANIZATION	
Stativko Rosa Usmanovna.....	31
SIMULATION OF CONTROLLERS OF RECONFIGURATED COMPUTER SYSTEMS WITH HARDWARE	
Martyshkin Alexey Ivanovich, Martens-Atyshev Dmitrii Sergeevich.....	36
CYBERNETIC TREATMENT OF THE COMPLEX DIELECTRIC CONSTANT EQUATION	
Eremin Ilya Evgenievich, Eremina Victoria Vladimirovna, Podolko Eugenia Aleksandrovna.....	41
ESTIMATION OF ALTERNATIVES AT PERIODIC CHANGES OF TRANSITION PROBABILITIES	
Shornikova Tatyana Aleksandrovna, Gusynina Yulia Sergeevna.....	46

Food Technology

BIOTECHNOLOGICAL PROPERTIES OF WHEAT SEMI-FRENCH FRUIT WITH APPARATUS OF AMARANTHUM FLOUR	
Shishkina Anastasia Nikolaevna, Sadigova Madina Karipullova, Belova Maria Vladimirovna, Larin Yuri Nikolaevich, Astashov Alexander Nikolayevich.....	49
EXPERIENCE OF HIGH PRESSURE PROCESSING IN THE FOOD INDUSTRY	
Pastushkova Ekaterina Vladimirovna, Chugunova Olga Viktorovna, Volkov Alexey Yurievich, Kruglikov Nikolay Alexandrovich.....	54
OPTIMIZATION OF THE ANGLE OF INCLINATION OF THE HELIX OF THE SCREW THE LATEST ROUND OF TOP-CHOPPER	
PelenkoValery Victorovich, Ivanenko Vladimir Pavlovich, Usmanov Ilkhom Ibragimovich	58
FATTY ACID COMPOSITION OF THE LIPIDS OF HALF-DEFATTED CORN CAKE	
Nyudleeva Irina Aleksandrovna, Krasil'nikov Valerii Nikolaevich, Chernova Elena Viktorovna, Matveeva Yuliya Aniktorievna	65
SAFETY AND QUALITY OF REGIONAL RAW MATERIAL FOR MANUFACTURE OF FOOD FOR HEALTHY FOOD	
Sadigova Madina Karipullova, Bashinskaya Oksana Sergeevna, Kondrashova Angela Vladimirovna, Kuznetsova Lyudmila Ivanovna.....	70
GLUTEN-FREE SEMIFINISHED ITEMS IN THE TESTWITH THE USE OF SEMI-LIQUE LINEN FLOUR	
Krasilnikov Valery Nikolayevich, Tyrlova Olga Yuryevna.....	75
ANALYSIS OF THE ORGANIZATION OF NUTRITION OF CHILDREN IN RUSSIA AND ABROAD	
Arisov Aleksandr Valeryevich, Grashchenkov Dmitry Valerievich, Chugunova Olga Viktorovna.....	80
MEAT SEMI-FINISHED PRODUCTS OF HIGH NUTRITIONAL AND BIOLOGICAL VALUE	
Asfondyarova Irina Vladimirovna, Sagaidakovskaia Elizaveta Sergeevna	87
THE INFLUENCE OF SOUS VIDE TECHNOLOGY ON QUALITY AND SAFETY OF CULINARY	

PRODUCTS FROM TURKEY FILLET	
Akhmadova Kristina Kakhriyanovna, Chernova Elena Viktorovna, Fedinshina Ekaterina Yuryevna	93
THE AMINO ACID COMPOSITION OF IRRADIATED CHILLED FISH	
Timakova Roza Temer'janovna.....	99
MODELING OF TORQUE FOR CENTRAL LOCKING NUTS OF THE TOP	
Pelenko, Valery Victorovich, Ivanenko Vladimir Pavlovich, Usmanov Ilkhom Ibragimovich.....	105
DEVELOPMENT OF MARMALADE TECHNOLOGY BASED ON NATURAL RAW MATERIALS	
Frolova Nina Anatolievna	109
NONENZYMATIC BROWNING IN TRIPLE ASCORBIC ACID – CARBOHYDRATE – ARYL AMINE SYSTEM	
Cherepanov Igor Sergeevich	114
<i>Human Activity Safety</i>	
INSTRUMENTAL CONTROL OF REPORTING LINES FOR PUBLIC ADDRESS AND GENERAL ALARM SYSTEM	
Kozyrev Artem Mikhailovich, Savoshinsky Oleg Petrovich, Babikov Igor Alexandrovich, Aracheev Alexander Valerievich, Andreev Andrey Viktorovich,.....	118
USE OF BY-PRODUCTS OF HYDROGEN PRODUCTION TECHNOLOGY FOR ENSURING SECURITY OF CONSTRUCTIONS IN CONSTRUCTION	
Panfilova Marina Ivanovna, Zubrev Nikolai Ivanovich, Leonova Danuta Ambrozhiyevna, Leonov Ivan Alekseevich, Korosteleva Anna Vladimirovna.....	123
ANALYSIS OF CAUSALITY TO ASSESS THE RELIABILITY OF THE CAR	
Eliseev Dmitry Vasilyevich, Lapin Pavel Alekseevich, Kopylov Sergey Aleksandrovich.....	127
ECOLOGICAL SAFETY ENSURING WHEN OIL AND OIL PRODUCTS TANKS CLEANING	
Novikov Vasily Konstantinovich, Fridman Alexander Yakovlevich, Novikov Sergey Vasilyevich, Nikolaykin Nikolay Ivanovich, Romanova Maria Viktorovna.....	131
REDUCING THE IMPACT OF DUST FACTOR WORKING ENVIRONMENT FOR TUNNEL WORKERS IN THE SUBWAY CONSTRUCTION	
Matveeva Tamara Vladimirovna, Zubrev Nikolay Ivanovich, Ustinova Marina Vladimirovna, Sachkova Oksana Sergeevna, Novoselova Olga Viktorovna.....	137
INVESTIGATION OF REGULARITIES AND CRITERIA FOR EVALUATING THE DESTRUCTION OF MATERIAL FROM THE ACTION OF MECHANICAL LOADS AND CORROSION TO PROVIDE THE SAFETY OF GAS CYLINDERS	
Trazanov Alexander Viktorovich, Tarantseva Klara Rustemovna, Krasnaya Elena Gennadievna, Polyanskova Ekaterina Aleksandrovna.....	141
DEVELOPMENT OF MEASURES FOR IMPROVING THE WORKING CONDITIONS OF TUNNEL WORK	
Sachkova Oksana Sergeevna, Matveeva Tamara Vladimirovna, Zubrev Nikolay Ivanovich, Ustinova Marina Vladimirovna, Kashintseva Valentina Lvovna.....	145
INSTITUTIONALIZATION OF LABOUR PROTECTION SYSTEM AT THE REGIONAL ENTERPRISES (AT THE EXAMPLE OF KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS OKRUG – UGRA)	
Martynova Dina Yurievna, Isakov Alexey Konstantinovich.....	150
COMPOSITES BASED ON BOEHMITE TO ENHANCE INTEGRATED SAFETY IN CONSTRUCTION	
Zubrev Nikolai Ivanovich, Panfilova Marina Ivanovna, Efremova Sania Junusovna, Leonova Danuta Ambrozhiyevna, Leonov Ivan Alekseevich.....	157
DEVELOP AN APPROACH TO THE DETERMINATION OF THE COMPLEX INDEX OF INDIVIDUAL RISK	
Byzov Anton Prokopyevich, Fomin Aleksandr Vladimirovich.....	161

УДК 519.71

ПРОГРАММА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕЧЕТКИХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ ОКРЕСТНОСТНЫХ
МОДЕЛЕЙ С ПЕРЕМЕННЫМИ ОКРЕСТНОСТЯМИ

© 2018

Седых Ирина Александровна, кандидат физико-математических наук, доцент,
доцент кафедры «Высшая математика»

Липецкий государственный технический университет

(398055, Россия, Липецк, улица Московская, 30 e-mail: sedykh-irina@yandex.ru)

Аннотация. В процессе функционирования сложных пространственно-распределенных динамических систем могут изменяться связи между узлами системы, поэтому актуальна разработка математических моделей, позволяющих моделировать и исследовать поведение таких систем. В работе приведено определение нечеткой иерархической динамической окрестностной модели «вход-состояние» с переменными окрестностями, отличающейся от рассмотренных ранее окрестностных моделей совмещением нечеткой двухуровневой структуры с переменными окрестностями. Структура модели является динамической и состоит в каждый момент времени функционирования системы из узлов первого уровня и активного слоя, включающего часть связей между ними по состояниям и управляющим воздействиям, а также нечеткие иерархические окрестностные связи между узлами первого и второго уровня. Для моделирования и исследования процесса функционирования рассматриваемых окрестностных моделей была разработана программа на языке C++, которая позволяет проводить параметрическую и структурную идентификацию модели, а также получать прогнозные состояния системы в каждый момент ее функционирования. Рассмотрен пример моделирования нечеткой иерархической динамической окрестностной модели с использованием программы. Показаны результаты идентификации в виде средних квадратических и относительных ошибок для каждой переменной окрестности. Приведены результаты функционирования модели в течение трех шагов и проведено сравнение модельных предсказанных состояний узлов с тестовыми значениями, а также результатов функционирования рассмотренной нечеткой иерархической динамической окрестностной модели с неиерархической моделью.

Ключевые слова: сложные пространственно-распределенные системы, динамическая окрестностная модель, нечеткая иерархическая структура, переменные окрестности, программа, моделирование, структурная и параметрическая идентификация, функционирование, ошибка прогноза.

PROGRAM FOR MODELLING THE FUZZY HIERARCHICAL NEIGHBORHOOD MODELS
WITH VARIABLE NEIGHBORHOODS

© 2018

Sedykh Irina Alexandrovna, PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, associate Professor
of the Department «Higher Mathematics»

Lipetsk State Technical University

(398055, Russia, Lipetsk, Moskovskaya Street, 30, e-mail: sedykh-irina@yandex.ru)

Abstract. In the process of functioning of complex spatially-distributed dynamical systems, the connections between the nodes of the system can change, so the development of mathematical models that allow to model and study the behavior of such systems is relevant. In this paper, we define the fuzzy hierarchical dynamic neighborhood model "input-state" with variable neighborhoods, which differs from the previously considered neighborhood models by combining a fuzzy two-level structure with variable neighborhoods. The structure of the model is dynamic and consists in each moment of the system's functioning from the nodes of the first level and the active layer, which includes part of the connections between them over states and control actions, as well as fuzzy hierarchical neighborhood connections between the nodes of the first and second level. To simulate and study the process of functioning of the neighborhood models under consideration, a C ++ program was developed that allows for parametric and structural identification of the model, as well as obtaining the predicted state of the system at every moment of its functioning. An example of modeling a fuzzy hierarchical dynamic neighborhood model using a program is considered. The results of identification in the form of mean quadratic and relative errors for each neighborhood variable are shown. The results of the functioning of the model for three steps are given and the model predicted node states are compared with the test values, as well as the results of the functioning of the fuzzy hierarchical dynamic neighborhood model with the nonhierarchical model.

Keywords: complex spatially distributed systems, dynamic neighborhood model, fuzzy hierarchical structure, variable neighborhoods, program, modeling, structural and parametric identification, functioning, prediction error.

Окрестностный подход применяется для моделирования сложных пространственно-распределенных объектов и процессов [1-4]. Основные понятия окрестностных систем такие, как окрестностные связи узлов, параметрическая идентификация, смешанное управление введены и исследованы в [5-10]. В [11-15] рассмотрены динамические окрестностные системы, позволяющие моделировать и исследовать изменение

состояний системы во времени. В [16-17] дано определение и исследуется устойчивость линейных и нелинейных динамических окрестностных моделей. Дальнейшим развитием окрестностного подхода является введение иерархической структуры [18] и переменных окрестностей [19]. В [20] рассматриваются недетерминированные динамические окрестностные

модели с использованием агентов, перемещающихся по окрестностям и взаимодействующих друг с другом.

В работе рассмотрим нечеткие иерархические динамические окрестностные модели с переменными окрестностями, отличающиеся нечеткими иерархическими связями между узлами окрестностной модели и возможностью изменения структуры системы в процессе функционирования.

1. Нечеткие иерархические динамические окрестностные модели с переменными окрестностями

Нечеткая иерархическая динамическая окрестностная модель «вход-состояние» с переменными окрестностями задается набором

$$\tilde{NS}_{IER_VN} = (\tilde{N}, P, X, V, Z, G, X[0], t), \text{ где:}$$

1. $\tilde{N} = (A, \tilde{O})$ – двухуровневая нечеткая структура модели, где $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ – множество узлов первого уровня; $\tilde{O} = \{\tilde{O}^1, \dots, \tilde{O}^m\}$ – множество возможных комбинаций окрестностных связей между узлами первого уровня (множество слоев) окрестностной модели, а также нечетких иерархических связей между узлами первого и второго уровня.

Каждый слой \tilde{O}^p ($p = 1, \dots, m$) является набором $\tilde{O}^p = (O_x^p, O_v^p, \tilde{O}_{ier}^p)$, где O_x^p – окрестности узлов первого уровня по состояниям; O_v^p – окрестности узлов первого уровня по управляющим воздействиям; \tilde{O}_{ier}^p – нечеткие иерархические окрестностные связи между узлами первого и второго уровня.

Каждому узлу первого уровня $a_i \in A$ поставлено в соответствие нечеткое множество узлов второго уровня $\tilde{O}_{ier}^p[a_i] = \{a_i^1, \dots, a_i^c\}$, каждый из которых является окрестностной моделью. При этом $a_i^b \in \tilde{O}_{ier}^p[a_i]$, $b = 1, \dots, c$ с некоторой функцией принадлежности $W_i^{bp} : X_{O_x[a_i]} \times V_{O_v[a_i]} \rightarrow \mathbf{R}_{[0,1]}$.

Для всех узлов второго уровня a_i^b окрестности $O_x[a_i^b] = O_x[a_i]$; $O_v[a_i^b] = O_v[a_i]$.

Окрестностные связи между узлами системы состояниям и по управляющим воздействиям для каждого слоя можно задавать с помощью соответствующих матриц смежности S_x^p и S_v^p .

2. $P: T \rightarrow \{1, \dots, m\}$ – функция выбора активного слоя в каждый дискретный момент времени $t \in T = \{0, 1, \dots\}$. Слой O^p является активным в момент времени t , если для него $P[t] = p$. В каждый текущий момент времени активным может являться только один слой $O^{p[t]} = O^p$, где $\forall t p[t] \in \{1, 2, \dots, m\}$.

3. $X \in R^{\sum_{i=1}^n p_i}$ – блочный вектор состояний модели в текущий момент времени.

4. $V \in R^{\sum_{i=1}^n m_i}$ – блочный вектор управляющих воздействий в текущий момент времени.

5. $Z \in \mathbf{R}_+^{n \times n}$ – матрица временных задержек сигналов в узлах.

6. G – блочная вектор-функция пересчета состояний окрестностной модели, каждая p -ая координата которой $G^p : X_{O_x} \times V_{O_v} \rightarrow X$ – вектор-функция для слоя O^p ; X_{O_x} – множество состояний узлов первого уровня, входящих в окрестность O_x ; V_{O_v} – множество управлений узлов первого уровня, входящих в окрестность O_v .

Для каждого узла второго уровня $a_i \in A$ функция G_i^p будет иметь вид:

$$X[t+1, i] = G_i^p[t] = \frac{\sum_{b=1}^c W_i^{bp}[t] \cdot G_i^{bp}[t]}{\sum_{b=1}^c W_i^{bp}[t]}, \quad (1)$$

где $W_i^{bp}[t]$ – степень принадлежности узла второго уровня a_i^b узлу первого уровня a_i в момент времени t в слое O^p .

В линейном случае для каждого узла второго уровня $a_i^b \in \tilde{O}_{ier}^p[a_i]$ функция пересчета состояний G_i^{bp} имеет вид:

$$\begin{aligned} X[t+1, i^b] &= G_i^{bp}[t] = \\ &= g_c^p[i^b] + \sum_{a_j \in O_x[a_i^b]} g_x^p[i^b, j] X[t, j] + \sum_{a_k \in O_v[a_i^b]} g_v^p[i^b, k] V[t, k], \end{aligned}$$

где $a_j, a_k \in A$ ($j, k = 1, \dots, n$) – узлы первого уровня модели; $g_x^p[i^b, j] \in R^{p_i \times p_j}$, $g_v^p[i^b, k] \in R^{p_i \times m_k}$, $g_c^p[i^b] \in R^{p_i \times 1}$ – матрицы-параметры для слоя O^p .

7. $X[0]$ – начальное состояние модели.

8. t – текущий момент времени (такт) функционирования модели. Модель функционирует в дискретном времени с шагом $\Delta t = 1$.

Параметрическая идентификация [5, 11-14] нечеткой иерархической динамической окрестностной модели «вход-состояние» с переменными окрестностями заключается в параметрах функций пересчета состояний G_i^{bp} для всех узлов второго уровня a_i^b и всех слоев O^p ($i = 1, \dots, n; b = 1, \dots, c; p = 1, \dots, m$), структурная – в нахождении функций принадлежности W_i^{bp} .

Относительная ошибка идентификации модели вычисляется по формуле:

$$\delta = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{N p_i} \sum_{d=1}^N \sum_{j=1}^N \left| \frac{x_j[t, i, d] - \hat{x}_j[t, i, d]}{\max_j x_j[t, i, d] - \min_j x_j[t, i, d]} \right| \right) \cdot 100\%, \quad (2)$$

где N – объем выборки; $x_j[t, i, d]$ – d -ый элемент вектора состояний i -го узла j -ой строки данных в выборке; $\hat{x}_j[t, i, d]$ – d -ый элемент i -го узла j -ой строки данных вектора состояний, посчитанного по модели.

Средняя квадратическая ошибка идентификации вычисляется по формуле:

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{P_i} \sum_{d=1}^{P_i} \sum_{j=1}^N (x_j[t, i, d] - \hat{x}_j[t, i, d])^2 \right).$$

В каждый момент времени t функционирования окрестностной модели выбирается активный слой в зависимости от значения функции активации, а затем по функциям пересчета состояний G_i^p для этого слоя по формуле (1) находятся состояния узлов модели в следующий момент времени.

2. Описание программы

Для моделирования и исследования процесса функционирования нечетких иерархических динамических окрестностных моделей «вход-состояние» с переменными окрестностями была разработана программа на языке C++. Главное окно программы представлено на рисунке 1.

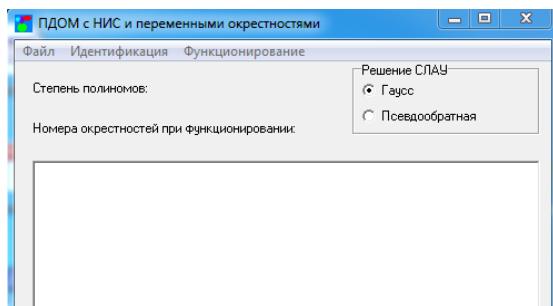


Рисунок 1 – Главное окно программы

Окрестностное моделирование начинается со структурной и параметрической идентификации, для выполнения которой сначала необходимо открыть файл с исходными данными. Для этого в пункте меню «Файл» нужно выбрать «Ввод из файла исходных данных для идентификации».

Исходными данными для идентификации являются: количество узлов первого уровня, количество переменных окрестностей; для каждой окрестности: объем обучающей выборки, количество узлов второго уровня, степень полиномов, значение критерия останова идентификации, матрицы смежности по состояниям и управляющим воздействиям, обучающая выборка данных.

Рассмотрим, например, окрестностную модель, состоящую из двух узлов первого уровня $A = \{a_1, a_2\}$ и трех переменных окрестностей $O = \{O^1, O^2, O^3\}$. Окрестностные связи между узлами зададим с помощью матриц смежности:

$$S_x^1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}; S_x^2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}; S_x^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}; S_v^1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$S_v^2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}; S_v^3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Пусть количество узлов второго уровня для каждого узла первого уровня a_i равно $c = 2$, функции пересчета состояний являются линейными.

Окно программы после выбора файла с исходными данными имеет вид, представленный на рисунке 2.

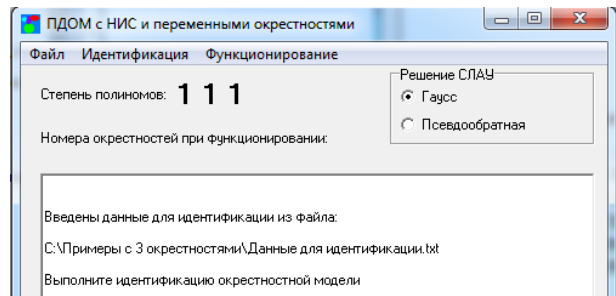


Рисунок 2 – Ввод данных для идентификации

Для выполнения структурной и параметрической идентификации необходимо в пункте меню «Идентификация» выбрать «Начать идентификацию». На рисунке 3 приведено окно программы после выполнения идентификации.

Результатами выполнения структурной идентификации для каждой переменной окрестности являются функции принадлежности узлов второго уровня каждому узлу первого уровня окрестностной модели. Результатами параметрической идентификации являются параметры функций пересчета состояний узлов окрестностной модели, абсолютная и относительная ошибки модели при идентификации для каждой переменной окрестности. Результаты структурной и параметрической идентификации сохраняются в отдельные файлы для каждой переменной окрестности, общее название которых задается пользователем.

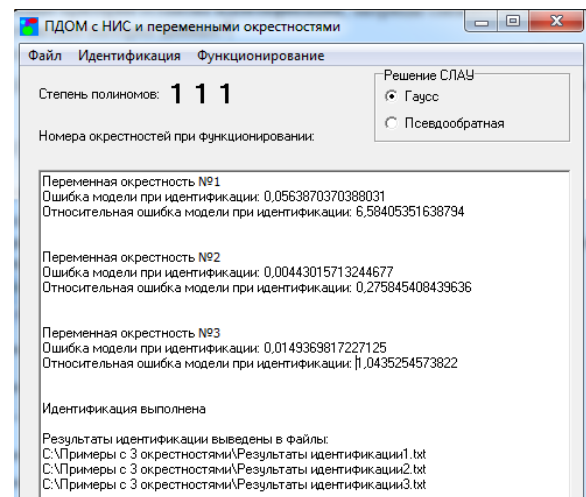


Рисунок 3 – Результаты идентификации

После идентификации возможно функционирование модели. Исходными данными для функционирования являются результаты идентификации, начальное состояние системы, число тактов функционирования, номера переменных окрестностей и управляющие воздействия на каждом такте. Результатом функционирования является предсказанное состояние системы на каждом такте.

Для задания условий функционирования модели необходимо открыть файл с исходными данными. Для этого в пункте меню «Файл» нужно выбрать «Ввод из файла данных для функционирования». Для запуска функционирования необходимо в пункте меню «Функционирование» выбрать «Выполнить функционирование». Результаты функционирования сохраняются в файл, заданный пользователем.

Рассмотрим три такта функционирования модели с последовательностью выбора переменных окрестностей: O^1 , O^3 , O^2 . На рисунке 4 приведено окно программы после запуска функционирования.

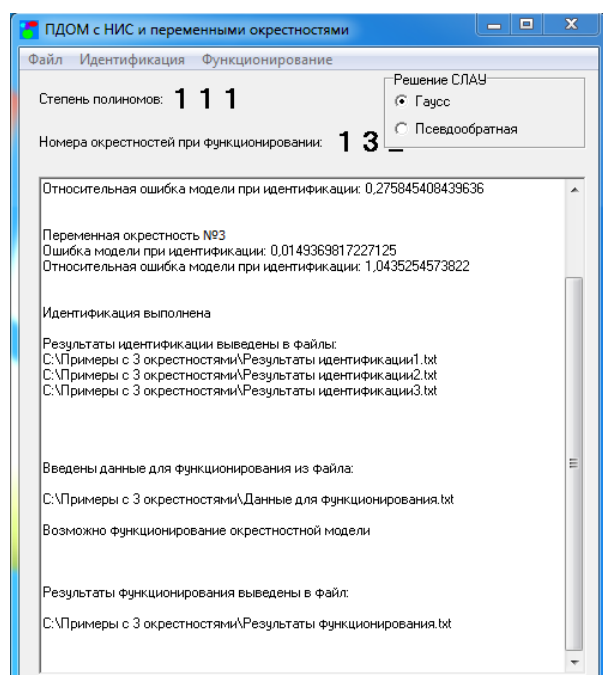


Рисунок 4 – Функционирование модели

На рисунке 5 приведены результаты функционирования модели в течение трех шагов и сравнение модельных предсказанных состояний узлов с тестовыми значениями.

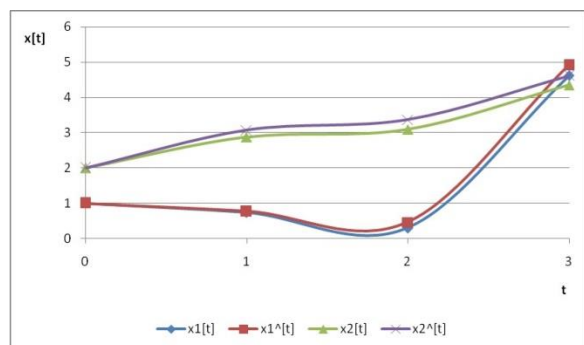


Рисунок 5 – Результаты функционирования

Относительная ошибка прогноза составляет $\delta = 7,19\%$. С использованием разработанной программы для сравнения с рассмотренной нечеткой иерархической моделью была также идентифицирована неиерархиче-

ская окрестностная модель с теми же параметрами и на тех же исходных данных, относительная ошибка прогноза которой составляет $\delta = 13,40\%$. Таким образом, введение иерархии и нечетких связей значительно снижает ошибку прогнозирования модели.

В работе рассмотрены нечеткие иерархические динамические окрестностные модели с переменными окрестностями. Приведены их основные понятия и правила функционирования. Описана программа, разработанная на языке программирования C++ для структурной и параметрической идентификации, а также моделирования процесса функционирования описанных окрестностных моделей. С использованием программы смоделировано функционирование иерархической и неиерархической окрестностных моделей с двумя узлами и тремя переменными окрестностями, показано преимущество введения иерархии и нечетких связей в окрестностные модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Шмырин А.М. Трилинейная окрестностная модель процесса формирования температуры смотки горячекатаной полосы / А.М. Шмырин, А.Г. Ярцев, В.В. Правильникова – Вестник ТГУ. Серия: Естественные и технические науки. – 2016. – Т. 21. Вып. 2. – С. 463–469.
2. Седых И.А. Математическое моделирование максимальной концентрации выбросов при производстве клинкера / И.А. Седых, А.М. Шмырин. – В.И. Вернадский: устойчивое развитие регионов. Материалы Международной научно-практической конференции. В 5 т. Т. 4. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – С. 127–131.
3. Седых И.А. Представление цементного производства иерархическими раскрашенными временными сетями Петри на основе окрестностных моделей / И.А. Седых, Е.С. Аникеев. – Вестник Липецкого государственного технического университета. – 2017. – №1 (31). – С. 19–24.
4. Шмырин А.М. Окрестностное моделирование процесса очистки сточных вод / А.М. Шмырин, И.А. Седых, А.М. Сметанникова, Е.Ю. Никифорова. – Вестник ТГУ. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2017. – Т. 22. Вып. 3. – С. 596–604.
5. Блюмин С.Л. Окрестностные системы / С.Л. Блюмин, А.М. Шмырин. – Липецк: ЛЭГИ, 2005. – 132 с.
6. Блюмин С.Л. Билинейные окрестностные системы / С.Л. Блюмин, А.М. Шмырин, О.А. Шмырина. – Липецк: ЛЭГИ, 2006. – 131 с.
7. Шмырин А.М. Классификация билинейных окрестностных моделей / А.М. Шмырин, И.А. Седых. – Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. – 2012. – Т. 17. Вып. 5. – С. 1366–1369.
8. Роевко С.С. Матрица структуры билинейной окрестностной системы / С.С. Роевко. – Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18. Вып. 5. – С. 2661–2662.
9. Ярцев А.Г. Исследование окрестностной модели объекта с учетом ограничений на коэффициенты и параметры / А.Г. Ярцев, А.М. Шмырин. – Материалы XII международной научно-практической конфе-

ренции «Современные сложные системы управления. – Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2017. – С. 199–202.

10. Шмырин А.М. Коррекция линейной окрестностной модели с учетом новых данных / А.М. Шмырин, Н.М. Мишачев, Е.П. Трофимов. – Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. – 2015. – Т. 20. Вып. 5. – С. 1544–1546.

11. Седых И.А. Параметрическая идентификация линейной динамической окрестностной модели / И.А. Седых. – Сборник статей Международной научно-практической конференции «Инновационная наука: прошлое, настоящее, будущее». – Уфа: АЭТЕРНА, 2016. – С. 12–19.

12. Седых И.А. Параметрическая идентификация окрестностной модели с помощью генетического алгоритма и псевдообращения модели / И.А. Седых, А.М. Сметанникова. – Интерактивная наука, 2017. – Т. 4. Вып. 14. – С. 113–116.

13. Седых И.А. Идентификация и управление динамическими окрестностными моделями / И.А. Седых. – Современные сложные системы управления (HTCS'2017): материалы XII международной научно-практической конференции, 25-27 октября 2017 г. В 2 ч. Ч. 1. – Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2017. – С. 138–142.

14. Седых И.А. Параметрическая идентификация дискретных динамических систем с временным лагом / И.А. Седых, Е.В. Соловьева. – Вестник Липецкого государственного технического университета. – 2017. – №3(33). – С. 26-30.

15. Shmyrin A. A Measure of the Non-Determinacy of a Dynamic Neighborhood Model / A. Shmyrin, I. Sedykh – Systems. – 2017. – 5(49).

16. Седых И.А. Проверка устойчивости линейных динамических окрестностных моделей процесса очистки сточных вод / И.А. Седых, А.М. Сметанникова – Материалы областного профильного семинара «Школа молодых ученых» по проблемам технических наук 17 ноября 2017 г. – Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2017. – С. 125–129.

17. Седых И.А. Проверка устойчивости квадратичной дискретной динамической окрестностной модели / И.А. Седых, А.М. Сметанникова – Инновационное развитие науки и образования: сборник статей Международной научно-практической конференции (15 февраля 2018 г., г. Пенза) В 2 ч. Ч.1. – Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2018. – С. 20–22.

18. Седых И.А. Окрестностное моделирование предела текучести стали после непрерывного отжига / И.А. Седых. – Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: Материалы IV Международной научно-практической конференции (15-17 ноября 2017 г.). В 3 т. Т. 1.– Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2017. – С. 378–383.

19. Седых И.А. Управление динамическими окрестностными моделями с переменными окрестностями / И.А. Седых. – Системы управления и информационные технологии. – 2018. – №1(71). – С. 18-23.

20. Shang Y. Multi-agent coordination in directed moving neighborhood random networks / Y. Shang – Chinese Physics B. – 2010. – Vol. 19, №. 7. – Article ID 070201.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №16-07-00-854 а).

Статья поступила в редакцию 20.04.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 004.62: 511.3

ПОСТРОЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

© 2018

Сейдаметова Зарема Сейдалиевна, доктор педагогических наук, профессор,
заведующая кафедрой прикладной информатики,
Крымский инженерно-педагогический университет
(295015, РК, Симферополь, переулок Учебный, 8, e-mail: z.seydametova@gmail.com)

Москалева Юлия Петровна, кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры прикладной информатики
Крымский инженерно-педагогический университет
(295015, РК, Симферополь, переулок Учебный, 8, e-mail: yulmosk@mail.ru)

Темненко Валерий Анатольевич, кандидат физико-математических наук, доцент
Крымский инженерно-педагогический университет
(295015, РК, Симферополь, переулок Учебный, 8, e-mail: valery.temnenko@gmail.com)

Аннотация. Предложены алгоритмы построения целочисленных динамических систем вида $a_{n+1} = \varphi(a_n)$. Рассмотрены некоторые свойства двух классов целочисленных динамических систем, определяемых рекуррентными соотношениями. В резидиум-системах $a_{n+1} = \text{Res}_p(F(a_n))$ используется операция вычисления остатка от деления целого на целое, а в FC-системах ($a_{n+1} = [F(a_n)]$) используется целочисленный оператор “пол/потолок”, действующий на вещественные функции целого аргумента. В качестве генератора резидиум-системы $F(a)$ выбраны степенная, показательная, факториальная функции, также рассмотрена резидиум-система с генератором C_n^m .

Целочисленные динамические системы, предложенные в статье, могут использоваться при построении качественных хеш-функций.

Ключевые слова: хеш-функции, целочисленные динамические системы, резидиум-системы, FC-системы, неподвижные точки, тривиализаторы.

CONSTRUCTING OF THE SOME INTEGER VALUED DYNAMICAL SYSTEMS

© 2018

Seidametova Zarema Seidaliyevna, doctor of pedagogical sciences, professor, head of applied informatics department
Crimean Engineering-Pedagogical University

(295015, RC, Simferopol, per. Uchebnii, 8, e-mail: z.seydametova@gmail.com)

Moskaleva Yulia Petrovna, candidate of physics and mathematics sciences, associate professor
of applied informatics department
Crimean Engineering-Pedagogical University

(295015, RC, Simferopol, per. Uchebnii, 8, e-mail: yulmosk@mail.ru)

Temnenko Valerii Anatolievich, candidate of physics and mathematics sciences, associate professor
Crimean Engineering-Pedagogical University
(295015, RC, Simferopol, per. Uchebnii, 8, e-mail: valery.temnenko@gmail.com)

Abstract. Algorithms of construction of the integer valued dynamical systems as $a_{n+1} = \varphi(a_n)$ are presented in the paper. We considered some properties of two classes of integer valued dynamical systems defined by recurrence relations. In residium systems as $a_{n+1} = \text{Res}_p(F(a_n))$ we use the operation that calculate the remainder of dividing an integer number by another integer number, and in FC-systems ($a_{n+1} = [F(a_n)]$) we use the integer floor/ceiling operator which concerns the real function of the integer argument. As a generator of the residium system $F(a)$ was selected power, exponential and factorial functions. Residium system with the generator C_n^m was also considered.

The integer valued dynamical systems proposed in the article can be used in the construction of the hash functions..

Keywords: hash function, integer dynamical systems, residium-systems, FC-systems, stationary points, trivializers

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами.

Хеширование и хеш-таблицы являются эффективными технологиями, реализующими динамические множества со словарными операциями. Одна из методик – это хеширование с помощью хеш-функций. Имеются различные варианты построения качественных хеш-функций. Нами предложены некоторые целочисленные динамические системы, которые могут быть использованы при построении хеш-функций.

В работах [1], [2] были предложены алгоритмы построения идеальных хеш-функций, использующие определенные целочисленные динамические системы.

Изучение целочисленных динамических систем вида

$$a_{n+1} = \varphi(a_n), \quad (1)$$

где $\varphi(a_n)$ – целочисленная функция целочисленного аргумента a_n , позволяет сформулировать новый взгляд на некоторые проблемы теории чисел.

Утверждения о некоторых свойствах конечных или бесконечных множеств целых чисел – такие, например, как малая теорема Ферма – могут быть переформулированы в виде утверждений о свойствах динамической системы (1).

Целочисленные динамические системы (1), как и их аналоги с непрерывным аргументом a , могут иметь неподвижные точки или неподвижные цепочки из l элементов ($l > 1$). Но, естественно, для целочисленных систем отсутствует проблема “устойчивости в малом” для неподвижных точек или l -цепочек.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых рассматривались аспекты этой проблемы и на которых обосновывается автор; выделение неразрешенных ранее частей общей проблемы. В монографии В. Ликарины и его соавторов [3] представлен новый взгляд на прикладные приложения динамических систем в естественных и социальных науках. Авторы работ [4–6] приводят различные методы построения динамических систем, а также проводят их анализ.

Одним из приложений динамических систем является использование при построении хеш-функций. Хеш-функции являются одними из наиболее широко используемых структур данных в информатике. Изучению этой проблемы, а также построению современных теорий хеш-функций уделяется внимание в статьях многих ученых. В частности, авторы статьи [7] Ч. Абдаллах, Б. Смес и Дж. Хейлеман вводят экспоненциальную хеш-функцию, которая основана на динамической системе. В статьях [8 – 10] предложены методы хеширования и хеш-функции, использующие хаотические итерации, а также различные дискретные динамические системы. В статьях [11 – 15] описаны разные аспекты приложения хеш-функций, которые могут быть использованы для индексации больших данных, оптимизации производительности алгоритмов, генерации идеальной функции хеширования.

Формирование целей статьи (постановка задания). В статье рассматриваются два класса целочисленных динамических систем (или \mathbf{Z} -систем): резидиум-системы и \mathbf{FC} -системы. В резидиум-системах используется операция вычисления остатка от деления целого числа на целое. В \mathbf{FC} -системах используется целочисленный оператор пол/потолок [16, с.88;17].

Резидиум-системы. Пусть $F(a)$ – натуральнозначная функция натурального аргумента a , удовлетворяющая условию монотонного роста:

$$F(a+1) > F(a).$$

Пусть целочисленный оператор $\text{Res}_p(\)$ означает остаток от деления аргумента оператора на простое число p (p – основание резидиума).

Назовём резидиум-системой целочисленную динамическую систему вида

$$a_{n+1} = \text{Res}_p(F(a_n)) \quad (2)$$

с начальным условием $a_1 = \overline{1, p-1}$. Функцию $F(a)$ назовем генератором резидиум-системы.

Не изменяя резидиум-систему, к ее генератору можно добавить произвольное число слагаемых вида $p^k \varphi_k(a)$, где k – натуральное число, а $\varphi_k(a)$ – натуральнозначная функция аргумента a . Назовем эту операцию полиномиальным расширением (или P -расширением) генератора, а инвариантность резидиум-системы относительно P -расширения – P -инвариантностью.

В результате действия резидиум-машины (2) каждое начальное условие превращается в некоторую цепочку чисел \mathbf{C} длины l , $1 \leq l < p$, а всё множество начальных условий в некоторое множество цепочек c_i , $1 \leq i \leq \nu < p$. Это множество обозначим символом $\mathbf{P}_p\{F(a)\}$.

Для заданного генератора $F(a)$ интерес представляют свойства этих цепочек в зависимости от основания резидиума p – например, число цепочек ν и максимальная длина цепочки l_{\max} .

Некоторые цепочки или неподвижные точки могут появляться в системе (2) с заданным генератором $F(a)$ при любых основаниях p . Назовем эти цепочки тривиальными.

Если для некоторого $p = T$ иных цепочек или неподвижных точек в системе (2) нет, то такое число T назовем *тривиализатором* генератора F .

Если в цепочках, порожденных динамической системой (2) при некотором основании $p = C$, присутствуют все целые числа из интервала начальных условий, то такое число C назовем *консерватором* генератора F . Консерваторы и тривиализаторы образуют некоторые подмножества простых чисел.

Степенной генератор. Пусть

$$F(a) = a^s, \quad (3)$$

s – целое число, $s \geq 2$. Очевидно, что $a = 1$ – тривиальная неподвижная точка степенного генератора (3) для любых s и p . При нечетных s тривиальной неподвижной точкой является также число $a = p - 1$. Для четных s чисел-консерваторов не существует, но есть “полуконсерваторы”, сохраняющие в цепочках половину начальных условий.

Для квадратичной резидиум-системы ($s = 2$, $F = a^2$) непосредственные вычисления показывают, что тривиализаторами являются числа

$$T\{a^2\} = 5, 17, 257, 65537, \dots,$$

что позволяет сформулировать следующее утверждение (F_2 -теорема):

Тривиализаторами квадратичной резидиум-системы являются простые числа Ферма f_k :

$$f_k = 2^{2^k} + 1.$$

Для кубической резидиум-системы $F = a^3$ тривиализаторами являются числа

$$T\{a^3\} = 7, 19, 163, 487, 1459, \dots,$$

т.е. простые числа вида $p = 2 \cdot 3^k + 1$. Справедлива следующая теорема:

Теорема 1. Простое число p является тривиализатором степенной резидиум-системы степени s тогда и только тогда, когда существуют такие целые t и k , что $p = 2 \cdot \frac{s^k}{t} + 1$.

При $s=2$ целые числа t могут принимать только значения степеней двойки. Поэтому тривиализаторы T^{a^2} имеют вид $p = 2^k + 1$. Известно, что такие числа могут быть простыми только, если $k = 2^n$, т.е. тривиализаторами квадратичной резидиум-системы действительно являются числа Ферма.

Самостоятельным объектом изучения является зависимость максимальной длины нетривиальной цепочки l_m от основания резидиума p . Эту зависимость мы назвали “город небоскребов” (см. рисунок 1 для квадратичного резидиума). Самые высокие “здания” в этом “городе небоскребов”, возвышающиеся над соседними, имеют высоту

$$l_{m,k} = \frac{p_k - 3}{2},$$

где $p_1 = 7, p_2 = 11, p_3 = 23, p_4 = 59, p_5 = 107, \dots$ – однако нам неизвестна общая формула для чисел p_k (эти числа являются “полуконсерваторами” для квадратичного резидиума).

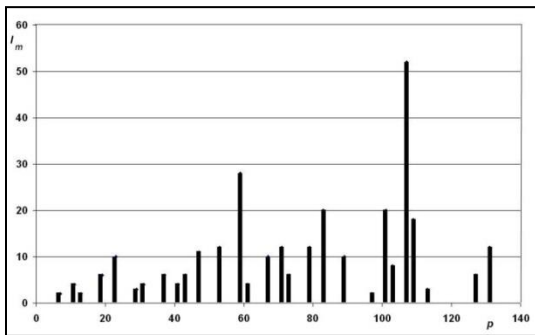


Рисунок 1 – “Город небоскребов”: зависимость максимальной длины l_m от основания резидиума p для квадратичной резидиум-системы

Назовем резидиум-систему *совершенной*, если она задает тождественное преобразование при любом основании p :

$$a = \text{Res}_p F(a); \forall p, 1 \leq a \leq p-1.$$

Система Ферма, т.е. симметричная степенная система, в которой показатель степени s совпадает с основанием резидиума p , является совершенной: любое начальное условие является неподвижной точкой:

$$\text{Res}_p a^p = a \quad 1 \leq a \leq p-1.$$

Это утверждение, очевидно, всего лишь переформулировка малой теоремы Ферма [7, с.49] на языке динамических резидиум-систем.

Показательная резидиум-система. Пусть $F(a) = m^a$: m -целое число, $2 \leq m \leq p-1$ и

$$a_{n+1} = \text{Res}_p m^{a_n}, \quad (1 \leq a_1 \leq p-1). \quad (4)$$

Эта двухпараметрическая резидиум-система порождает нетривиальную проблему неподвижных точек: для заданной пары (m, p) найти все числа $a = a(m, p)$, являющиеся неподвижными точками отображения (4). Легко решается обратная задача: для заданной пары (a, m) указать все основания резидиума p , при которых точка a является неподвижной точкой (4.1). Эти числа p являются простыми делителями функции $P(m, a)$:

$$P(m, a) = m^a - a,$$

удовлетворяющими условию $p > \max(m, a)$.

Эти числа p показаны в таблице 1 для небольших a и m .

Таблица 1 – Основания резидиума p , при которых точка a является неподвижной точкой показательной резидиум-системы с заданным m

$a \backslash m$	2	3	4	5	6
2	–	7	7	23	17
3	5	–	61	61	71
4	–	–	7	23	17; 19
5	–	7; 17	1091	13	19; 409
6	29	241	409	15619	311

Для динамической резидиум-системы с генератором $F = a^a$:

$$a_{n+1} = \text{Res}_p a_n^{a_n}, \quad 1 \leq a_1 \leq p-1, \quad (5)$$

кроме тривиальной неподвижной точки $a=1$ могут существовать и другие неподвижные точки. Легко решается обратная задача о неподвижных точках системы (5).

Для заданного числа a указать такие p , при которых a – неподвижная точка системы (5). Эти числа p являются простыми делителями числа $P(a)$:

$$P(a) = a^{a-1} - 1.$$

Эти числа показаны в таблице 2 для небольших a .

Таблица 2 – Основания резидиума p , при которых точка a является неподвижной точкой резидиум-системы с генератором a^a

a	2	3	4	5	6	7	8	9
p	–	–	7	13	311	19; 43	127; 337	17; 41; 193

Факториальные резидиум-системы. Пусть $F(a) = a!$ и

$$a_{n+1} = \text{Res}_p (a_n)!, \quad 1 \leq a_1 \leq p-1. \quad (6)$$

Факториальная система (5.1) имеет тривиальные неподвижные точки $a=1, a=2$ (при $p \geq 3$) и $a=p-1$ (теорема Вильсона) (см., например, [21, с. 53; 18, 19, 20]). Тривиализаторами факториальной системы (6) являются

числа $T = 5, 7, 11, 19, \dots$ (общее выражение для чисел T нам неизвестно).

Результатом работы факториальной машины (6) являются цепочки чисел. Например, система цепочек для $p = 13$ имеет следующий вид:

$$P_{13}(a!) = 1_6 2_1 12_1 \parallel (3, 6, 5)_4.$$

В этой записи индекс означает кратность цепочки. Слева от двойной черты указаны тривиальные 1-цепочки факториальной машины, справа – одна нетривиальная цепочка длины $l = 3$ и кратности, равной 4.

Как и для степенной резидиум-машины, для факториальной машины можно изучать структуру “города небоскребов”, т.е. зависимость l_m от p .

Как и в рассмотренных выше ситуациях, легко решается обратная задача о неподвижных точках факториальной резидиум-машины: найти все основания резидиума p , при которых заданное число a является нетривиальной неподвижной точкой системы (6). Эти числа p – простые делители числа $P(a)$:

$$P(a) = (a-1)! - 1,$$

удовлетворяющее условию $p > a + 1$.

Квадратично-факториальная резидиум-система

$$a_{n+1} = \text{Res}_p (a_n !)^2, \quad 1 \leq a_1 \leq p-1. \quad (7)$$

имеет только одну тривиальную неподвижную точку $a = 1$.

Тривиализаторами системы (7) являются числа $T_k = 3, 5, 23, \dots$. Структура множества тривиализаторов $T_k \{ (a!)^2 \}$ нам неизвестна.

Для дважды факториальной системы с генератором $F(a) = a !!$:

$$a_{n+1} = \text{Res}_p a_n !! \quad (8)$$

тривиальными неподвижными точками являются точки $a = 1, 2$ и 3 ($p > 3$).

Тривиализаторами (8) являются числа $T_k : T_k \{ a !! \} = 5, 11, 17, \dots$

Структура множества $T_k \{ a !! \}$ нам неизвестна.

Резидиум-системы с генератором C_n^m . Пусть генератором резидиум-системы является число C_l^m , а:

$$F(a) = C_{l(a)}^{m(a)}. \quad (9)$$

Среди резидиум-систем вида (9) простейшими являются такие, в которых индексы m и l линейно зависят от a . Во множестве таких систем содержится одна совершенная система вида:

$$a_{n+1} = \text{Res}_p C_{a+p}^{a_n-1}. \quad (10)$$

Теорема 2. Система (10) является совершенной, т.е. для любого простого p и $a = \overline{1, p-1}$

$$a = \text{Res}_p C_{a+p}^{a-1}.$$

На основании этой теоремы можно доказать теоремы о “сверхтривиальности” резидиум-системы вида

$$a_{n+1} = \text{Res}_p C_{a_n+p}^{a_n}.$$

Теорема 3. Для резидиум-системы (6.2) любое простое число p является тривиализатором

$$\text{Res}_p C_{a+p}^a = 1, \quad p - \text{простое число}, \quad a = \overline{1, p-1}.$$

FC-системы. Можно рассмотреть более широкий класс генераторов целочисленных динамических систем, допустив немонотонные функции $F(a)$, принимающие нецелые значения F при целых значениях аргумента a , если снабдить генератор FC -оператором “пол/потолок”:

$$[F] = \begin{cases} \lfloor F \rfloor, & F \geq 0; \\ \lceil F \rceil, & F < 0. \end{cases}$$

Динамическая система FC -типа задается выражением

$$a_{n+1} = [F(a_n)] \quad (11)$$

Если функция $F(a)$ определена на всем множестве целых чисел \mathbf{Z} , то и начальные условия для (11) принадлежат \mathbf{Z} . При некоторых видах генераторов $F(a)$ динамическая система может породить сколь угодно длинные цепочки чисел. Могут существовать также неподвижные l -цепочки (периодические решения).

Например, тангенсная FC -система:

$$a_{n+1} = [\text{tg } a_n]$$

имеет неподвижные точки $0, 1, -1$ и неподвижную пару $(2; -2)$.

FC -система

$$a_{n+1} = [a_n \text{ tg } a_n] \quad (12)$$

имеет неподвижные точки $0, 1$ и 4 , неподвижную пару $(21; -32)$ и неподвижную пятерку $(36, 279, -191, -141, -54)$. К сожалению, мы не можем предложить сегодня никакого метода анализа FC -систем, подобных системе (12), кроме прямых вычислений для произвольных начальных условий.

Выводы исследования и перспективы дальнейших изысканий данного направления. Основным результатом данной статьи является введение двух типов целочисленных динамических систем – резидиум-системы и FC -системы, которые, возможно, заслуживают дальнейшего численного и аналитического изучения.

Для резидиум-систем с заданным генератором естественными являются задачи поиска неподвижных точек, тривиализаторов и консерваторов, а также задача изучения структуры “города небоскребов”, т.е. зависимости максимальной длины неподвижной цепочки l_m от основания резидиума p .

Для FC -систем с нецелочисленными немонотонными генераторами $F(a)$ интересна проблема существования генераторов, порождающих бесконечнодлинные цепочки. Такие генераторы, если они существуют, были бы полезны в криптографических приложениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Gettys T. Generating Perfect Hash Functions / February 01, 2001 [e-resource]. – URL: <https://goo.gl/UfVHrj>
2. Schnell I. Algorithm for Perfect Hash Generator [e-resource]. – URL: <https://goo.gl/CJWlto>

3. Lucarini V. Extremes and recurrence in dynamical systems / V. Lucarini, D. Faranda, M. Holland. – John Wiley & Sons, 2016. – 312 p.
4. Giunti M., Mazzola C. Dynamical systems on monoids: Toward a general theory of deterministic systems and motion // *Methods, models, simulations and approaches towards a general theory of change.* – Singapore: World Scientific, 2012. – P. 173–185.
5. Chothi V, Everest G, Ward T. S-integer dynamical systems: periodic points. *Journal für die Reine und Angewandte Mathematik.* № 489, 1997. – P. 99–132.
6. Steinfeldt B.A., Braun R.D. Using dynamical systems concepts in multidisciplinary design // *AIAA journal*, №52(6), 2014. – P.1265–1279.
7. Abdallah Ch. T. An exponential open hashing function based on dynamical system theory / Ch. T. Abdallah, B.J. Smith, G.L. Heileman // UNM digital repository, 2012 [e-resource]. – URL: digitalrepository.unm.edu/ece_fsp/114.
8. Luo W. Hashing via finite field / W. Luo // *Information Sciences: an International Journal*, v.176 n.17, 2006. – p.2553–2566.
9. Bahi J.M. Hash functions using chaotic iterations / J.M. Bahi, Ch. Gueyux // arXiv: 1702.02489v1 [cs.CR], 8 Feb., 2017. – 15 p.
10. San-Um W. A robust hash function using cross-coupled chaotic maps with absolute-valued sinusoidal nonlinearity / W. San-Um, W. Srichavengsup // *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 7, # 1, 2016. – p. 602–611.
11. Wang J., Liu W., Kumar S., Chang S.F. Learning to hash for indexing big data – a survey // *Proceedings of the IEEE*, №104(1), 2016. – P.34–57.
12. Wang J., Zhang T., Sebe N., Shen H.T. A survey on learning to hash // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, №40(4), 2018. – P.769–790.
13. Andoni A., Laarhoven T., Razenshteyn I., Waingarten E. Optimal hashing-based time-space trade-offs for approximate near neighbors // *Proceedings of the Twenty-Eighth Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms*, 2017. Society for Industrial and Applied Mathematics. – P. 47–66.
14. Schmidt D.C. Gperf: A perfect hash function generator // *More C++ gems*, vol. 17. Cambridge University Press, 2000. – P.461–491.
15. Shen F., Shen C., Liu W., Shen H. T. Supervised Discrete Hashing // *Proc. IEEE Conf. Comp. Vis. Patt. Recogn.*, 2015. – P. 37–45.
16. Грэхем Р., Кнут Д., Паташник О. Конкретная математика. Основания информатики: Пер. с англ. – М.: Мир, 1998. – 703 с.
17. Kreyszig E. *Advanced Engineering Mathematics* [10th Edition]. – John Wiley & Sons, 2011. –1280 p.
18. Katok A., Hasselblatt B. *Introduction to the Modern Theory of Dynamical Systems.* – Cambridge University Press, 1996. – 824 p.
19. *The Princeton Companion to Applied Mathematics* / N.J. Higham (Editor), M.R. Dennis (Editor), P. Glendinning (Editor), P. A. Martin (Editor), F. Santosa (Editor), J. Tanner (Editor). – Princeton University Press, 2015. – 1016 p.
20. Meyers R. A. *Mathematics of Complexity and Dynamical Systems.* – Springer, 2011. – 1858 p.
21. Айерлэнд К., Роузен М. Классическое введение в современную теорию чисел: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 416 с.

Статья поступила в редакцию 24.05.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 519.872

**ВЕРИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
С ВИРТУАЛИЗАЦИЕЙ ПОСРЕДСТВОМ ВИРТУАЛЬНОГО СЕРВЕРА С КОНФИГУРАЦИЕЙ,
АНАЛОГИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ ЗАДАННОЙ МОДЕЛИ**

© 2018

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

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

Аннотация. В статье рассматривается процесс верификации математических моделей вычислительных систем с виртуализацией посредством виртуального сервера с конфигурацией, аналогичной конфигурации заданной модели. Виртуализация возможна на нескольких уровнях: на аппаратно-микропрограммном и на программном (уровне операционной системы). Целью статьи является проведение процедуры верификации моделей вычислительных систем с виртуализацией посредством виртуального сервера и разработка методики создания моделей адаптивных вычислительных систем на базе технологии виртуализации. Объектом разработки и исследования данной статьи является процедура верификации математических моделей вычислительных систем с виртуализацией экспериментальным путем с помощью создания виртуального сервера на хост-платформе и мониторинг его характеристик под нагрузкой. В статье рассматривается вариант естественной виртуализации, поскольку средства виртуализации на уровне ОС, сами потребляют от 10 до 30% процессорной мощности, в то время, как в серверах с естественной виртуализацией эти средства реализованы на микропрограммном уровне или в виде отдельных аппаратных компонент, что гораздо эффективнее. В заключении сделаны соответствующие выводы по работе. Достоверность полученных результатов подтверждается экспериментальными исследованиями. Полученные практические результаты могут использоваться как гибкий инструмент для изучения свойств виртуализации при построении структур вычислительных систем. Также могут применяться компаниям малого и среднего бизнеса которые заинтересованные в определении необходимой оптимальной конфигурации серверов для организации своей IT-инфраструктуры, как, например, для тестирования и разработки, работы в удаленных офисах и т.п., поскольку аренда виртуальных серверов будет гораздо дешевле их покупки.

Ключевые слова: математическое моделирование, вычислительная система, виртуализация ресурсов, адаптивная модель, виртуальный сервер, естественная виртуализация, вычислительный процесс, время реакции системы, процессор, ресурс, эффективность, верификация.

**VERIFICATION OF MATHEMATICAL MODELS OF COMPUTING SYSTEMS WITH VIRTUALIZATION
BY A VIRTUAL SERVER WITH SIMILAR CONFIGURATION OF THE TITLE MODEL**

© 2018

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

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

Abstract. The article discusses the process of verification of mathematical models of computing systems with virtualization through a virtual server with a configuration similar to the configuration of a given model. Virtualization is possible on several levels: hardware-firmware and software (operating system level). The goal of the article is to carry out the procedure of verification of models of computing systems with virtualization through a virtual server and development of methods for creating models of adaptive computing systems based on virtualization technology. The object of research and development of this article is the procedure of verification of mathematical models of computing systems with virtualization experimentally by creating a virtual server on the host platform and monitoring its characteristics under load. The article discusses the option of natural virtualization, since virtualization tools at the OS level, themselves consume 10 to 30% of the processor power, and while in servers with natural virtualization, and these tools are implemented at the firmware level or in the form of separate hardware components, which is much more efficient. Finally, conclusions have been made. The reliability of the obtained results is confirmed by experimental studies. The obtained practical results can be used as a flexible tool to study the properties of virtualization in the construction of computer structures, and can also be used by small and medium-sized businesses that are interested in determining the necessary optimal server configuration for the organization of its IT infrastructure, such as testing and development, work in remote offices, etc., because renting virtual servers will be much cheaper than buying them.

Keywords: mathematical modeling, computer system, resource virtualization, adaptive model, virtual server, virtualization, natural computing process, the system response time, processor, resource, efficiency, verification.

Введение

Инфраструктура хранения и обработки данных является одной из важнейших и перспективных составляющих корпоративных IT-систем, эффективная работа которой является основой успешной деятельности

в условиях динамичного рынка и конкуренции, поэтому сегодня к вычислительным системам (ВС) и системам хранения предъявляются высокие требования: адаптируемость к быстро меняющимся условиям и задачам; гарантия заданного уровня производительности

приложений; обеспечение требуемого уровня масштабируемости, причем наращивание ресурсов должно происходить без остановки сервисов и с минимумом простоев, вызванных сбоями или необходимостью профилактики; простота эксплуатации и обслуживания. Сегодня самым эффективным путем удовлетворения таким требованиям является использование ВС с виртуализацией, поскольку эта технология на уровне операционной системы (ОС) сама по себе использует до 20% мощности процессора (ЦП) сервера, а целью работы является описание процесса создания моделей эффективных ВС, поэтому в качестве основы для разработки моделей выбрана технология естественной виртуализации, механизмы которой реализованы на программном или аппаратном уровне, что гораздо эффективнее. Исходя из этого, сегодня актуальны следующие задачи: создание моделей ВС с виртуализацией; анализ возможностей реализации и применения моделей на практике, как например, использование виртуальных серверов в тестировании и разработке программного обеспечения (ПО), для организации работы в удаленных офисах, а также для сдачи в аренду в качестве базы для аутсорсинга вычислительных мощностей и др.

Теоретическая часть

Настоящая статья в целом носит исследовательский характер. В ходе изучения предметной области была проанализирована литература [1 – 5] и [6 – 10, 21, 22] с целью поиска незатронутых и нерешенных проблем (например, процесс верификации моделей систем с виртуализацией при помощи виртуального сервера с конфигурацией, аналогичной конфигурации заданной модели). Ряд вопросов, связанных с возможностью создания математических моделей вычислительных систем с виртуализацией и их верификации, не нашел должного отражения в публикациях, однако частично проблемные вопросы были рассмотрены в [11 – 14].

Цель настоящей статьи: на основании анализа существующих вычислительных систем с естественной виртуализацией получить описание возможностей применения моделей и их реализаций – виртуальных серверов, а также получить результаты процедуры верификации моделей вычислительных систем с виртуализацией посредством виртуального сервера, характеристики и модели которого рассмотрены в [15] и разработка методики создания моделей адаптивных ВС на базе технологии виртуализации. Данный вопрос сегодня является актуальным ввиду глобальной информатизации и практически повсеместном оперировании колоссальными объемами разнотипных данных, а также использовании виртуальных серверов.

Для достижения поставленной цели в статье решаются задачи: верификация моделей ВС с виртуализацией с помощью виртуального сервера, разработка методики построения моделей адаптивных систем и их оценка. Методы исследования, применяемые в работе, базируются на экспериментальной верификации моделей.

Под виртуализацией понимают разнообразные методы, служащие для абстрагирования от различных физических вычислительных ресурсов (ВР). Средствами виртуализации можно один физический ресурс представлять в форме множества раздельных логически

независимых ресурсов (логических серверов) с целью изоляции приложений друг от друга и, наоборот можно объединять множество отдельных физических ресурсов в рамках гетерогенной структуры (серверов, накопителей) в единый логический ресурс.

Верификация моделей

Вообще, верификация означает подтверждение того, что описание модели вычислительной системы (ВС) полностью соответствует техническому заданию или исследуемой системе.

Чтобы проверить, что экспериментальная система работает как планировалось, нужно следить за реакцией системы на входное воздействие и сравнивать результат с полученным в ходе моделирования или с результатом, получаемым на другой модели [16]. Очевидно, что верификация моделей является очень важным процессом и может быть выполнена несколькими способами:

- 1) эксперимент;
- 2) если были разработаны аналитические модели, то можно использовать имитационные модели и наоборот;
- 3) построить аналогичную модель с помощью третьего метода и сравнить результаты.

Принимая во внимание, что в работах [12 – 14] описаны модели ВС с виртуализацией, наиболее рациональным способом будет создать виртуальные сервера и измерить их динамические характеристики, другими словами – провести вычислительный эксперимент. Для выполнения верификации использовался виртуальный сервер, краткие характеристики которого представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Краткие характеристики виртуального сервера, применяемого для верификации моделей

Наименование ресурса	Количество и характеристики
Процессор	Два виртуальных процессора Power 5, 1,6 ГГц (выделяется до 1 физического процессора); а также вариант с 2 выделенными процессорами.
КЭШ	L1 – Комбинированный: инструкции 64Кб и данные 32Кб, L2 - 1,9Мб, L3 – 36Мб
Память	2Гб (Диапазон: 1-4Гб)
Диск	20 Гб, подключен через сервер виртуального ввода/вывода, виртуальный SCSI адаптер.
Сеть	100Мбит/с или 1 Гбит/с, также виртуальный Ethernet адаптер, через сервер виртуального ввода/вывода.
ОС	AIX 6.1, 64bit

Причем каждый виртуальный процессор работает в режиме с включенным SMT – то есть, представляет собой два логических процессора. На рисунке 1 показано изображение, полученное с консоли управления аппаратурой (HMC – Hardware Management Console), подключенной к физическому серверу (System P), на котором в свою очередь находится виртуальный сервер.

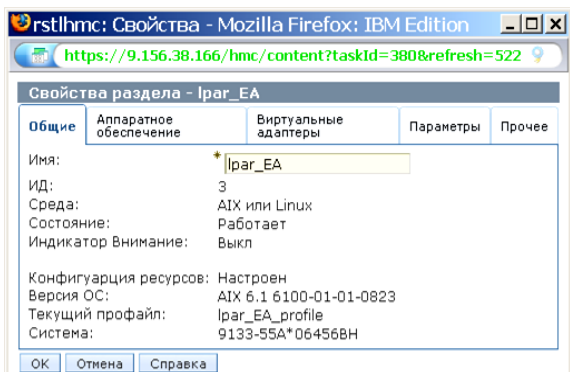


Рисунок 1 – Общие свойства раздела

Для измерения показателей функционирования виртуального сервера применялась утилита Nmon [17], которая собирает статистику о работе виртуального сервера и записывает ее в файл, после чего эта статистика может быть преобразована в удобную форму в виде графиков, либо в окне консоли в символьном виде.

Для преобразования собранной статистики в удобную форму использовалась программа Nmonanalyser [18]. Для генерации нагрузки на сервере, то есть имитации выполнения заявок по аналогии с моделями, применялась утилита Stress [19], написанная на языке С. Утилита была расширена для генерации нагрузки не по заданному времени, а по заданному числу простейших циклов (декремент счетчика и вычисление функции \sqrt{x} () вместо таймаута), т. о. реализована поддержка выполнения «заявок», имеющих определенную трудоемкость, на основе которой можно связать результаты расчетов моделей и результаты верификации, а также сделать выводы о разнице в производительности. Кроме того, данная программа использует механизм дочерних процессов, иными словами достаточно хорошо распараллелена.

Непосредственно сам эксперимент состоит из 2 частей: мониторинг виртуального сервера с выделенной процессорной мощностью и виртуального сервера с выделенным процессором, с применением утилиты генерации нагрузки и с условием динамической реконфигурации (изменения параметров) сервера в зависимости от загрузки. Следует отметить и принять во внимание при верификации тот факт, что в любой операционной системе (ОС) помимо рабочей нагрузки всегда выполняются различные системные процессы, которые в свою очередь загружают процессор(ы) в среднем не более чем на 5-10 %, что сопоставимо с погрешностью расчетов моделей, тем самым будет являться погрешностью верификации, что является приемлемым значением при инженерных исследованиях. Данный вывод подтверждается проведенным анализом загрузки виртуального сервера в режиме простоя, т.е. когда работает только ОС, на основе собранной статистики программой Nmon (рисунок 2).

Этапы эксперимента

1) Запуск Nmon в режиме сбора статистики с записью в файл с интервалом в 1 секунду до окончания выполнения утилиты Stress.

2) Запуск утилиты Stress с заданной трудоемкостью, т.е. числом заявок.

3) Сбор статистики о загрузке виртуального сервера и его отдельных подсистем в статичном режиме, т.е. когда конфигурация остается неизменной.

4) Сбор статистики о загрузке виртуального сервера и его отдельных подсистем в динамическом режиме.

5) Обработка собранной статистики с помощью программы Nmonanalyser.

6) Аппроксимация результатов и сравнение с результатами расчета заданных моделей.

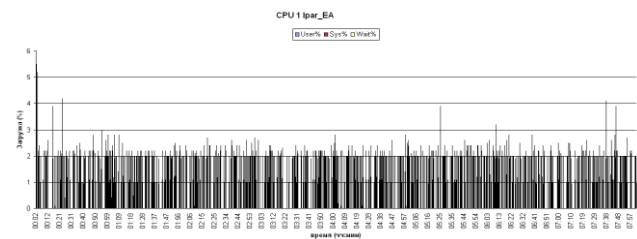


Рисунок 2 – Загрузка системы в режиме простоя

Возьмем в качестве заявки объем работы в 10000000 циклов обычного счетчика. Вначале были получены данные о времени обработки заявок в статическом режиме работы, т.е. когда конфигурация виртуального сервера оставалась неизменной, а менялось только число обрабатываемых заявок, график приведен на рисунке 3.

Утилита Stress имела следующие параметры:

- `cpu 2` – два потока создают интенсивную нагрузку на процессор, вычисляя функцию \sqrt{x} () от случайного числа;
- `io 2` – два потока создают интенсивную нагрузку на систему ввода-вывода, а именно буферы;
- `hdd 1` – `hdd-bytes 256M` – 1 поток интенсивно выполняет запись на диск блоками по 256Мб;
- `vm 2` – `vm-bytes 32M` – 2 потока активно используют оперативную память блоками по 32Мб
- `loops` – число циклов счетчика или число заявок от 0,5 до 16.

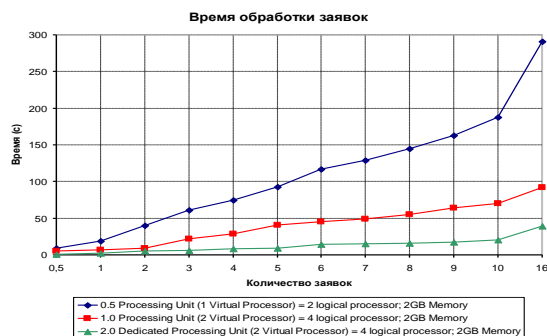


Рисунок 3– Время обработки заявок

Собрана информация с 3 конфигураций виртуального сервера отличающихся только выделенной процессорной мощностью (объем оперативной памяти (ОП) = 2 Гб):

- 1) 0,5 процессорных единиц (1 виртуальный процессор = 2 логических процессора);
- 2) 1 процессорная единица (2 виртуальных процессора = 4 логических процессора);
- 3) 2 выделенных процессорных блока (2 виртуальных процессора = 4 логических процессора).

В ходе многократных измерений была выявлена тенденция к уменьшению времени обработки с увеличением количества итераций теста, что вполне объяснимо увеличением процента попадания в КЭШ-память практически до 100%.

Каждый поток с нагрузкой на процессор обрабатывается на отдельном виртуальном процессоре, что наглядно демонстрирует эффективность использования механизма потоков в программных системах. Например, если потоков всего два, то 2 из 4 виртуальных процессора простаивают, и в этом случае, виртуализация позволяет гибко адаптироваться к нагрузке. Аналогичное свойство адаптивности было продемонстрировано на разработанных в [12 – 14] моделях.

Максимальный результат по скорости обработки заявок достигается, когда число виртуальных процессоров равняется числу потоков в программе. Средняя скорость обработки заявок соответственно по трем конфигурациям равняется: 0,053, 0,141 и 0,483 (заявок/сек).

Сравнение результатов показывает схожее поведение модели и реальной системы (рисунок 4). Далее представлены результаты мониторинга виртуального сервера, полученные с помощью утилит Nmon и Nmonanalyzer, с активированным PLM (Partition load manager – менеджер загрузки партиций) и заданной политикой управления ресурсами. В пакетном задании содержалось 20 заявок. Пакет запускался на обработку дважды. На графиках видна «ступенчатость» динамического наращивания ресурсов, в частности ЦП (рисунок 5) и ОП (рисунок 6).

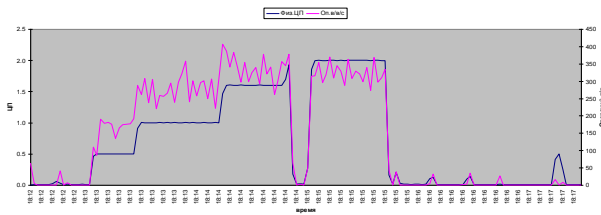


Рисунок 4 – Суммарная статистика по виртуальному серверу

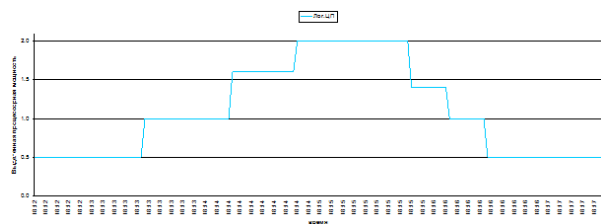


Рисунок 5 – Динамика логических ЦП

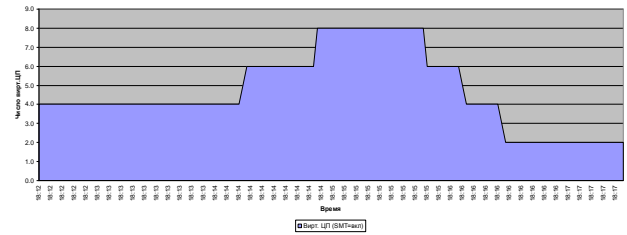


Рисунок 6 – Динамика виртуальных ЦП

График использования (загрузки) ЦП зависит от того насколько хорошо программа распараллелена, как используемая тестовая утилита Stress. Если аппроксимировать приведенный выше график, то очевидно, что ЦП загружаются полностью практически с момента поступления первой заявки, что дает возможность использовать ЦП максимально эффективно, с учетом многопоточности заявки. Далее представлена статистика динамики загрузки по всем ЦП (рисунок 7).

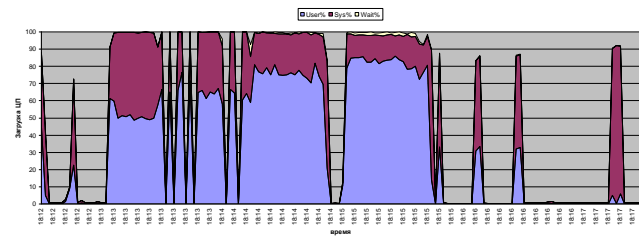


Рисунок 7 – Динамика загрузки всех ЦП

На графиках начиная с 18:15 обрабатывается второй пакет заявок, причем заметно, что время его обработки меньше по причине доступности максимального количества процессорной мощности на момент начала обработки и эффективного кэширования, в отличие от первого пакета, в процессе обработки которого сервер постепенно адаптировался к поступающей нагрузке. На примере ЦП7 и ЦП8, видно, что при увеличении числа процессоров свыше числа потоков в тестовой программе-заявке «лишние» ЦП простаивают.

Таким образом, проведенная верификация с использованием виртуального сервера с конфигурацией аналогичной конфигурации заданной модели [12 – 14], показала сходство в динамике работы сервера и результатов моделирования, как по характеристикам загрузки, так и использования ресурсов, а также наглядно продемонстрировала эффект адаптивности к нагрузке, что в свою очередь свидетельствует о корректности использования разработанных и описанных в [12 – 14] моделей для исследования ВС с виртуализацией. При этом есть и некоторые отличия, объясняющиеся различием в распределении входного потока, т.е. заявок на входе в модель или пакета задач в реальной системе.

Методика построения моделей адаптивных систем и их оценка

Как уже упоминалось ранее в [5], ускорение, получаемое при использовании параллельного алгоритма для p процессоров, по сравнению с последовательным

вариантом выполнения вычислений, решения задачи на P ЦП в P раз быстрее, чем на одном ЦП, или/и увеличение объема обрабатываемых данных в P раз, практически никогда не достигается, по причине, не оптимизированных алгоритмов исполняемых программ, а именно большой доле непараллельного кода в программе. Учитывая то, что в основном все современные, грамотно написанные программные системы, рассчитанные на большую нагрузку, используют механизмы распараллеливания, что в объединении с возможностями виртуализации в области динамического выделения процессорной мощности и оперативной памяти, позволяет максимально эффективно использовать аппаратные средства.

Исходя из вышеупомянутого, значительную роль играет построение эффективной модели структуры ВС с использованием виртуализации, максимально отвечающей потребностям приложения, которое будет выполняться на будущем виртуальном сервере на основе построенной модели.

С другой стороны, за счет свойств адаптивности к нагрузке ВС с виртуализацией, самым простым подходом может быть задание минимальной конфигурации системы, и в процессе обработки пакетов заданий ВС сама сформирует оптимальную конфигурацию в процессе адаптации к поступающей нагрузке. Кроме того, можно поместить каждое приложение на отдельном виртуальном сервере со своей ОС, что позволит изолировать процессы как в плане безопасности, так и в плане устойчивости к сбоям.

Определим некоторые основные критерии построения моделей эффективных вычислительных систем с виртуализацией:

1) адекватное задание исходных данных для модели с учетом параметров будущей аппаратной хост-платформы, поскольку точность входных параметров напрямую влияет на точность полученных результатов моделирования.

2) гибкость задания свойств адаптивности модели к нагрузке, за счет множества критериев и условий срабатывания триггеров адаптивности.

3) оптимизация в процессе моделирования по стоимости с учетом требований исследователя.

4) оптимизация в процессе моделирования по уровню или скорости обслуживания заявок с учетом требований исследователя, с помощью подбора минимального времени обработки заявки или минимального набора ресурсов и т.п.

5) подразумевается, что задачи рабочей нагрузки будут оптимизированы с точки зрения использования многопоточности.

Мощные, а главное эффективные ВС и средства визуализации значительно сокращают время обработки, анализа и прогнозирования поставленных задач, таких как: электронный документооборот; обработка транзакций в режиме реального времени; создание хранилищ данных для организации систем поддержки принятия решений; расчет моделей климата и глобальных изменений в атмосфере; и многие другие.

Но быстрые процессоры сами по себе еще не решают поставленных задач на должном уровне. Архитектура должна быть сбалансированной так, чтобы реализовать всю мощность, на которую способны современные процессоры. Эффективные вычислительные платформы должны обеспечить сбалансированную производительность по многим направлениям, включающим доступ к памяти, работу системного коммутатора, ввод-вывод, работу графического ускорителя, операции в сети и вычисления в ЦП.

По мере того как растут требования, к производительности и масштабируемости, обычные рабочие станции даже с несколькими процессорами, становятся все более дорогими и непрактичными. Поэтому выгоднее применять виртуальные сервера с естественной виртуализацией, поскольку сами средства виртуализации на уровне ОС также потребляют от 10 до 30% мощности ЦП, в то время как, в серверах с естественной виртуализацией эти средства реализованы на микропрограммном уровне или в виде отдельных аппаратных компонент, что гораздо эффективнее.

Эффективность многопроцессорных вычислений возрастает за счет выполнения заданий в параллельном режиме: ускоряется обработка запросов к базам данных, обеспечивается эффективный доступ к удаленным файловым системам, увеличивается скорость выполнения ресурсоемких приложений, требующих интенсивных вычислений. В самом деле, архитектура POWER обеспечивает такую гибкость, что по мере необходимости можно просто добавить новые виртуальные ЦП или активировать предустановленные в ситуациях с пиковой нагрузкой. Кроме того, ОС и сопутствующие программные средства и технологии поддерживают и активно используют аппаратные преимущества платформ.

Таким образом, на основе представленных критериев методика построения моделей адаптивных систем включает в себя следующие пункты: 1) построение модели в программной системе (например в [20]); 2) расчет и анализ результатов; 3) определение значимых критериев как по стоимости, так и по желаемому уровню качества и скорости обработки заданий; 4) оптимизация по принятым на предыдущем этапе критериям в режиме варьирования параметров модели; 5) сравнительный анализ с первоначальным вариантом, корректировка при необходимости; 6) создание виртуального сервера, для верификации модели экспериментальным образом, поскольку именно так можно получить наиболее достоверные данные; 7) определение политики управления ресурсами для виртуального сервера, с указанием пула свободных ресурсов или группы виртуальных серверов-доноров; 8) конфигурирование и запуск задач на сервере; 9) мониторинг; 10) корректировка начального профиля виртуального сервера после анализа работы менеджера управления ресурсами с целью наиболее точного и окончательного подбора конфигурации виртуального сервера.

Выводы

В работе была проведена верификация математических моделей вычислительных систем с виртуализацией посредством виртуального сервера с конфигурацией, аналогичной конфигурации заданной модели.

Сравнение результатов эксперимента верификации и расчетных исследований позволяет сказать, что заданная модель и ее реализация в виде виртуального сервера имеют одинаковые показатели динамики работы, что доказывает достоверность полученных в [12 – 14] моделей.

Различие результатов расчета и эксперимента объясняется сложностями в реализации на практике входного потока заявок, генерируемого в модели и который в свою очередь достаточно абстрактен в сравнении с реальными задачами, но для максимальной приближенности использовалась многопоточная программа-генератор нагрузки, которая наглядно демонстрирует специфику работы многопроцессорных ВС, в аспекте распределения потоков по процессорам и их параллельной обработке.

Оптимизация по стоимости ВС и уровню качества обслуживания является индивидуальной, но можно сказать точно, что максимум производительности не может достигаться внутри области ограничения по стоимости. Разработанная методика построения и оптимизации по различным критериям моделей ВС с виртуализацией ресурсов позволила выявить следующий эффект, заключающийся в возможности построения систем, обладающих свойствами самоадаптации к нагрузке, который наблюдается при задании гибких политик управления ресурсами модели системы, а также демонстрирующих свойства автономности, что снижает расходы на поддержку и обслуживание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Popek, G. J.; Goldberg, R. P. (July 1974). "Formal requirements for virtualizable third generation architectures". *Communications of the ACM*. no.17 (7). pp. 412–421. doi: 10.1145/361011.361073.
2. Черняк Л. Ренессанс виртуализации – вдогонку за паровозом // *Открытые системы*, №02, 2007 – С. 26–35.
3. Annika Blank, Paul Kiefer, Carlos Sallave Jr., Gerardo Valencia, Jez Wain, Armin M. Warda, *Advanced POWER Virtualization on IBM System p5*, 2005.
4. Tulloch M. *Understanding Microsoft Virtualization Solutions*, Microsoft Press, 2010. 464 p. (Second Edition)
5. Шелухин О.И. Моделирование информационных систем. Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия-Телеком, 2012. – 516 с.
6. Кирпичников А.П. Прикладная теория массового обслуживания. – Казань: Изд-во Казанск. гос. ун-та, 2008. – 118 с.
7. Алиев, Т.И. Основы моделирования дискретных систем. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
8. Маталыцкий М.А., Тихоненко О.М., Колузаева Е.В. Системы и сети массового обслуживания: анализ и применения: монография. Гродно: ГрГУ, 2011. – 816 с.

9. Ложковский А.Г. Теория массового обслуживания в телекоммуникациях: учебник. Одесса: ОНАС им. А. С. Попова, 2012. – 112 с.

10. Poon Wing-Chi, Mok A.K. Improving the Latency of VMExit Forwarding in Recursive Virtualization for the x86 Architecture // *System Science (HICSS)*, 2012 45th Hawaii International Conference on. 2012. pp. 5604–5612.

11. Virtualization for process automation systems. Rockwell Automation Publication: PROCES-WP007A-EN-P January 2013: [Электронный ресурс]. 2013. URL: <http://www.ab.com/onecontact/process/whitepaper/get/PROCES-WP007A-EN-P.pdf> (Дата обращения: 11.03.2018).

12. Валова О.О., Мартышкин А.И. Разработка, исследование и применение моделей вычислительных систем с виртуализацией // *Современные информационные технологии*. – 2014. – № 20. – С. 50–57.

13. Валова О.О., Мартышкин А.И. Разработка и применение математических моделей вычислительных систем с виртуализацией // *Международный студенческий научный вестник*. – 2015. – № 3–2. – С. 268–271.

14. Валова О.О., Мартышкин А.И. Исследование математических моделей вычислительных систем с виртуализацией // *Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: сборник статей XIII Всероссийской научно-технической конференции*. Под редакцией И.И. Сальникова. – 2015. – С. 105–111.

15. Мартышкин А.И. Основные направления и пути развития современных встраиваемых операционных систем // *Современные информационные технологии*. – 2018. – № 27 (27). – С. 63–69.

16. Грушин А.И. Верификация в вычислительной технике II Потенциал. – 2007. – № 4. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ipmce.ru/img/press/potential4-2007.pdf> (дата обращения 02.05.2018).

17. Блог начинающего сисадмина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blog.amet13.name/2013/01/nmon.html>, свободный – (02.05.2018).

18. Nmon analyser – бесплатный инструмент для составления отчетов о производительности AIX [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/aunmon_analyser/, свободный – (02.05.2018).

19. Тестирование сервера с Stress | linux-notes.org [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://linux-notes.org/testirovanie-servera-s-stress/>, свободный – (02.05.2018).

20. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2008612745. Рос. Федерация. ЭЛБАЗАДКР – Адаптивные модели ВС с виртуализацией / Р.А. Бикташев, Э.Ю. Алиев; правообладатель ПензГТУ.

21. Барышев П.Ф., Мазаник А.И. Алгоритм выбора рационального маршрута перемещения спасательного воинского формирования МЧС России к потенциально опасному объекту. «Научные и об-

разовательные проблемы гражданской защиты». 2015. № 4 (27). С. 24–29.

22. Войцеховский В.Ф., Мазаник А.И., Мухин В.И., Носов М.В. Методика расчета вероятности связанности в сетевых системах оповещения населения на основе использования биномиальных коэффициентов метода полного перебора простых разрезов. «Научные и образовательные проблемы гражданской защиты». 2017. № 3 (34). С. 48–53.

Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента РФ на 2018-2020 гг. (СП-68.2018.5).

Статья поступила в редакцию 14.05.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 004.652.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПУНКТОВ

© 2018

Котов Николай Александрович, аспирант

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Академия ЛИМТУ
(196135, Россия, Санкт-Петербург, улица Гастелло, 12, лит. А, e-mail: roy2048@yandex.ru)*

Погорелов Виктор Иванович, доктор технических наук,

профессор кафедры «Компьютерного проектирования и дизайна»

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Академия ЛИМТУ
(196135, Россия, Санкт-Петербург, улица Гастелло, 12, лит. А, e-mail: pogvic@mail.ru)*

Аннотация. В статье поднята проблематика осуществления хранения геодезических пунктов. На всех этапах инженерных изысканий атрибутивная информация и координаты пунктов играют основополагающую роль. Точность в описании, постоянная актуализация информации – это переменные, которые обеспечивают качественные показатели в выполнении работ, соответствуя нормативным документам. На данный момент времени фонды не обеспечивают необходимые показатели в хранении и выдачи требуемых для работы мета данных.

Автоматизированная система позволяет решить проблемы с хранением, поскольку использует в своей оболочке специализированную базу данных. В тоже время для создания комплексного решения необходимо провести анализ и учесть финансовую часть проекта. Результатом этих изысканий является внедренная СУБД, отвечающая всем необходимым критериям. База данных является неотъемлемой частью автоматизированной системы и попадает под определенные требования в ее построении, в том числе и нормативных актов. Это позволяет внедрять единый комплекс в государственные фонды, оптимизируя их работу. На всех этапах создания и внедрения необходимо акцентировать внимание на надежность хранения, передачу данных, скорость обработки запросов. Итоговые показатели в основном зависят от структуры базы и ее последующей оптимизации. Выработка специализированных сценариев поддержки базы позволяют не только не допустить утери данных, но и вывести ее работу на высокий уровень, что непременно отразится на производительности и удовлетворенности изыскательских компаний.

Ключевые слова: автоматизированная система, нормативные документы, база данных, характеристики, сценарии поддержки.

THE USE OF THE DATABASE WHEN DESIGNING AN AUTOMATED SYSTEM FOR OBTAINING GEODETIC POINTS

© 2018

Kotov Nikolay Aleksandrovich, postgraduate student

*Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Academy LIMTU
(196135, Russia, St. Petersburg, Gastello Street, 12A, e-mail: roy2048@yandex.ru)*

Pogorelov Victor Ivanovich, doctor of technical Sciences

Professor of the Department "Computer engineering and design"

*Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics
Academy LIMTU*

(196135, Russia, St. Petersburg, Gastello Street, 12A, e-mail: pogvic@mail.ru)

Abstract. The article raises the problems of implementation of storage of geodetic points. At all stages of engineering surveys, attributive information and coordinates of points play a fundamental role. Accuracy in the description, constant updating of the information – these are variables that provide quality indicators in the performance of work, in accordance with regulatory documents. At this point in time, the funds do not provide the necessary indicators for storing and issuing the meta-data required for the operation.

Automated system allows to solve storage problems, because it uses a specialized database in its shell. At the same time, to create a comprehensive solution, it is necessary to analyze and take into account the financial part of the project. The result of these studies is an embedded DBMS that meets all the necessary criteria. The database is an integral part of the automated system and falls under certain requirements in its construction, including regulatory acts. This makes it possible to introduce a single complex into state funds, optimizing their work. At all stages of creation and implementation, attention should be paid to the reliability of storage, data transmission, and the processing speed of requests. The final indicators mainly depend on the structure of the database and its subsequent optimization. The development of specialized scenarios for supporting the database allows not only to prevent loss of data, but also to bring its work to a high level, which will certainly affect the productivity and satisfaction of the survey companies.

Keywords: automated system, regulatory documents, database, features, scripts support.

Распространение высоких технологий направлено интегрированы в таких гигантов отрасли народного хозяйства как: строительство, промышленность, лес-

ное хозяйство, торговля, сельское хозяйство и т.д. Несмотря на это в РФ заметно отставание во внедрении передовых систем в производственные процессы [1]. Для устойчивого и активного развития необходима ускоренная разработка и ввод в эксплуатацию готовых целостных систем.

Наибольшая эффективность в части управления предприятиями, как отдельным элементом совокупной экономической системы страны, достигается за счет использования отраслевых автоматизированных систем. Инкорпорирование автоматизированных систем позволяет уменьшить издержки производства, перераспределить ресурсы, повысить производительность труда. Различают следующие типы систем:

- автоматизированные системы управления технологическими процессами, предприятиями, производством;
- системы автоматизированного проектирования, и расчета;
- автоматизированные системы научных исследований;
- автоматизированные системы обработки и передачи информации;
- автоматизированные системы контроля и испытаний и т.д.

Представленные выше типы максимально внедрены в производственные процессы компаний по всему миру. На данный момент развился и особо хочется выделить следующий принципиальный подход в использовании систем. Чаще – это внутренние разработки компаний, отдельных институтов, исследовательских групп, которые не обладают совместимостью с государственными фондами и их системами (при наличии) [2]. Вследствие этого возникает фрагментированность данных, теряются исходные материалы и ценные труды.

Проанализировав рабочие процессы фондовых организаций, были выявлены явные недостатки в их работе. На данный момент, существующая схема получения геодезической изученности и сдачи актуальных данных о работах, не соответствует современным тенденциям. В первую очередь это бумажный документооборот и использование сторонних компаний в передаче документов. Учитывая специфику передаваемых данных (геодезические пункты), исключение из цепочки третьих лиц благоприятно скажется на общей безопасности.

Возвращаясь к вопросу об автоматизированной системе, нельзя не затронуть актуальную проблему в хранении сведений о геодезических пунктах. Этому вопросу необходимо уделить особое внимание, поскольку база данных является частью автоматизированной системы и централизованным хранилищем. К ней так же применяются ряд определенных требования для достижения:

- безопасности данных;
- оптимизация запросов к данным базы;
- оптимизация самой базы для достижения минимального времени для поиска нужных результатов;
- сокращение затрат на содержание базы.

Постановка задач:

1. Выбрать СУБД для хранения геодезических пунктов и другой информации;
2. Сформировать структуру базы данных, в которой геодезические пункты будут иметь помимо описания координат, истинное положение в одной из общемировых систем координат. Определить необходимый список таблиц и связей для максимального описания запрашиваемого объекта;
3. Осуществить анализ доступных на сегодняшний день систем работы с геодезической базой. Определить их эффективность.

Структура базы данных. Ее описание и характеристики

Для достижения полноты данных, их единообразия и структурированности, необходимо использовать базу данных [3]. На сегодняшний день список баз данных не ограничивается одним или несколькими наименованиями. На данный момент известно более трех сотен различных систем управления базами данных. К ним относятся решения, разрабатываемые сообществом пользователей или же крупными разработчиками программного обеспечения. Компании Microsoft, Oracle, IBM тратят большие средства для противостояния с бесплатными аналогами, такими как: PostgreSQL, Firebird, SQLite. По статистическим данным аналитического сервиса DB-Engines.com [4] за март 2018 года только 52,6% баз данных предоставлялись по коммерческой лицензии. Таким образом прослеживается тренд на сокращение расходов. Многие пользователи используют бесплатные решения, которые порой превосходят по функционалу и характеристикам платные. Еще одной особенностью бесплатных решений является тонкая настройка и возможность «кастомизации» из исходного кода представленного решения. Тем самым можно добиться оригинальности результата с улучшенными показателями в скорости, безопасности и даже поддержки.

Базы данных классифицированы также и по типам. В зависимости от решаемой задачи, за счет выбора правильного типа базы, может многократно увеличиться скорость обработки запросов или же, в противном случае, эти показатели будут малы для оперативного вывода результата в автоматизированную систему.

При проектировании базы данных, особенно для государственных фондов или компаний, аффилированных с государственными учреждениями, необходимо использовать нормативную документацию. В соответствии с ГОСТ 34.321-96 [5] и другими вспомогательными материалами [6,7,8], при проектировании базы данных выделены несколько важных этапов, прежде чем будет готова итоговая модель предметной области:

- первый этап подразумевает под собой выбор решения, на котором будет базироваться база данных. Разграничение прав доступа к данным. Обеспечение целостности и разработка сценариев восстановления данных;
- второй этап включает в себя подготовку концептуальной схемы структуры базы. Выделяют объекты и их взаимосвязи;

- третий этап – построение логической модели;
- четвертый этап – реализация физической модели. На этом этапе проводится оценка эксплуатационных характеристик, включающая в себя правильность определения запросов и скорость поиска.
- пятый этап – тестирование и оптимизация базы. В итоге этот этап переходит в сопровождение и эксплуатацию готового комплекса.

Особую значимость представляют некоторые из этих этапов, так как происходит определение базовых параметров и описание структуры на продолжительное время работы.

База данных размещена на сервере PostgreSQL, поскольку обладает рядом преимуществ по отношению к другим решениям. Это видно из таблицы 1. Для сравнения будут также представлены и платные решения.

Таблица 1 – Сравнение основополагающих характеристик баз данных при работе с геопространственными объектами

Описание	Основные виды СУБД				
	MS SQL Server	Oracle	PostgreSQL	SQLite	MySQL
Тип лицензии	Коммерческая	Коммерческая	Open source (PostgreSQL License)	Open source	Open source (Двойное лицензирование)*
Работа на ОС	Linux Windows	AIX, HP-UX, Linux, OS X, Solaris, Windows, z/OS	FreeBSD, HP-UX, Linux, NetBSD, OpenBSD, OS X, Solaris, Unix, Windows	Без установки сервера	FreeBSD, Linux, OS X, Solaris, Windows
Размещение	Сервер баз данных	Сервер баз данных	Сервер баз данных	Локально	Сервер баз данных
Поддержка XML	да	да	да	нет	да
Поддержка SQL	да	да	да	да	не полная
Репликация	да	да	да	нет	да
Работа с пространственными объектами	Встроенный драйвер для создания задания пространственных баз данных	Дополнительно оплачиваемый пакет Oracle Spatial	Open Source расширение PostGIS	Open source расширение Spatial-Lite	Встроенный драйвер для создания пространственных баз данных
Шифрование	да	да	да	да	да
Стоимость*	Версия 2017 Standart – 3 717\$	Oracle Database 12c Enterprise Edition 2 766 49	Общедоступная версия – бесплатно. Адаптированная	Бесплатно	MySQL Embedded - бесплатно MySQL SE – 137 451 руб./сокет

Описание	Основные виды СУБД				
	MS SQL Server	Oracle	PostgreSQL	SQLite	MySQL
Тип лицензии	Коммерческая	Коммерческая	Open source (PostgreSQL License)	Open source	Open source (Двойное лицензирование)*
Работа на ОС	Linux Windows	AIX, HP-UX, Linux, OS X, Solaris, Windows, z/OS	FreeBSD, HP-UX, Linux, NetBSD, OpenBSD, OS X, Solaris, Unix, Windows	Без установки сервера	FreeBSD, Linux, OS X, Solaris, Windows
Размещение	Сервер баз данных	Сервер баз данных	Сервер баз данных	Локально	Сервер баз данных
Поддержка XML	да	да	да	нет	да
Поддержка SQL	да	да	да	да	не полная
Стоимость	Enterprise – 14 25 6\$ На ядро	5 руб./на ядро	и улучшенная с сертификацией – 120 000 руб./на ядро. Поддержка входит в стоимость***		MySQL EE – 343 628 руб./сокет

Примечание:

* - У MySQL существуют две лицензии, коммерческая и свободного ПО. Коммерческая предусмотрена, когда другой производитель ПО не желает открывать исходные тексты своей программы.

** - Все стоимости лицензий были взяты с официальных источников [9-12] на 06 марта 2018г.

*** - В соответствии с [11] указанная стоимость распространяется на версию сервера базы PostgreSQL 9.6.3.1, сертифицированной ФСТЭК России.

Согласно таблице 1, АС взаимодействует с выбранной СУБД PostgreSQL, поскольку она максимально подходит по функционалу и задачам, которые будут решаться с ее помощью. С точки зрения экономии бюджета проекта, она так же предпочтительна по сравнению с конкурентами.

В процессе проектирования были выделены две основные роли участников взаимодействия в системе. Они таким же образом присутствуют и в иерархии базы. С учетом этого были разработаны необходимые таблицы, которые максимально точно отражают эти сущности. Используя возможности PostgreSQL пользователи и работники фонда были разнесены в разные схемы одной базы данных. К ним применяются разные права доступа, как одна из мер для защиты данных.

Ценность геодезических пунктов так же обусловлена их значимостью для Российской Федерации. Утрата данных может привести к непоправимым последствиям и замедлению развития всей геодезической сферы и смежных отраслей. Поэтому необходимо использовать все имеющиеся инструменты для сохранения и защиты базы. В таблице 2 выделены оптимальные сценарии управления СУБД.

Таблица 2 – Регламентные задачи обслуживания базы данных

№ п/п	Обслуживание баз данных	Описание	
1	Резервное копирование	pg_dump	Отдельная утилита, при работе которой возможно создание «снимков» оригинальной базы с внутренним устройством таблиц и связей. Резервную копию может делать любой (кто обладает соответствующими правами) на схему или таблицу. Суперпользователь имеет право копировать базу данных полностью. Выгружает только одну базу, в один момент времени. Не включает информацию о ролях и табличных пространствах.
		pg_dumpall	Необходим, когда нужно создать резервную копию не просто базы, а всего кластера, для переноса данных или их архивирования. Так же включены роли и определения табличных пространств.
		На уровне файлов	Резервируются файлы базы, находящиеся на жестком диске. Однако такой подход накладывает ограничения в виде: обязательно остановленного сервера, не только при резервировании, но и при восстановлении. Отдельное копирование таблиц или баз нельзя использовать без файлов журналов транзакций – pg_xact.
		Непрерывное архивирование	Основано на журнале предзаписи (WAL). Необходимо в первую очередь для восстановления целостности СУБД при полном крахе сервера. Выступает одной из стратегий при копировании базы. Копия происходит всей базы целиком в непрерывном режиме. Вызывается командой pg_basebackup.
2	Репликация (Способы репликации выше 10 штук. Выбраны наиболее интересные)	На уровне файловой системы	Репликация на уровне файловой системы, когда все изменения в файловой системе отражаются в файловой системе другого компьютера. Но, синхронизация должна выполняться методом, гарантирующим целостность копии файловой системы на резервном сервере — в частности, запись на резервном сервере должна происходить в том же порядке, что и на главном. Это решение является популярным в Linux системах.
		Трансляция журналов	Серверы тёплого и горячего резерва могут так же поддерживаться актуальными путём чтения потока записей из журнала изменений (WAL). При этом, если основной сервер отказывает, резервный содержит почти все данные. Он может быть быстро преобразован в новый главный сервер. Это можно сделать синхронно или асинхронно.
		Асинхронная репликация	В случае, когда серверы не находятся постоянно в единой сети, например, это - ноутбуки или удалённые серверы, обеспечение согласованности данных между ними представляет проблему. При этом используется асинхронная репликация с несколькими главными серверами. Каждый из них работает независимо и периодически связывается с другими серверами для определения конфликтующих транзакций. Конфликты могут урегулироваться пользователем или по правилам их разрешения.
3	Очистка	Осуществляется при помощи «демона автоочистки» или при помощи специальных команд, вручную. Выполняется для высвобождения или повторного использования дискового пространства уже изменённых или удалённых данных; обновление статистики; ускорение индекса; предотвращение потери очень старых данных из-за заикливания идентификаторов транзакций или мультитранзакций.	
4	Регулярная перестройка	Для улучшения параметров скорости доступа стоит периодически перестраивать индексы. Команда «reindex» позволит эффективно перестроить неоднократно изменяемые индексы.	

№ п/п	Обслуживание баз данных	Описание	
1	Резервное копирование	pg_dump	Отдельная утилита, при работе которой возможно создание «снимков» оригинальной базы с внутренним устройством таблиц и связей. Резервную копию может делать любой (кто обладает соответствующими правами) на схему или таблицу. Суперпользователь имеет право копировать базу данных полностью. Выгружает только одну базу, в один момент времени. Не включает информацию о ролях и табличных пространствах.
		pg_dumpall	Необходим, когда нужно создать резервную копию не просто базы, а всего кластера, для переноса данных или их архивирования. Так же включены роли и определения табличных пространств.
		На уровне файлов	Резервируются файлы базы, находящиеся на жестком диске. Однако такой подход накладывает ограничения в виде: обязательно остановленного сервера, не только при резервировании, но и при восстановлении. Отдельное копирование таблиц или баз нельзя использовать без файлов журналов транзакций – pg_xact.
		Непрерывное архивирование	Основано на журнале предзаписи (WAL). Необходимо в первую очередь для восстановления целостности СУБД при полном крахе сервера. Выступает одной из стратегий при копировании базы. Копия происходит всей базы целиком в непрерывном режиме. Вызывается командой pg_basebackup.
2	Репликация (Способы репликации)	На уровне файловой системы	Репликация на уровне файловой системы, когда все изменения в файловой системе отражаются в файловой системе другого компьютера. Но, синхронизация должна выполняться методом, гарантирующим целостность копии файловой системы на резервном сервере — в частности, запись на резервном сервере должна происходить в том же порядке, что и на главном. Это решение является популярным в Linux системах.
	реиндексация		
5	Обслуживание журнала		При диагностике работы базы используется журнал сервера базы данных. Однако, он может достигать очень больших объемов. Для его оптимизации необходимо выполнять ротацию журнальных файлов. Под этим понимается удаление через определенное время старых версий.

В соответствии с таблицей 2 необходимо выполняются перечисленные задачи для сохранения важнейших данных, тем самым поддерживая работу базы в должном состоянии. При этом пункты с 3 по 5 должны выполняться всегда. Их можно настроить для выполнения как в автоматическом режиме, так и выполнять вручную через определенный промежуток времени. Что же касается пунктов 1 или 2, их выполнять следует только лишь тогда, когда существуют необходимые условия. В первую очередь к ним относятся наличие свободного места для хранения копии базы и правильно настроенные дочерние сервера базы для выполнения репликации. Данные способы копирования базы данных не являются полностью безопасными и могут нанести вред при неправильной настройке и эксплуатации.

Перед непосредственным проектированием базы была создана концептуальная модель [13,14,15]. Согласно

которой были выделены сущности и связи. Таким образом (рисунок 1) была получена концептуальная модель рассматриваемой предметной области.

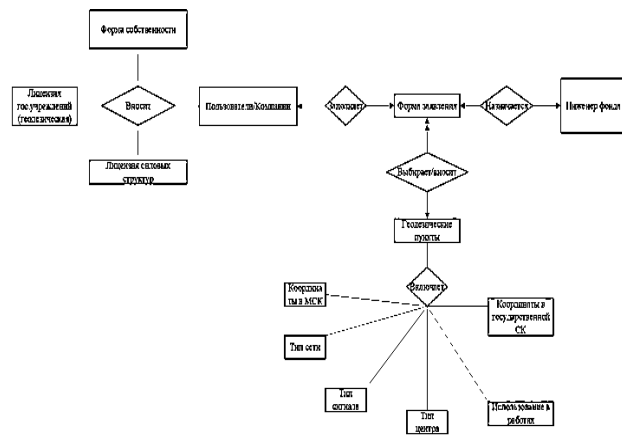


Рисунок 1 – Модель геопространственной базы данных, выполненная в соответствии с нотацией П. Чена [16]

Концептуальная модель служит отправной точкой в формировании конечного вида базы. Основную нагрузку в себе несет физическая модель [17,18]. В ней указываются определенные по сущностям таблицы, поля и ключи. Выделены следующие основные таблицы: пользователи (или коммерческие компании), инженеры фонда, геодезические пункты и общая таблица, которая связана с остальными и необходима для формирования запроса на получение того или иного пункта. При построении учитывались различные доступные виды связей между таблицами и нормализация отношений информационной модели. На рисунке 2 и 3 показаны фрагменты таблиц, которые составляют костяк базы данных.

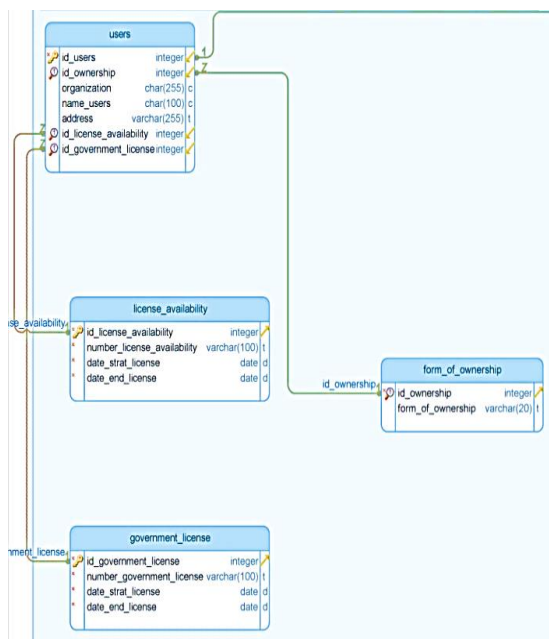


Рисунок 2 – Фрагмент, описывающий таблицы пользователей и формы собственности с лицензиями

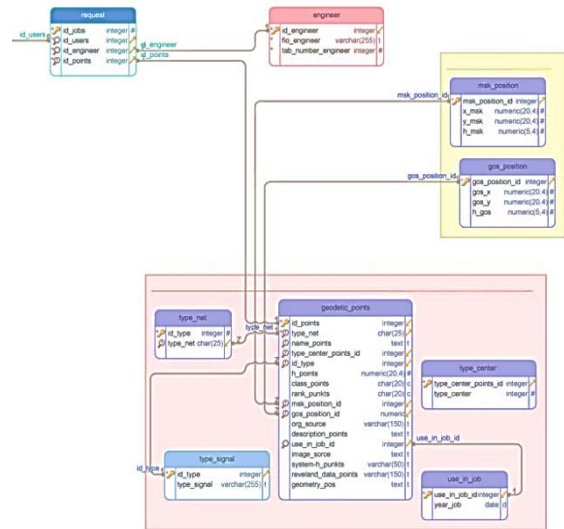


Рисунок 3 – Фрагмент самой геопространственной таблицы и список инженеров фонда

Эффективность работы с базой данных без использования внешнего интерфейса

Геопространственную базу данных возможно использовать для подключения к настольным ГИС приложениям (при условии кратковременного отсутствия доступа к веб интерфейсу). К таким относятся: ArcGIS, MapInfo, QGIS [20] и Autodesk Civil 3D/Map 3D. Представленные программные продукты обладают встроенной поддержкой подключения такого рода базы, за исключением ArcGIS. В нем встроенный модуль обеспечивает лишь просмотр имеющихся данных. Тогда как работа может осуществляться только через модуль, который компания ESRI распространяет по отдельной подписке. Тем не менее, даже при получении доступа к такому роду данным (пунктам-геоточкам), их отображение будет некорректным. Это связано с отсутствием конструктора форм и модуля формирования ведомости карточек пунктов по сравнению с веб приложением. К тому же, ПО, за исключением QGIS, распространяется за деньги, что влечет за собой экономические издержки со стороны изыскательских компаний.

Вывод. Несмотря на то, что при помощи автоматизированной системы решаются многие вопросы в формировании устойчивой связи между фондами и изыскательскими компаниями, немаловажным при этом становится выбор и эксплуатация средств хранения данных. Для того, чтобы получить максимальную функциональность сервиса, на этапе проектирования должны быть выполнены шаги по описанию предметной области и выборе средств хранения данных.

Для поддержания базы данных в рабочем состоянии, исключая появления критических ошибок и уничтожения данных, необходимо выработать стратегию для оптимизации хранилища. При этом, работы, связанные с обслуживанием и поддержкой АСУ, в том числе и хранилища, должны быть материально выгодными, тем самым подтверждая комплексную оценку использования сервиса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Березина А.А. Положение России на мировом рынке высоких технологий // Финансы: Теория и Практика. – 2011. – №2 (62). – С. 54–56.
2. Темников А.В. Автоматизированные системы управления документами как способ повышения эффективности работы организации // Известия Байкальского государственного университета. – 2002. – №1(30). – С. 99–103.
3. Коптев А.В. База данных ГИС по оценке состоянию лесов среднего Приангарья // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2013. – №2. – С. 136–140.
4. Popularity of open source DBMS versus commercial DBMS // DB-Engines URL: https://db-engines.com/en/ranking_osvsc (дата обращения: 02.2018).
5. Государственный комитет Российской Федерации по стандартизации и метрологии "ГОСТ 34.321-96. Информационные технологии. Система стандартов по базам данных. Эталонная модель управления данными" от 01.07.2001 № 88 // ИПК Издательство стандартов, 2001.
6. Ibrar Ahmed, Asif Fayyaz, Amjad Shahzad PostgreSQL Developer's Guide. – Birmingham –Mumbai: Packt Publishing Ltd., 2015.
7. Sergey Barskiy Code-First Development with Entity Framework. – Birmingham – Mumbai: Packt Publishing Ltd., 2015.
8. Войтюк Т.Е. Проектирование реляционных баз данных. – СПб.: Университет ИТМО, 2014. – 72 с.
9. Покупка лицензии на SQL Server // Microsoft URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/sql-server/sql-server-2017-pricing> (дата обращения: 03.2018).
10. Лицензия Oracle Database 12c Enterprise Edition // Softline URL: <https://store.softline.ru/oracle/oracle-database-enterprise-edition/> (дата обращения: 03.2018).
11. СУБД Postgres Pro // Postgres Pro: сертифицированная ФСТЭК версия URL: <https://postgrespro.ru/products/postgrespro/certified> (дата обращения: 03.2018).
12. MySQL Editions // MySQL URL: <https://www.mysql.com/products/> (дата обращения: 03.2018).
13. Юрин А.Ю., Дородных Н.О. Web-сервис для автоматизированного формирования продукционных баз знаний на основе концептуальных моделей // Программные продукты и системы. – 2014. – №4(108). – С. 103–107.
14. Векленко В.И., Петренко Н.Н., Пашков В.Ю., Ерёменко О.В. Проектирование базы данных системы моделей оптимального планирования сельскохозяйственного производства // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №1. – С. 33–36.
15. Пешкова А.А., Мироманов А.В. Концептуальная модель геоинформационного проекта для хранения комплексных геофизических данных и управления ими // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. – 2017. – №4(40). – С. 77–85.
16. Бабанов А.М. Синонимия элементов ERM-схем и ее использование в методике ERM-моделирования для графической нотации // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – №2(27). – С. 63–72.
17. Мукина И.А., Соловьев Д.С., Литовка Ю.В. Проектирование инфологической, даталогической и физической моделей базы данных для хранения результатов расчета модифицированного метода анализа иерархий // Наука сегодня: фундаментальные и прикладные исследования. Материалы международной научно-практической конференции. В 2-х частях. 2017. – Вологда: Научный центр "Диспут", 2017. – С. 51–53.
18. Платонова А.С. Проектирование базы данных для информационной системы контроля и оценивания результатов образования // Вестник РГГУ. Серия «Документоведение и архивоведение. Информатика. Защита информации и информационная безопасность». – 2012. – С. 211–222.
19. Заболотский А.А. Использование открытого программного обеспечения для составления цифровых топографических карт и планов масштабов 1:500-1:10 000 на примере создания ГИС «Саблино» // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о земле. – 2014. – С. 205–210.

Статья поступила в редакцию 27.04.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 004.89

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ В ТЕОРЕТИКО-ИНФОРМАЦИОННОМ АНАЛИЗЕ ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

© 2018

Стативко Роза Усмановна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий
Белгородский технологический государственный университет им. В.Г. Шухова
(308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46, e-mail: Stativko1@mail.ru)

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы о необходимости оценки Интернет-портала образовательной организации, как инструмента повышающего имидж, конкурентоспособность. Указаны преимущества информационно-коммуникационных технологий в образовательной деятельности и учебном процессе, которые открывают новые перспективы как для обучаемого, так и преподавательского состава. Дано определение нечеткой информационной системы и приведена схема нечеткой информационной системы. Перечислены виды нечеткости, особенности, характерные для слабоструктурированных систем, учитывающих мнение, суждение лиц принимающих решения. Показано, что Интернет-портал образовательной организации следует рассматривать как нечеткую информационную систему, так как возможно проявление нечеткости в разной степени на различных этапах разработки, например, начиная с этапа проектирования. Приведен обзор инструментария, позволяющего выполнить оценку Интернет-портала образовательной организации, а именно аппарата нечетких множеств, теории нечетких отношений. Перечислены отличия и преимущества нечетких моделей по сравнению с четкими моделями. Приведена примерная структура показателей Интернет-портала образовательной организации, как с точки зрения разработчика, так и с точки зрения потребителя предоставляемых услуг. Предложен способ оценки качественного показателя информативности в виде фрагмента нечетких правил, позволяющих работать с переменными различной природы.

Ключевые слова: Интернет-портал образовательной организации, имидж образовательной организации, информационно-коммуникационные технологии, нечеткая информационная система, аппарата нечетких множеств, теории нечетких отношений.

USE OF THE APPARATUS OF FUZZY SETS IN THE THEORETICAL AND INFORMATION ANALYSIS OF THE INTERNET PORTAL OF THE EDUCATIONAL ORGANIZATION

© 2018

Stativko Rosa Usmanovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor
of the Department of "Information Technologies"
Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov
(308012, Russia. Belgorod, Kostyukova Street, 46, e-mail: Stativko1@mail.ru)

Abstract. The article discusses the need to evaluate the Internet portal of an educational organization, as a tool to increase image, competitiveness. The advantages of information and communication technologies in the educational activity and educational process are indicated, which open new perspectives for both the trainee and the teaching staff. The definition of fuzzy information system is given and the scheme of fuzzy information system is given. The types of fuzziness, features characteristic of weakly structured systems that take into account the opinion, judgment of decision-makers are listed. It is shown that the Internet portal of the educational organization should be considered as an indistinct information system, since it is possible to show fuzziness to different degrees at different stages of development, for example, starting from the design phase. The review of the toolkit allowing to execute an estimation the Internet-portal of the educational organization, namely the apparatus of fuzzy sets, the theory of fuzzy relations is given. The differences and advantages of fuzzy models are listed in comparison with clear models. The approximate structure of indicators is given. The Internet portal of the educational organization, both from the point of view of the developer, and from the point of view of the consumer of the provided services. A method is proposed for evaluating the qualitative index of informativeness in the form of a fragment of fuzzy rules that allow one to work with variables of a different nature.

Keywords: Internet portal of educational organization, image of educational organization, information and communication technologies, fuzzy information system, apparatus of fuzzy sets, theory of fuzzy relations.

Введение. Концепция Федеральной целевой программы развития образования на 2016–2020 годы, которая утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2014 г. № 2765-р, гласит: «Одной из важнейших проблем современного образования является процесс необходимого применения информационно-коммуникационных технологий в образовательной деятельности и учебном процессе для всех видов и на всех уровнях образования».

Преимущества использования информационно-коммуникационных технологий в образовательной деятельности и учебном процессе очевидны, это:

- обучение не привязано ни к конкретному времени, ни к конкретному месту, ни к темпу обучения, ни к срокам;
- обучение может корректироваться (выбор сценария обучения, скорости обучения, повтор выборочных разделов);
- обучение для учащихся с различными видами ограничений (здоровье, географическая удаленность, ограниченность материальных ресурсов, проживание за границей и т.д.) становится более доступным;

- возможность трудоустройства преподавателей с различными видами ограничений (здоровье, географическая удаленность, ограниченность материальных ресурсов, проживание за границей и т.д.);

- новые возможности обмена информацией между пользователями информационно-коммуникационных технологий;

- новые возможности по Интернет-ресурсам, интернет-порталам как для образовательных организаций, так и для учащихся.

Исполнение упомянутого распоряжения предполагает развитие информационно-коммуникационных технологий в учебных заведениях и разработку методов оценки их образовательных Интернет-порталов

Анализ нечеткости Интернет-портала учебного заведения. Интернет-портал учебного заведения как информационная система, в составе которой обязательно должны быть учтены суждения человека (эксперта, лица, принимающего решения) отнесем к классу слабоструктурированных (назовем их нечеткими), для них традиционные методы исследования не всегда приемлемы. Основу этого утверждения, а именно принципа несовместимости, определил Заде [1–4], который утверждал, что чем выше сложность системы, тем меньше возможность получить точное суждение о ее функционировании. Альтернативный подход состоит в использовании при анализе таких систем не количественных значений, а логики с нечеткими истинами, нечеткими отношениями и нечеткими правилами вывода. Рассуждения человека сложно учесть традиционными математическими подходами, предполагающими однозначность интерпретации. Можно сказать, что рассуждения и знания человека чаще всего нечетки.

Интернет-портал учебного заведения как информационную систему с учетом мнения человека будем называть нечеткой информационной системой (НИС), характеризующейся изменениями состояний или выполняемыми в ней процессами. Процессы – входные, выходные и переходные могут быть определены для обработки как четких данных, знаний, так и нечетких. Нечеткими называются такие знания, которые допускают суждения об относительной степени истинности или ложности.

При разработке подобной нечеткой информационной системы знания о выбранной предметной области, для которой создается система, редко бывают полными и абсолютно точными. Например, информация, полученная с помощью проведенных с заданной точностью измерений и экспериментов, имеет разные критерии достоверности, адекватности и пр. Знания, которые используют в нечетких информационных системах, часто получают путем экспертного опроса, мнения экспертов субъективны и могут различаться. Также базы данных, базы знаний нечетких информационных систем хранят как количественную (четкую) информацию, так и качественные характеристики. При обработке знаний с использованием дихотомических механизмов формальной логики возникает противоречие между нечеткими знаниями и четкими методами логического вывода. Разрешить это противоречие можно или путем преодоления нечеткости знаний (когда это возможно),

или с использованием специальных подходов представления и обработки нечетких знаний.

Значение термина «нечеткость» в различных источниках дается по-разному, к его атрибутам отнесем [1, 2]:

- недетерминированность выводов;
- многозначность знаний;
- неточность и ненадежность знаний и выводов;
- неполнота знаний и немонотонная логика.

Для нечетких моделей характерны особенности [5–8], которые отличают их от четких, классических моделей. Приведем наиболее значимые отличия:

- нечеткие модели являются более гибкими, так как позволяют не только учесть мнение экспертов, но и сохранить результаты опроса, используя эту нечеткую информацию в дальнейшем;

- нечеткие модели оценки, управления и формализации слабоструктурированных систем являются более адекватными предметной области и позволяют получать решение, по точности соотносимое с исходными данными.

Нечеткий подход к моделированию систем оценки качества имеет следующие отличительные черты:

- вместо числовых переменных или в дополнение к ним в нем применяются лингвистические и нечеткие переменные;

- простые отношения между переменными описываются с помощью нечетких отношений и т.д.

В настоящее время требуется разработка подходов для оценки НИС, ориентированных на предоставление образовательных услуг высокого уровня и, с другой стороны, поддержки принятия решений в условиях множественных альтернатив, обеспечивающих поступательное развитие и конкурентоспособность вуза. С учетом этого актуальными становятся задачи обеспечения высокого потребительского качества нечетких интеллектуальных систем при их проектировании, разработке, сопровождении и модернизации, удовлетворяющего изменяющимся запросам, требованиям, изменениям социальной среды [5 – 8].

Проведение анализа и выявление количественного показателя потребительского качества НИС представляется достаточно сложной задачей как с точки зрения его формирования, так и с точки зрения интерпретации. Существующие подходы к оценке потребительского качества НИС, как правило, базируются на отдельных показателях, не выработаны научно обоснованные методологические и теоретические подходы к оценке качества НИС, учитывающей как количественные, так и качественные факторы.

На сегодняшний день теоретические и прикладные исследования в области анализа, оценки и прогнозирования качества НИС с использованием теории нечетких множеств нашли отражение в трудах отечественных и зарубежных авторов: Д.А. Поспелова, Л. Заде, Н.А. Аверкина, Р.А. Алиева, Л.С. Берштейна, Е.П. Бакулина, В.П. Карелина, А.В. Леоненкова, А.И. Орлова, А.П. Рыжова, С.Д. Штовба, М. Фаулера, Ф. Люгера Джорджа, А.В. Алексеева и других. Однако разработанные к настоящему моменту теоретические и методологические положения не отражают в полной мере проблемы анали-

за НИС, архитектуры проектируемых систем, не учитывают влияния быстроменяющихся требований внешней среды, отсутствует единый методологический подход для анализа, оценки потребительского качества НИС. Показатели оценки качества нечетких программных продуктов не учитывают специфику разработки нечетких прикладных систем на базе имеющихся программных платформ, модели оценки рисков на различных этапах проектирования НИС слабо формализованы.

Оценивая качество НИС в процессе предоставления образовательных услуг с применением инфокоммуникационных технологий следует учитывать, что одним из важных компонентов таких НИС является база знаний (рисунк 1), которая представляет собой совокупность нечетких продукционных правил «ЕСЛИ–ТО», определяющих взаимосвязь между входами и выходами исследуемой системы [10].

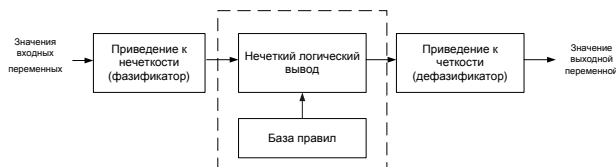


Рисунок 1 – Обобщенная структура нечеткой информационной системы

В процессе выбора эффективного варианта НИС необходимо учитывать различные показатели, которые могут быть как количественными, так и качественными. Результаты оценок количественных характеристик НИС, как правило, имеют неопределенность, связанную со случайным характером процессов, происходящих в системе, и с ограниченностью статистических последовательностей экспериментальных данных, достоверность и однородность которых вызывает сомнения в большинстве случаев. Качественные характеристики НИС определяются экспертами, степень уверенности которых в задании конкретных оценок может быть различной. Часто у экспертов возникают трудности, т.к. качественные признаки не подлежат объективному измерению и для них очень сложно определить универсальные множества. Использование теории нечетких множеств для определения нечеткой лингвистической шкалы качественных признаков дает возможность работать со значениями функций принадлежности в числовом континууме [0, 1].

Нечеткость в проектировании ИС. Хотя нечеткие информационные системы относятся к классу информационных систем, нормативных документов на такие системы на сегодняшний момент не существует. Предполагается, что нечеткая информационная система разрабатывается с определенной целью и в общем случае является квинтэссенцией стратегии организации, являющейся заказчиком [9 – 14]. Цель такой системы, как правило, субъективна – она предлагается разработчиком, но исходит из объективных потребностей заказчика, ее формулирование опирается на:

- исследование внешней среды;

- определение проблем, требующих решения вопросов (например, при проектировании программного продукта, целью которого является монетизирование трафика или повышение конверсии веб-сайта, когда остро встает вопрос наиболее удобного расположения описания представленных продуктов (услуг) на сайте, причем описание включает в себя как графические изображения, так и текстовые характеристики). Очень важно решить проблему соблюдения баланса между перегруженностью информацией и недостаточно полной информацией, используемой для представления тех или иных свойств и характеристик услуги, представленной на сайте, именно от этого и зависит успех или неуспех того или иного проекта, направленного на получение экономического или материального эффекта и т.д.

При проектировании НИС определяют цель проекта, которую представляют как выполнение ряда этапов, включающих разработку и обеспечение:

- необходимой функциональности системы;
- необходимой пропускной способности;
- необходимого времени реакции на запрос и т.д.

[15 – 17].

Из перечисленного можно отметить *неформальный* характер требований к разрабатываемой НИС, т.е. наличие нечеткости уже на этапе проектирования. При необходимости оценки критерия, например, «функциональность», можно предложить следующие подходы. Так как для этого определения не существует шкалы, представленной в естественном количественном виде, то можно оценивать качественными терминами (плохая функциональность, приемлемая функциональность, высокая функциональность) или измерять в искусственных шкалах, допустим, по 5-бальной, 10-бальной, ..., 100-бальной системам. Существует подход, предложенный американским математиком Лофти Заде, в основе которого лежит тезис – субъективные представления о цели, как правило, нечетки. Но Л. Заде разрабатывает и следующий тезис, рассуждая, что мнение субъекта, его выводы, знания, как правило, нечетки, и могут не иметь количественных шкал для измерения. Л. Заде ввел одно из основополагающих понятий в нечеткой логике – определение лингвистической переменной. При использовании нечетких множеств можно формально определить нечеткие многозначные формулировки, такие как, «полная функциональность», «средняя функциональность», и т.д. [7–10]. При разработке нечеткого множества следует определить, ограничить предметную область (*universe of discourse*).

Использование нечеткого вывода. Оценка качества НИС имеет концептуальный характер [19 – 21], поскольку практически невозможно математически строго обосновать оптимальность принятого решения. Использование множества Парето в условиях многокритериальной неопределенности можно использовать в качестве средства на пути ее преодоления. Для корректного решения задачи выявления наилучшей альтернативы требуется получить дополнительную информацию от эксперта – лица принимающего решение, на основе которой формируется соответствующее

результатирующее отношение предпочтения (правило согласования).

Для получения глобальной оценки обычно используется сумма показателей, их среднее или средневзвешенное значение. Серьезный недостаток средневзвешенной оценки – это требование независимости критериев, веса которых учитываются в глобальной оценке.

С точки зрения использования функция полезности предполагает некий эквивалент (например, денежный), в то время как функция принадлежности безразмерна. При определении значения функции принадлежности будем основываться на наличии отношений между элементами базового множества.

Представим часть структуры оценки НИС в виде некоторой иерархии показателей (с точки зрения разработчика), на каждом уровне которой укажем n частных показателей на рисунке 2.

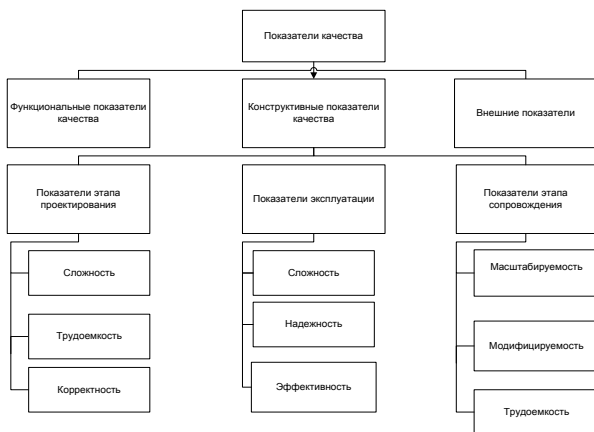


Рисунок 2 – Классификация показателей с точки зрения разработчика

Исходя из представления нечеткой информационной системы как совокупности компонентов, каждый из которых оценивается показателем, рассмотрим характер взаимодействия показателей. Будем считать, что показатели являются взаимодополняющими, т.е. вычисление значения требует суммарной оценки. Или показатели могут работать в противовес друг другу, т.е. они считаются показателями с излишеством (замещающими). Остальные показатели считаются нейтральными. Оператор свертки должен учитывать взаимодействие критериев.

Например, на этапе проектирования при оценке показателей «сложности» и «трудоемкости», понятно, что эти два показателя будут дополнять друг друга. А на этапе эксплуатации показателей «сложности» и «надежности» их оценка, скорее всего, будет взаимоисключающей. После формального представления множества показателей системы с иерархической структурой, как правило, выясняется и множество отношений. Отношения могут отражать функциональные взаимодействия показателей, характеризовать их свойства, связи.

Со стороны пользователя информационной системы (допустим Интернет-портала организации, занимающейся предоставлением потребителю образова-

тельных услуг) оценка нечеткой информационной системы может складываться из других показателей, часть которых представлена на рисунке 3.

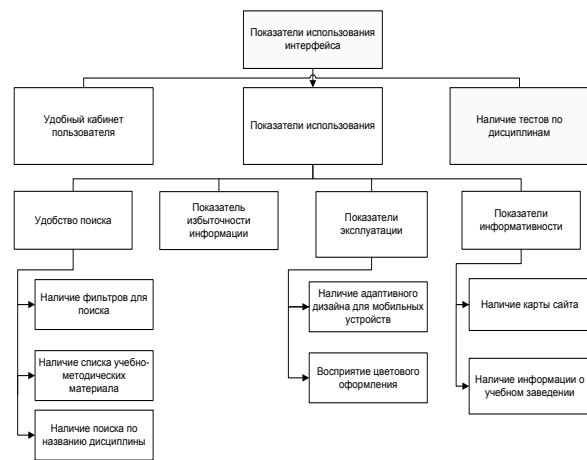


Рисунок 3 – Классификация показателей с точки зрения пользователя

При поиске в Интернет-портале учебной организации пользователь может столкнуться с наличием избыточности информации, а именно: при использовании фильтров для поиска дисциплины с соответствующими характеристиками. Например, при поиске дисциплины «математика», наличие в фильтрах, кроме автора источника учебно-методического материала, информации о всех существующих приводит к выводу данных всех источников при поиске любого блока, включающего слово «математика», что затрудняет поиск нужной дисциплины. Такая ситуация приводит к избыточности информации, что понижает качество Интернет-портала. Соответственно, значение этого показателя должно снижать оценку программного средства.

Приведем пример оценки «Показателя информативности» (ПИ). Из структуры (рисунок 3) следует, что в оценке показателя участвуют показатели «Наличие карты сайта» (НК) и «Наличие информации о учебном заведении» (НИ): $ПИ = \langle НК, НИ \rangle$.

Для решения задачи определим базу знаний в виде следующих нечетких продукционных правил:

- Если имеющиеся НК избыточна ИЛИ НИ чрезмерна, то ПИ неинформативен;
- Если имеющиеся НК приемлема для навигации И НИ чрезмерна, то ПИ малоинформативен;
- Если имеющиеся НК приемлема для навигации И НИ среднее, то ПИ удовлетворителен;
- Если имеющиеся НК хорошо продумана И НИ полностью информативен, то ПИ приемлем.

В данной работе предлагается пример оценки показателя – «Показателя информативности» на основе нечеткой логико-лингвистической модели, которая позволяет учитывать показатели качественной природы, не имеющие точной числовой оценки, что должно существенно повысить уровень адекватности.

Результаты данной статьи могут быть использованы аналитиками, специализирующимися на вопросах оценки качества нечетких информационных систем, и

руководителями информационно-технологических служб и менеджерами организаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Durkin J. Expert Systems: a view of the field // IEEE Expert. – 1996. – №2.
2. Zadeh L.A. Fuzzy sets. – Information and Control, vol.8, 1965, pp. 338–353.
3. Mamdani E.H. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis. – IEEE Transactions on Computers, vol. 26, 1977, pp. 1182–1191.
4. Fuzzy Control Systems Design and Analysis: A Linear Matrix Inequality Approach. Kazuo Tanaka, Hua O. Wang, 2001.
5. Стативко, Р.У., Некоторые подходы при оценке эффективности нечетких систем принятия решений // Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании: отв. ред. В.И. Левин – Пенза, 2013. – С. 23–25.
6. Попов Э.В. Статические и динамические экспертные системы / Э.В Попов, И.Б. Фоминых, Е.Б. Кисель, М.Д. Шапот М.: Финансы и статистика, 1996, – 320 с.
7. Попов Э.В. Экспертные системы. Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ / Э.В. Попов. – М.: Наука, 1987. – 288 с.
8. Джексон П. Введение в экспертные системы. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 624 с.
9. Люгер Джордж Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем, 4-е издание: пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003, – 864 с.
10. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. – М.: Эдиториал УРСС, 2002, – 352 с.
11. Тельнов Ю.Ф. Интеллектуальные информационные системы в экономике. – М.: ИНТЕГ, 2002, – 316 с.
12. Гаврилова Т.А. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем / Т.А. Гаврилова, К.Р. Червинская. – М.: Радио и связь, 1992. – 238 с.
13. Осипов Г.С. Приобретение знаний интеллектуальными системами. Основы теории и технологии. – М.: Наука, Физматлит, 1997. – 112 с.
14. Стативко, Р.У. Оценка показателя – «использование» нечетких информационных систем на основе нечеткой квалиметрии // Приборы и Системы. Управление, Контроль, Диагностика – Москва. – 2014. С. 18–23.
15. Бозм Б Характеристики качества программного обеспечения / Б. Бозм, Дж. Браун, Х. Каспар и др. – М.: Мир, 1981. – С. 17–24.
16. Липаев В.В. Качество программного обеспечения. – М.: Финансы и статистика, 1983. – С. 18–30.
17. Рутковский, Л. Методы и технологии искусственного интеллекта / Л. Рутковский. – М.: Горячая линия-Телеком, 2010. – 520 с.

18. Девятков В.В. Системы искусственного интеллекта: Учеб. пособие для вузов / В.В Девятков – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 352 с.

19. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. – [Электронный ресурс]. – <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/>

20. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 288 с.

21. Дюбуа Д Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике /Д. Дюбуа, Г. Прад – М.: Радио и связь, 1990. – 288 с.

Статья поступила в редакцию 03.05.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 004.383

МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ УЗЛОВ РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ

© 2018

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

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

Мартенс-Атюшев Дмитрий Сергеевич, аспирант кафедры «Вычислительные машины и системы»
Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: novoselich93@mail.ru)

Аннотация. В статье рассматривается возможность моделирования управляющих узлов на примере диспетчера задач реконфигурируемой вычислительной системы с помощью аппаратных средств на современной элементной базе. Целью статьи является проведение экспериментов по исследованию управляющих узлов реконфигурируемой вычислительной системы для цифровой обработки сигнала с помощью аппаратных средств. Объектом разработки и исследования данной статьи является устройство, состоящее из 4 реконфигурируемых процессоров, реализованных на FPGA. В статье предлагается структурная схема устройства и опытный образец реконфигурируемой системы. В заключении сделаны выводы по работе. Исследование принципов работы реконфигурируемой системы проводилось в САПР ModelSim-Altera 10.0c Starter Edition, что позволяет производить оценку правильности работы устройства без построения реальных макетов. Для проверки результатов, полученных на моделях, проведен натуральный эксперимент на лабораторном стенде, включающем в себя логический анализатор АКПП-9101 и опытный образец реконфигурируемой системы.

Ключевые слова: реконфигурируемая вычислительная система, высокопроизводительная система, моделирование, планировщик, диспетчер задач, аппаратная реализация, FPGA.

SIMULATION OF CONTROLLERS OF RECONFIGURATED COMPUTER SYSTEMS WITH HARDWARE

© 2018

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)*

Martens-Atyshev Dmitrii Sergeevich, postgraduate student of sub-department «Computers and systems»
Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin Street, 1a/11, e-mail: novoselich93@mail.ru)

Abstract. The article discusses the possibility of modeling control nodes on the example of task Manager reconfigurable computer system with the help of hardware on a modern element base. The goal of the article is to conduct experiments to study the control nodes of reconfigurable computing systems for digital signal processing using hardware. The object of research and development of this article is a device consisting of 4 reconfigurable processors implemented on FPGA. The article offers a block diagram of the device and a prototype of the reconfigurable system. In conclusion, the relevant conclusions on the work. Modeling of the reconfigurable system are carried out in CAD software ModelSim-Altera 10.0 c Starter Edition, which allows to evaluate the correct operation of the device without building real mock. To verify the results obtained on the models, a full-scale experiment was carried out at the laboratory stand, which includes a logical analyzer AKIP-9101 and a prototype of the reconfigurable system.

Keywords: reconfigurable computing system, high performance system, modeling, scheduler, task Manager, hardware implementation, FPGA.

Введение

Активное использование программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) типа FPGA позволило применять сложные алгоритмы, которые можно запрограммировать в микросхему. Сопряжение такого типа ПЛИС с современным процессором через высокоскоростную шину, например PCI Express, позволяет конфигурируемой логике действовать больше как сопроцессор, а не периферийное устройство. Это привело к реконфигурируемости в сфере высокопроизводительных вычислений.

Реконфигурируемые вычислительные системы (РВС), являющиеся перспективными разработками в области высокопроизводительных вычислений [1, 2, 3]. Чтобы получить необходимые функциональные зави-

симости характеристик в разрабатываемых и исследуемых системах от определенных параметров, необходимо применять абстрактные математические модели, основанные на языке математических отношений [4, 5]. В основном выбор структуры вычислительной системы базируется на исследовании потоков заявок (задач), поступающих на обработку в систему и выходящих из нее, длин очередей перед обслуживающими устройствами и длительностей времен ожидания обслуживания. Основными методами исследования в данной сфере являются имитационные, аналитические и экспериментальные. В данной статье рассмотрен экспериментальный метод.

Экспериментальные методы основываются на измерении показателей вычислительных процессов,

производимых в реальных системах и устройствах, обработке результатов измерения с целью определения значений, необходимых для исследований. Экспериментальные исследования предоставляют более точные данные, но при этом результаты, как правило, носят частный характер.

Теоретическая часть

В целом это исследовательская статья. При изучении предметной области были проанализированы литературные источники [6 – 10] в связи с поиском малоизученных и нерешенных проблем. Разумеется, определенные вопросы, связанные с моделированием управляющих узлов реконфигурируемой вычислительной системы с помощью аппаратных средств, не в полном объеме отражены в печатных работах, но все же частично эти вопросы рассмотрены и проанализированы в публикациях [11 – 13] и [14 – 16].

В работе решается ряд задач по исследованию созданного ранее [17, 18] опытного образца устройства и принципов его функционирования.

В данной статье РВС – это устройство, состоящее из 4 реконфигурируемых процессоров, реализованных на FPGA. На рисунке 1 представлена структурная схема описываемой РВС.

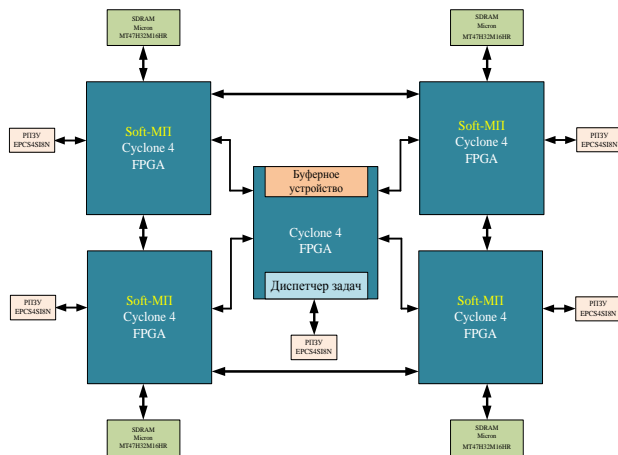


Рисунок 1 – Структурная схема РВС

На основе представленной структурной схемы создан опытный образец устройства (рисунок 2).

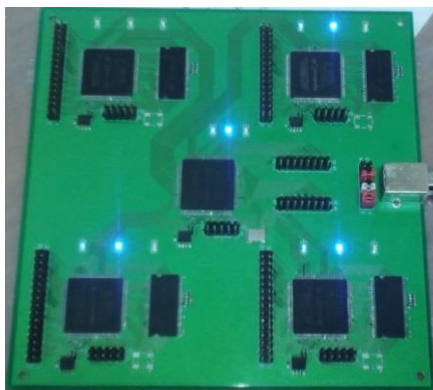


Рисунок 2 – Опытный образец устройства

Разрабатываемая РВС состоит из следующих компонентов:

5 FPGA Cyclone 4 EP4CE10E22I7N фирмы Intel FPGA, 4 FPGA используются для реализации soft-микропроцессорных ядер Nios II, одна FPGA выделена под блок управляющих узлов системы;

5 конфигурационных устройств для FPGA EP4CS4SI8N фирмы Intel FPGA, для хранения конфигурации каждой FPGA;

4 SDRAM MT48LC16M16A2 фирмы Micron, блоки ОЗУ по 64 МБ каждый.

При создании многопроцессорных (в том числе и реконфигурируемых) вычислительных системы (МПВС) инженеры-разработчики сталкиваются с основной проблемой, связанной с уменьшением временных потерь при осуществлении планирования процессов и потоков внутри системы. На уровне операционной системы (ОС) назначение процессов (потоков) по процессорным узлам выполняет функция диспетчеризации задач.

Являясь достаточно быстрой, программная реализация в пространстве пользователя имеет сложную структуру, т.к. для процедуры синхронизации необходимо 3 семафора (счетчика). Первый счетчик считает число мест, занятых готовыми к обработке процессами, второй – считает количество процессоров, находящихся в активном состоянии, третий – мьютекс для функции взаимного исключения, не допускающий одновременный доступ некоторых свободных процессоров к одной очереди, которая является общим ресурсом системы. Чтобы разрешить этот вопрос используют метод синхронизации в пространстве ядра, но повышенные временные затраты сильно уменьшают производительность МПВС [19].

Оптимальное решение вышеописанных проблем заключается в аппаратной реализации функции синхронизации процессов (в том числе подсистемы планирования и диспетчеризации задач), т.к. это снимает ответственность за выполнение данных функций с процессоров, что повышает производительность и надежность ОС.

Предложенный метод основан на том, что функция диспетчера задач (ДЗ) будет выполнена в виде независимого специализированного процессора в составе РВС [20].

Перейдем к рассмотрению возможной аппаратной реализации ДЗ. Структурная схема ДЗ представлена на рисунке 3. По ней разработан алгоритм функционирования ДЗ в САПР Quartus II, на языке VHDL. Согласно представленной структурной схеме ДЗ, в нее входят следующие блоки: блок управления очередью задач, блок FIFO, блок управления свободными процессорами, блок синхронизации.

Блок управления очередью задач принимает идентификаторы поступающих в систему задач. Определяет, имеется ли вакантное место в очереди задач, и в том случае, если свободное место есть, направляет идентификатор новой задачи в блок очереди FIFO. Также производится выборка идентификатора задачи из очереди для обработки в свободном процессоре.

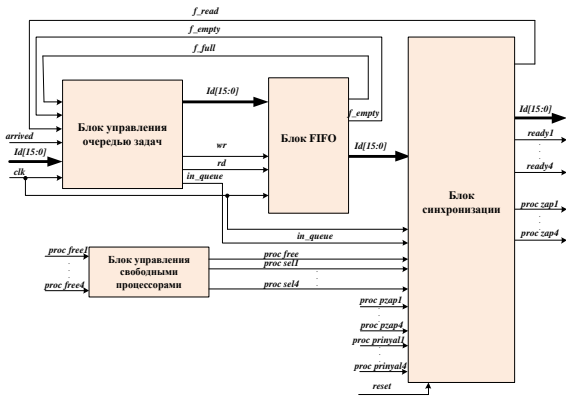


Рисунок 3 – Структурная схема диспетчера задач

Блок FIFO в соответствии с сигналом запроса от блока управления очередью размещает идентификатор новой задачи в конце списка или извлекает идентификатор (опознаватель) задачи из «головы» списка для направления его в процессор.

Блок синхронизации – основной блок в устройстве. Его работа заключается в анализе информации о том имеются ли ожидающие заявки в РВС, и имеются ли свободные ЦП, которые можно назначить для обслуживания этих заявок. Блок синхронизации способствует взаимодействию с любым ЦП в рассматриваемой РВС и отвечает за трансляцию идентификатора задачи не занятому ЦП, назначенному для обработки [4].

Для экспериментального исследования предлагаемого ДЗ созданы блоки имитации 4 ЦП и блок генератора задач. Моделирование проводилось с помощью программы ModelSim-Altera 10.0c Starter Edition. После компиляции была запущена симуляция проекта. По результатам проведения моделирования получены временные диаграммы (рисунок 4) работы РВС с ДЗ.

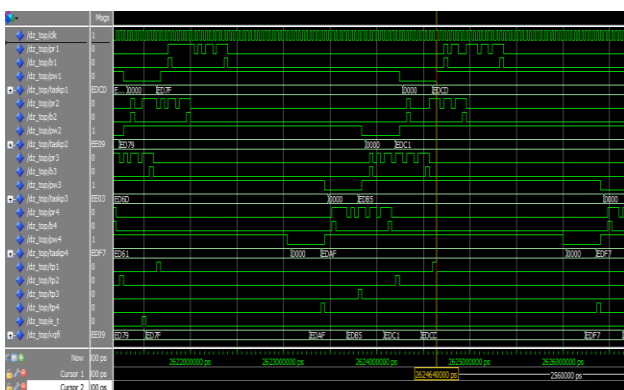


Рисунок 4 – Временные диаграммы работы РВС в программе ModelSim-Altera 10.0c Starter Edition

По полученным временным диаграммам видно, что первым для обслуживания текущей задачи назначен четвертый ЦП, следом назначается третий и т.д. К примеру, идентификатор задачи под номером EDAF принят на обслуживание четвертым ЦП (taskp4), после чего ЦП выставил сигнал о том, что задача встала на обработку (trp4). ЦП под номером 4 оказался занятым, поэтому следующий идентифика-

тор задачи EDB5 принят на обслуживание в третий ЦП. Подобно четвертому, он выставил сигнал (trp3) о том, что приступил к обслуживанию задачи.

Такой принцип назначения задач обусловлен схемой приоритетов от выполнения задач в системе, т.е. от четвертого ЦП к первому [17, 18].

Обычно результаты моделирования определенного алгоритма не всегда соответствуют результатам, полученным при его аппаратной реализации. Для верификации представляемого в работе алгоритма работы ДЗ и временных диаграмм, полученных в ModelSim-Altera 10.0c Starter Edition, проведен натурный эксперимент на основе лабораторного стенда, который включает в себя логический анализатор АКИП-9101 и опытный образец предлагаемой РВС (рисунок 5).



Рисунок 5 – Стенд для проведения натурального эксперимента

На рисунке 6 приведены временные диаграммы работы РВС, полученные в реальном режиме работы.

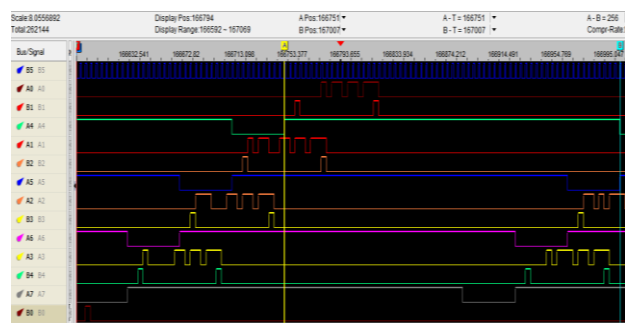


Рисунок 6 – Временные диаграммы работы РВС, полученные в реальном режиме работы

В таблице 1 представлены сопоставления и описания сигналов в программе ModelSim-Altera 10.0c Starter Edition и логического анализатора АКИП-9101. Ввиду того, что логический анализатор имеет шину разрядностью в 16 бит, для анализа выведены только основные сигналы: идентификатор задачи, представленный в последовательной форме, обозначение первого и последнего бита идентификатора, сигнал обработки задачи ЦП, начало нового потока задач и тактовый сигнал.

Таблица 1 – Сопоставления и описания сигналов в программе ModelSim-Altera 10.0c Starter Edition и логического анализатора АКИП-9101

Сигналы ModelSim-Altera 10.0c	Сигналы АКИП-9101	Назначение сигналов
clk	B5	Тактовый сигнал 50 МГц
pr1	A0	Идентификатор задачи ЦП1 в последовательном виде
b1	B1	Обозначение первого и последнего бита идентификатора ЦП1
pw1	A4	Сигнал обработки задачи ЦП1
taskp1	-	Идентификатор задачи ЦП1 в параллельном виде (шестнадцатеричный код)
pr2	A1	Идентификатор задачи ЦП2 в последовательном виде
b2	B2	Обозначение первого и последнего бита идентификатора ЦП2
pw2	A5	Сигнал обработки задачи ЦП2
taskp2	-	Идентификатор задачи ЦП2 в параллельном виде (шестнадцатеричный код)
pr3	A2	Идентификатор задачи ЦП3 в последовательном виде
b3	B3	Обозначение первого и последнего бита идентификатора ЦП3
pw3	A6	Сигнал обработки задачи ЦП3
taskp3	-	Идентификатор задачи ЦП3 в параллельном виде (шестнадцатеричный код)
pr4	A3	Идентификатор задачи ЦП4 в последовательном виде
b4	B4	Обозначение первого и последнего бита идентификатора ЦП4
pw4	A7	Сигнал обработки задачи ЦП4
taskp4	-	Идентификатор задачи ЦП4 в параллельном виде (шестнадцатеричный код)
e_t	B0	Начало нового потока задач
vqfi	-	Поток задач, поступающий в ДЗ для распределения на ЦП

По результатам проведенного эксперимента, с помощью стенда, можно сделать вывод, что алгоритм работы ДЗ полностью соответствует его модели в среде ModelSim-Altera 10.0c Starter Edition, это видно из временных диаграмм выполнения работы процессора (сигнал pw1, сигнал A4 на рисунках 4 и 6 соответственно) который составляет 256 тактовых отсчетов или 2560 нс.

Выводы

Аппаратная реализация ДЗ полностью снимает проблему временных потерь в период распределения и синхронизации процессов в рассматриваемой РВС. На основании осуществленного эксперимента получено, что ДЗ вполне способен принимать и назначать на обслуживающие все поступающие в систему задачи. Он никоим образом не перегружается и способен обрабатывать более интенсивный поток входящих требований на обработку.

Областью применения полученных в статье результатов являются вычислительные системы, где важно повышение производительности и эффективности (медицина – обработка графической информации (рентген, УЗИ, МРТ и др.), геоинформационные системы – оцифровка и обработка карт, специализированные охранные системы – интеллектуальные охранные системы).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Каляев И.А. Реконфигурируемые вычислительные системы на основе ПЛИС семейства VIRTEX-6 / И.А. Каляев, И.И. Левин, Е.А. Семерников, А.И. Дордопуло // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2011. – Т. 15. – № 5 (45). – С. 148–154.
2. Левин И.И. Высокопроизводительные реконфигурируемые вычислительные системы на основе ПЛИС VIRTEX-7 / И.И. Левин, А.И. Дордопуло, И.А. Каляев, В.А. Гудков // Параллельные вычислительные технологии (ПАВТ'2014): труды Международной научной конференции, 2014. – С. 131–139.
3. Мартышкин А.И. Обзор современных отечественных реконфигурируемых вычислительных систем / А.И. Мартышкин, Д.С. Мартенс-Атюшев // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: Сборник статей XV Всероссийской научно-технической конференции. 2017. – С. 65–69.
4. Майоров С.А. Основы теории вычислительных систем: учеб. пособие / С. А. Майоров, Г. И. Новиков, Т. И. Алиев, Э.И. Махарев, Б.Д. Тимченко. Под ред. С. А. Майорова. – М.: Высш. шк., 1978. – 408 с.
5. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
6. Таненбаум Э., Бос Х. Современные операционные системы. – СПб.: Питер, 2015. – 1120 с.
7. Румянцев А. С. Организация и инструментальные средства реконфигурируемых вычислительных систем // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. – № 4. С. 79–84.
8. Платунов А. Е. Встраиваемые системы управления // Control Engineering Россия. 2013. – Т. 43. – № 1. – С. 16-24
9. Jozwiak L, Nedjah N. Modern architectures for embedded reconfigurable systems – A survey // J. of Circuits, Systems, and Computers. 2009. Vol. 18, N 2. PP. 209–254.
10. Jozwiak L, Nedjah N., Figueroa M. Modern development methods and tools for embedded reconfigurable systems: A survey // Integration, the VLSI J. 2010. Vol. 43, №1. PP. 1–33.
11. Мартенс-Атюшев Д.С. Разработка и исследование реконфигурируемой системы для цифровой обработки сигнала / Д.С. Мартенс-Атюшев, А.И. Мартышкин // Международный студенческий научный вестник. 2016. – № 3-1. – С. 86–88.
12. Мартышкин А.И. Разработка подсистемы планирования и назначения задач реконфигурируемой вычислительной системы для цифровой обработки сигнала / А.И. Мартышкин, Д.С. Мартенс-Атюшев // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: сборник статей XIV Всероссийской

ской научно-технической конференции. Под редакцией И.И. Сальникова. 2016. – С. 115–119.

13. Мартышкин А.И. Математическое моделирование и расчет вероятностно-временных характеристик подсистемы планирования и назначения задач реконфигурируемой вычислительной системы для цифровой обработки сигнала / А.И. Мартышкин, Д.С. Мартенс-Атюшев // Современные технологии в науке и образовании - СТНО-2017: сборник трудов II Международной научно-технической и научно-методической конференции: в 8 т.. Рязанский государственный радиотехнический университет. 2017. – С. 210–215.

14. Мартенс-Атюшев Д.С. Разработка и исследование модуля подсистемы диспетчеризации задач реконфигурируемой вычислительной системы для цифровой обработки сигнала / Д.С. Мартенс-Атюшев, А.И. Мартышкин // Международный студенческий научный вестник. 2017. – № 4-9. – С. 1411–1414.

15. Мартышкин А.И. К вопросу построения реконфигурируемой вычислительной системы на базе ПЛИС для цифровой обработки сигнала / А.И. Мартышкин, Д.С. Мартенс-Атюшев, Е.И. Маркин // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта. 2017. – № 4. – С. 433–439.

16. Мартенс-Атюшев Д.С. Разработка и исследование подсистемы диспетчеризации задач реконфигурируемой вычислительной системы для цифровой обработки сигнала // Информационные технологии в экономических и технических задачах: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. 2016. – С. 247–250.

17. Мартышкин А.И. Реализация опытного образца реконфигурируемой вычислительной системы для цифровой обработки сигнала на базе программируемых логических интегральных схем // Новые информационные технологии и системы: сборник научных статей XIV Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры «Вычислительная техника» и 30-летию кафедры «Системы автоматизированного проектирования». Пенза, 2017. – С. 243–246.

18. Мартенс-Атюшев Д.С. Эксперимент по исследованию подсистемы планирования реконфигурируемой вычислительной системы для цифровой обработки сигнала / Д.С. Мартенс-Атюшев, А.И. Мартышкин // Международный студенческий научный вестник. 2017. – № 4-9. – С. 1408–1410.

19. Бикташев Р.А. Князьков, В.С. Многопроцессорные системы. Архитектура, топология, анализ производительности. Учебное пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 107 с.

20. Мартышкин А.И. Математическое моделирование диспетчеров задач в многопроцессорных вычислительных системах на основе стохастических сетей массового обслуживания: автореферат дис... кандидата технических наук: 05.13.18 / Мартышкин Алексей Иванович; Пензенский государственный технологический университет. Пенза, 2013. – 23 с.

Статья поступила в редакцию 21.05.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 535.33/34

КИБЕРНЕТИЧЕСКАЯ ТРАКТОВКА УРАВНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ

© 2018

Еремин Илья Евгеньевич, доктор технических наук,
профессор кафедры информационных и управляющих систем
Амурский государственный университет
(675027, Россия, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 21, e-mail: marinecops@mail.ru)

Еремина Виктория Владимировна, кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры информационных и управляющих систем
Амурский государственный университет
(675027, Россия, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 21, e-mail: marinecops@mail.ru)

Подолько Евгения Александровна, кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры высшей математики
Дальневосточный государственный аграрный университет
(675000, Россия, г. Благовещенск, улица Политехническая, 86, e-mail: evgpodolko@mail.ru)

Аннотация. Все большую популярность для решения задач приобретает возможность применения весьма практичных математических методов теории управления, естественное слияние которых с трактовками, общепринятыми в традиционной физике, лежит в основе нового научного направления, условно называемого «кибернетической физикой». При этом главное отличие кибернетического способа описания характеристик физических систем заключается в том, что для построения управленческих моделей всегда реализуется основной принцип системного подхода, заключающийся в осуществлении последовательного перехода от общего к частному, в рамках которого исследуемый объект виртуально выделяется из окружающей его среды. Кроме того, при кибернетическом описании любой изучаемой системы в обязательном порядке выявляются все входы и выходы, имеющие место, как для всей системы в целом, так и для ее каждого структурного элемента.

В статье рассматривается объективная причина, вызывающая негативные вычислительные свойства классического уравнения относительной диэлектрической проницаемости Клаузиуса–Моссотти. Показано, что так называемая «катастрофа Моссотти» может быть целиком и полностью устранена методами технической кибернетики за счет уточнения математического описания причинно-следственных связей между электрическими полями, существующими в рамках модели локального поля Лорентца. Представлены результаты имитационного моделирования непрерывных частотных спектров диэлектрических свойств ионного кристалла, подтверждающие данные обстоятельства.

Ключевые слова: диэлектрические свойства, рассогласование полей, обратная связь, передаточная функция, структурная схема, кибернетическая модель диэлектрической проницаемости, упругая электронная поляризация, техническая кибернетика.

CYBERNETIC TREATMENT OF THE COMPLEX DIELECTRIC CONSTANT EQUATION

© 2018

Eremin Ilya Evgenievich, doctor of engineering sciences, professor of department of the informative and managing systems of faculty of mathematics and informatics
Amur State University

(675027, Russia, Blagoveshchensk, Ignatevskoe highway, 21, e-mail: marinecops@mail.ru)

Eremina Victoria Vladimirovna, candidate of sciences, associate professor of department of the informative and managing systems of faculty of mathematics and informatics
Amur State University

(675027, Russia, Blagoveshchensk, Ignatevskoe highway, 21, e-mail: marinecops@mail.ru)

Podolko Eugenia Aleksandrovna, candidate of sciences, associate professor of department of higher mathematics
Far-Eastern State Agrarian University

(675000, Russia, Blagoveshchensk, Polytechnic Street, 86, e-mail: evgpodolko@mail.ru)

Abstract. The possibility of applying very practical mathematical methods of control theory, whose natural confluence with conventional treatments accepted in traditional Physics, forms a new scientific area called «Cybernetic Physics», is gaining popularity. The main difference of cybernetic method of physical systems characteristic description is based on the principle that the construction of control models always requires the main aspect of systematic approach realizing in the form of sequential transition from the general to the particular, within the framework of which the object under study is virtually allocated from its environment. In addition, in the cybernetic description of any system under study, all inputs and outputs that take place both for the entire system as a whole and for each of its structural elements, are necessarily identified.

The article covers the objective reason causing the negative computational characteristics of the classic Clausius-Mossotti relative dielectric constant equation. It is shown that the so-called "Mossotti catastrophe" can be completely eliminated by the methods of technical cybernetics by clarifying the mathematical description of cause-effect relationships between electric

fields existing within the framework of the Lorentz local field model. The results of simulation of continuous frequency spectra of the dielectric properties of an ionic crystal are presented, which confirm these circumstances.

Keywords: dielectric properties, misalignment of fields, feedback, transmission function, structural scheme, cybernetic model of dielectric constant equation, elastic electronic polarization, technical cybernetics.

Частотные спектры показателей преломления и поглощения электромагнитного поля света относятся к фундаментальным свойствам вещества, изучение которых дает возможность объективно судить об особенностях его молекулярной структуры. Отметим, что в качестве основной концептуальной модели, связывающей индукционные поляризуемости микрочастиц конденсированного образца – α_i , с макровеличиной его относительной диэлектрической проницаемости – ϵ , которая в итоге и обуславливает спектральные оптические характеристики того или иного материала, обычно выступает классическое уравнение Клаузиуса-Моссотти:

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} = \frac{1}{3\epsilon_0} \sum_{i=1}^K \alpha_i N_i, \quad (1)$$

где ϵ_0 – электрическая постоянная; N_i – концентрации частиц каждой разновидности.

Однако известно, что данная формула, относительно приемлемая при анализе слабо поляризуемых сред, оказывается полностью не пригодной для исследования активных диэлектриков. В свою очередь, современное видение возможности выхода из сложившейся ситуации заключается в необходимости поиска субъективных поправок, так или иначе вводимых в уравнение (1) для теоретического учета поляризованного состояния частиц, заполняющих континуальную сферу Лоренца [1].

Первым по результативности подходом к такому решению означенной проблемы считается молекулярно-статистический метод, предложенный Дж. Кирквудом и Дж. Ивоном, а затем доработанный М. Манделом и П. Мазуром. Его идея основана на использовании тензоров диполь-дипольного взаимодействия, определяемых на базе разложения в ряд Тейлора и описывающих напряженность поля в каждой конкретной точке поляризованного образца. При этом базовое уравнение (1) принимает вид:

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} = \frac{\alpha N}{3\epsilon_0} \left(1 + \frac{8\pi\alpha^2 N}{3d^3} - \frac{5\pi^2\alpha^2 N^2}{3} + \dots \right), \quad (2)$$

где d – диаметр однотипных сферических молекул; N – их объемная концентрация.

Вторая по результативности группа классических методов, основанных на термодинамическом подходе П. Дебая, базируется на субъективном вводе в описание механизма формирования поля Лоренца добавочной напряженности, обусловленной поляризацией ближайшего окружения локализованной молекулы. При этом, принимая во внимание упрощение, необходимое для синтеза конечного решения и сводящее компонентный состав любого образца к наличию в нем молекул только одного вида, имеет место соответствующая вариация базового уравнения (1):

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} = \frac{N}{3\epsilon_0} \left(\alpha + \frac{\mu_0^2}{3kT} R \left(\frac{\mu_0 F}{kT} \right) \right), \quad (3)$$

где μ_0 – собственный дипольный момент молекулы; kT – тепловая энергия молекул; $R(\mu_0 F/kT)$ – редуцированный фактор, описываемый с помощью функции Ланжевена.

Резюмируя проведенный обзор фундаментальных источников, можно уверенно констатировать, что общепринятые в настоящее время способы расширения области практического применения уравнения Клаузиуса-Моссотти сводятся к генерации его прикладных уникальных модификаций, обеспечивающих более или менее эффективное описание диэлектрических свойств конкретного образца. При этом каждая из них обладает одной из двух основных форм их следующей типизированной записи:

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} = \frac{1}{3\epsilon_0} \sum_{i=1}^K (1 + P_i) \alpha_i N_i; \quad (4)$$

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} = \frac{1}{3\epsilon_0} \sum_{i=1}^K (\alpha_i + P_i) N_i,$$

где P_i – субъективные числовые поправки, как правило, обуславливаемые физической плотностью исследуемого образца.

В свою очередь, общий анализ вычислительных свойств формул (4) показывает, что если величины поправочных коэффициентов оказываются меньше минус единицы, то данные выражения нивелируют возможность проявления «катастрофы Моссотти», т.к. позволяют рассчитывать положительные значения диэлектрической проницаемости образца. В противном же случае, любая из функций типа (4) претерпевает неизбежный разрыв второго рода при выполнении условия равенства общей поляризованности материала величине, эквивалентной трем электрическим постоянным [2].

С другой стороны, альтернативное решение рассматриваемой проблемы может быть реализовано посредством интеграции базовых положений классической теории поляризации с методами теории управления, осуществляемой с целью эффективного теоретического описания спектральных свойств любой диэлектрической системы, выявляемых за счет выделения объективно существующих в ней обратных связей.

Например, авторами было показано, что исходная математическая модель общей совокупности процессов упругой электронной поляризации кристаллического образца, формируемая в рамках трактовки напряженности локального поля Лоренца, использующей базовое приближение Моссотти, может быть представлена системой дифференциальных уравнений, оказывающихся типичным описанием замкнутой линейной системы управления с отрицательной обратной связью. Следовательно, для ее непрерывного комплексного преобразования целесообразно использовать аппарат передаточных функций, непосредственная реализация которого приво-

дит к выводу «кибернетической модели» диэлектрической проницаемости следующего вида:

$$\varepsilon = 1 + \frac{2}{3\varepsilon_0} \sum_{i=1}^K \alpha_i N_i. \quad (5)$$

Кроме того, при рассмотрении динамических свойств диэлектрических сред, например процессов их упругой электронной поляризации в рамках классической теории используется уравнение вынужденных электромагнитных колебаний линейного гармонического осциллятора, общее решение которого в комплексной области дает возможность выразить комплексные поляризуемости частиц $\alpha(j\omega)$ как:

$$\alpha_k(j\omega) = \frac{q_k e^2 / m_e}{\omega_{0k}^2 - \omega^2 + j2\beta_k \omega}, k = \overline{1, K};$$

$$\omega_{0k}^2 = \frac{Q_k e^2}{4\pi\varepsilon_0 m_e r_k^3}; 2\beta_k = \frac{\mu_0 q_k e^2 \omega_{0k}^2}{6\pi c m_e}, \quad (6)$$

где e и m_e – заряд и масса электрона; q_k – числа оптических электронов для частиц каждой разновидности; ω_{0k} и β_k – частоты собственных колебаний оптических оболочек и коэффициенты их затухания; Q_k – эффективные заряды атомных остатков; r_k – ионные радиусы; μ_0 – магнитная постоянная; c – скорость света в вакууме.

В свою очередь, непосредственная подстановка динамических выражений типа (6) в статические формулы вида (1) или (5) обеспечивает традиционный переход к их соответствующим комплексным аналогам, формализующим теоретическое описание частотных спектров комплексной диэлектрической проницаемости:

$$\varepsilon(j\omega) = 1 + \frac{\frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{i=1}^K \alpha_i(j\omega) N_i}{1 - \frac{1}{3\varepsilon_0} \sum_{i=1}^K \alpha_i(j\omega) N_i}; \quad (7)$$

$$\varepsilon(j\omega) = 1 + \frac{2}{3\varepsilon_0} \sum_{i=1}^K \alpha_i(j\omega) N_i. \quad (8)$$

Для демонстрации вычислительных особенностей рассматриваемых уравнений комплексной диэлектрической проницаемости кристаллического образца, обладающего решеткой высокой сингонии, т.е. целиком и полностью подходящего для корректного применения приближения Моссотти, был реализован вычислительный эксперимент. Его суть заключалась в непрерывно-детерминированном моделировании вещественной частотной характеристики $\varepsilon_{Re}(\omega)$ кристалла оксида магния (периклаза) и проверке адекватности вытекающих спектров путем их сравнения с данными соответствующих физических измерений [3]. При этом использовались следующие исходные данные:

$$Q_{Mg^{2+}} = 7,85; \quad r_{Mg^{2+}} = 0,65 \cdot 10^{-10} \text{ м};$$

$$Q_{O^{2-}} = 3,85; \quad r_{O^{2-}} = 1,41 \cdot 10^{-10} \text{ м}; \quad (9)$$

$$N_{Mg^{2+}} = N_{O^{2-}} = \frac{\rho_{MgO}}{(m_{Mg} + m_O) a e m},$$

здесь $Q_{Mg^{2+}}$ и $Q_{O^{2-}}$ – эффективные заряды атомных остатков, рассчитанные по типовой методике Слейтера [1]; $r_{Mg^{2+}}$ и $r_{O^{2-}}$ – ионные радиусы магния и кислорода, взятые по таблице Полинга; ρ_{MgO} – физическая плотность периклаза, равная 3580 кг/м^3 ; m_{Mg} и m_O – атомные массы магния и кислорода; aem – величина атомной единицы массы.

Результаты теоретических расчетов рассматриваемой спектральной зависимости, проведенных на базе соотношений (6) и (9) по формуле Клаузиуса-Моссотти вида (7), изображены на рисунке 1, а). Объективный анализ представленных графиков позволяет отметить фактическое проявление «катастрофы Моссотти», выраженное в генерации отрицательных (физически неприемлемых) значений вещественной части комплексной диэлектрической проницаемости исследуемого образца, наблюдаемых в частотной области полного установления его упругой электронной поляризации. В свою очередь, моделирование аналогичного электронного спектра, выполняемое на базе тех же самых классических соотношений (6) и (9), но только с помощью «кибернетической модели» диэлектрической проницаемости (8), дает вполне адекватные результаты (рисунок 1, б).

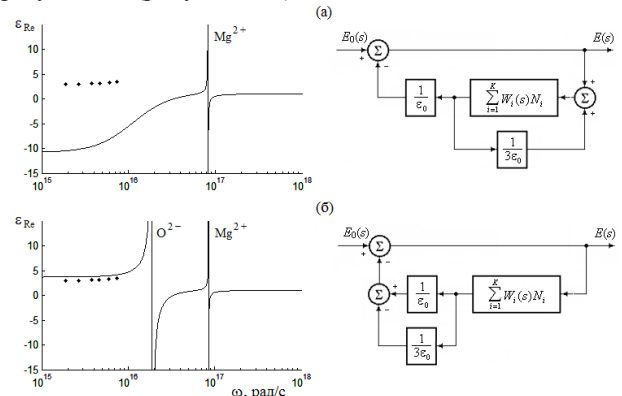


Рисунок 1 – Слева – результаты расчетов непрерывных электронных характеристик (диэлектрических спектров) периклаза, полученные с помощью различных выражений комплексной диэлектрической проницаемости для одних и тех же исходных данных: (а) – уравнение Клаузиуса–Моссотти; (б) – кибернетическая модель. Точечные массивы отображают литературные данные физических измерений. Справа – структурно-логические схемы, эквивалентные используемым уравнениям комплексной диэлектрической проницаемости.

Таким образом, учитывая использование в рамках общего вывода уравнения (8) базовой трактовки механизма формирования локального поля Лорентца, имеет место констатация факта исключения возможности проявления катастрофы Моссотти при рассмотрении любых диэлектрических материалов. Следовательно, кибернетическая трактовка зависимости $\varepsilon(j\omega)$ элиминирует основной вычислительный недостаток форму-

лы Клаузиуса-Моссотти вида (1), напрямую обусловленный ее структурой.

Попытаемся выявить настоящую причину «катастрофы Моссотти», используя метод структурных схем и их эквивалентных преобразований [4]. Для решения этой задачи сначала эквивалентно выразим уравнение (7) через изображения Лапласа:

$$\varepsilon(s) = \frac{E_0(s)}{E(s)} = 1 + \frac{\frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{i=1}^K \alpha_i(s) N_i}{1 - \frac{1}{3\varepsilon_0} \sum_{i=1}^K \alpha_i(s) N_i}; \quad (10)$$

$$\alpha_k(s) = \frac{q_k^2/m_k}{s^2 + 2\beta_k s + \omega_{0k}^2}, k = \overline{1, K}.$$

Необходимо отметить, что общепринятая функция комплексной диэлектрической проницаемости представляет собой знаменатель некоторой передаточной функции, описывающей рассогласование полей в диэлектрике, числитель которой всегда будет равным единице. Поэтому комплексному уравнению Клаузиуса-Моссотти может быть, вполне обосновано, поставлена в соответствие вторая типовая форма записи:

$$W_\varepsilon(s) = \frac{E(s)}{E_0(s)} = \frac{1}{1 + \frac{\frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{i=1}^K W_i(s) N_i}{1 - \frac{1}{3\varepsilon_0} \sum_{i=1}^K W_i(s) N_i}}; \quad (11)$$

$$W_k(s) = \frac{q_k^2/m_k}{s^2 + 2\beta_k s + \omega_{0k}^2}, k = \overline{1, K},$$

где $W_\varepsilon(s)$ – передаточная функция по рассогласованию общего выхода и входа системы, (напряженностей внешнего и внутреннего полей); $W_k(s)$ – передаточные функции, характеризующие динамику структурных элементов системы (поляризуемость отдельных разновидностей частиц образца).

Теперь, используя известную методику синтеза структурно-логических схем, на основании выражений (11) становится возможным получение аналогичного им наглядного описания общей картины процессов поляризации диэлектрика (рисунок 1, а), эквивалентного комплексному уравнению вида (7). Из данной схемы становится очевидным, что локальная составляющая эффективного поля, введенная Лорентцем, оказывается включенной в обратный канал общей отрицательной обратной связи системы. С другой стороны, этот же элемент входит и в собственную положительную обратную связь с суммарной поляризованностью образца. При этом известно, что наличие положительной обратной связи делает систему неустойчивой.

В свою очередь, структурная схема, построенная аналогичным образом на основании кибернетической модели комплексной диэлектрической проницаемости, включает в себя те же самые базовые блоки (рисунок 1, б). Однако в ее рамках локальное поле Лорентца оказывается лишь дополнительным элементом, не оказывающим кардинального влияния на общую

конфигурацию обратного канала основной отрицательной обратной связи исследуемой физической системы с высокой степенью устойчивости. Кроме того, вторая структурная схема точнее соответствует принципу суперпозиции полей, изначально заявленному Лорентцем, т.к. в ее рамках воздействия среднего макроскопического и локального полей оказываются параллельными.

Таким образом, можно прийти к выводу, что истинной причиной «катастрофы Моссотти» оказывается не предложенное им приближение, якобы подходящее только для кристаллов высокой сингонии, а формальное искажение причинно-следственных связей между составляющими эффективного поля, объективно возникшее в результате индуктивной процедуры общего теоретического вывода классической формулы диэлектрической проницаемости Клаузиуса-Моссотти.

В заключение отметим, что последние полтора десятка лет кибернетическая трактовка комплексной диэлектрической проницаемости вида (8) достаточно успешно используется для эффективного математического моделирования непрерывных диэлектрических спектров, а также имитационных визуализаций соответствующих им электронно-атомных структур, как кристаллических, так и жидких веществ [5-20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Потапов А.А. Деформационная поляризация: Поиск оптимальных моделей. Новосибирск: Наука, 2004. 511 с.
2. Еремин И.Е., Еремина В.В., Ланина С.Ю. Устранение катастрофы Моссотти с позиций системного подхода // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. 2010. № 2. С. 284–297.
3. Lide D.R. Handbook of Chemistry and Physics: 9th Edition. Boca Raton, FL: CRC Press, 2009. 2692 p.
4. Смит Д.М. Математическое и цифровое моделирование для инженеров и исследователей / Пер. с англ. М.: Машиностроение, 1980. 271 с.
5. Еремина В.В., Костюков Н.С., Тюрина С.Ю. Моделирование оптического спектра воды в области упругих видов поляризации // Информатика и системы управления. 2003. № 2(6). С. 9–14.
6. Еремина В.В., Костюков Н.С., Тюрина С.Ю. Моделирование оптического спектра воды в области упругой ионной поляризации // Информатика и системы управления. 2004. № 2(8). С. 32–36.
7. Еремина В.В. Имитационные модели релаксационной поляризации воды. I // Информатика и системы управления. 2008. № 1(15). С. 38–45.
8. Еремин И.Е., Еремина В.В., Костюков Н.С. Моделирование электронно-атомной структуры конденсированных диэлектриков. Благовещенск: АмГУ, 2006. 100 с.
9. Еремин И.Е. Кибернетическая теория поляризации щелочно-галоидных кристаллов. II // Информатика и системы управления. 2009. № 2(20). С. 50–59.
10. Еремин И.Е. Кибернетическая теория поляризации щелочно-галоидных кристаллов. III // Информа-

тика и системы управления. 2009. № 3(21). С. 20–26.

11. Еремина В.В., Уляхина Д.А. Имитационное моделирование электронного строения трехмерных многомолекулярных кластеров воды // Информатика и системы управления. 2010. № 3(25). С. 57–60.

12. Еремина В.В., Уляхина Д.А. Имитационное моделирование структуры пятимолекулярных конгломератов воды // Информатика и системы управления. 2010. № 4(26). С. 43–49.

13. Еремин И.Е., Сычева М.П. Альтернативный способ визуализации электронной структуры ионного кристалла // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2010. № 3(18). С. 73–80.

14. Жилиндина О.В., Еремин И.Е. Моделирование упругой электронной поляризации кордиеритовой керамики Л-24 // Стекло и керамика. 2012. № 7. С. 30–32.

15. Еремин И.Е., Еремина В.В., Костюков Н.С., Моисеенко В.Г. Упругая электронная поляризация конденсированных диэлектриков // Доклады Академии наук. – 2010. – Т. 432, № 5. – С. 612–615.

16. Еремин И.Е. Кибернетическое моделирование поляризации кристаллов в слабых электромагнитных полях // Информатика и системы управления. – 2011. – № 2(28). – С. 117–125.

17. Костюков Н. С., Еремина В. В., Тюрина С. Ю. Построение оптимальной модели процесса упругой электронной поляризации воды // Перспективные материалы. – 2006. – №6. – С. 27–34.

18. Еремин И.Е., Жилиндина О.В., Бартошин А.С. Моделирование упругой электронной поляризации фианита. Стекло и керамика. – 2013. – №9. – С. 22–23.

19. Костюков Н. С., Еремин И. Е. Кибернетическая модель процесса упругой электронной поляризации диэлектрика. Электричество. – 2004. – №1. – С. 50–54.

20. Костюков Н. С., Еремин И. Е. 2008. Моделирование диэлектрического спектра кварца в области установления процессов электронной поляризации. Известия высших учебных заведений. Физика. – 2008. – №11. – С. 32–39.

Статья поступила в редакцию 20.04.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 519.216

ОЦЕНКА АЛЬТЕРНАТИВ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПЕРЕХОДА

© 2018

Шорникова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Математика»

Пензенский государственный технологический университет

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

Гусынина Юлия Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Математика»

Пензенский государственный технологический университет

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

Аннотация: Фундаментальная научная проблема, решение которой рассматривается в статье, – построение стохастических моделей с использованием случайных процессов на основе выбора различных альтернатив. В статье рассчитан средний доход периодов, определяемый исходным состоянием и исходной фазой. Для асимптотических величин ожидаемого дохода, не зависящих от числа шагов, получена система уравнений, содержащая произведение матриц в рамках одного цикла. При выборе оптимальных альтернатив учтено, что система определяется несколькими векторами альтернатив для всех фаз развития. Первая альтернатива выбирается с учётом текущих доходов, а последующие с помощью чередования всех фаз с учётом принципа оптимальности. Решение задачи с помощью данного подхода дает оптимальное решение в случае стохастических процессов.

Ключевые слова: оценка альтернатив, вероятности перехода, средний доход, периодический доход, ожидаемый доход, асимптотические величины, дисконтирование, матрица альтернатив, критерий оптимальности.

ESTIMATION OF ALTERNATIVES AT PERIODIC CHANGES OF TRANSITION PROBABILITIES

© 2018

Shornikova Tatyana Aleksandrovna, candidate of engineering sciences, associate professor of department of "Mathematician"

Penza State Technological University

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

Gusynina Yulia Sergeevna, candidate of engineering sciences, associate professor of department of "Mathematician"

Penza State Technological University

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

Abstract: A fundamental scientific problem the decision of that is examined in the article is a construction of stochastic models with the use of casual processes on the basis of choice of different alternatives. The middle acuests of periods, determined by the initial state and initial phase, is expected in the article. For the asymptotic sizes of the expected acuests, not depending on a number steps, the system of equalizations, containing work of matrices within the framework of one cycle, is got. It is taken into account at the choice of optimal alternatives, then the system is determined by a few vectors of alternatives for all phases of development. The first alternative gets out taking into account running yields, and subsequent by means of alternation of all phases taking into account principle of optimality. The decision of task by means of this approach gives an optimal decision in case of stochastic processes.

Keywords: estimation of alternatives, transition probabilities, middle acuests, periodic acuests, expected acuests, asymptotic sizes, discounting, matrix of alternatives, criterion of optimality.

Постановка проблемы в общем виде и её связь с важными научными и практическими задачами. Основная научная проблема, решение которой рассматривается в статье, – построение стохастических моделей с использованием случайных процессов на основе выбора различных альтернатив. Данная проблема связана со многими научными и практическими задачами, в частности, в статье описывается применение стохастических процессов в социально-экономических явлениях.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых рассматривались аспекты этой проблемы и на которых основывается автор; выделение неразрешённых раньше частей общей проблемы. Авторами статьи ранее рассматривалось эта задача в случае простого типа процесса решения с альтернативами. Описывалась последовательная оценка альтернатив с помощью относительных асимптотических величин среднего дохода. Изучались специальные случаи оценки альтернатив: последовательная оценка альтернатив в нерегулярных процессах. Однако оценка альтернатив при периодических изменениях вероят-

ностей перехода ранее рассмотрена не была. Она отличается от предшествующих ситуаций более сложными расчётами при формулировке системы уравнений для определения дохода и многократным использованием оптимизационного критерия.

Формирование целей статьи (постановка задания). Основная цель исследования – расчёт ожидаемого дохода с использованием стохастического моделирования в случае периодических изменениях вероятностей перехода.

Изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов. Нередки случаи, когда характер переходов изменяется по прошествии некоторого периода, но потом, спустя определенное время, можно снова возвращаться к исходной ситуации. Речь идет о своего рода «сезонности» в системе переходных вероятностей, а следовательно, и в системе соответствующих оценок. При решении данной проблемы нужно учитывать, что при анализе системы с дисконтированием ожидаемый доход уже не зависит от числа периодов, в течение которых

протекает процесс, а зависит лишь от чередования фаз (периодов, отрезков времени) [1-2, 21].

Процесс с периодическими изменениями матрицы переходных вероятностей (и оценок) описывается, таким образом, матрицами

$$P(k) = [p_{ij}(k)]; \quad R(k) = [r_{ij}(k)],$$

где i, j соответствуют отдельным состояниям ($i, j = 1, 2, \dots, N$), а k соответствует периодически повторяющимся через M шагов фазам [3-4].

Каждый доход определяется по формуле

$$q_i(k) = \sum_{j=1}^N p_{ij}^{(k)} r_{ij}^{(k)},$$

а средний доход следующих n периодов, определяемый исходным состоянием i и исходной фазой k , вычисляется по формуле [5]

$$v(n; k) = q(1) + \sum_{t=1}^{M-1} \beta^t \left\{ \prod_{i=0}^{t-1} P(k+1) \right\} q(k+t) + \beta^M \left\{ \prod_{i=0}^{M-1} P(k+i) \right\} v(n-M; k+M). \quad (1)$$

где совершается переход от фазы $k+1$ к фазе k . В матричной форме это записывается следующим образом [6]:

$$v(n; k) = q(k) + \beta P(k) v(n-1; k+1),$$

а если к концу процесса прошло $n-1$ периодов, то будем иметь [7]:

$$v(n-1; k+1) = q(k+1) + \beta P(k+1) v(n-2; k+2).$$

Последовательной подстановкой $v(n-1; k+1)$ из второго уравнения в первое, $v(n-2; k+2)$ из третьего уравнения во второе и т.д. получим [8]:

$$v(n; k) = q(1) + \sum_{t=1}^{M-1} \beta^t \left\{ \prod_{i=0}^{t-1} P(k+1) \right\} q(k+t) + \beta^M \left\{ \prod_{i=0}^{M-1} P(k+i) \right\} v(n-M; k+M).$$

Первые два члена в правой части уравнения представляют собой своего рода «текущий» доход одного периода $w(k)$; если вместо произведения $\prod_{i=0}^{t-1} P(k+1)$ писать выражения $P(k; t)$ и если учесть, что периодическая система имеет периодический доход, т.е. что $v(n, k) = v(n; k+M)$, то ожидаемый доход можно определить по формуле [9]

$$v(n; k) = w(k) + \beta^M P(k; M) v(n-M; k). \quad (2)$$

Если записать $n = rM + l$ (т.е. как r , кратное периодом M с остатком), то

$$v(rM + l; k) = w(k) + \beta^M P(k; M) v((r-1)M + l; k). \quad (3)$$

Это уравнение можно написать для $r=1$, затем для $r=2$, подставив выражение для $r=1$, и т.д. [10] Легко видеть, что

$$v(rM + 1; k) = \sum_{i=0}^{r-1} [\beta^M P(k; M)]^i w(k) + [\beta^M P(k; M)]^r v(1; k). \quad (4)$$

При $r \rightarrow \infty$ второй член сходится к нулю, а первый представляет собой последовательность членов, определяющих матрицу [11]

$$[I - \beta^M P(1; M)]^{-1}.$$

Следовательно, можно записать,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} v(n; k) = v(k) = [I - \beta^M P(k; M)]^{-1} w(k), \quad (5)$$

или в неявной форме

$$v(k) = w(k) + \beta^M P(k; M) v(k). \quad (6)$$

Следовательно, для асимптотических величин ожидаемого дохода, не зависящих от числа шагов, если их достаточно много, получаем ту же систему

уравнений, что и в обычном случае, с той лишь разницей, что величина $w(k)$ является произведением матриц в рамках одного цикла [1-2]. Тем самым проблема сводится к процессу, аналогичному простому процессу с дисконтированием. Расчет величин $v(k+1)$ можно осуществить проще [12]. Достаточно учесть, что если для достаточно большого числа шагов ожидаемый доход стремится к величине $v(k)$, то [13]

$$\lim_{n \rightarrow \infty} v(n; k) = \lim_{n \rightarrow \infty} [q(k) + \beta P(k) v(n-1; k+1)].$$

Если использовать эту формулу M раз, то снова получим [14]

$$v(k) = w(k) \beta^M P(k; M) v(k),$$

поскольку $v(k+M) = v(k)$ или

$$v(k) = q(k) + \beta P(k) v(k+1).$$

При выборе оптимальных альтернатив нужно учитывать, что их система определяется M векторами альтернатив для всех фаз; следовательно, это будет матрица с $M \times N$ элементами [3, 4].

Первая альтернатива может быть выбрана с учетом текущих доходов [15] (где можно начинать с произвольной фазы k , предполагая $v_j(0) = 0$);

$$v_j^0(k) = \max_a [q_i(k)].$$

Тем самым получим исходную матрицу $A^{(0)}$.

Затем чередуем все фазы, причём с учетом принципа оптимальности применяем критерий [16]

$$v_i(k-1) = \max_a [q_i^{(a)}(k-1) + \beta \sum_{j=1}^N p_{ij}^{(a)}(k-1) v_j(k)]; \quad (7)$$

$$v_i(k-M) = \max_a [q_i(k-M) + \beta \sum_{j=1}^N p_{ij}(k-M) v_j(k-M+1)].$$

В результате получаем новую матрицу альтернатив $A^{(1)}$ [17]. Если $A^{(0)} = A^{(1)}$, то нельзя выбрать лучшую альтернативу [18]. В противном случае вычисляется новое значение $v_j(0)$ по формуле [19]

$$v_i(k) = \omega_i(k) + \beta^M \sum_{j=1}^N p_{ij}(k; M) v_j(k),$$

где $v_j(k)$ берется из последнего критерия оптимальности предшествующего шага [20].

Выводы исследования и перспективы дальнейших изысканий данного направления. Решение задачи с помощью данного подхода дает оптимальное решение в случае стохастических процессов. Рассмотренный подход отличается от предшествующих ситуаций более сложными расчетами при формулировке системы уравнений для определения $v_i(k)$ и M -кратным использованием оптимизационного критерия. Однако его принципы те же, что и раньше. Вместе с тем он является более общим по сравнению с процессами без периодического повторения. В дальнейшем данный подход уместно рассмотреть для моделей восстановления с непрерывным временем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Шорникова Т.А. Стохастическое моделирование процессов с помощью производящей функции // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – №3 (19). – С. 88–98.
2. Шорникова Т.А. Простой тип процесса решения с альтернативами // Модели, системы, сети в эко-

номике, технике, природе и обществе. – 2017. – №1 (21). – С. 63–74.

3. Shornikova T.A., Alenina A.V. Stochastic approach to the study of economic events // European researcher. – Series A. – 2013. – № 5–1(48). – С. 1259–1263.

4. Shornikova T.A., Glebcheva I.O., Halitova G.I. Modelling of the process of controlling technical systems with the help of diffusion Markov random processes // European researcher. Series A. – 2011. – №5–1(7). – С. 643–644.

5. Емельянов В.Ю. Методы моделирования стохастических систем управления // Учебное пособие для вузов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Балт. гос. техн. ун-т "Военмех". – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург. – 2004.

6. Мусатов И.С., Яхонтова И.М. Случайные процессы в моделировании бизнес-процессов. Стохастическое моделирование // Сборник материалов VI международного форума. Редакционная коллегия: Попова Е.В., Замотайлова Д.А., Курносос С.А., Рахметова Р.У., Рогачев А.Ф., Тинякова В.И., Темирбулатов П.И., Тамбиева Д.А., Топсахалова Ф.Н-Г., Улезько А.В. – Краснодар. – 2016. – С. 29–32.

7. Шевцов А.В. Моделирование и генерация стохастических входных параметров для имитационного моделирования / А.В. Шевцов // Вестник Морского государственного университета. – Владивосток. – 2012. – № 51. – С. 170–180.

8. Григорук С.С. Стохастический подход к моделированию управления товарными запасами торгового предприятия // В сборнике: Информационные ресурсы в образовании. Материалы Международной научно-практической конференции. Научный редактор: Т.Б. Казиахмедов. – Нижневартовск. – 2013. – С. 258–260.

9. Шмидт А.В. Методический подход к моделированию неопределённости миниэкономической системы, находящейся под воздействием стохастических факторов внешней среды // В сборнике: Управление социально-экономическим развитием региона. Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. Редактор: Ахметов В. Я. – Сибай. – 2011. – С. 330–334.

10. Горелик В.А., Золотова Т.В. Общий подход к моделированию процедур управления риском и его применение к стохастическим и иерархическим системам // Управление большими системами: сборник трудов. – Москва. – 2012. – № 37. – С. 5–24.

11. Тырсин А.Н. О моделировании риска и устойчивого развития многомерных стохастических систем // Обозрение прикладной и промышленной математики. – Москва. – 2017. – Т. 24. – № 4. – С. 374–375.

12. Крысова Е.В., Шатров А.В. Методы стохастической динамики в математическом моделировании социально-экономических процессов // Математический вестник педвузов и университетов Волго-Вятского региона. – 2006. – № 8. – С. 301–315.

13. Корнеева А.А., Чжан Е.А. О параметрическом моделировании стохастических объектов // Вестник

Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2013. – № 2 (48). – С. 37–42.

14. Ковалевич А.А., Якимов А.И., Албкеират Д.М. Исследование стохастических алгоритмов оптимизации для применения в имитационном моделировании систем // Информационные технологии. – Москва. – 2011. – № 8. – С. 55–60.

15. Чиждова А.С. Эконометрическая модель оценки матриц вероятностей переходов кредитных рейтингов // Прикладная эконометрика. – Москва. – 2007. – № 3 (7). – С. 11–26.

16. Абдурахманов А.М., Рябченко В.Н. Аналитические формулы вычисления вероятностей переходов в марковских моделях надёжности // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. – Магнитогорск. – 2016. – Т.4. – № 2. – С. 52–59.

17. Синегубов С.В., Поташникова С.В. Оценка вероятностей переходов при описании функционирования систем марковскими процессами // Вестник Воронежского института МВД России. – 2016. – № 3. – С. 73–78.

18. Голенко-Гинзбург Д. Определение вероятностей альтернативных переходов в стохастических сетевых моделях // Друкеровский вестник. – Новочеркасск. – 2016. – № 5. – С. 119–123.

19. Кузнецов Л.Д., Сумин А.И. Определение для цепей Маркова вероятностей переходов // Некоторые вопросы анализа, алгебры, геометрии и математического образования. Воронеж. – 2016. – № 5–1. – С. 162–163.

20. Мирошин Р.Н. Уравнения Колмогорова в дробных производных для вероятностей перехода некоторых марковских процессов с непрерывным временем // Вестник Санкт-Петербургского университета. Математика. Механика. Астрономия. – 2017. – Т.4. – № 1. – С. 38–48.

21. Мазаник А.И. Экспертная модель для оценки профессионально-важных требований, предъявляемых к должностным лицам органов военного управления. Электронный научный журнал «Проблемы безопасности». 2012. № 4 (18). С. 11–12.

Статья поступила в редакцию 28.05.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 664.663.9

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПШЕНИЧНОГО ПОЛУФАБРИКАТА С ДОБАВЛЕНИЕМ АМАРАНТОВОЙ МУКИ

© 2018

Шишкина Анастасия Николаевна, магистрант

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И.Вавилова
(410005, Россия, г. Саратов, ул. Большая Садовая, 220, e-mail: anastasiashishkina95@mail.ru)*

Садыгова Мадина Карипуловна, доктор технических наук, профессор кафедры
«Технологии продуктов питания»

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И.Вавилова
(410005, Россия, г. Саратов, ул. Большая Садовая, 220, e-mail: sadigova.madina@yandex.ru)*

Белова Мария Владимировна, кандидат биологических наук,
доцент кафедры «Технологии продуктов питания»

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И.Вавилова
(410005, Россия, г. Саратов, ул. Большая Садовая, 220, e-mail: belovsar@mail.ru)*

Ларин Юрий Николаевич, студент

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И.Вавилова
(410005, Россия, г. Саратов, ул. Большая Садовая, 220)*

Асташов Александр Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела
кормопроизводства и технологии приготовления кормов

*Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы
(410050, Россия, г. Саратов, 1-й Институтский проезд, 4, e-mail: alex-astashov@mail.ru)*

Аннотация. Амарант относится к перспективным сырьевым ингредиентам, обогащающим хлебобулочные изделия, в работе используется сорт «Полет» Саратовской селекции.

В статье рассмотрено влияние амарантовой муки на хлебопекарные свойства полуфабриката из пшеничной муки с удовлетворительно слабой по качеству клейковиной. Исследованы влажность, кислотность, структурно-механические свойства, газообразующая способность, подъемная сила и бродильная активность. В качестве образцов сравнения использовали пшеничную муку, представленную на рынке Саратова; семена амаранта сорта «Полет», в количестве 7, 10, 15 и 20 %. Анализ влияния амарантовой муки на структурно-механические свойства теста показал, что внесение 7% и более амарантовой муки существенно уменьшает расплываемость теста. Показатель бродильной активности полуфабрикатов с долей амарантовой муки 20%, 7% и 10% был значительно выше, а чем контрольного, в начале брожения. Внесение амарантовой муки в количестве от 7 до 20% оказывало значительное влияние на газообразующую способность пшенично-амарантового теста и характеризовалось интенсивным, «взрывообразным» началом брожения и достаточно быстрым спадом интенсивности брожения с течением времени, особенно у образца с долей амарантовой муки 7%.

По результатам исследований, доказана целесообразность применения муки из амаранта сорта Полет в технологии хлебобулочных изделий из пшеничной муки с удовлетворительно слабой по качеству клейковиной для придания им функциональных свойств.

Ключевые слова: семена амаранта, мука, структурно-механические свойства, бродильная активность, газообразующая способность, хлебопекарные свойства, полуфабрикат, хлебобулочное изделие.

BIOTECHNOLOGICAL PROPERTIES OF WHEAT SEMI-FRENCH FRUIT WITH APPARATUS OF AMARANTHUM FLOUR

© 2018

Shishkina Anastasia Nikolaevna, master student

*Saratov State Agricultural University named after N.I. Vavilova
(410005, Russia, Saratov, Bolshaya Sadovaya Street, 220, e-mail: anastasiashishkina95@mail.ru)*

Sadigova Madina Karipullova, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Technology
Saratov State Agricultural University named after N.I. Vavilova

(410005, Russia, Saratov, Bolshaya Sadovaya Street, 220, e-mail: sadigova.madina@yandex.ru)

Belova Maria Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department
of Food Technology

*Saratov State Agricultural University named after N.I. Vavilova
(410005, Russia, Saratov, Bolshaya Sadovaya Street, 220, e-mail: belovsar@mail.ru)*

Larin Yuri Nikolaevich, student

*Saratov State Agricultural University named after N.I. Vavilova
(410005, Russia, Saratov, Bolshaya Sadovaya Street, 220)*

Astashov Alexander Nikolayevich, Candidate of Agricultural Sciences, Chief Scientific Officer, Department
of Fodder Production and Fodder Preparation Technologies

*Russian Research and Design Institute of Sorghum and Corn
(410050, Russia, Saratov, 1-st Institutsky Proyezd 4, e-mail: alex-astashov@mail.ru)*

Abstract. Amaranth refers to promising raw ingredients that enrich bakery products.

The article considers the influence of amaranth flour of regional selection on the baking properties of a semi-finished product made of wheat flour with a satisfactory quality of gluten. Moisture, acidity, structural-mechanical properties, gas-forming ability, lift force and fermentation activity are studied. As comparison samples, wheat flour was used, presented in the Saratov market; seeds of amaranth varieties "Polet", in the number of 7, 10, 15 and 20%. Analysis of the influence of amaranth flour on the structural and mechanical properties of the test showed that applying 7% or more of amaranth flour significantly reduces the spreadability of the test. The indicator of fermentation activity of semi-finished products with a share of amaranth flour of 20%, 7% and 10% was significantly higher, and than that of control, at the beginning of fermentation. The introduction of amaranth flour in an amount of 7 to 20% had a significant effect on the gas-forming ability of the wheat amaranth test and was characterized by an intense, "explosive" start of fermentation and a fairly rapid decline in fermentation intensity over time, especially in a sample with an amaranth share of 7%.

According to the results of the research, the expediency of using amaranth flour Flour in the technology of bakery products from wheat flour with a satisfactory weak quality gluten for the purpose of imparting functional properties to them is shown.

Keywords: amaranth seeds, flour, structural and mechanical properties, fermentation activity, gas-forming ability, baking properties, semifinished, bakery product.

В последние годы на мировом рынке появился новый источник сырья для пищевой промышленности – семена амаранта и продукты его переработки, обладающие ценным химическим составом и безопасностью, высокой пищевой и биологической ценностью, содержащие широкий спектр физиологически функциональных пищевых ингредиентов, что определяет перспективы их использования в технологии пищевых производств [1].

Перспективным направлением в хлебопечении является создание технологий хлебобулочных изделий функционального назначения на основе использования продуктов переработки семян амаранта.

Функциональное действие семян амаранта обусловлено наличием в них большого количества растительных белков, полноценных по составу незаменимых аминокислот, биологически активных веществ, витаминов группы В, РР и С, обладает высокой биологической продуктивностью, минеральных веществ, сбалансированных по содержанию макроэлементов (Са, Mg и Р), превосходящих зерно традиционных злаков [2-6, 17].

Уникальный химический состав и высокая пищевая ценность семян амаранта обусловила их промышленную переработку с целью получения широкого спектра пищевых и лечебных добавок, например, сквалена, амарантового масла, крахмала, витаминных и минеральных препаратов и других [7].

Семена амаранта характеризуются пищевой безвредностью, что обуславливается незначительным содержанием в них антипитательных веществ, таких, как конституционные ингибиторы трипсина-химотрипсина, протеаз и амилаз, микотоксинов, сапонинов, зеараленона, гемоглутенина, фитатов и танинов, по сравнению с другими зерновыми и бобовыми культурами [8,9,10].

Установлена целесообразность применения различных продуктов переработки семян амаранта (цельносмолотой муки, липопротеинового комплекса, белковых изолятов) в хлебопечении для повышения пищевой и биологической ценности пшеничного хлеба [11,12,13].

Однако с учетом достижений современной науки требуется совершенствование теоретических и практических основ получения и применения продуктов пере-

работки семян амаранта с целью производства хлебобулочных изделий функционального назначения.

В научной литературе недостаточно приведено сведений об исследованиях пищевой ценности и технологических свойств светлоокрашенных семян амаранта нового сорта «Полет». Поэтому актуальным является проведение соответствующих исследований с целью определения перспектив использования муки из семян амаранта в хлебопекарном производстве [14,15].

Цель исследования: изучение влияния амарантовой муки сорта «Полет» на хлебопекарные свойства пшеничной муки.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: исследовать амарантовую муку по всем показателям качества; изучить влияние амарантовой муки на хлебопекарные свойства пшеничной муки; изучить влияние амарантовой муки на качество готового хлебобулочного изделия.

Материалы и методы исследований. В исследованиях использовали муку амарантовую из семян сорта «Полет», пшеничную хлебопекарную муку высшего сорта торговой марки «Рубль бережет» (ГОСТ Р 52189-2003).

Органолептические свойства муки (цвет, запах, вкус и хруст) определяли согласно ГОСТ 27558-87, массовую долю влаги (%) – высушиванием в сушильном шкафу СЭШ-3М по ГОСТ 9404-88, титруемую кислотность (град) – по ГОСТ 27493-87, массовую долю (%) и качество (усл.ед. прибора ИДК-1) сырой клейковины композитной муки – по ГОСТ Р 54478-2011. Белизну исследуемых видов муки определяли на белизномере «Блик – РЗ».

Для определения газообразующей способности муки использовали прибор Яго-Островского [16].

Результаты исследований. У исследованной пшеничной муки показатель массовой доли сырой клейковины составлял 80 усл. ед. ИДК; качество удовлетворительно слабая; влажность – 10%; по показателю белизны не соответствия требованиям НД (47 ед. прибора).

Семена амаранта, предварительно очищенные от посторонних примесей, на воздушно-ситовом сепараторе, промытые в моечной машине и просушенные на вибростите измельчали на лабораторной вальцовый мельнице «Квадрумат Юниор» фирмы Brabender.

Данные полученные по качеству муки из семян амаранта приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика муки из семян амаранта сорта «Полёт»

Наименование показателей	Характеристика и значение показателей
Цвет	Светло-кремовая окраска
Белизна, «Блик-РЗ», ед.прибора	33
Запах	Свойственный муке из амаранта, без посторонних запахов
Вкус	Свойственный муке из амаранта, без посторонних привкусов, не кислый, не горький
Содержание минеральных примесей	Хруст отсутствует
Зараженность и загрязненность вредителями хлебных запасов	Не обнаружено
Влажность, %	11,8
Кислотность, град	8,5
ВПС, %	48

При исследовании хлебопекарных свойств композитной смеси пшеничной и амарантовой муки, было изучено влияние доли амарантовой муки в количестве 7, 10, 15 и 20 % на количество и качество сырой клейковины (см. таблицу 2), структурно-механические свойства теста, газообразующую способность и бродительную активность.

Таблица 2 – Количество и качество сырой клейковины в композитной смеси

Показатели качества	Соотношение в композитной смеси компонентов: пшеничная : амарантовая				
	100:0	93:7	90:10	85:15	80:20
Массовая доля сырой клейковины, %	29,5	28,5	26,5	23,2	19,7
Качество сырой клейковины, ед. ИДК.	80	80	70	59	53

Из данных таблицы 2 видно, что с увеличением доли амарантовой муки в композитной смеси, массовая доля сырой клейковины уменьшается, но по качеству она становится крепкой.

Анализ влияния амарантовой муки на структурно-механические свойства теста также доказывает, что внесение 7% и более амарантовой муки существенно уменьшает расплываемость теста (рисунок 1).

Выбираем полиномиальную линию тренда для кривых графика, показываем уравнения для составления прогнозов на основе статистических данных. Величина достоверности аппроксимации R^2 достаточно высокая 0,9242 до 0,9885, что указывает на хорошее совпадение расчетной прямой с исходными данными.

Для контроля: $y = -1,0357x^2 + 11,964x + 50,286$ $R^2 = 0,9859$

7% : $y = -1,0238x^2 + 11,405x + 50,429$ $R^2 = 0,9885$

10%: $y = -0,619x^2 + 6,5952x + 54,429$ $R^2 = 0,9646$

15%: $y = -0,5952x^2 + 6,2619x + 54,571$ $R^2 = 0,933$

20%: $y = -0,5357x^2 + 5,6786x + 54,857$ $R^2 = 0,9242$

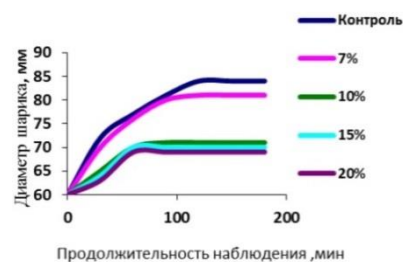


Рисунок 1 – Расплываемость шарика полуфабриката с амарантовой мукой

На графике (рисунок 1) видно, что тесто, замешанное из пшеничной и амарантовой муки не разжижается, стабильно в течение периода наблюдения.

Внесение амарантовой муки в количестве от 7 до 20% оказывало значительное влияние на газообразующую способность пшенично-амарантового теста и характеризовалось интенсивным, «взрывообразным» началом брожения и достаточно быстрым спадом интенсивности брожения с течением времени, особенно у образца с долей амарантовой муки 7% (рисунок 2).

В зерне чумизы дефицит аминокислоты лизина. Высокий аминокислотный скор по аминокислотам лейцин, изолейцин, аланин, гистидин и фенилаланин + тирозин, которые являются энергетическим источником для нервной системы и головного мозга, укрепляют сердечную мышцу и связки, играют важную роль в иммунной системе, приостанавливают развитие опухолей.

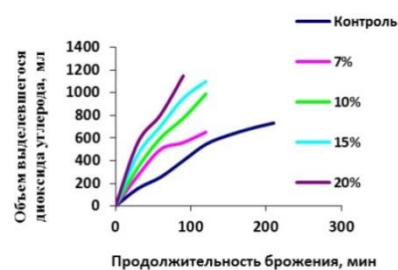


Рисунок 2 – Газообразующая способность пшенично-амарантового теста

Положительное действие амарантовой муки на углеводно-амилазный и белково-протеиназный комплексы пшеничного теста объяснимо ее химическим составом, в котором присутствуют свободные сахара, ферменты и каротиноиды. Поэтому показатель бродительной активности полуфабрикатов с долей амарантовой муки 20%, 7% и 10% был значительно выше, чем контрольного, в начале брожения (рисунок 3).

Выбираем полиномиальную линию тренда для кривых графика, показываем уравнения. Величина достоверности аппроксимации R^2 достаточно высокая при 7% содержании амарантовой муки в композитной смеси.

Для контроля: $y = -3,3929x^2 + 33,75x - 12$
 $R^2 = 0,9382$

7% : $y = -3,5714x^2 + 34,571x - 9$ $R^2 = 0,9363$

10%: $y = -3,5x^2 + 31,3x - 3,6$ $R^2 = 0,8223$

15%: $y = -2,0714x^2 + 26,129x - 8,6$ $R^2 = 0,8861$

20%: $y = -9,7143x^2 + 66,286x - 34,6$ $R^2 = 0,7266$

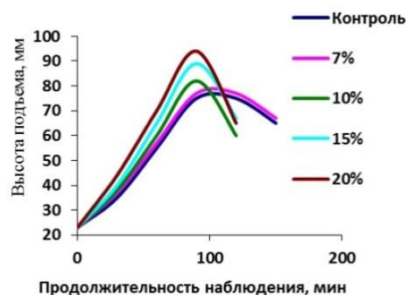


Рисунок 3 – Бройдильная активность полуфабрикатов

Влияние продуктов переработки семян амаранта на качество пшеничного хлебобулочного изделия оценивали путем проведения лабораторных выпечек.

Тесто замешивали 5 мин. Расстойка составляла 2 ч, через 1 ч производили обминку в течение 2 мин. По окончании расстойки формировали тестовые заготовки. Продолжительность расстойки тестовых заготовок 40 мин. Выпекали хлебобулочные изделия при температуре 190°C 45 мин. Готовые изделия охлаждали при комнатной температуре.

У готовых изделий определяли органолептические и физико-химические показатели (см. таблицы 3 и 4).

Аминокислотный состав белка определяли на системе капиллярного электрофореза «Капель» по ГОСТР 55569-2013 (таблица 3).

Таблица 3 – Органолептические показатели хлебобулочных изделий с применением амарантовой муки

Наименование показателя	Характеристики				
	Контроль	7%	10%	15%	20%
Внешний вид: форма	Овальная, без <u>притисков</u>				
поверхность	Без крупных подрывов. Гладкая, без наколов. Не наблюдается отслоение корки от мякиша				
Цвет	Золотистого	Светло-коричневого	Темно-коричневого		
Состояние мякиша: <u>пропеченность</u>	Пропеченный, не липкий, эластичный. После легкого надавливания пальцами мякиш принимает первоначальную форму				
<u>Промес</u>	Без комочков и следов <u>непромеса</u>				
Пористость	Развитая, без пустот и уплотнений			Неравномерная	
Вкус	Свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса				
Запах	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха				

Из таблицы 3 следует, что добавление амаранта сорта «Полеет» не влияет на вкус и запах готового изделия; добавление 20% амарантовой муки приводит к ухудшению показателя пористости.

Таблица 4 – Физико-химические свойства хлебобулочного изделия с амарантовой мукой

Показатель	Контроль	7%	10%	15%	20%
Влажность, %	39,8	39,9	40,4	42,5	44,7
Пористость, %	57	62	66	70	50
Кислотность, град	2,4	2,7	3,1	3,5	4

Установлено, что наиболее существенное влияние на качество пшеничных хлебобулочных изделий оказывает внесение 15%-ной дозировки амарантовой муки. Пористость увеличивается по сравнению с контролем на 22,8%.

На основании проведенных исследований сделаны следующие **выводы**:

1. Тесто, замешанное из пшенично-амарантовой смеси при соотношении 85:15 не разжижается, стабильно в течение всего периода наблюдения.
2. Газообразующая способность пшенично-амарантового теста характеризуется высокими показателями в начале процесса и быстрым спадом интенсивности брожения при увеличении периода его продолжительности, данные по бройдильной активности полуфабриката подтверждают, что внесение амарантовой муки интенсифицирует процесс брожения и позволяет сократить продолжительность технологического процесса.
3. Научно обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность использования амарантовой муки в качестве улучшителя.
4. Установлено, что наиболее существенное влияние на качество пшеничных хлебобулочных изделий оказывает внесение 15%-ной дозировки амарантовой муки в рецептуру изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Шмалько Н.А. «Бессмертный» амарант / Н.А. Шмалько, Ю.Ф. Росляков // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2004. – № 1. – С. 71–73.
2. Тертычная Т. Н. Разработка рецептуры кекса функционального назначения с шиповником и брокколи / Т.Н. Тертычная, И.В. Мажулина, Е.А. Андрианов, С.Н. Кривцова // Хлебопродукты. – 2017. – №2 – С. 40–41.
3. Надежкина Е.В., Шаркова С.Ю. Содержание макроэлементов в зерне яровой пшеницы в зависимости от различных систем удобрения // Зерновое хозяйство. 2006. № 8. С. 24–25.
4. Абрамов И.А. Амарант: химический состав, биохимические свойства и способы переработки // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 6 – С. 44–48.
5. Sala, M. Amaranth seed: Le potenzialità / M. Sala, S. Berardi, P. Bondioli // Riv. Ital. sostanze grasse. – 1998. – 75, №11. – P. 503 – 506.
6. Леонова С.А. Разработка рецептур мучных кондитерских изделий функционального назначения /

С.А. Леонова, А.А. Черненкова, Е.И. Кощина, Е.Н. Черненко // Инновационные технологии и технические средства для апк Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – 2016. – С. 193–196.

7. Шмалько Н.А. Разработка технологий хлебобулочных изделий функционального назначения с использованием продуктов переработки семян амаранта.: дис. кан. техн. наук. – Кубанский ГТУ. – Краснодар, 2005. – 195 с.

8. Salcedo-Cháves B. Optimization of the isoelectric precipitation method to obtain protein isolates from amaranth (*Amaranthus cruentus*) seeds / B. Salcedo-Cháves, J. Osuna-Castro, F. Guavara-Lara, J. Dominguez, O. Paredes-Lopez // J. agric. food chem. – 2002. – Vol. 50. – P. 6515–6520.

9. Martins J.C. Solution structure of the main α -amylase inhibitor from amaranth seeds / J.C. Martins, M. Enassar, R. Willem, J. M. Wieruzeski, G. Lippens, S. J. Wodak // Eur. J. Biochem. – 2001. – Vol. 268. – P. 2379 – 2389.

10. Смирнов С.О. Разработка технологии разделения зерна амаранта на анатомические части и получения из них нативных продуктов: Дис. канд. техн. наук: Москва, 2006 – 215 с.

11. Ружило Н.С. Использование семян амаранта в хлебобулочных изделиях // Пищевая промышленность. – 2015. – № 12. – С. 56–58.

12. Жаркова И.М. Амарантовая мука – эффективное средство для производства здоровых продуктов питания / И.М. Жаркова, Л.А. Мирошниченко // Хлебопродукты. – 2012. – № 12. – С. 55–57.

13. Алферов А. Рынок хлеба и хлебобулочных изделий: реалии, перспективы, тенденции развития // Хлебопродукты. – 2009. – № 2. – С. 60–61.

14. Живчикова Р.И. Использование местных сортов амаранта для получения обогащенных пищевых продуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2013. – № 4. – С. 44–47.

15. Евстигнеев С.В. Питание и здоровье населения: мониторинг, анализ, тенденции / С.В. Евстигнеев, В.В. Васильев, В.А. Авроров // Старый Оскол: ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2018. – 272 с.

16. Практикум по технологии хлеба, кондитерских и макаронных изделий (технология хлебобулочных изделий) / под ред. Л.П. Пашенко. – М.: Колос, 2007. – 211 с.

17. Шаркова С.Ю., Надежкина Е.В., Лебедева Т.Б. Способы повышения качества зерна в условиях антропогенного загрязнения почв // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2008. № 4. С. 82–84.

Статья поступила в редакцию 02.02.2018

Статья принята к публикации 02.04.2018

УДК 664.8.022.6

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ В ПИЩЕВОЙ ОТРАСЛИ

© 2017

Пастушкова Екатерина Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Товароведения и экспертизы»

Уральский государственный экономический университет

(620144, Россия, г. Екатеринбург, улица 8 марта/ Народной Воли, 62/45, e-mail: pas-ekaterina@yandex.ru)

Чугунова Ольга Викторовна, доктор технических наук, зав. кафедрой «Технологии питания»

Уральский государственный экономический университет

(620144, Россия, г. Екатеринбург, улица 8 марта/ Народной Воли, 62/45, e-mail: chugun.ova@yandex.ru)

Волков Алексей Юрьевич, доктор технических наук, главный научный сотрудник,
заведующий лабораторией прочности

Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН

(620108, Россия, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18, e-mail: volkov@imp.uran.ru)

Кругликов Николай Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры
Пищевой инженерии

Уральский государственный экономический университет

(620144, Россия, г. Екатеринбург, улица 8 марта / Народной Воли, 62/45, e-mail: nick@imp.uran.ru)

Аннотация. В последнее время наблюдается рост потребления продуктов, в составе которых отсутствуют консерванты. Данный факт связан с информированностью потребителя о негативном влиянии ненатуральных компонентов на организм человека. Поэтому одним из приоритетных направлений в пищевой промышленности становится разработка рецептур продуктов, состоящих из натуральных компонентов. Исследования в области обработки высоким давлением пищевых продуктов только животного происхождения на сегодняшний день проводятся как российскими, так и зарубежными учеными. На основании опыта ученых, предложено применение данного процесса в области обработки высоким давлением продуктов растительного происхождения. Объектом исследований, представленных в данной статье являются разработанные модели смесей растительного сырья для приготовления горячих безалкогольных напитков на основе кипрея узколистного. Известно, что лекарственно-техническое сырье является источником биологически активных веществ, оказывающих синергетический эффект на организм человека. В статье приводятся результаты опытных исследований, позволяющие выявить параметры обработки высоким давлением объектов исследований. За основу определения параметров обработки был взят опыт канадских ученых, свидетельствующий, что диапазон применяемого давления должен находиться пределах от 100 МПа до 200 МПа, а время обработки 60 и 90 с. Определение оптимальных параметров для исследуемых образцов основывалось на результатах содержания биологически активных веществ (витамина С, биофлавоноиды) и антиоксидантной активности контрольных и обработанных моделей. В статье представлены результаты, позволяющие выявить, что оптимальными параметрами являются: 150 МПа в течение 90 с; 200 МПа в течение 60с. Указанные параметры воздействия высоким давлением обуславливают разрушение молекул и межклеточной ткани, что оказывает положительное влияние на извлечении биологически активных веществ в экстракте моделей смеси растительного сырья для приготовления горячих безалкогольных напитков серии «Кипрей».

Ключевые слова: обработка высоким давлением, барометрическое воздействие, смесь растительного сырья для приготовления горячих безалкогольных напитков, кипрей узколистный, биологически активные вещества, антиоксидантная активность

EXPERIENCE OF HIGH PRESSURE PROCESSING IN THE FOOD INDUSTRY

© 2017

Pastushkova Ekaterina Vladimirovna, candidate of technical Sciences, associate Professor of "commodity Science and expertise»

Ural State University of Economics

(620144, Russia, Yekaterinburg, 8 March / People's Will Street, 62/45, e-mail: pas-ekaterina@yandex.ru)

Chugunova Olga Viktorovna, doctor of technical Sciences, head. the Department "Technology of food»

Ural State University of Economics

(620144, Russia, Yekaterinburg, 8 March / People's Will Street, 62/45, e-mail: chugun.ova@yandex.ru)

Volkov Alexey Yurievich, doctor of technical Sciences, chief researcher, head of laboratory of strength

Institute of physics of metals Named after M. N. Mikheeva of the Ural branch of RAS

(620108, Russia, Ekaterinburg, S. Kovalevskaya Street, 18, e-mail: volkov@imp.uran.ru)

Kruglikov Nikolay Alexandrovich, candidate of physical and mathematical Sciences,
associate Professor of Food engineering

Ural State University of Economics

(620144, Russia, Yekaterinburg, 8 March / People's Will Street, 62/45, e-mail: pas-ekaterina@yandex.ru)

Abstract. Recently, there has been an increase in the consumption of products in which there are no preservatives. This fact is associated with the consumer's awareness of the negative impact of non-natural components on the human body. Therefore, one of the priorities in the food industry is the development of recipes of products consisting of natural components. Research in the field of high-pressure processing of food products of animal origin only today are carried out by both Russian and foreign scientists. Based on the experience of scientists, the application of this process in the field of high-pressure processing of plant products is proposed. The object of research presented in this article are the developed models of mixtures of vegetable raw materials for the preparation of hot non-alcoholic beverages based on narrow-leaved boiling water. It is known that medicinal and technical raw materials are the source of biologically active substances that have a synergistic effect on the human body. The article presents the results of experimental studies to identify the parameters of high-pressure treatment of research objects. The basis for determining the parameters of processing was taken by the experience of Canadian scientists, indicating that the range of applied pressure should be between 100 MPa and 200 MPa, and the processing time of 60 and 90 C. Determination of the optimal parameters for the samples was based on the results of the content of biologically active substances (vitamin C, bioflavonoids) and antioxidant activity of control and processed models. The article presents the results allow to identify that the optimal parameters were: 150 MPa for 90 s; 200 MPa for 60s. These parameters influence of high pressure lead to the destruction of molecules and inter-cellular tissue, which has a positive effect on the extraction of biologically active substances in the extract of the mixture models of vegetable raw materials for making of hot non-alcoholic beverages series «Fireweed».

Keywords: high-pressure treatment, barometric effects, a mixture of vegetable raw materials for the preparation of hot soft drinks, narrow-leaved Cyprus, biologically active substances, antioxidant activity.

Введение

В рамках тенденций здорового образа жизни, обуславливающих потребление натуральных продуктов, приобретают популярность новые технологии обработки в пищевой отрасли, позволяющие производить продукцию с увеличением сроков хранения без применения консервантов. Одной из таких технологий является процесс обработки пищевых продуктов высоким давлением [13-15].

Основной задачей внедрения процесса обработки высоким давлением, как технологического этапа при производстве пищевых продуктов, является повышение хранимоспособности и безопасности за счет инактивации микроорганизмов и улучшение структуры продуктов, а также повышение интенсивности аромата, пищевой и биологической ценности [1-5].

Применение высокого давления для обработки пищевых продуктов основывается на использовании двух принципов:

Первый, изостатический принцип - давление действует непосредственно и равномерно на весь обрабатываемый продукт независимо от его размера и геометрической формы.

Вторым важным принципом, согласно принципу ЛеШателье, является то, что равновесное состояние каждой реакции происходит с изменением объема продукта, под действием давления в сторону меньшего объема [5, 9].

Современное оборудование позволяет проводить обработку высоким давлением пищевых продуктов в диапазоне от 100 до 1000 МПа в течение нескольких минут.

Метод обработки пищевых продуктов высоким давлением имеет следующие разновидности:

- непрерывный, используемый в большинстве для жидких продуктов растительного происхождения (безалкогольные напитки) непосредственно в упаковке, где оптимальное давление составляет 350-400 МПа.

- полунепрерывный отличается непосредственным сжатием самого продукта при давлении 650МПа, с последующим фасованием в стерильную упаковку.

- пакетный (периодический метод) заключается в обработке продукта высоким давлением более 400МПа небольших партий (до 15 кг\м).

- пульсационный метод обусловлен созданием серии кратковременных нагрузочных усилий (давление каждого импульса находится в пределе от 100 до 1000 МПа, а длительность составляет доли секунд) в рабочей камере.

Исследования, проведенные совместно канадскими учеными университетов Макгиллаи Конкордия, на примере обработки высоким давлением сывороточных изолятов, установили, что применение барометрического давления оказывает положительный эффект как на усвояемость сывороточного белка, так и повышает антиоксидантные свойства [2-4, 19-21].

Целью данного исследования является изучение влияния обработки высоким давлением на разрушение молекул и межклеточной ткани в растительных смесях на основе кипрея узколистного.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования были разработанные нами ранее сухие смеси растительного сырья для приготовления горячих безалкогольных напитков серии «Кипрей» (далее СРС серии «Кипрей»).

Подборкомпонентов основывался на принципах пищевой комбинаторики и сочетания органолептических показателей [12,16,17]. В рецептуры разработанных СРС серии «Кипрей» включались только те растения, полезные свойства и пищевое применение которых доказано, и они рекомендованы к использованию в пищевой промышленности (таблица 1).

Таблица 1 – Ингредиентный состав и результаты дегустационной оценки качества СРС серии «Кипрей»

«Модель № 2»	«Модель № 1»	Наименование модели АК	
		Состав	
1,50	1,50	Аромат и вкус, (КВ=0,3) Мах= 1,50 б	
0,90	0,85	Послевкусие (КВ=0,2) Мах= 1,00 б	
1,25	1,20	Цвет и внешний вид настоя (КВ=0,25) Мах= 1,25 б	
0,70	0,70	Цвет разваренного листа (КВ= 0,15) Мах= 0,75 б	
0,50	0,50	Внешний вид (уборка) чая (КВ=0,1) Мах= 0,5 б	
4,85	4,75	Суммарная оценка Мах= 5,00 б	
«Модель № 4»		«Модель № 3»	
кипрей узколистный, крапива двудомная, душица обыкновенная, мята перечная		кипрей узколистный, лист черной смородины, крапива двудомная, тысячелистник обыкновенный, мята перечная	
1,45		1,45	
0,90		0,90	
1,20		1,25	
0,70		0,70	
0,50		0,50	
4,75		4,80	

«Модель № 7»	«Модель № 5»
кипрей узколистный, душица обыкновенная; крапива двудомная	кипрей узколистный, крапива двудомная, лист черной смородины
1,45	1,50
0,80	1,00
1,20	1,20
0,70	0,70
0,50	0,50
4,75	4,90

Разработанные модели смеси растительного сырья для приготовления безалкогольных напитков на основе кипрея узколистного обладают слаженным гармоничным вкусом и приятным послевкусием. Определение органолептических показателей осуществлялось на основании разработанной 5-ти бальной дегустационной оценки.

Результаты физико-химических показателей разработанных рецептур СРС серии «Кипрей» представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические показатели разработанных СРС серии «Кипрей»

С, мг	Р, мг	Провитамин А, мг	Селен, мг	Железо, мг	Фосфор, мг	Магний, мг	Кальций, мг	Калий, мг	Натрий, мг	Наименование показателя, ед. измерения	Содержание, мг/100 г продукта						
											Значение показателя/ Физиологическая суточная потребность	Модель № 1	Модель № 2	Модель № 3	Модель № 4	Модель № 5	Модель № 7
90 мг	250 мг/сутки, для детей 7-18 лет от 150 до 250 мг/	900 мкг рет. экв./сутки.	55 мкг/сутки (для женщин); 70 мкг/сутки (для мужчин)	10 мг/сутки (для мужчин) и 18 мг/сутки (для женщин)	800 мг/сутки.	400 мг/сутки	для взрослых - 1000 мг/сутки, для лиц старше 60 лет- 1200 мг/сутки.	2500 мг/сутки	1300 мг/сутки	Значение показателя/ Физиологическая суточная потребность	Модель № 1	Модель № 2	Модель № 3	Модель № 4	Модель № 5	Модель № 7	
49,5	117,4	352,4	20,4	2,36	324,5	232,6	478,8	1298,3	720,4								
38,5	119,4	348,5	19,8	2,48	380,6	231,4	498,5	1287,6	762,0								
43,2	123,2	349,3	18,4	2,56	381,4	234,2	512,8	1296,5	861,4								
37,8	116,7	356,7	18,7	2,98	379,8	223,6	530,4	1287,5	759,4								
45,4	98,4	346,4	18,4	2,47	381,6	234,8	520,2	1282,6	658,5								
46,8	66,5	351,9	18,5	2,58	382,9	232,6	498,6	1283,4	639,5								

На основании полученных результатов установлено, что употребление СРС серии «Кипрей» позволяет

удовлетворить суточную норму потребления по основным макро- и микроэлементам, и витаминам.

Модели СРС серии «Кипрей» обрабатывали давлением от 100 до 200 МПа на лабораторном гидравлическом прессе методом одноосного нагружения. В экспериментах использовалась специальная оснастка, которая моделировала в обрабатываемом продукте условия всестороннего сжатия. Набор давления происходил за несколько секунд, после чего необходимый уровень давления фиксировался на требуемый промежуток времени. Сброс давления также занимал несколько секунд.

При дальнейшем изучении контрольных и опытных образцов были использованы общепринятые и специальные методы исследований:

- антиоксидантную активность определяли с помощью оценки изменения окислительно-восстановительного потенциала до и после введения анализируемого вещества в специальный раствор, содержащий медиаторную пару [11].

- содержание аскорбиновой кислоты определяли в соответствии с ГОСТ 24556-89 с учетом окрашенности экстракта использовались следующие методы: титриметрический с потенциометрическим титрованием; фотометрический;

- общее содержание биофлавоноидов определяли в пересчете на рутин, определяли спектрофотометрическим методом после проведения реакции комплексообразования с хлоридом алюминия при $\lambda=410$ нм [1, 6, 7, 10].

Результаты и их обсуждение

Технология высокого давления действует мгновенно и равномерно по всему объему продукта, при этом размер и форма обрабатываемого продукта не имеют значения. Метод обработки высоким давлением приводит к разрушению внутриклеточных вакуолей, разрушающих клеточные стенки и цитоплазматическую мембрану. Высокое давление влияет только на нековалентные химические связи (т.е. ионные, водородные и гидрофобные связи), оставляя ковалентные связи неповрежденными.

На начальном этапе исследования была изучена антиоксидантная активность (далее АОА) СРС серии «Кипрей», обработанных давлением в диапазоне от 100 до 200 МПа в течение 60 с и 90 с.

Определение АОА проводилось в водном экстракте (гидромодуль 1:20). На рисунке 1 показано, что в зависимости от величины давления и времени обработки антиоксидантная активность возрастает [15, 18].

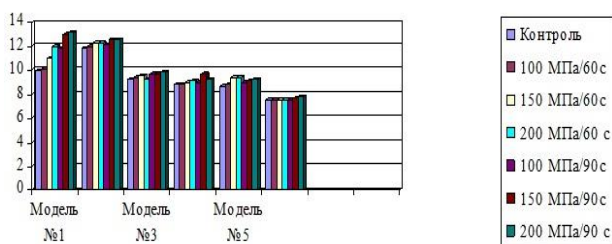


Рисунок 1 – Антиоксидантная активность контрольных и опытных моделей СРС серии «Кипрей»

Наибольшую роль в АОА несут вещества полифенольной природы, витамин С, органические кислоты, дубильные вещества, некоторые аминокислоты. Большое значение имеет также присутствие веществ-синергистов, являющихся донорами электронов для антиоксидантов, утративших электроны при взаимодействии со свободными радикалами.

Содержание аскорбиновой кислоты, биофлавоноидов в контрольных образцах (без обработки высоким давлением) и опытных образцах СРС серии «Кипрей» с разными технологическими режимами обработки, представлены на рисунках 2 и 3.

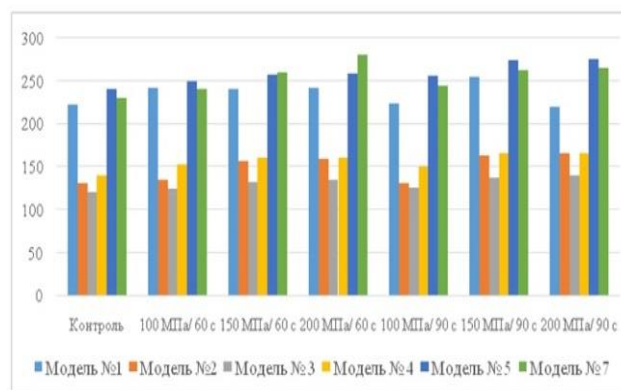


Рисунок 2 – Содержание аскорбиновой кислоты в контрольных и опытных образцах моделей СРС серии «Кипрей», мг/100г

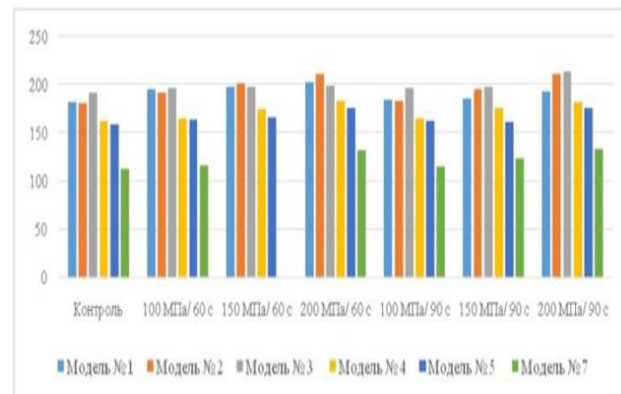


Рисунок 3 – Общее содержание биофлавоноидов в контрольных и опытных образцах моделей СРС серии «Кипрей», мг/100г (в пересчете на рутин)

Анализ данных, представленных на рисунках, свидетельствует, что проведение обработки высоким давлением влияет на разрушение межклеточных мембран, ускоряя тем самым выход БАВ в экстракт, что приводит к констатации их количественного увеличения в обработанном СРС серии «Кипрей» [8-9].

Таким образом, в ходе проведенной работы определены оптимальные параметры обработки высоким давлением СРС серии «Кипрей»: 150 МПа в течение 90 с и 200 МПа в течение 60с. Указанные параметры воздействия высоким давлением обуславливают разрушение молекул и межклеточной ткани, что оказывает положительное влияние на извлечении БАВ в экстракте ЛТС.

Применение предложенных параметров процесса обработки высоким давлением позволяет расширить ассортимент пищевых продуктов антиоксидантной направленности.

Преимуществом метода обработки высоким давлением можно назвать сохранение потребительских свойств и увеличения выхода биологически активных веществ. Кроме того, обработку высоким давлением можно совместить с компактированием распыленной растительной продукции в таблетки или брикеты. Это позволит одновременно решать три задачи: обработку сырья, его фасовку с приданием удобной для потребителя формы и, наконец, позволит минимизировать объем, необходимый для хранения продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Drake S.L., DePaola A., Jaykus L. An overview of *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus*. *Comp. Rev. Food Sci. Saf.* 2007, 6, P. 120–144.
2. Martínez-Monteagudo S.I., Leal-Dávila M., Curtis J.M., Saldaña M.D.A. Oxidative stability of ultra high temperature milk enriched in conjugated linoleic acid and trans-vaccenic acid. *Int. Dairy J* 2015, 43, P. 70–77.
3. Martínez-Monteagudo S.I., Saldaña M.D.A., Torres J.A., Kennelly J.J. Effect of pressure-assisted thermal sterilization on conjugated linoleic acid (CLA) content in CLA-enriched milk. *Innov. Food Sci. Emerg. Tech.* 2012, 16, P. 291–297.
4. Rivalain N., Roquain J., Boiron J.M., Maurel J.P., Largeteau A., Ivanovic Z., Demazeau G. High hydrostatic pressure treatment for the inactivation of *Staphylococcus aureus* in human blood plasma. *New Biotechnol.* 2012. – P. 409–414.
5. Горбунова Н.А. О возможности использования высокого давления. Обзор научно-исследовательских работ // Все о мясе. – 2012. № 1. – С. 45–47.
6. Гореликова Г.А. Товароведение пищевых продуктов и технология продуктов общественного питания функциональные безалкогольные напитки // автореферат / Кемерово. – 2008. – С. 32.
7. Заворохина Н. В. Обзор методов обработки результатов органолептической оценки / Н. В. Заворохина, Н. А. Леонтьева // Пища. Экология. Качество: тр. XIII Междунар. науч.-практ. конф. (Красноярск, 18–19 марта 2016 г.). – Красноярск, 2016. – С. 410–415.
8. Кадрицкая Е. А. Система продовольственной безопасности: основные направления / Е. А. Кадрицкая, О. В. Чугунова // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего: сб. материалов IV Между- нар. науч.-практ. конф. (Кемерово, 30 ноября 2016 г.). – Кемерово: Западно-Сибирский научный центр, 2016. – С. 106–109.
9. Кудряшов Л. С. Обработка охлажденного мяса высоким давлением и сроки хранения / Л. С. Кудряшов, А. Б. Лисицын, С. Л. Тихонов // Мясная индустрия. – 2016. – № 2. – С. 37–40.
10. Малишевский А. А. Влияние предварительной обработки высоким давлением растительного сырья на процесс экстракции / А. А. Малишевский, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Пища. Экология. Качество: материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. (Красноярск, 18–19 марта 2016 г.). – Красноярск, 2016. – С. 243–247.
11. Патент № 2235998 Способ определения оксидантной/ антиоксидантной активности растворов / Брайнина Х.З., Иванова А.В.//Патентообладатель (Уральский государственный экономический университет, Общество с ограниченной ответственностью научно-производственное внедренческое предприятие «ИВА», – дата публикации 10.09.2004 г.
12. Пастушкова Е.В. Формирование потребительских свойств чая с добавками растительного сырья антиоксидантной направленности // автореферат / Кемерово. – 2011. – С. 16.
13. Романова А. С. Барообработка охлажденной рыбы как способность увеличения ее срока годности / А. С. Романова, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Научные труды КубГТУ. – 2016. – № 14. – С. 217–225.
14. Тихонов С.Л. Разработка новой бесконсервантной технологии сохранения пищевой продукции на примере охлажденного мясного сырья /Тихонов С.Л., Смирнова А.В., Волков А.Ю. // Сборник: Пища. Экология. Качество Труды XIII международной научно-практической конференции. Ответственные за выпуск: О.К. Мотовилов, Н.И. Пыжикова и др. – Екатеринбург. – 2016. – С. 307–312.
15. Тихонов С. Л. К вопросу питания населения Свердловской области / С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Товаровед продовольственных товаров. – 2015. – № 12. – С. 35–38.
16. Фозилова В.В. Разработка и исследование потребительских свойств чайных напитков на основе кипрея узколистного // автореферат / Кемерово. – 2014. – С. 16.
17. Чугунова О. В. Теоретическое обоснование и практическое использование дескрипторно-профильного метода при разработке продуктов с заданными потребительскими свойствами // автореферат / Кемерово. – 2012. – С. 32.
18. Чугунова О.В. Практические аспекты использования плодово-ягодного сырья при создании продуктов, способствующих снижению уровня оксидативного стресса / Чугунова О.В., Пастушкова Е.В., Вяткин А.В. // Индустрия питания. 2017. – № 2 (3). С. 57–63.
19. Black P. E. The combined effect of high pressure and nisin on inactivation of microorganisms in milk / P. E. Black, L. A. Kelly, F. G. Fitzgerald // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. – 2005. – Vol. 6(3). – P. 286–292.
20. Bull L. A. Interactive effects of pressure, temperature and time on the molecular structure of ovalbumin, lysozyme and β -lactoglobulin / L. A. Bull, C. J. Schaschke // *High Pressure Research*. – 2002. – Vol. 22. – P. 689–691.
21. Bull M. K. The effect of high pressure processing on the microbial, physical and chemical properties of Valencia and Navel orange juice / M. K. Bull, K. Zerdin, E. Howe, D. Goicoechea, P. Paramanandhan, R.

Stockman, J. Sellahewa, E. A. Szabo, R. L., Johnson C. M. Stewart // Innovative Food Science and Emerging Technologies. – 2004. – Vol. 5(2). – P. 135–149.

***Статья публикуется при поддержке гранта
РФФИ (проект №18-016-00082).***

Статья поступила в редакцию 17.05.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 519.68:532.7:541.8:541.182.41

ОПТИМИЗАЦИЯ УГЛА НАКЛОНА ВИНТОВОЙ ЛИНИИ ПОСЛЕДНЕГО ВИТКА ШНЕКА ВОЛЧКА-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ

© 2018

Пеленко Валерий Викторович, доктор технических наук, профессор
кафедры «Кафедра тепловых установок и тепловых двигателей»

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
(198095, Россия, г. Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, 4, e-mail: pelenko1@rambler.ru)*

Иваненко Владимир Павлович, кандидат технических наук, доцент
«Высшей школы биотехнологии и технологических процессов»

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, улица Политехническая, 29, e-mail: vpi.vladimir@yandex.ru)*

Усманов Илхом Ибрагимович, аспирант
Университет ИТМО

(191002, Россия, г. Санкт-Петербург, улица Ломоносова, 9, e-mail: ilhomusmanov@mail.ru)

Аннотация. В данной статье авторами поставлена и решена аналитическими методами сложная задача оптимизации одного из основополагающих параметров функционирования измельчительно-режущих шнековых машин, а именно угла наклона винтовой линии последнего витка шнека. Подробно, тщательно и логически обоснованно изложены положения, из которых однозначно следует возможность оптимизации угла наклона нормали винтовой поверхности шнека волчка к его продольной оси. Реализация поставленной задачи осуществляется строго аналитически, исходя из условия сбалансированности конструктивно-технологических параметров, описывающих кинематическую и динамическую составляющие модели. Логика данного подхода состоит в согласовании таких параметров волчка, как производительность по подаче сырья к режущей головке и производительность по ее режущей способности. Решение сформулированной задачи, определяющей качество и энергоёмкость процесса измельчения пищевых материалов, позволяет вывести уровень отечественного измельчительного оборудования до степени высокой конкурентоспособности, в том числе международной.

Ключевые слова: волчок, мясорубка, шнек, винтовая линия, угол наклона, момент затяжки, давление, скорость подачи, нераскрытие стыка, напряжение смятия, оптимизация, коэффициент трения, синтез, зажимная гайка, нож, решетка, смятие волокон, давление, мясное сырьё.

OPTIMIZATION OF THE ANGLE OF INCLINATION OF THE HELIX OF THE SCREW THE LATEST ROUND OF TOP-CHOPPER

© 2018

PelenkoValery Victorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor
of the Chair "The Department of Heat Installations and Heat Engines"

*Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
(198095, St. Petersburg, Ivan Chernykh Street, 4, e-mail: pelenko1@rambler.ru)*

Ivanenko Vladimir Pavlovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
of the "Higher School of Biotechnology and Technological Processes"

*St. Petersburg Polytechnic Peterburg the Great University
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnic Street, 29, e-mail: vpi.vladimir@yandex.ru)*

Usmanov Ilkhom Ibragimovich, postgraduate student
ITMO University

(91002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov Street, 9, e-mail: ilhomusmanov@mail.ru)

Abstract. In this article, the authors set and solved by analytical methods the complex problem of optimization of one of the fundamental parameters of the operation of chopping and cutting screw machines, namely the angle of the helix of the last turn of the screw. In detail, carefully and logically justified of the provisions of which clearly shows the possibility of optimizing the angle of normal helical surface of the screw top to its longitudinal axis. Implementation of the task is carried out strictly analytically, based on the balance of structural and technological parameters describing the kinematic and dynamic components of the model. The logic of this approach is to agree on such parameters of the gyroscope as the productivity of feed to the cutting head and the productivity of its cutting ability. The solution of the formulated problem, which determines the quality and energy intensity of the process of grinding of food materials, allows to bring the level of domestic grinding equipment to a degree of high competitiveness, including international.

Keywords: gyroscope, meat grinder, screw, helix, angle, tightening torque, pressure, feed rate, joint failure, crushing stress, optimization, friction coefficient, synthesis, clamping nut, knife, grating, fiber crushing, pressure, raw meat.

Вопросам измельчения мясного сырья и других пищевых материалов животного и растительного происхождения посвящено значительное количество научных работ. Наряду с рассмотрением общих процессов, протекающих в волчках и мясорубках, работы многих исследователей касаются и частных проблем. К приоритетным вопросам создания целостной «Теории расчёта волчков» в общем случае следует отнести:

1. Обоснование величины минимального давления в зоне резания пищевого материала p_0 .

2. Оптимизация формы лезвийной кромки ножа.
3. Оптимизация угла наклона винтовой линии последнего витка шнека волчка.
4. Оценка энергоёмкости процесса транспортировки мяса к режущему узлу в волчках с винтовым шнеком переменного шага.
5. Математическое описание и обоснование параметров взаимодействия контактных поверхностей пары нож-решётка в волчках.
6. Определение момента затяжки центральной зажимной гайки волчка.
7. Статистическое экспериментальное определение удельного усилия резания пищевых материалов, напряжений смятия волокон продукта, коэффициентов трения скольжения пищевого сырья при перемещении по материалу конструктивных элементов волчка, а так же коэффициента бокового давления.
8. Аналитическое описание процесса взаимодействия пищевого материала с ребрами противоскольжения корпуса волчка.
9. Экспериментальное определение интенсивности процесса «шлюзования» (обратного потока пищевого материала через зазор между внутренней поверхностью корпуса волчка и внешней поверхностью винтового шнека по его наружному диаметру).
10. Разработка корректной математической модели функционирования волчка.

Одной из проблем, не рассмотренных достаточно глубоко при структурном анализе и математическом моделировании мясорубок и волчков [6-10] является определение оптимального угла наклона винтовой линии последнего витка шнека измельчителя. Эта задача является важным и логически завершающим элементом анализа и синтеза волчков и мясорубок, их аналитического описания и математического моделирования, не нашедших исчерпывающего изучения и освещения в литературе [3, 12-27]. Анализ работ [1, 2, 12-17, 19, 29] показывает, что решение задачи оптимизации угла наклона винтовой линии последнего витка шнека волчка необходимо искать в оптимизационной парадигме.

Необходимость оптимизации величины угла наклона нормали винтовой поверхности шнека волчка к продольной оси шнека γ , и, тем самым, момента затяжки центральной зажимной гайки выходной решетки и, соответственно, усилия прижатия решетки к ножу логически обусловлены следующими обстоятельствами. Отклонение угла наклона винтовой поверхности шнека γ от оптимального значения $\gamma_{\text{опт}}$, при заданной угловой скорости вращения шнека ω , в случае $\gamma > \gamma_{\text{опт}}$, ведет к увеличению скорости подачи пищевого материала (мясного сырья) и соответственно к явлению шлюзования (обратный поток мясного сырья), к мятию сырья, выдавливанию мясного сока, снижению удельной производительности (примерно на 30—40%) и увеличению удельного расхода энергии на измельчение (на 20—30%), а так же к повышению давления в предматричной зоне, повышению износа в паре нож-решетка, снижению качества фарша (режим недостаточного уровня режущей способности пары нож-решетка). В случае $\gamma < \gamma_{\text{опт}}$ - уменьшается скорость по-

дачи пищевого материала и, как следствие, снижаются давление в предматричной зоне, качество резания и реальная производительности (производительность подачи – ниже режущей способности). Безусловно, что в таких обстоятельствах является задачей не только актуальной, но исключительно значимой и определяющей качество и энергоёмкость процесса измельчения пищевых материалов.

Решение нахождения оптимального значения угла наклона нормали винтовой поверхности шнека к его продольной оси будем осуществлять аналитически, приравнивая математические значения определяемых параметров, найденных из кинематической и динамической модели.

Из кинематических соображений расход мясного сырья Q при работе волчка определяется соотношением

$$Q = \rho \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) n V, \quad (1)$$

где ρ – плотность мясного сырья, d – диаметр отверстия выходной решётки, n – количество отверстий выходной решётки, V – скорость истечения фарша.

Отсюда скорость истечения мясного сырья через отверстия выходной решётки составит величину:

$$V = 4Q / \rho \pi d^2 n \quad (2)$$

Время одного оборота шнека t рассчитывается по угловой скорости вращения ω :

$$t = 2\pi / \omega \quad (3)$$

За время одного оборота шнека мясное сырьё продвинется, при известных допущениях, на один шаг шнека h :

$$h = \pi D_n t \gamma, \quad (4)$$

где D_n – наружный диаметр шнека, γ – угол наклона винтовой линии последнего витка шнека.

Таким образом, так как:

$$V = h / t \quad (5)$$

то из кинематических предпосылок получим окончательно

$$V = 0,5\omega D_n t \gamma \quad (6)$$

Из динамических соображений, учитывая диссипативные потери энергии на трение и деформацию, производительность волчка в зависимости от его основных конструктивных и технологических параметров определяется выражением [5, 11]:

$$Q = \rho \cdot \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{\sum_{i=1}^n F_i} \cdot \frac{\pi d^2}{4} n \cdot \left[1 - \frac{4mS_{\text{лез}}}{\pi(D_u + D_6)} \right] \cdot \omega, \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n M_i = M_{\text{прив}} - M_{\text{тр}}^{ч.ок} - M_{\text{нож}}^{\text{рез}} - M_{\text{нож}}^{\text{деф}} - M_{\text{тр}}^{н.р}, \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n F_i = F_{омг}^{pez} + F_{омг}^{mp} + F_{деф}^{мяс} + F_{ц.ос}^{mp} + F_{ш}^{mp}, \quad (9)$$

где $M_{прив}$ - крутящий момент на валу привода; $M_{тр}^{ц.ок}$ - момент трения во вращательном движении мясного сырья (окружном) о внутреннюю поверхность корпуса волчка; $M_{нож}^{рез}$ - момент сил резания ножа во вращательном движении; $M_{нож}^{деф}$ - момент деформационных сил во вращательном движении мясного сырья; $M_{тр}^{н.р}$ - момент сил трения в паре нож-решетка; $F_{отв}^{рез}$ - усилие резания мясного сырья на кромке отверстия решетки; $F_{отв}^{тр}$ - сила трения мясного сырья о поверхность отверстий выходной решетки волчка; $F_{деф}^{мяс}$ - деформационная сила сжатия мясного сырья; $F_{ц.ос}^{тр}$ - сила трения мясного сырья о внутреннюю поверхность корпуса волчка в осевом движении; $F_{ш}^{тр}$ - сила трения мясного сырья о наружную поверхность шнека; D_n - наружный диаметр винтового шнека; D_b - внутренний диаметр винтового шнека; m - количество лезвий ножа; $S_{лезв}$ - ширина лезвия ножа; ω - угловая скорость вращения винтового шнека и ножа волчка.

Решая совместно систему уравнений (2) и (7) и учитывая равенство динамической и кинематической составляющих скоростей получим:

$$4Q / \pi d^2 n p = 0,5 D \cdot \omega \cdot tg \gamma \quad (10)$$

Физический смысл соотношения (10) состоит в согласовании таких параметров волчка, как производительность по подаче сырья к режущей головке и производительность по режущей способности этой головки. До настоящего времени такая задача решалась, как правило, графическими методами [1, 21, 29-32].

Полученное аналитическое уравнение (10) позволяет однозначно и корректно определить тангенс оптимального угла наклона винтовой линии последнего витка шнека к его оси:

$$tg \gamma_{opt} = 8Q / \pi d^2 n p D \omega \quad (11)$$

Окончательное значение оптимального угла γ_{opt} запишется в виде:

$$\gamma_{opt} = arctg(8Q / \pi d^2 n p D \omega) \quad (12)$$

Таким образом, в работе на стадии описания внутренних связей элементов модели и особенностей взаимодействия их компонентов приняты во внимание и учтены кинематические, динамические и конструктивные параметры узлов оборудования, а также направленность их влияния на качественные и количественные выходные данные технологического процесса измельчения. Полученное аналитическое уравнение (12) позволяет однозначно и корректно определить оптимальное значение угла наклона винтовой линии последнего витка шнека к его оси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Пелеев А.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. – М.: Пищепромиздат, 1971. – 518 с.
2. Ивашов В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Часть 2. Оборудование для переработки мяса. – СПб.: ГИОРД, 2007. – 464 с.
3. Л.М. Корнюшко. Механическое оборудование предприятий общественного питания. СПб.: ГИОРД, 2006. – 288 с.
4. Математическое моделирование и расчет конструктивных параметров измельчителей с переменным шагом винтовой линии шнека / В.Пеленко, В. Похольченко, И.Усманов, А.Сомов, А.Смирнов // Вестник МГТУ. 2017. Т. 20, № 3. С. 556-562. URL: http://vestnik.mstu.edu.ru/v20_2_n72/06_pelenko_556_562.pdf.
5. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Ольшевский Р.Г., Иваненко В.П., Крысин А.Г. Аналитическая и экспериментальная оценка влияния момента трения кинематической пары нож-решетка на производительность измельчителя // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 4. С. 169-181.
6. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Ольшевский Р.Г., Иваненко В.П., Крысин А.Г. Оценка зависимости производительности измельчителей мяса от их конструкции и физико-механических свойств сырья // Вестник Международной академии холода. 2015. № 1. С. 9–15.
7. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Бобров С.В., Малявко Д.П., Малюгин Г.И., Цуранов О.А. Проблемы развития теории и практики промышленного производства измельчительно-режущего оборудования // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 1. С. 21.
8. Арет В.А., Верболоз Е.И., Пеленко Ф.В., Пеленко В.В. Внешнее трение в моделировании работы червячного экструдера // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2012. № 1. С. 10.
9. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Ольшевский Р.Г., Азаев Р.А., Кузьмин В.В. Фундаментальные особенности процесса резания пищевых продуктов лезвийным инструментом // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2008. № 1. С. 40–42.
10. Пеленко В.В., Кузьмин В.В., Морозов Е.А., Азаев Р.А., Ольшевский Р.Г. Оптимизация параметров оборудования для переработки мясного сырья // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2008. № 5–6. С. 84–86.
11. Пеленко В.В., Арет В.А., Ольшевский Р.Г. и др. Разработка математической модели процесса измельчения мясного сырья в волчках // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2013. – №3(17). – С. 27–33.
12. Остриков А.Н., Абрамов О.В., Рудометкин А.С. Экструзия в пищевых технологиях. СПб.: ГИОРД, 2004. – 288 с.

13. Полещук О.Б. Оптимизация работы мясоизмельчительных шнековых машин на основе изучения закономерностей переноса влаги в мясном фарше: Автореф. дис. канд. техн. наук / О.Б. Полещук; ЛТИХП. – Л., 1988. – 16 с.

14. Груздев И.Э. Обработка пищевых масс в шнековых устройствах. Дис. докт. техн. Наук. ЛТИХП. – Л., 1985. – 348 с.

15. Герман Х. Шнековые машины в технологии. ФРГ, 1972. Л., «Химия», 1975. – 232 с.

16. Пеленко В.В., Малявко Д.П., Усманов И.И. и др. Оптимизация процесса измельчения пищевых материалов в волчках // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2016. – №2. – С. 32–39.

17. Даурский А.Н., Мачихин Ю.А. Резание пищевых материалов. – М. Пищевая промышленность. 1980. – 240 с.

18. Лонцин М., Мерсон Р. Основные процессы пищевых производств. Перевод с английского. М.: Легкая и пищевая пр-ть. 1983. – 377 с.

19. Машины и аппараты пищевых производств / С.Т.Антипов [и др.] – Ч. 1 и 2. М.: Изд. «Высшая школа», 2001 – 1384 с.

20. Новое мясное дело. Специализированное издание по вопросам производства, техники и менеджмента в мясной пр-ти. Изд-во Hans Holzmann. Германия. 2006. № 1–6.

21. Остриков А.Н., Абрамов О.В., Рудометкин А.С. Экструзия в пищевой промышленности. – СПб.: ГИОРД, 2004, – 288 с.

22. Островский Э.В. Краткий справочник конструктора продовольственных машин. – М.: Агропромиздат, 1986. – 616 с.

23. Рогов И.А. Технология и оборудование мясоконсервного производства. – М.: Колос. 1994. – 270 с.

24. Меретуков З.А. Физико-химическая механика процессов экстракционной технологии с применением двуокси углерода в шнековых машинах: Автореф. дис. докт. техн. наук; МГТУ. – г. Майкоп, 2012. – 46 с.

25. Сфера. Мясо. Мясопереработка. №3(29) 2006. Информационно-аналитический журнал. С.Петербург. 2006. 73 с.

26. Фатыхов Ю., Канопка Л. Экструзионные технологии пищевых производств. Латвия. Вильнюс. Вильнюсский технический университет. 2007. – 88 с.

27. Чижикова Т.В. Машины для измельчения мяса и мясных продуктов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 302 с.

28. Пеленко В.В., Малявко Д.П., Усманов И.И., Екимов В.Г., Крысин А.Г. Оптимизация процесса измельчения пищевых материалов в волчках // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2016. № 2. С. 32–40.

29. Мак-Келви Д.М. Переработка полимеров. Перевод с английского. М.: «Химия», 1965. – 444 с.

30. Белоусов А. О конструктивных недостатках волчка ПМ-200. – Мясная индустрия СССР, 1965, № 2, С. 22–24.

31. Андриющенко А.Г. Исследование эксплуатационных и конструктивных параметров волчков малой производительности с целью их совершенствования: Автореф. дис. канд. техн. наук; МТИММП. – М., 1979. – 23 с.

32. Андриющенко А.Г. Исследование процесса трения мяса о стальную поверхность. – Мясная индустрия СССР, 1978, № 1, С. 29–31.

Статья поступила в редакцию 17.05.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 664.765

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЛИПИДОВ ПОЛУОБЕЗЖИРЕННОГО КУКУРУЗНОГО ЖМЫХА

© 2018

Нюдлеева Ирина Александровна, магистрант Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий
Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

(194021, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 48, e-mail: irina.nyudleeva@yandex.ru)

Красильников Валерий Николаевич, доктор технических наук, профессор, генеральный директор
ООО «ПРОТЕИН», профессор Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий

Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого
(194021, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 48, e-mail: protein@peterstar.ru)

Чернова Елена Викторовна, доктор экономических наук, профессор,
профессор Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий

Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого
(194021, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 48, e-mail: chernova68@list.ru)

Матвеева Юлия Аникториевна, аспирант Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий
Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

(194021, Россия, Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 48, e-mail: matveevajuliaa@mail.ru)

Аннотация. В настоящее время существует тенденция расширения ассортимента специализированных продуктов питания за счет нетрадиционных источников пищевого сырья. В связи с этим значительный интерес представляет полуобезжиренный кукурузный жмых – побочный продукт производства кукурузного масла, получаемый путем прессования кукурузного зародыша. Полуобезжиренный кукурузный жмых легко измельчается до состояния муки, которую можно использовать для производства мучных и кондитерских изделий. В статье представлены данные по исследованию жирнокислотного состава липидов полуобезжиренного кукурузного жмыха методом газо-жидкостной хроматографии по ГОСТ Р ИСО 5508:2010 после приготовления метиловых эфиров согласно ISO 5509:2000. Результаты исследований показали, что по содержанию и соотношению линолевой и олеиновой кислот (1:1,13) липиды полуобезжиренного кукурузного жмыха относятся к линолево-олеиновой группе растительных масел. В исследуемом образце в наибольшем количестве содержатся три типа кислот: насыщенные (пальмитиновая кислота), мононенасыщенные (олеиновая кислота) и диненасыщенные (линолевая кислота). По мнению авторов статьи, высокое количество олеиновой и линолевой жирных кислот определяет использование данного пищевого сырья в качестве основного или вспомогательного ингредиента при разработке продукции специализированного назначения. Согласно Методическим рекомендациям МР 2.3.1.1915-04 и МР 2.3.1.2432-08 нормы потребления мононенасыщенных жирных кислот для взрослого человека должны составлять 30 г/сутки, полиненасыщенных жирных кислот – 11 г/сутки, в том числе Омега-6 – 10 г/сутки и Омега-3 – 1 г/сутки. Расчеты показывают, что 100 г муки из полуобезжиренного кукурузного жмыха на 30 % удовлетворяет суточную потребность в мононенасыщенных жирных кислотах, полностью – потребность в Омега-6 и на 22 % потребность в Омега-3 жирных кислотах.

Ключевые слова: кукуруза, полуобезжиренный кукурузный жмых, мука из полуобезжиренного кукурузного жмыха, липиды, жирнокислотный состав.

FATTY ACID COMPOSITION OF THE LIPIDS OF HALF-DEFATTED CORN CAKE

© 2018

Nyudleeva Irina Aleksandrovna, student, Higher School of Biotechnology and Food Technologies
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

(194021, Russia, St. Petersburg, Novorossiyskaya Street, 48, e-mail: irina.nyudleeva@yandex.ru)

Krasil'nikov Valerii Nikolaevich, doctor of technical sciences, professor, general manager of LLC "PROTEIN",
professor of the Higher School of Biotechnology and Food Technologies

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
(194021, Russia, St. Petersburg, Novorossiyskaya Street, 48, e-mail: protein@peterstar.ru)

Chernova Elena Viktorovna, doctor of economic sciences, professor, professor of the Higher School of Biotechnology
and Food Technologies

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
(194021, Russia, St. Petersburg, Novorossiyskaya Street, 48, e-mail: chernova68@list.ru)

Matveeva Yuliya Aniktorievna, postgraduate student, Higher School of Biotechnology and Food Technologies
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

(194021, Russia, St. Petersburg, Novorossiyskaya Street, 48, e-mail: matveevajuliaa@mail.ru)

Abstract. Now there is a tendency of expansion of the range of specialized food at the expense of nonconventional sources of food raw materials. In this regard, a significant interest is half-defatted corn cake - a byproduct of corn oil produced by pressing the corn germ. Half-defatted corn cake is easily crushed to the state of flour, which can be used for the production of flour and confectionery products. The article presents data on the study of fatty acid composition of lipids of half-defatted corn cake by gas-liquid chromatography according to GOST R ISO 5508:2010 after preparation of methyl esters according to ISO 5509: 2000. The results of studies have shown that the content and the ratio of linoleic and oleic acids (1:1,13) lipids of

half-defatted corn cake belong to the linoleic-oleic group of vegetable oils. In the sample under study, three types of acids are present in the largest amount: saturated (palmitic acid), monounsaturated (oleic acid), and dinasaturated (linoleic acid). According to the authors of the article, the high amount of oleic and linoleic fatty acids determines the use of this food raw material as a main or auxiliary ingredient in the development of specialized products. According to the Methodical recommendations of MR 2.3.1.1915-04 and MR 2.3.1.2432-08 the norms of consumption of monounsaturated fatty acids for an adult should be 30 g/day, polyunsaturated fatty acids - 11 g/day, including Omega-6 - 10 g/day and Omega-3 - 1 g/day. Calculations show that 100 g of flour from half-defatted corn cake for 30 % meets the daily need for monounsaturated fatty acids, fully – the need for omega-6 and 23 % need for omega-3 fatty acids.

Keywords: corn, half-defatted corn cake, flour from half-defatted corn cake, lipids, fatty acid composition.

В настоящее время существует тенденция расширения ассортимента специализированных продуктов питания, а также повышение их качества. Специализированная пищевая продукция – пищевая продукция, для которой установлены требования к содержанию и (или) соотношению отдельных веществ или всех веществ и компонентов и (или) изменено содержание и (или) соотношение отдельных веществ относительно естественного их содержания в такой пищевой продукции и (или) в состав включены не присутствующие изначально вещества или компоненты (кроме пищевых добавок и ароматизаторов) и (или) изготовитель заявляет об их лечебных и (или) профилактических свойствах, и которая предназначена для целей безопасного употребления этой пищевой продукции отдельными категориями людей [1]. Одним из возможных вариантов повышения пищевой ценности продукции является использование нетрадиционных источников пищевого сырья. В связи с этим значительный интерес представляет полуобезжиренный кукурузный жмых – побочный продукт производства кукурузного масла, получаемый путем прессования кукурузного зародыша. Полуобезжиренный кукурузный жмых легко измельчается до состояния муки, которую можно использовать как самостоятельное сырье, так и в качестве обогатителя [2]. Схема производства полуобезжиренного кукурузного жмыха и муки из полуобезжиренного кукурузного жмыха представлена на рисунке 1.

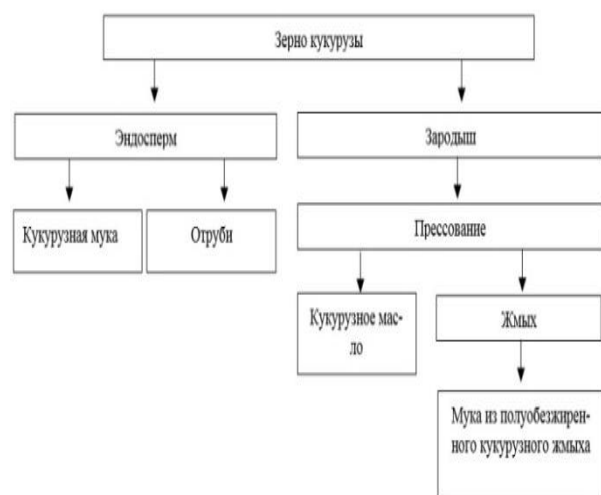


Рисунок 1 – Схема технологического процесса переработки зерна кукурузы

В последние годы повышается производство зерна кукурузы, совершенствуется технология его переработки. Так за последние пять лет количество собранной кукурузы возросло с 11653 до 13236 тыс. тонн [3, 4]. Это привело к увеличению производства кукурузного масла и, соответственно, муки из полуобезжиренного кукурузного жмыха. Поэтому наличие перспективной сырьевой базы дает предпосылки активного использования данного вида продукции в питания человека.

Ранее проведенное авторами статьи исследование химического состава полуобезжиренного кукурузного жмыха показало, что содержание влаги составляет $8,59 \pm 0,17$, сырого протеина – $42,57 \pm 0,83$, сырого жира – $27,27 \pm 0,55$, сырой золы – $11,56 \pm 0,23$, безазотистых экстрактивных веществ – $18,60 \pm 0,43$ (% на сухое вещество) [5].

Кукурузный зародыш обладает высокой биологической ценностью. В частности, он содержит наибольшее количество липидов по сравнению с другими анатомическими частями зерна [6]. Липиды – важный компонент пищи, который является источником энергетического и пластического материала для человека, а также целого ряда необходимых пищевых веществ. При этом следует обращать внимание не только на количество, но и химический состав употребляемых липидов [7]. Липиды – сложная смесь органических соединений с близкими физико-химическими свойствами. Липиды масличных семян подразделяются на ацильные (омыляемые) и изопреноиды (неомыляемые). В свою очередь омыляемые делятся на простые или нейтральные (триацилглицеролы и воски) и сложные или полярные (фосфолипиды, гликолипиды, сфинголипиды), а неомыляемые – на стеролы, каротиноиды, жирорастворимые витамины и провитамины, хлорофиллы [8, 9, 10].

Омыляемые (ацильные) липиды являются сложными эфирами радикалов жирных кислот (ацилов) и одно- и многоатомных спиртов или аминокислот или более сложных соединений по типу глицерофосфорных кислот. Липиды данной группы – источники ацильных радикалов Омега-9, Омега-6 и Омега-3 жирных кислот. В целом, говоря о функциональности жирных кислот, можно в обобщенном виде констатировать:

- мононенасыщенные жирные кислоты Омега-9 равноценны по своей эффективности полиненасыщенным жирным кислотам в плане понижения уровня холестерина в крови;

- Омега-3 жирные кислоты оказывают оздоровительное действие и рассматриваются как незаменимые факторы питания, особенно в детском возрасте;

- имеется взаимосвязь между специфическими жирными кислотами (γ - и α -линолевая кислота) в физиологическом отклике при некоторых заболеваниях [11].

В зерновых культурах запасные липиды сосредоточены в основном в зародыше [8]. Так, например, в эндосперме зерна содержание липидов колеблется от 0,7 до 1,2 % (в пересчете на сухое вещество), в то время как в зародыше содержится от 30,0 до 48,0 % (в пересчете на сухое вещество) [8, 12].

Цель работы – определение жирнокислотного состава липидов полуобезжиренного кукурузного жмыха.

Материалы и методы исследования: для исследования был взят образец полуобезжиренного кукурузного жмыха, полученный с производственного предприятия ООО ПФ «Радуга», расположенного в Краснодарском крае. Предприятие специализируется на производстве круп, муки, кормов из кубанского зерна, в том числе кукурузы различных товарных сортов, которые закупаются на территории Южного Федерального округа [13].

Содержание сырого жира определялось согласно ГОСТ 15113.9 «Концентраты пищевые. Методы определения жира» [14]. Жирнокислотный состав липидов – методом газо-жидкостной хроматографии согласно ГОСТ Р ИСО 5508:2010 «Животные и растительные жиры и масла. Определение метиловых эфиров жирных кислот (FAME) газовой хроматографией» [15] после приготовления метиловых эфиров согласно ISO 5509:2000 «Жиры и масла животные и растительные: Приготовление метиловых эфиров жирных кислот» [16]. Анализ выполнен в ООО «Малое инновационное предприятие «Аналитика. Материалы. Технологии», г. Санкт-Петербург.

Результаты и обсуждение. Результаты проведенных исследований жирнокислотного состава полуобезжиренного кукурузного жмыха представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Жирнокислотный состав липидов полуобезжиренного кукурузного жмыха

Наименование	Формула	Содержание (в % от суммы, $\pm 10\%$)
Насыщенные		
n-Гексановая (каприловая)	C _{6:0}	0,28
n-Октановая (каприновая)	C _{8:0}	0,06
n-Тетрадекановая (миристиновая)	C _{14:0}	0,08
n-Гексадекановая (пальмитиновая)	C _{16:0}	11,69
n-Октадекановая (стеариновая)	C _{18:0}	2,42
Мононенасыщенные		
n-Гексадеценная (пальмитоолеиновая)	C _{16:1n7}	0,13
11-октадеценная	C _{18:1n7}	0,86

(вакценовая)		
Октадецен-9-овая (олеиновая)	C _{18:1n9}	35,84
Эйкозен-11-овая (гондоиновая)	C _{20:1n9}	0,37
Декозен-13-овая (эруковая)	C _{22:1n9}	0,89
Диненасыщенные		
Октадекадиен-9,12-овая (линолевая)	C _{18:2n6}	40,72
Эйкозодиен-11,14-овая (эйкозодиеновая)	C _{20:2n6}	0,34
Тетракозодиеновая	C _{24:2n6}	1,96
Триненасыщенные		
Октадекадиен-6,9,12-овая (α -линоленовая)	C _{18:3n3}	0,71
Пентаненасыщенные		
Эйкозапентаеновая (ЕРА) (тимнодоновая)	C _{20:5n3}	0,16
Не идентифицированные	-	3,50

Триглицериды липидов полуобезжиренного кукурузного жмыха представлены тремя типами жирных кислот – насыщенные (пальмитиновая кислота), мононенасыщенные (олеиновая кислота), диненасыщенные (линолевая кислота). На долю данных кислот в липидах приходится 88,25 %. Соотношение линолевой кислоты к олеиновой кислоте примерно 1:1,13, что позволяет отнести масло, полученное из кукурузного зародыша, к линолево-олеиновым маслам, в которых линолевая и олеиновая кислоты находятся в почти равных количествах (таблица 2).

Таблица 2 – Жирнокислотный состав основных видов растительных липидов

Растительные масла	Содержание жирных кислот, % отн.			
	насыщенные	ненасыщенные	главные жирные кислоты	
			формула	содержание
1	2	3	4	5
Овсяное	16,9÷ 19,6	76,6÷ 80,4	C ₁₈ ¹	33,5÷
			C ₁₈ ²	36,7 35,9÷ 38,4
Льняное	8,0÷ 11,0	89,0÷ 92,0	C ₁₈ ³	53,0÷ 59,0
			C ₁₈ ²	65,0÷ 71,0
Подсолнечное	10,0÷ 12,0	80,0÷ 90,0	C ₁₈ ¹	45,0÷
			C ₁₈ ²	61,0 20,0÷ 25,0
Соевое	14,0÷ 20,0	75,0÷ 86,0	C ₁₈ ²	46,0÷ 65,0
			C ₁₈ ¹	35,8÷
Полуобезжиренный кукурузный жмых	14,5÷ 15,9	81,9÷ 90,1	C ₁₈ ¹	39,4
			C ₁₈ ²	40,7÷ 44,7

В составе образца в небольшом количестве содержатся насыщенные жирные кислоты: каприловая, каприновая, миристиновая, пальмитиновая, стеариновая. Содержание насыщенных жирных кислот составляет 14,53 %, в то время как ненасыщенных – 81,97 %.

Поскольку ненасыщенные жирные кислоты представлены в основном ω -6 линолевой кислотой, то при оценке нутритивных свойств липидов рассмотрены метаболические пути изменения линолевой кислоты – семейство ω -6 эссенциальных жирных кислот (рисунок 2).

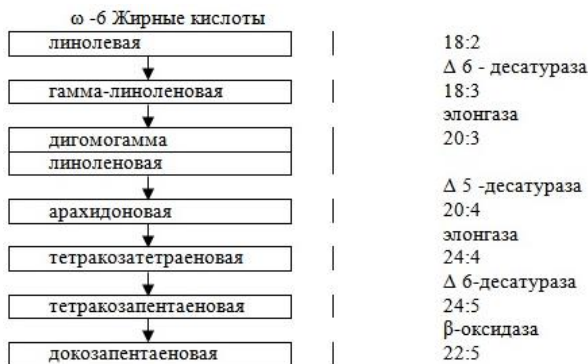


Рисунок 2 – Метаболизм линолевой кислоты в организме млекопитающих [17]

Эссенциальные жирные кислоты, в том числе, линолевая (ω -6) важны как предшественники гормональных соединений. Линолевая кислота является основной для формирования гормоноподобных соединений, называемых эйкозаноидами, таких как простагландины и лейкотриены, которые играют важную роль в поддержании гомеостаза организма. Она положительно влияет на липидный профиль сыворотки крови больных сахарным диабетом. Дефицит линолевой кислоты способствует развитию атеросклероза. Оптимальным считается потребление линолевой кислоты в количестве 5-8 % от общей калорийности [11,17].

Согласно Методическим рекомендациям МР 2.3.1.1915-04 и МР 2.3.1.2432-08, разработанным Институтом питания РАМН, рекомендуемые нормы потребления мононенасыщенных жирных кислот – 30 г/сутки; полиненасыщенных жирных кислот – 11 г/сутки, в том числе Омега-6 – 10 г/сутки и Омега-3 – 1 г/сутки. Оптимальное соотношение в суточном рационе Омега-6 к Омега-3 жирных кислот должно составлять 5-10 : 1. Физиологическая потребность в Омега-6 и Омега-3 жирных кислотах – 4-9 % и 0,8-1 % от калорийности суточного рациона для детей от 1 года до 14 лет; 5-8 % и 1-2 % для детей от 14 до 18 лет, соответственно [18, 19]. В исследуемом образце соотношение Омега-6 к Омега-3 составляет 43 : 1. Расчеты показывают, что 100 г муки из полуобезжиренного зародыша кукурузы на 30 % удовлетворяет суточную потребность в мононенасыщенных жирных кислотах, полностью – потребность в Омега-6 и на 22 % потребность в Омега-3 жирных кислотах. Полуобезжиренный кукурузный жмых является источником Омега-3 жирных кислот, так как сумма Омега – 3 жирных кислот составляет 0,22 г на 100 г продукта [20]. Поэтому рационально включение в рацион питания изде-

лий с добавлением муки из полуобезжиренного кукурузного жмыха, липиды которой имеют высокие показатели содержания олеиновой и линолевой жирных кислот.

Выводы. Основными жирными кислотами липидов полуобезжиренного кукурузного жмыха являются пальмитиновая (11,69 %), олеиновая (35,84 %), линолевая (40,72 %) кислоты. По содержанию линолевой и олеиновой кислот и их примерному соотношению (1,13 : 1) липиды полуобезжиренного кукурузного жмыха относятся к линолево-олеиновой группе растительных масел. Ввиду достаточного содержания в полуобезжиренном кукурузном жмыхе липидов с высоким содержанием олеиновой и линолевой жирных кислот, целесообразно разрабатывать продукцию специализированного назначения на основе или с добавлением данного продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902320560>.
2. Кулакова Е.В. Использование зародышевой муки из кукурузного шрота для обогащения молдавских национальных блюд [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.18.16)/ Кулакова Елена Васильевна. – М., 1978. – 23 с.
3. Федеральная служба государственной статистики. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/> (дата обращения 17.03.2018 г.).
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/statistics/databases/ru/>
5. Нюдлеева И.А., Чернова Е.В., Матвеева Ю.А. Химический состав кукурузного жмыха и перспективы его использования в мучных кондитерских изделиях функционального назначения // Global science. Development and novelty. 2017. № 6. С. 36–39.
6. Ермакова А.И. Биохимия культурных растений. Том 1: Хлебные и крупяные культуры. 2-е изд., перераб. и доп. – М.,Л.: Гос. издательство сельскохозяйственной литературы, 1958. – 701 с.
7. Нечаев А.П. Пищевая химия/А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова, В.В. Колпакова, И.С. Витол, И.Б. Кобелева; под ред. А.П. Нечаева. – 5-е изд., испр. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2012. – 672 с.
8. Щербakov В.Г. Биохимия и товароведение масляного сырья – 5-ое изд., перераб. и доп. – М.: КолосС, 2003. – 360 с.
9. Смирнова Н.А. Товароведение зерномучных и кондитерских товаров: Учеб. для вузов/ Н.А. Смирнова, Л.А. Надеждина, Г.Д. Селезнева, Е.А. Воробьева. – М.: Экономика, 1989. – 352 с.
10. Тютюнников Б.Н. Химия жиров. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 447 с.
11. Ипатова Л.Г. Жировые продукты для здорового питания. Современный взгляд / Л.Г. Ипатова, А.А. Кочеткова, А.П. Нечаев, В.А. Тутельян. – М.: Де-ЛиПринт, 2009. – С. 14–121.
12. Меледина Т.В. Несоложенные материалы в пивоварении: Учебное пособие/ Т.В. Меледина, И.В. Матвеева

ев, А.В. Федоров. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО. – 66 с.

13. Группа компаний «Радуга» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://radugapf.ru/>

14. ГОСТ 15113.9 Концентраты пищевые. Методы определения жира [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://docs.cntd.ru/document/1200022354>.

15. ГОСТ Р ИСО 5508:2010 Животные и растительные жиры и масла. Определение метиловых эфиров жирных кислот (FAME) газовой хроматографией [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-iso-5508-2010>.

16. ИСО 5509 Животные и растительные жиры и масла. Получение метиловых эфиров жирных кислот (ISO 5509, Animal and vegetable fats and oils - Preparation of methyl esters of fatty acids) [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://www.iso.org/standard/11560.html>

17. McDonald B.E., Fitzpatrick K., Designer vegetable oils. //in the book «Functional Foods. Biochemical and Processing Aspects», edited by Y. Mazza, Technomic Publishing Co. inc., Lancaster-Basel, 1998, pp. 274-276.

18. МР 2.3.1.2432-08 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200076084>.

19. МР 2.3.1.1915-04 Методические рекомендации. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200037560>

20. ГОСТ Р 55577-2013 Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200107585>.

Статья поступила в редакцию 16.04.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 664.788.4

БЕЗОПАСНОСТЬ И КАЧЕСТВО РЕГИОНАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ДЛЯ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ

© 2018

Садыгова Мадина Карипулловна, доктор технических наук,
профессор кафедры «Технологии продуктов питания»
Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова
(410005, Россия, г. Саратов, ул. Б. Садовая, 220, e-mail: sadigova.madina@yandex.ru)
Башинская Оксана Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры «Растениеводство, селекция и генетика»
Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова
(410012, Россия, г. Саратов, Театральная пл, 1, e-mail: oksana_bashinska@mail.ru)
Кондрашова Анжела Владимировна, кандидат химических наук,
доцент кафедры «Микробиология, биотехнология и химия»
Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова
(410005, Россия, г. Саратов, ул. Б. Садовая, 220, e-mail: kondrashovaav@sgau.ru)
Кузнецова Людмила Ивановна, аспирант
Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова
(410005, Россия, г. Саратов, ул. Б. Садовая, 220, e-mail: l.kuznetsova1990@mail.ru)

Аннотация. В статье рассмотрены возможности использования зерна чумизы, как регионального безопасного и качественного сырья в технологии продуктов для здорового питания. Исследования проводились в учебной лаборатории по хлебопекарному и кондитерскому производству кафедры «Технологии продуктов питания» и УНИЛ по определению качества пищевой и сельскохозяйственной продукции Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова. В качестве объекта исследования – сорт чумизы Янтарная, селекции ФГБНУ Российский НИИ сорго и кукурузы и ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ Исследована безопасность сырья, определен аминокислотный состав белка зерна чумизы, рассчитан аминокислотный скор. Дана сравнительная оценка качества муки пшеничной и муки из зерна чумизы.

Ключевые слова: чумиза, аминокислотный состав, безопасность сырья, газообразующая способность, здоровое питание, технологические свойства, белизна муки, капиллярный электрофорез.

SAFETY AND QUALITY OF REGIONAL RAW MATERIAL FOR MANUFACTURE OF FOOD FOR HEALTHY FOOD

© 2018

Sadigova Madina Karipullova, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Technology
Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov
(410005, Russia, Saratov, B. Sadovaya Street, 220, e-mail: sadigova.madina@yandex.ru)
Bashinskaya Oksana Sergeevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the "Plant Growing, Selection and Genetics"
Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov
(410005, Russia, Saratov, B. Sadovaya Street, 220, e-mail: sadigova.madina@yandex.ru)
Kondrashova Angela Vladimirovna, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Microbiology, Biotechnology and Chemistry
Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov
(410005, Russia, Saratov, B. Sadovaya Street, 220, e-mail: sadigova.madina@yandex.ru)
Kuznetsova Lyudmila Ivanovna, postgraduate student
Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov
(410005, Russia, Saratov, B. Sadovaya Street, 220, e-mail: sadigova.madina@yandex.ru)

Abstract. The article examines the possibilities of using grain as a chumise, as a regional safe and quality raw material in the technology of products for healthy eating. The research was carried out in the training laboratory for bakery and confectionery production of the department "Food technology" and UNIL to determine the quality of food and agricultural products of the Saratov State University named after N.I. Vavilov. The object of the research is the Yantarnaya Chumise cultivar, the FGBNU selection. The Russian Research Institute of Sorghum and Maize and the FGBOU of the Saratov State University. The safety of raw materials has been investigated, the amino acid composition of the grain of the Chumise has been determined, and the amino acid speed is calculated. A comparative assessment of the quality of wheat flour and flour from the grain of the chumise is given.

Keywords: chumise, amino acid composition, raw material safety, gas-forming ability, healthy nutrition, technological properties, flour whiteness, capillary electrophoresis.

Одним из приоритетов стратегии научно-технологического развития РФ является производство продуктов функционального назначения на основе

безопасного и качественного сырья. Поэтому подбор сырья для производства продуктов для здорового питания актуально и своевременно [1-5, 22-23].

Чумиза (*Panicum italicum* - итальянское, китайское или головчатое просо) – один из древнейших злаков, которые известны человечеству, химический состав и полезные свойства обуславливают целесообразность применения продуктов переработки зерна чумизы в технологии продуктов для здорового питания [6].

К сожалению, культура мало распространена и в большинстве случаев ее урожайность в производственных посевах далеко не соответствует ее биологическому потенциалу. Все это свидетельствует о недостаточной изученности агробиологических и технологических свойств культуры, отсутствии сортового разнообразия и эффективных, конкретизированных агротехнологий ее выращивания [17-19].

Цель работы – исследование технологических свойств зерна чумизы.

Исследования проводились в учебной лаборатории по хлебопекарному и кондитерскому производству кафедры «Технологии продуктов питания» и УНИЛ по определению качества пищевой и сельскохозяйственной продукции Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова.

Объект исследования – сорт чумизы Янтарная, селекции ФГБНУ Российский НИИ сорго и кукурузы и ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. Сорт зерно-кормового использования, содержание белка выше по сравнению со стандартом на 1,5–2 %, пониженное содержание пленок.

Высеивается в УНПО «Поволжье» Энгельсского района и ФГБНУ Российский НИИ сорго и кукурузы. Урожайность зерна в условиях Саратовской области составляет 2,0–2,2 т/га. Сорт устойчив против почвенной и воздушной засухи, пригоден к механизированной уборке.

Муку из зерна чумизы получали размолотом на мельнице Брабендер Квадрумат Юниор. Качество муки, безопасность сырья определяли по общепринятым методикам (таблица 1). Безопасность пищевого сырья обеспечивает безопасность продуктов питания.

Как видно, из данных таблицы 1 зерно чумизы экологически безопасное сырье. При возделывании чумизы гербициды не применялись, посевы располагались вне зоны автомобильных трасс, вредной примеси не обнаружено.

По данным Подобеда Л.И. (2008), чумиза идеально пригодна для использования в экологическом земледелии. Она практически не накапливает в своём составе тяжёлых металлов и ядов [6].

Крупа чумизы содержит провитамина А больше, чем пшено, группы В, Е. Данные, полученные Московским институтом гигиены питания, свидетельствуют о том, что концентрация линолевой кислоты в масле чумизы превышает 61,5 % от массы всех жирных кислот. Сочетание линолевой, линоленовой и арахидоновой кислот, объединённое в понятие витамин F, поднимает показатель суммы этих кислот до 64 % и позволяет говорить уже о концентрации этого витамина в составе зерна чумизы [6],

Таблица 1 – Безопасность сырья

Наименование показателя, ед.изм.	Результаты испытаний (измерений)	Погрешность измерений	Норма по НД	НД на методы испытаний
Радионуклиды, Бк/кг: цезий-137	менее 3,0*	-	не более 60	МУК 2.6.1.1194-2000
Токсичные элементы, мг/кг: свинец кадмий ртуть мышьяк	0,037	±28%	не более 0,5	ФР. 1.31.2008.0 1733
	менее 0,020**	-	не более 0,1	ФР. 1.31.2008.0 1733
	менее 0,002**	-	не более 0,03	ФР. 1.31.2008.0 1730
	менее 0,002**	-	не более 0,2	ФР. 1.31.2008.0 1730
	менее 0,002**	-	не более 0,2	ФР. 1.31.2008.0 1730
Микотоксины, мг/кг: афлатоксин В ₁ Т-2 -токсин	менее 0,003** менее 0,05**	- -	не более 0,005 не более 0,1	ГОСТ 30711-2001, п.3 МУ 3184-84
Пестициды, мг/кг: ГХЦГ (α,β,γ-изомеры) ДДТ и его метаболиты	менее 0,05** менее 0,02**	- -	не более 0,5 не более 0,02	МУ 2142-80 МУ 2142-80
Бенз(а)пирен, мг/кг	менее 0,0005	-	не более 0,001	ФР 1.31.2008.0 1033
Зараженность вредителями хлебных запасов, экз/кг	не обнаружено	-	не допускается, кроме зараженности клещом не выше 20	ГОСТ 13586.4-83
Загрязненность вредителями хлебных запасов, экз/кг	не обнаружено	-	не более 15	ГОСТ 13586.4-83
Вредная примесь, %: спорынья и головня горчак ползучий, софора лисохвостая, термомopsis ланцетный (по совокупности) вязель разноцветный гелиотроп опушенноплодный и триходесма седая	не обнаружены не обнаружены не обнаружены не обнаружены	- - -	не более 0,1 не более 0,1 не более 0,1 не допускается	ГОСТ 30483-97

Примечания:

* - менее минимальной измеряемой активности радионуклида;

** - менее нижнего предела обнаружения по методике испытаний.

Таблица 2 – Химический состав зерна чумизы [6]

Показатель	Количество
Вода	14,0
Сырой белок	13,6
Сырой жир	5,3
Клетчатка	7,3
Крахмал	57,1
Зола	2,7
БЭВ	71,1
Са	0,15
Р	0,31
Р	0,06
Витамины, мг/кг	
В ₁ (тиамин)	11,6
В ₂ (рибофлавин)	1,35
В ₃ (РР)	11,3
В ₄ (холин)	510
В ₅ (пантотеновая кислота)	33,1
В ₆ (пиридоксин)	3,9

Как видно, из данных таблицы 2, по содержанию витаминов группы В степень удовлетворения суточной потребности человека в них 87–100%. Витамин В₄ значительно понижает содержание вредного холестерина в крови и очищает кровеносные сосуды от холестериновых бляшек. Пантотеновая кислота является водорастворимой, участвует в метаболизме, процессах синтеза энергии, регенерации клеток, улучшает состояние иммунной системы.

Аминокислотный состав белка определяли на системе капиллярного электрофореза «Капель» по ГОСТ Р 55569-2013. Метод основан на разложении проб кислотным или щелочным гидролизом с переводом аминокислот в свободные формы, получении ФТК-производных, дальнейшем их разделении и количественном определении методом капиллярного электрофореза. Детектирование проводят в УФ-области спектра при длине волны 254 нм (рисунок 1).

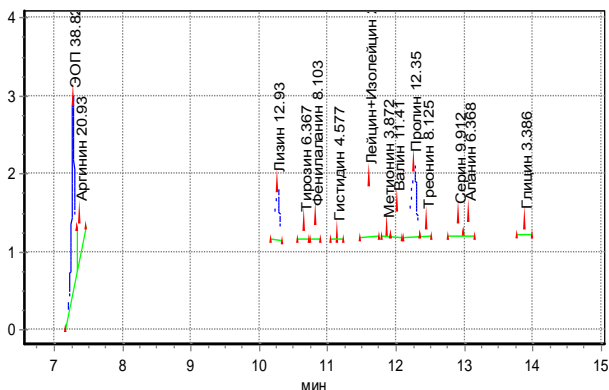


Рисунок 1 – Хроматограмма аминокислотного состава белка зерна чумизы

Таблица 3 – Аминокислотный состав зерна чумизы

Наименование аминокислот	Результаты испытаний (измерений)	Погрешность измерений	НД на методы испытаний
Массовая доля протеиногенных аминокислот, % аргинин	0,37	±0,15	ГОСТ Р 55569-2013
лизин	0,17	±0,06	
тирозин	0,29	±0,09	
фенилаланин	0,52	±0,06	
гистидин	0,27	±0,13	
лейцин и изолейцин	1,93	±0,50	
метионин	0,22	±0,07	
валин	0,52	±0,21	
пролин	0,76	±0,20	
треонин	0,33	±0,13	
серин	0,61	±0,16	
аланин	0,82	±0,21	
глицин	0,22	±0,08	

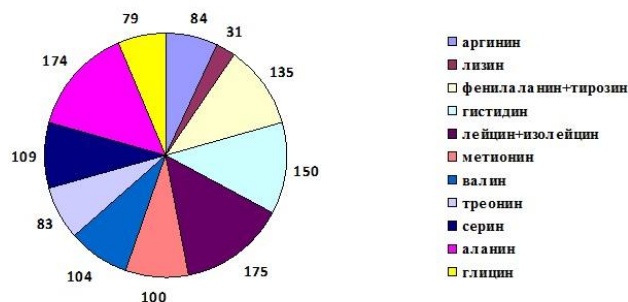


Рисунок 2 – Аминокислотный скор зерна чумизы

В зерне чумизы дефицит аминокислоты лизина. Высокий аминокислотный скор по аминокислотам лейцин, изолейцин, аланин, гистидин и фенилаланин + тирозин, которые являются энергетическим источником для нервной системы и головного мозга, укрепляют сердечную мышцу и связки, играют важную роль в иммунной системе, приостанавливают развитие опухолей.

Такая аминокислота, как гистидин ставит защиту от радиации, является строителем белых и красных кровяных телец, играет важную роль в иммунитете, а изолейцин необходим для правильной регулировки уровня сахара в крови, фенилаланин способствует циркуляции крови, используется при лечении мигрени, улучшает внимание и память, участвует в образовании инсулина, с ее помощью лечат депрессии [7].

Мука, полученная из зерна чумизы отличается по цвету, вкусу и кислотности (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели качества муки

Наименование показателя	Образцы муки	
	Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта торговой марки ЗАО «Комбинат хлебопродуктов Старооскольский»	Мука из зерна чумизы
Цвет	Белый	Кремовый
Запах	Свойственный пшеничной муке, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневый	Свойственный виду сырья, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневый
Вкус	Свойственный пшеничной муке, без посторонних привкусов, не кислый, не горький	Сладковатый вкус
Наличие минеральной примеси	Не обнаружено	
Кислотность, град	2,2	4,2
Влажность, %	9,6	8,4
Белизна, усл. ед. БЛИК-РЗ	56,0	26,4

Газообразующая способность пшеничной муки важный показатель, влияющий на ход технологического процесса, интенсивность брожения, накопление продуктов брожения и образование веществ, обуславливающих вкус и запах хлеба. При добавлении муки из зерна чумизы в количестве 20% интенсивность газообразования увеличивается, особенно в начале брожения в течение 90 мин (рисунок.3), что позволяет сократить продолжительность технологического процесса.

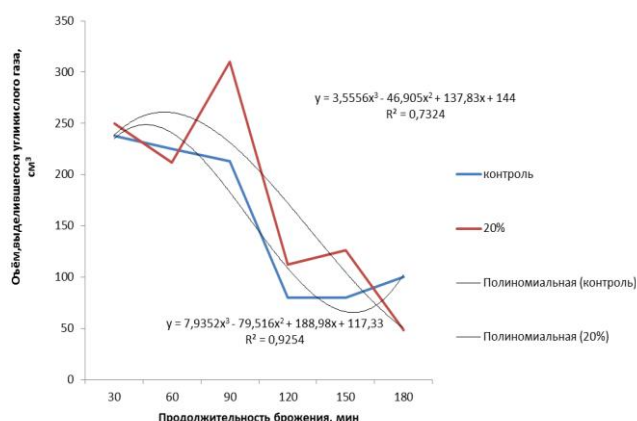


Рисунок 3 – Газообразующая способность муки

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- научно обоснована целесообразность применения муки из зерна чумизы в технологии продуктов для здорового питания, как безопасного и качественного сырья;
- высокий аминокислотный скор по аминокислотам лейцин, изолейцин, аланин, гистидин и фенилаланин + тирозин, обеспечат энергетический источник для нервной системы и головного мозга, укрепят сердечную мышцу и связки, укрепят иммунную систему, предотвратят развитие опухоли;
- мука из зерна чумизы кремового цвета (26,4 ед прибора), со сладковатым вкусом, имеет повышенную кислотность (4,2 град);
- при добавлении муки из зерна чумизы в количестве 20% интенсивность газообразования увеличивается, особенно в начале брожения в течение 90 мин, что позволяет сократить технологический процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Корячкина С.Я. Инновационные технологии хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий: Косован А.П. Условия и закономерности инновационного развития хлебопекарной отрасли // Хлебопечение России. – 2013. – № 4. – С. 4–5.
2. Шапошников И.И. Вопросы прогнозирования рынка хлебобулочных изделий // Хлебопечение России. – 2014. – № 2. – С. 7–11.
3. Чубенко Н.Т. Производство хлебобулочных изделий в 2013 г. Итоги – статистика и оценка // Хлебопечение России. – 2014. – № 2. – С. 4–6.
4. Тертычная Т.Н. и др. Оптимизация рецептуры сдобного печенья с применением перспективных растительных обогатителей // Хлебопродукты. – 2014. – № 9. – С. 55–57.
5. Величко Н.А. и др. Анализ потенциала Красноярского края для формирования тематического кластера по производству функциональных пищевых продуктов // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 12. – С. 252–258.
6. Демиденко Г.А. и др. Влияние термической обработки на безопасность овощной продукции // Вестн. КрасГАУ. – 2015. – № 11. – С. 135–140.
7. Пономарева Е.И., Лукина С.И., Садыгова М.К. Разработка кекса для специализированного питания и оценка его качества // Вестн. КрасГАУ. – 2016. – № 6. – С. 84–88.
8. Онищенко Г.Г. Концепция развития функционального и специализированного хлебопечения в Российской Федерации до 2020 года (Хлеб – это здоровье) / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – М., 2013. – 30 с. – URL: <http://www.garant.ru/hotlaw/saratov/446085>.
9. Чумиза: состав и полезные свойства. – URL: <https://agronomu.com/bok/4481-chno-takoechumiza.html> (дата обращения: 17.03.2018).
10. Черных И.В., Лебедев А.В. Совершенствование контроля качества муки с использованием современных информационно-измерительных систем // Хлебопродукты. – 2012. – № 6. – С. 41–43. монография. – Орел: ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», 2011. – 265 с.

11. Тертычная Т.Н. Определение рациональных параметров приготовления бисквита на основе тритикалевой муки / Т.Н. Тертычная // Хлебопродукты. – 2010. – №7. – С.31–33.

12. Пономарева Е.И. Пряничные изделия повышенной пищевой ценности с нетрадиционными видами сырья / Е.И. Пономарева, В.И. Попов, С.И. Лукина, И.Э. Есауленко, Н.Н. Алехина // Вопросы питания. – 2017. – №5 (том 86). – С. 75–81.

13. Жаркова И.М. Оптимизация безглютеновой диеты новыми продуктами / И.М. Жаркова, А.А. Звягин, Л.А. Мирошниченко, Ю.И. Слепокурова, Ю.Ф. Росляков, С.Я. Корячкина, В.Г. Густинович // Вопросы детской диетологии. – 2017. – №6 (том 15). – С. 59–65.

14. Корзун О.С. Возделывание просовидных культур в Республике Беларусь: монография / О.С. Корзун и др. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 189 с.

15. Аминокислоты [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.skarpil.ru/other/3735-rol-aminokislot-v-organizme-cheloveka.html>. – дата обращения 05.04.2018г.

16. Кузнецова Л.И. Технологические решения при производстве хлебобулочных изделий с применением продуктов переработки чумизы/ Л.И. Кузнецова, М.К. Садыгова, О.С. Башинская, Н.И. Селиванов, И.В. Буянова//Вестник КрасГАУ, 2018. – №3. – С.176–181.

17. Шевцова Л.П. Чумиза – ценная культура многостороннего использования и технология формирования её высокой урожайности / Л.П. Шевцова, Н.А. Шьюрова // Вавиловские чтения-2017 // Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 130-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова. 2017. С. 439–443.

18. Шевцова Л.П. Агробиологическая оценка одновидовых и смешанных посевов в Саратовском Правобережье / Л.П. Шевцова, Н.А. Шьюрова, О.С. Башинская // «Вавиловские чтения – 2016»: Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 129-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова 24-26 ноября 2016. Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2016.

19. Шевцова Л.П. Совершенствование технологии возделывания чумизы в Саратовском Левобережье / Л.П. Шевцова, Н.А. Шьюрова, О.С. Башинская // «Вавиловские чтения – 2016»: Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 129-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова 24-26 ноября 2016. Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2016.

20. Шевцова Л.П. Зерновые культуры Степного Поволжья / Л.П. Шевцова, Н.А. Шьюрова, О.С. Башинская - ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. – Саратов, 2015.

21. Шевцова Л.П. Агробиологический потенциал редких видов кормовых культур и приемы повышения их продуктивности на черноземах Саратовского Правобережья / Л.П. Шевцова, О.С. Башинская // Аграрный научный журнал (Вестник Саратовского государственного университета им. Н.И. Вавилова), 2015. – № 8.

22. Шаркова С.Ю., Надежкина Е.В., Лебедева Т.Б. Способы повышения качества зерна в условиях антропогенного загрязнения почв// Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2008. № 4. С. 82–84.

23. Надежкина Е.В., Шаркова С.Ю. Содержание макроэлементов в зерне яровой пшеницы в зависимости от различных систем удобрения // Зерновое хозяйство. 2006. № 8. С. 24–25.

Статья поступила в редакцию 18.04.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 336

БЕЗГЛЮТЕНОВЫЕ ПОЛУФАБРИКАТЫ В ТЕСТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛУОБЕЗЖИРЕННОЙ ЛЬНЯНОЙ МУКИ

© 2018

Красильников Валерий Николаевич, доктор технических наук, профессор, директор
ООО «Протеин Плюс»
(199004, Россия, г. Санкт-Петербург, 5-я линия, 54, литер А, пом. 10Н, e-mail: protein@peterstar.ru)
Тырлова Ольга Юрьевна, управляющая столовой
ООО «Главная Линия»
(117574, Россия, г. Москва, проезд Одоевского, 2А офис 405, e-mail: tirlovaolga@gmail.com)

Аннотация. В статье показаны перспективы использования полуобезжиренной льняной муки в производстве мучных изделий специализированного назначения. Определены методы исследований. Определены функционально-технологические характеристики льняной муки. Рассчитан аминокислотный состав белков льняной муки. Представлены результаты исследования физико-химических и биохимических свойств льняной полуобезжиренной муки отечественных производителей. Разработана рецептура и технология пресного теста с использованием полуобезжиренной льняной муки, картофельного крахмала, соевого белка и ксантановой камеди. Проведена оценка качества теста и готовых изделий на основе льняной муки. Описан технологический процесс производства безглютеновых вареников из льняной муки. Определена пищевая и энергетическая ценность полуфабрикатов в тесте, показатели безопасности полуфабрикатов. Описаны органолептические показатели безглютеновых вареников. Установлены сроки годности и сроки реализации. Проведена апробация готовых изделий. Разработан проект нормативно-технологической документации на безглютеновые вареники с творогом. Произведено внедрение безглютеновых вареников с творогом на предприятии.

Ключевые слова: полуобезжиренная льняная мука, пресное тесто, безглютеновые вареники.

GLUTEN-FREE SEMIFINISHED ITEMS IN THE TEST WITH THE USE OF SEMI-LIQUE LINEN FLOUR

© 2018

Krasilnikov Valery Nikolayevich, Doctor of technical sciences, professor, director
Limited Liability Company Protein Plus
(199004, Russia, St. Petersburg, 5th line, 54, Letter A, p. 10N, e-mail: protein@peterstar.ru)
Tyrlova Olga Yuryevna, manager of the canteen
Limited Liability Company Glavnaya Liniya
(117574, Russia, Moscow, Odoevsky passage, 2A office 405, e-mail: tirlovaolga@gmail.com)

Abstract. The article shows the perspectives of using semi-profiled flax flour in the production of flour products for specialized purposes. Methods of research have been determined. Functional and technological characteristics of flax flour are determined. The amino acid composition of the proteins of flax flour is calculated. The results of a study of the physico-chemical and biochemical properties of flax semi-fat flour of domestic producers are presented. A recipe and technology of unleavened dough with the use of semi-profiled flax flour, potato starch, soy protein and xanthan gum has been developed. Quality evaluation of flax flour based dough and finished products is carried out. Technological process of production of gluten-free dumplings from flax flour is described. The food and energy value of the semi-finished products in the test, the safety indicators of the semi-finished products are determined. The organoleptic characteristics of gluten-free vareniks are described. The expiration dates and terms of implementation are established. Approbation of finished products was carried out. The project of the normative and technological documentation for gluten-free vareniki with cottage cheese has been developed. The introduction of gluten-free dumplings with cottage cheese at the enterprise was made.

Keywords: low-fat flax flour, unfermented dough, gluten-free dumplings.

Одним из перспективных направлений разработки безглютеновых изделий является использование для них в качестве сырья продуктов переработки льна. Учитывая, что данная сельскохозяйственная культура традиционно выращивается на территории Российской Федерации, нашей задачей явилось обоснование необходимости и возможности использования льняной муки для производства безглютенового теста и полуфабрикатов на его основе. До сих пор в нашей стране не выработывался ассортимент безглютеновых полуфабрикатов в тесте из льняной муки. Известно лишь ее применение совместно с пшеничной мукой при изготовлении изделий из дрожжевого теста.

Цель работы – разработка полуфабрикатов специализированного назначения из теста с использованием льняной муки.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи**: проанализировать представленные в научно-технической литературе данные по использованию льняной муки в рецептурах мучных изделий; обосновать выбор полуобезжиренной льняной муки для производства безглютеновых полуфабрикатов в тесте; изучить биохимические, функционально-технологические свойства, физико-химические и органолептические показатели качества, пищевую и биологическую ценность образцов полуобезжиренной льняной муки; разработать рецептуру и технологию

пресного безглютенового теста с использованием полуобезжиренной льняной муки; разработать рецептуру полуфабрикатов в тесте из пресного льняного теста; определить условия хранения и сроки годности безглютеновых полуфабрикатов в тесте; определить пищевую ценность полуфабрикатов в тесте.

Объектами исследований являлись два промышленных образца льняной полуобезжиренной муки отечественного производства, а именно ООО «НПО Алтайский лён» г. Барнаул (образец №1) и ООО «Компас здоровья» г. Новосибирск (образец №2); густое пресное тесто и изделия из него.

Методы исследований.

Влажность продуктов определяли весовым методом в соответствии с ГОСТ 13586.5-2015 и ГОСТ 29144-91; содержание сырого протеина – по методу Кьельдаля на автоматическом анализаторе Kjeltac Auto 1030 фирмы Tecator (Швеция) в соответствии с ГОСТ 10846-91; содержание сырого жира – методом Сокслета в соответствии с ГОСТ 13496.15-2016; сырую золу – сжиганием в муфельной печи в соответствии с ГОСТ 26226-95; сырую клетчатку – кислотнo-щелочным методом Генненберга и Штомана на анализаторе “Fibertec System” фирмы “Tecator” (Швеция) в соответствии с ГОСТ 31675-2012; растворимые углеводы – методом Бертрана в соответствии с ГОСТ 5903-89. Фракционный состав белков муки по растворимости определяли по Т.Осборну с последовательным извлечением водо-, соле-, спирто- и щелочерастворимых белков определяли в лаборатории отдела растительных белков Всероссийского научно-исследовательского института Жиров.

Исследование реологических показателей теста определяли двухфакторным экспериментом по оценке адгезионных свойств теста с разными соотношениями соевого белка и ксантановой камеди с помощью структурометра СТ-2 определяли в Санкт-Петербургском национальном исследовательском университете информационных технологий, механики и оптики.

Для сравнительной органолептической оценки была представлена система дескрипторов (показателей), включающая внешний вид, цвет, состояние тестовой оболочки, запах и вкус. Органолептический анализ полуфабрикатов в тесте производили по пятибалльной шкале разработанной в Высшей школе биотехнологии и пищевых технологий ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого».

Микробиологические показатели (СанПиН 2.3.2.1078-01) пищевую и энергетическую ценность определяли в лаборатории Центра гигиены и эпидемиологии в Санкт-Петербурге.

Результаты и их обсуждение. Научно обоснована возможность использования льняной муки для специализированного питания благодаря тому, что льняная мука является «gluten free».

Таблица 1 – Химический состав льняной полуобезжиренной муки, % в пересчете на сухое вещество

Показатели	Образец №1	Образец № 2
Влажность, %	7,96±0,03	7,13±0,02
Белок	32,50±0,10	35,88±0,20
Жир	14,90±0,15	8,11±0,20
Зола	6,60±0,03	5,31±0,04
Клетчатка	11,50±0,20	9,97±0,18
Суммарные растворимые полисахариды	30,1±1,10	35,4±1,20
Водорастворимые углеводы после инверсии (моно- и олигосахара)	4,30±0,20	5,27±0,16

Химический состав исследованных образцов льняной муки типичен для форпрессовых и прессовых жмыхов масличных семян, которые являются сырьем для производства полуобезжиренных видов муки. Разница в соотношении белок / жир в исследованных образцах (1:2,2 для образца №1 и 1:4,4 для образца №2) может быть связана с различными технологичными режимами прессования и используемом оборудовании.

Количество некрахмальных полисахаридов оценивали по количеству суммарных растворимых полисахаридов и водорастворимых углеводов после инверсии (моно- и олигосахара). В исследованных образцах льняной муки их содержание составляет 34,30% и 40,67%. Эта группа полисахаридов определяет в основном технологические свойства льняной муки такие, как водо- и жиродерживающая способность, реологические свойства теста. Известно, что в состав растворимых полисахаридов входят две фракции – нейтральная и кислая. Скелетными полисахаридами нейтральной фракции являются арабиносиланы, а кислой – рамногалактуронаны.

Расчитан аминокислотный состав белков льняной муки - наибольшее значение аминокислотных скоров имели лейцин и триптофан. Лимитирующими кислотами являются метионин+цистин и фенилаланин.

Определено что белок семян льна содержит проламинов и глиадинов в незначительных количествах, что дает возможность пользования его в специализированных продуктах питания типа «free from» (таблица 2).

Таблица 2 – Фракционный состав белков льняной полуобезжиренной муки по растворимости

Фракции	Содержания отдельных фракций белков, % от содержания сырого протеина в образцах муки		
	Образец 1	Образец 2	Мука пшеничная высшего сорта
Водорастворимая (альбумины)	45,30±0,01	32,83±0,02	5,2
Солерастворимая (глобулины)	15,20±0,04	20,35±0,05	12,6
Спирторастворимая (проламины)	1,10±0,04	0,5±0,02	35,6
Щелочнорастворимая (глотемины)	11,60±0,01	28,96±0,03	28,2
Нерастворимый остаток	26,80±0,01	17,36±0,02	8,7

Количество водорастворимой фракции белков по сравнению с солерастворимой фракцией свидетельствует о преимущественном содержании в белках льняной муки альбуминов, содержащих сложный комплекс белков, выполняющих различные метаболические функции.

Для белкового комплекса семян льна характерно практически полное отсутствие спирторастворимой фракции белков (проламинов), что позволяет рекомендовать полуобезжиренную льняную муку к использованию в рецептурах пищевых продуктов функционального и специализированного назначения, в частности в рецептурах изделий, предназначенных для лиц, страдающих глютеновой энтеропатией.

Были изучены функционально-технологические свойства образцов полуобезжиренной льняной муки (таблица 3).

Таблица 3 – Функционально-технологические характеристики льняной муки

Наименование образца	Водоудерживающая способность (ВУС), %	Жирудерживающая способность (ЖУС), %	Жирумольгирующая способность (ЖЭС), %	Стабильность эмульсии (СЭ), %	Гелеобразующая способность, Па·с
Льняная мука образец №1 г. Бар-наул	630±14	89±8	92±10	93±8	198,5±0,4 — вязкая суспензия
Льняная мука образец №2 г. Новосибирск	421±12	187±11	71,4±7	82,9±6	76,1±0,08 — вязкая суспензия

Полученные результаты свидетельствуют, что функционально-технологические свойства полуобезжиренной льняной муки определяют формо- и структуроформирующие свойства, показывая возможность использования как альтернативных добавок в рецептурах мучных изделий.

Льняная мука относится к пентозановому сырью, для которого характерна значительная варибельность по содержанию некрахмальных полисахаридов, в частности пентозанов, обладающих высокой водоудерживающей способностью и текстурообразующей способностью.

Высокая водоудерживающая способность и гелеобразующая способность определяют возможность использования льняной муки для формирования желаемых реологических свойств теста.

Жирнокислотный состав льняной полуобезжиренной муки отличается высоким содержанием линоленовой кислоты – 60,1%, которая относится к эссенциальным ω-3 жирным кислотам. Содержание линолевой кислоты (ω-6) – 16,7%. Высокое содержание эссенциальных жирных кислот обеспечивают пищевую ценность льняной муки. Как известно большое содержание ω-6 приводит к быстрому окислению продуктов, в со-

став которых оно входит. Кислотное число масла (мг КОН/г) составило 1,01. Перекисное число масла (ммоль активного кислорода/кг) составило 2,34. Увеличение допустимого уровня перекисного числа наблюдается к концу срока хранения льняной муки. Значения кислотного и перекисного чисел соответствуют требованиям ТР ТС 024/2011 по показателям окислительной порчи к пищевым растительным маслам, что подтверждает безопасность использования данной полуобезжиренной льняной муки.

Интересно рассмотреть химический состав сырой золы льняной муки как источника пластических макроэлементов и биологически активных микроэлементов нутриентов пищи.

Таблица 4 – Содержание макроэлементов в льняной муке

Показатели	Единицы измерения	Содержание макроэлементов
Кальций	мкг/100г	34
Фосфор	мкг/100г	108
Магний	мкг/100г	56
Калий	мкг/100г	18
Сырая зола	%	5,3

Разработка безглютеновой мучной смеси для приготовления пресного теста

Разработана рецептура безглютеновой смеси, состоящей из полуобезжиренной льняной муки, соевого белка, картофельного крахмала и ксантановой камеди, и рецептура безглютенового теста на ее основе с учетом их безопасности, биологической и пищевой ценности с требуемыми вязкостно-эластичными свойствами.

Реологические свойства теста из безглютеновой смеси схожи с реологией традиционного теста из пшеничной муки, показано влияние компонентов смеси на качество безглютеновых полуфабрикатов в тесте (адгезия, сохранность формы после замораживания и варки, коэффициент увеличения массы 10-12%).

Уникальность безглютенового теста в том, что данное тесто подходит для производства широкого спектра линейки полуфабрикатов в тесте: пельмени, вареники, манты, хинкали; изделия различной формы и размера с неисчислимыми вариациями начинок.

Отличие технологии в том, что при приготовлении теста не требуется выдержки теста как при производстве изделий из пшеничной муки, что сокращает время приготовления полуфабрикатов.

Технологическая схема производства полуфабрикатов в тесте на примере вареников представлена на рисунке 1.

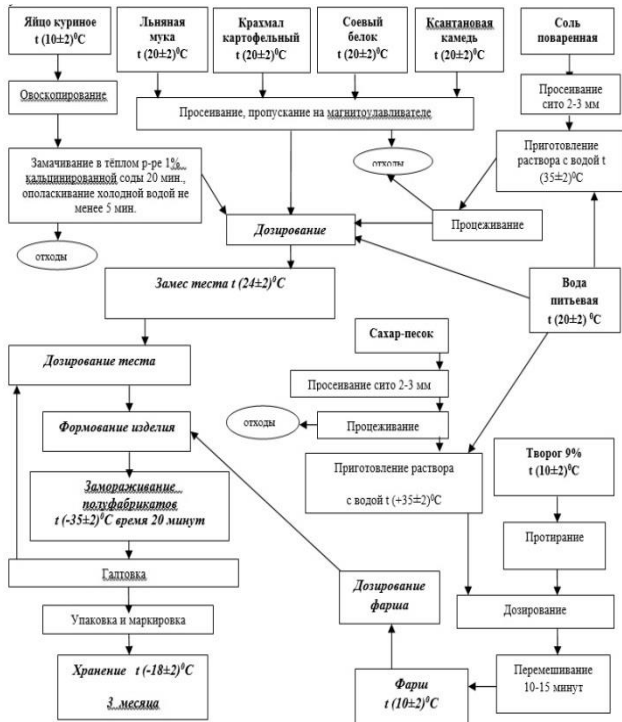


Рисунок 1 – Технологическая схема производства вареников с творогом

Общая микробная обсемененность вареников с льняной муки после замораживания оказалась значительно ниже допустимого уровня микробиальной безопасности.

Таблица 5 – Результаты микробиологических исследований вареников обоих образцов из льняной муки после 3 месяцев хранения и последующей варки

Определяемые показатели	Результаты исследований	Гигиенический норматив	Единицы измерения	НД на методы испытаний
КМА-ФАнМ	$5,0 \cdot 10^1$	Не более $1 \cdot 10^3$	КОЕ/г	ГОСТ 10444.15-94
БГКП (колиформы)	Не обнаружены	Не допускаются	1,0г	ГОСТ Р 52816-2007
Staphylococcus aureus	Не обнаружен	Не допускаются	1,0г	ГОСТ Р 52815-07
Proteus	Не обнаружен	Не допускаются	1,0г	ГОСТ 28560-90
Патогенные микроорганизмы (в т.ч. сальмонеллы)	Не обнаружены	Не допускаются	25,0г	ГОСТ Р 52814-2007, ГОСТ Р 54085-2010

Безглютеновые вареники по сравнению с контрольным образцом вареников из пшеничной муки по органолептическим показателям имели следующие характеристики представленные в таблице 6.

Таблица 6 – Органолептические показатели безглютеновых вареников обоих образцов

№ п/п	Органолептические показатели	Характеристика баллов	Баллы
1	Внешний вид изделий	Правильной формы, имеют гладкую поверхность, без трещин и прорывов, тесто тонкое	4
2	Цвет	Тесто – темно-коричневое, цвет равномерный	4
3	Состояние тестовой оболочки	Гладкая, ровная, плотная, допускается наличие рельефов	5
4	Запах	Свойственный данному виду изделий, без посторонних запахов	5
6	Вкус	Свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса	5
Масса одного вареника, г			От 25 до 35
Массовая доля фарша к массе вареника, %, не менее			48,0
Толщина тестовой оболочки, мм, не более			3
Толщина тестовой оболочки в местах заделки			Не нормируется
Температура в толще фарша, °С, не выше			Минус 10

Приготовленные изделия после варки могут храниться не более двух часов на мармите при температуре не ниже $(65 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Пищевая и энергетическая ценность безглютеновых вареников не уступает пшеничным, а по содержанию жиров которые являются наиболее ценными нутриентами, даже превосходят контроль.

Таблица 7 – Пищевая и энергетическая ценность вареников из льняной муки обоих образцов и контрольного образца из пшеничной муки

Химический состав	Содержание в 100 г		
	Контроль из пшеничной муки	Безглютеновые вареники образец №1 г.Барнаул	Безглютеновые вареники образец №2 г.Новосибирск
Белки, г	9,52	5,68	5,55
Жиры, г	4,65	10,24	10,00
Углеводы, г	32,00	31,25	33,20
Калорийность, ккал/100 г	205,00	236,00	245,00

Замороженные вареники замораживали в герметичных полипропиленовых пакетах в низкотемпературной холодильной камере при температуре $t(-35 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Проведена апробация полуфабрикатов в тесте на базе медицинского пункта войсковой части 30616-2 и 73845 и на базе клиники госпитальной терапии Военно-Медицинской Академии имени С.М. Кирова.

Разработан проект нормативно-технологической документации: технические условия и технологическая инструкция 9165-003-68845594-18 «Вареники безглютеновые с творожной начинкой».

Произведено внедрение безглютеновых вареников с творогом на предприятии ООО «Главная Линия», которое подтверждено соответствующим актом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Красильников В.Н., Тырлова О.Ю., Доморощенкова М.Л., Демьяненко Т.Ф. Технологические свойства полуобезжиренной муки и перспективы ее использования в производстве мучных изделий // Актуальная биотехнология. – № 2 (9). – 2014. – С. 38–42.

2. Барсукова Н.В. Разработка технологии мясных изделий на основе безглютенового мучного сырья: диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.18.15. – СПб, 2005. – 156 с.

3. Тырлова О.Ю., Барсукова Н.В. Разработка промышленной технологии замороженных полуфабрикатов на основе льняной муки [Электронный ресурс]: Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – № 3, 2014. – С. 43–52. Режим доступа: <http://processes.ihbt.ifmo.ru/file/article/10418.pdf>

4. ГОСТ 32750-2014 Полуфабрикаты в тесте замороженные для детского питания. Технические условия.

5. ГОСТ 13586.5-2015 Зерно и продукты его переработки. Метод определения влажности.

6. ГОСТ 10846-91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка.

7. ГОСТ 13496.15-2016 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье, методы определения сырого жира.

8. ГОСТ 26226-95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы.

9. ГОСТ 28560-90 Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода протей.

10. ГОСТ 31747-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества кишечных палочек.

11. ГОСТ 31746-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и St. Aureus.

12. ГОСТ 10444.15-94 Продукты пищевые. Методы определения мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов.

13. ГОСТ 31659-2012 (ISO 6579:2002) [ГОСТ Р 52814-2007 (ISO 6579:2002)] Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода Salmonella.

14. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности пищевой продукции.

15. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. Сборник технологических нормативов. Ч. 1. – М.: Хлебпродинформ, 1996. 16. ГОСТ 31986 с 2012 Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания.

16. МУК 4.2.1847-04. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. – М.: Минздрав России, 2004. – 32.

17. Стеле Р. Сроки годности пищевых продуктов: расчет и испытание / Под ред. Р.Стеле. Пер. с англ. В. Широкова. Под общей ред. Ю.Г.Базарновой. СПб.: Профессия. – 2006. – 5000 с.

18. СанПиН 2.3.2.1078-01 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов.

19. СанПиН 2.3.2.1324-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы. Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов.

Статья поступила в редакцию 21.05.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 642.58

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

© 2018

Арисов Александр Валерьевич, аспирант кафедры технологии питания

Уральский государственный экономический университет

(620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/ Народной воли, 62/45, e-mail: reviver200@mail.ru)

Гращенко Дмитрий Валерьевич, к.т.н., доцент кафедры технологии питания

Уральский государственный экономический университет

(620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/ Народной воли, 62/45, e-mail: 1@edtd.ru)

Чугунова Ольга Викторовна, д.т.н., профессор кафедры технологии питания

Уральский государственный экономический университет

(620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/ Народной воли, 62/45, e-mail: chugun.ova@yandex.ru)

Аннотация. Правильное и рациональное питание начинается с раннего возраста и гарантирует подрастающему поколению здоровье, гармоничное физическое и умственное развитие, высокую работоспособность и успеваемость учащихся, создание условий для адаптации к факторам окружающей среды. В рамках выполнения Доктрины продовольственной безопасности постановлением Правительства Российской Федерации №1873-р от 25.10.2010 г. были утверждены основы государственной политики в области здорового питания населения на период до 2020 г. Одной из задач является совершенствование организации питания в организованных коллективах.

Рассмотрена организация питания в России. Помимо текущих методов совершенствования организации питания можно адаптировать зарубежный опыт. В связи с этим были рассмотрены особенности организации школьного питания за рубежом, в частности в Соединенных Штатах Америки, Австралии, Швеции и Великобритании. На примере г. Страсбург (Франция), рассмотрена возможность адаптации иностранного рациона в России с учётом российских нормативных документов.

Ключевые слова: школьное питание, дошкольное питание, организация питания, качество рационов питания, иностранный рацион, дети.

ANALYSIS OF THE ORGANIZATION OF NUTRITION OF CHILDREN IN RUSSIA AND ABROAD

© 2018

Arisov Aleksandr Valeryevich, postgraduate student of the department of food technology

Ural State University of Economic

(620144, Russia, Ekaterinburg, 8 March/ Narodnaya volya Street, 62/45, e-mail: reviver200@mail.ru)

Grashchenkov Dmitry Valerievich, Ph.D., associate professor of the department of food technology

Ural State University of Economic

(620144, Russia, Ekaterinburg, 8 March/ Narodnaya volya Street, 62/45, e-mail: 1@edtd.ru)

Chugunova Olga Viktorovna, Doctor of Technical Sciences, professor of the department of food technology

Ural State University of Economic

(620144, Russia, Ekaterinburg, 8 March/ Narodnaya volya Street, 62/45, e-mail: chugun.ova@yandex.ru)

Abstract. Correct and rational nutrition begins at an early age and guarantees the younger generation health, harmonious physical and mental development, high performance and achievement of students, creating conditions for adaptation to environmental factors. As part of the implementation of the Food Security Doctrine, the Government of the Russian Federation No. 1873-r of October 25, 2010 approved the principles of the state policy in the area of healthy nutrition for the population until 2020. One of the tasks is improving the organization of catering in organized groups.

The organization of catering in Russia is considered. In addition to the current methods of improving the organization of food, it is possible to adapt the foreign experience. In connection with these, the features of the organization of school meals abroad, in particular in the United States of America, Australia, Sweden and the United Kingdom, were considered. The example of Strasburg (France), considered the possibility of adapting a foreign diet in Russia with a scientist of Russian regulatory documents.

Keywords: school meals, pre-school meals, catering, quality of diets, foreign ration, children.

Развитие устойчивых и комплексных программ школьного питания является одним из эффективных механизмов повышения продовольственной безопасности, направленных на преодоление бедности, оздоровление нации, повышение социальной защищенности и качества жизни целевых групп населения, в данном случае наиболее уязвимых групп школьников (начальные классы) или детей из малообеспеченных семей. По оценкам экспертов, порядка 250 миллионов детей в 144 странах в настоящее

время получают бесплатное или льготное школьное питание [1].

Состав среднего школьного обеда в разных странах показан на таблице 1.

Одним из основных направлений государственной экономической политики в сфере обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации является осуществление мер повышения экономической доступности пищевых продуктов для всех групп населения, направленных на организацию здорового питания

детей раннего, дошкольного и школьного возраста, здорового питания в учреждениях социальной сферы (социальное питание). Основной целью государственной политики в области здорового питания является сохранение и укрепление здоровья населения, профилактика заболеваний, обусловленных неполноценным и несбалансированным питанием. Среди задач государственной политики в области здорового питания следует выделить задачу совершенствования организации питания в организованных коллективах [3].

Таблица 1 – Ассортимент блюд школьного обеда в разных странах [2]

Страны	Салат	Суп	Горячее блюдо	Гарнир	Напиток	Булочное изделие	Фрукт
Швеция	+	-	+	-	+	+	-
Финляндия	+	-	+	+	+	-	-
Япония	+	+	+	+	+	-	+
Китай	-	+	+	+	-	-	-
Индия	+	-	-	+	-	-	-
Великобритания	+	-	+	+	+	-	-
Таиланд	+	-	+	+	-	-	+
Чехия	-	+	+	+	+	+	-
Южная Корея	+	+	+	+	-	-	-
Малави	-	-	+	+	-	-	-
Израиль	+	-	-	-	+	+	+
США	-	+	+	+	+	-	-
Тайвань	+	+	+	+	-	-	-
Филиппины	-	-	+	+	-	-	-
Швеция	+	-	-	+	+	+	-
Словения	+	-	+	-	+	+	+
Малайзия	-	-	+	+	+	-	+
Сингапур	+	-	+	+	-	-	-
Гондурас	-	-	-	+	-	-	-
Гаити	-	-	-	+	-	-	-
Франция	-	+	+	+	+	-	+
Бразилия	+	-	+	+	+	-	+
Тайланд	-	-	+	+	+	-	+
Венгрия	-	+	+	+	-	+	-
Россия	-	+	+	+	+	+	-

82 региона России имеют и развивают программы по школьному питанию. Основной программой по

всей России является «Здоровое питание». Приоритетной задачей программы является формирование мировоззрения здорового образа жизни населения, используя механизм внедрения методов и средств оздоровительного питания, позволяющие координировать потребности общества и возможности государства. В рамках реализации программ «Здоровое питание» осуществляются мероприятия по рациональному питанию населения, профилактике дефицита микронутриентов и витаминов у детей в организованных коллективах, йододефицитных состояний и обеспечение питания детей организованных коллективов.

Россия состоит из 85 регионов. Каждый регион руководствуется законами РФ (федеральные законы, законы РФ), государственными (ГОСТ, СанПиН) и международными (ТР ТС) нормативными документами. Также каждый регион может принимать локальные решения по организации питания в связи с их особенностями.

В Свердловской области в качестве нормативной базы ассортимента изделий (блюд) используется Сборник технических нормативов для питания детей в дошкольных организациях [4], экспертное заключение ФГУЗ «Центра гигиены и эпидемиологии в Свердловской области» № 02-01-12-13-01/276. Сборник технических нормативов был рекомендован Управлением образования администрации Екатеринбурга в качестве основного документа при организации питания в дошкольных организациях [5].

В свердловской области средняя стоимость дотации за завтрак обучающихся в настоящее время составляет около 61 рубля, обеда – около 91 рубля в день (в 2016 году завтрак – около 57 рублей, обеда – около 71 рубля) [6].

В настоящее время в США почти половина школьников (27 млн.) в рамках Федеральной программы «Школьный ланч» ежедневно получает бесплатный обед. Каждый десятый школьник (около 8 млн.) получает бесплатный завтрак по Федеральной программе «Школьный завтрак», а молоко является обязательным компонентом питания школьников. Эти две программы реализуются в 99 800 государственных и частных (некоммерческих) школах Америки [7].

К тому же в Соединенных Штатах существует Федеральная программа «Питание детей в летних лагерях». В Федеральной программе для малообеспеченных семей имеется специальный раздел по питанию детей-школьников [7].

В результате введения новых стандартов десятки миллионов американских школьников из разных регионов страны стали получать более здоровую пищу. По результатам опросов Сельскохозяйственного Торгового Представительства США школьники нормально восприняли эти новшества, и масштабных проблем, связанных с отказом детей покупать или употреблять новую пищу, не наблюдается [7].

Но, при этом, 1 % школ бросают программу 2013 – 2014 учебного года, а 3 % рассматривают возможность отказа от программы. Это происходит потому, что дети не покупают здоровые варианты блюд в школьной столовой, и это приводит к падению до-

ходов школ. Особенно ярко это видно на примере небольших или некоммерческих частных школ: они просто не имеют достаточного количества детей, которые будут покупать здоровую еду, поэтому даже высокие компенсации не покрывают затраченных средств. Вместо того, чтобы приобретать в школьных кафетериях фрукты, овощи или зерновые продукты, школьники все чаще стали приносить готовую еду с собой [7].

Суммарно на бесплатное питание по всем указанным программам в США выделяется порядка 12 миллиардов долларов в год. В 2003 году две трети расходов ушло на обеспечение детей мясом и молоком, чуть больше одной четверти – на закупку фруктов и овощей, преимущественно консервированных или замороженных [7].

Обучение в раннем детстве в Австралии не является обязательным и предоставляется детям через ряд условий, включая детские сады и дошкольные учреждения в течение года до начала обучения в средней школе (в возрасте от 5 до 6 лет). Образование в Австралии в первую очередь зависит от государств и территорий (Новый Южный Уэльс, Виктория, Южная Австралия, Западная Австралия, Квинсленд, Тасмания, Австралийская столичная территория и Северная территория). Австралийское правительство оплачивает часть расходов на уход за детьми через систему социального обеспечения. Правительственные школы обучают приблизительно 60% учащихся начальной школы в Австралии, причем около 40% – в частных или независимых (в том числе католических) школах.

В Австралии услуги ДРОУ предлагаются государственными, общинными и частными представителями и являются обязанностью государств и территорий (Федеральное правительство вносит взносы в поддержку дошкольных учреждений коренных народов). Совет правительств Австралии (COAG) согласовал национальную структуру качества и включает в себя национальный закон и правила, применяемые во всех государствах и территориях [8]. Национальные стандарты качества являются ключевым элементом правил и применяются к большинству форм дневного ухода и ДРОУ. Стандарты уже рассмотрены Австралийским управлением по вопросам образования и гигиены детей (ACEQUA), и каждое государство и территория являются регулирующим органом мониторинга, соблюдения и оценки качества.

Пища и напитки, предоставляемые в ДРОУ, должны соответствовать законодательству, нормам и стандартам в рамках Национальной системы качества. Каждое государство/территория предоставляет рекомендации и обучение для поддержки услуг для принятия политики в области питания и здоровья. Например, правительство Виктории предоставляет консультационную услугу по здоровому питанию, правительство Нового южного Уэльса проводит программу «Жевание и движение», а в Австралийской столичной территории есть Служба поддержки питания. Ни одно из руководящих принципов государства/территории не является обязательным.

В Австралии большинство детей школьного возраста приносят свой обед из дома, но столовая или «закусочная» играет неотъемлемую роль в обучении и моделировании здоровой пищевой среды. Столовая в австралийских школах служит небольшим магазином, где учащиеся могут приобретать обед, закуски и напитки и работают от одного до пяти дней в неделю [9]. Они управляются либо подростками, либо родителями (добровольцами), либо поставляются сторонними компаниями по производству и поставке пищевых продуктов.

Национальные добровольные руководящие принципы (основанные на Австралийском диетическом руководстве [10]) были опубликованы для руководства государствами и территориями в разработке политики обеспечения здорового школьного питания. Из них каждое государство/территория разработало ряд независимых рекомендаций по здоровой столовой. Семь государств и территорий применяют обязательные стандарты на основе их руководящих принципов.

В большинстве государств/территорий система групп продуктов по цветам используется в руководящих принципах столовой, чтобы классифицировать продукт как «Зеленый», здоровые продукты, которые поощряются, «Желтый» (менее здоровый) и «Красный» (наименее здоровые), с которыми надо быть осторожными, исходя из их пользы для организма. Система деления по цветам относительно согласована во всех государствах / территориях и следует принципам, изложенным в национальных критериях «Окружающая среда для здоровых школ». Эта система позволяет школам оценивать свое меню столовой и любое другое питание в школах, а также обеспечивать питанием в соответствии с этими рекомендациями. Новый Южный Уэльс недавно обновил свою политику в открытии системы светофоров, чтобы классифицировать продукты как «повседневные» или «случайные». Политика НЮУ предусматривает, что даже «случайные» продукты необходимы для поддержания определенной степени здоровья (на основе одобренной правительством системы рейтинга здоровья для маркировки пищевых продуктов).

Все остальные государства и территории идентифицируют продукты «красной категории», которые либо полностью запрещены в школах, либо сильно ограничены. Руководящие принципы, как правило, являются обязательными для государственных школ в каждом государстве / территории и очень поощряются для независимых/католических школ.

Исследование, проведенное Woods et al., собрало данные в 2012 году, чтобы оценить, соблюдают ли школы правила здоровой столовой. В исследовании изучалось соответствие образцовой выборки государственных школ рекомендациям здоровой столовой, доля «зеленого», «желтого» и «красного» в каждом меню и наличие дискреционных позиций [11]. Woods et al. выявили низкие или средние уровни приверженности руководящим принципам государственной столовой с самым высоким уровнем соблюдения в Западной Австралии (62% начальных и средних школ). В четырех исследованиях сообщается о низких и уме-

ренных показателях соблюдения политики здоровой государственной столовой. Было продемонстрировано, что самооценка реализации рекомендаций была высокой в одном исследовании Квинсленда [12].

Школьное питание в Швеции регулируется Законом об образовании, в котором говорится, что все дети, посещающие начальную школу (6-16 лет), имеют право на бесплатные и питательные школьные блюда, а также дошкольные учреждения. Всем детям предлагается приготовленное горячее блюдо, салат, хлеб и напиток бесплатно, что должно быть питательным. Существует вариация в реализации; еда может быть приготовлена на месте или привезенной кентеринговой службой, приготовлена из сырья или из полуфабрикатов, а также за счет местных органов власти или частных. Швеция и Финляндия являются единственными странами, которые в настоящее время предоставляют бесплатные школьные блюда для всех детей в течение всех лет начальной школы, независимо от родительского дохода или школьной формы.

Швеция – европейская нация Северной Европы с хорошо развитой системой социального обеспечения и относительно высокими налогами. Законодательство осуществляется централизованно, но 290 местных властей несут ответственность за предоставление множества услуг, включая образование. Обучение в начальной школе, охватывающее детей от шести до пятнадцати лет, бесплатно (даже в частных школах), и родители не берут на себя расходы на связанные с образованием расходы, включая питание.

С 1946 года взимание платы за школьное питание не допускается; предоставление бесплатных школьных блюд требуется по закону с 1997 года, хотя большинство школ сделали это с 1970-х годов. Требование о том, чтобы питание было «питательным», было добавлено в 2011 году, но школьные блюда не проверяются. Национальное продовольственное агентство выдает необязательные национальные руководящие принципы и рекомендации. В руководящих принципах основное внимание уделяется всему опыту приема пищи, включая качество, сроки, состав и окружающую среду. Питание считается более чем удовлетворение в потребности питания; и должно быть вкусным, питательным, безопасным, приятным, устойчивым и интегрированным в течение дошкольного / школьного дня [12].

Хотя это не официальная политика, концепция «педагогического обеда» хорошо зарекомендовала себя в Швеции и Финляндии. Учителя едят вместе с детьми и в идеале используют эту возможность, чтобы научить детей правильному питанию и здоровью. Но общительные, образовательные взаимодействия, моделирующие хорошие пищевые привычки, наблюдались среди не всех учителей [12].

В 2010 году исследователи и заинтересованные стороны (SkolmatSverige: School Food Sweden) разработали инструмент аудита и обратной связи для оценки всех элементов опыта приема пищи [13]. Этот инструмент призван помочь в оценке воздействия закона 2011 года, создать национально-репрезентативную базу данных качества школьной

еды и поддержать школы в проведении их собственного мониторинга и оценки и тем самым улучшить качество их собственной школы.

Инструмент «SkolmatSverige» является единственным источником национальных данных. На сегодняшний день его используют 40% начальных школ, но этот показатель увеличивается. На национальном уровне изучении школ, использующих этот инструмент до и после введения закона, требующего «питательных» школьных блюд, качество питания значительно увеличилось, но оставалось низким. В течение 4-недельного периода в 2014/2015 годах большинство школ предоставляли питание, удовлетворяющее требованиям по железу и пищевым волокнам (соответственно 86% и 96%), но менее часто отвечали требованиям по витамину D и жиру (51% и 41% соответственно). Большинство школ (71%) ежедневно предлагали выбор горячих блюд и салатов с пятью компонентами (93%). Улучшения в других аспектах качества пищи не были отмечены. Это обнадеживающие признаки, хотя и субъективные [14].

Универсальный характер шведской школьной программы питания делает оценку сложной, потому что сравнения могут быть только историческими. В то время как закон, возможно, имел какой-то эффект, возможно, также играют роль новые национальные руководящие принципы, национальная озабоченность по этой проблеме и связанные с ними образовательные мероприятия. Знание национальных руководящих принципов школьного питания является высоким, и три четверти местных властей разработали политику питания. Предварительные результаты исследований первых нескольких лет, собранных «SkolmatSverige», свидетельствуют о том, что повторное использование инструмента приводит к улучшению. По мере поступления новых данных можно будет подтвердить эти данные. Инструмент также недавно был расширен (ноябрь 2016 г.), чтобы включить модуль, который помогает школам измерять уровень потребления и средний объем пищи, который учащиеся потребляют, принимая во внимание неупотребляемый остаток.

В английских школах нет жесткого меню – дети сами выбирают из нескольких блюд то, что им хочется съесть. Задача педагогов убедить ребят, что 50 % обеда должны составлять салаты и другая полезная пища. Поскольку, в школу в Великобритании начинают ходить с 5 лет, понимание «правильной» пищи формируется довольно рано.

Великобритания – западноевропейская нация. Она имеет три автономных региона: Шотландию, Уэльс и Северную Ирландию. Национальная политика всегда применяется к Англии и в разной степени в каждом регионе. Начальное образование является обязательным для детей в возрасте 5-11 лет, но большинство детей начинают учиться уже в возрасте 4 лет. Некоторые начальные школы финансируются и поддерживаются государством, но существуют и школы, которые работают независимо (академии, бесплатные и церковные школы) или финансируются и управляются в частном порядке.

В Великобритании предоставление блюд, богатыми питательными веществами, во время обеда в школах длится уже более 150 лет. Три национальные политики в области школьного питания применяются в масштабах всей Великобритании, в то время как остальные имеют некоторые региональные различия. Во-первых, в рамках «Схемы предоставления молока детям» все дети в возрасте до 5 лет, посещающие Департамент Раннего образования и ухода (ДРОУ) во всех регионах Великобритании, бесплатно получают 189 мл / день (1/3 пинты) свежего коровьего молока. Во-вторых, «Схема бесплатных школьных фруктов и овощей» предоставляет фрукты и овощи (3 раза в неделю) во все государственные финансируемые школы для детей в возрасте 4-6 лет. В-третьих, Бесплатные школьные рационы (БШР) предоставляются всем детям, живущим в семьях с низким доходом, а с 2014 года – всем детям в возрасте 4-7 лет в Англии и всем детям в возрасте 4-8 лет в Шотландии.

Дети школьного возраста – это почти все детское население, поэтому почти все дети обедают в школе. Самые последние данные о начале предоставления школьного питания в Англии предшествуют внедрению универсального БШР для самых детей младшего возраста. В то время 42,6% детей в начальных школах получали питание, хотя их было намного больше среди тех, кто имел право на БШР на основе дохода домохозяйства (75,1%). Средняя стоимость обеда составляла 2,04 фунта стерлингов, а цена была прогнозируемой, снизившись на 1,9% за каждые 10 пенсов, которые взимались за школьную еду. Расширение БШР имеет высокий уровень охвата в Шотландии (76% детей) [15].

Мониторинг дошкольных учреждений и начальных школ осуществляется Управлением по стандартам в области образования (OFSTED). Инспекции должны обеспечивать соблюдение стандартов, когда они являются уставными, но не там, где это необходимо.

В январе 2014 года в Англии в Школьный план питания были введены обновленные стандарты питания. Эти стандарты предусматривают, что школьная еда должна включать адекватное снабжение фруктами и овощами, молочные продукты, белки с низким содержанием жиров и продукты питания, содержащие небольшое количество крахмала. Жареные продукты, продукты с высоким содержанием жиров и сахаров и подслащенные напитки ограничены. Школьный план питания применяется ко всем государственным школам, а также к финансируемым государством, но независимо от того, самостоятельны ли Академия и бесплатная школа, созданные с 2015 года. Независимые школы, а также Академия и бесплатные школы, созданные до 2015 года, не охвачены этой политикой.

Существует не национальная политика для принесенных из дома обедов, хотя некоторые местные органы власти и отдельные школы рекомендуют использовать определенные продукты или ограничивать принесенные обеды.

Известно, что домашние обеды в начальных школах имеют низкое качество, а в кросс-секционных исследо-

ваниях детей по всей Англии сообщается, что качество питания в течение всего дня выше для детей, питающихся в школьных столовых, по сравнению с домашними обедами. В той мере, в какой стандарты питания и расширение БШР увеличивают потребление школьной еды по сравнению с домашними обедами, они эффективно улучшают рацион [12].

Таблица 2 – Меню школьных обедов на 3 дня, г, ккал [18]

Наименование изделий (блюд)	Выход, г	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	ЭЦ, ккал
1 день					
Овощной суп «Домашний»	200	2,16	1,77	15,09	85,85
Лосось отварной	100	25,07	9,50	0,00	185,80
Пенне с сыром	150	8,15	10,36	28,38	241,97
Груши	100	0,38	0,27	9,37	39,63
Итого	550	35,76	21,90	52,84	553,25
2 день					
Салат из сырых овощей с сырым соусом	100	10,93	3,01	37,01	212,84
Шницель куриный	90	16,67	10,89	5,73	188,14
Кетчуп	10	0,14	0,90	1,08	12,76
Гороховое пюре	150	7,93	4,65	13,16	125,62
Шоколадный пирог	120	47,46	26,90	219,03	1289,40
Итого	470	83,13	46,35	276,02	1828,76
3 день					
Суп картофельный со сладким перцем	200	1,77	5,78	8,93	94,73
Птица жаренная	90	21,78	26,79	0,90	331,73
Овощи, припущенные с жиром	150	2,00	4,47	12,44	95,61
Сыр Гауда	30	6,68	8,03	0,00	98,96
Груши	100	0,38	0,27	9,37	39,63
Итого	570	32,61	45,34	31,64	659,93

В основу французской кухни включены простые рецепты. такой подход сохраняется и в детском питании. В декабре 2015 года было рассмотрено школьное обеденное меню города Страсбург, Франция [19], для детей в возрасте от 7 до 14 лет. Анализ проведен с точки зрения российских нормативных документов. Примеры меню представлены в таблице 2. Так как рецептуры блюд не были опубликованы, то они были рассчитаны, согласно традиционных рецептур по Сборнику рецептур [16]. Выход блюд был взят, согласно СанПиН 2.4.5.2409-08 [17]. Таким образом будет рассмотрен вопрос «Как поведёт себя французское меню в российских школах?».

В рассмотренном меню предусмотрены дни национальной кухни и праздничное меню. Например, День индийской кухни, когда в меню включают карри. Следует отметить, что напиток в меню не указан. Возможно он выдаётся на раздаче по необходимости. Также предусмотрена замена основных блюд на вегетарианские или на халяль.

При рассмотрении меню следует отметить, что в рационе присутствуют запрещённые по СанПиН продукты, такие как карри, цикорий, шампиньоны, заварной крем и др. Спорным вопросом остаётся технология приготовления, т.к. неизвестна подлинная рецептура блюд. К положительным моментам следует отнести отсутствие повторений блюд в смежных днях.

Согласно СанПиН 2.4.5.2409-08, обед должен составлять 35% суточного рациона. Из этого следует, что для рассмотрения соответствия пищевой ценности обеденного меню требованиям нормативной документации, следует рассматривать только 35% от суточной нормы. При этом допустимое отклонение от нормы не больше 15%. Анализ пищевой ценности обеденных меню показан на рисунке 2.

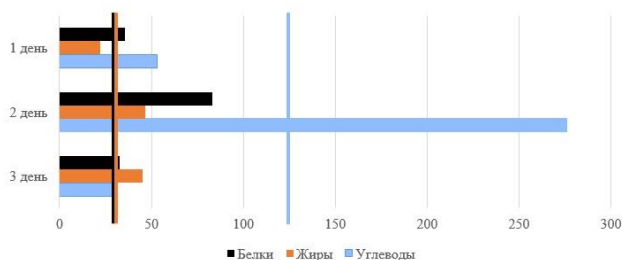


Рисунок 2 – Анализ пищевой ценности (горизонтальные линии – показатели пищевой ценности меню; вертикальные линии – норма по СанПиН), г.

Как видно из рисунка, пищевая ценность рационов не сбалансирована. Происходит превышение нормы белка по всем трём дням и жира во второй и третий день. Несмотря на то, что средние показатели содержания углеводов находятся в допустимом отклонении от нормы, в первый день идёт большой недостаток, затем во второй день резкое увеличение в 5 раз (превышение нормы в 2 раза), и на третий день резкое уменьшение в 9 раз (меньше нормы в 4 раза).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 51705.1-2001. – Введ. 2001-07-01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200007424> (дата обращения 12.04.17).
2. Интернет-портал «AdMe» – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.adme.ru> (дата обращения 21.01.18).
3. Гращенко Д.В., Чугунова О.В., Кокорева Л.А. Оценка организации питания в детских дошкольных учреждениях на примере г. Екатеринбурга // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2013. – № 6. – С. 95–101.

4. Гращенко Д.В., Николаева Л.И. Сборник технических нормативов для питания детей в дошкольных организациях: методические рекомендации и технические документы. – Екатеринбург: АМБ, 2011. – Часть 1. – 342 с.
5. Гращенко Д.В., Чугунова О.В., Крюкова Е.В. Инновационные подходы к формированию рационов питания детей дошкольного возраста // Пищевая промышленность. – 2014. – № 2. – С. 28–31.
6. Информационный портал Екатеринбурга. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ekburg.ru> (дата обращения 25.04.18).
7. Сельскохозяйственное Торговое Представительство США [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.usda.ru>.
8. Австралийское управление по вопросам образования и ухода за детьми. Национальная система качества. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.acscqa.gov.au/national-quality-framework> (дата обращения 10.07.17).
9. Lawlis T., Knox M., Jamieson M. School canteens: A systematic review of the policy, perceptions and use from an Australian perspective. – Nutrition Diet, 2016. – Vol. 73. – P. 389–398.
10. Австралийские диетические рекомендации. // Национальный совет по здравоохранению и медицинским исследованиям. Канберра, Австралия, 2013.
11. Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов [Электронный ресурс]: СанПиН 2.3.2.1324-03. – Введ. 2003-05-22. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901864836> (дата обращения 12.04.17).
12. Lucas P.J., Patterson E., Sacks G., Billich N., Evans C.E.L. Preschool and School Meal Policies: An Overview of What We Know about Regulation, Implementation, and Impact on Diet in the UK, Sweden, and Australia // Nutrients, 2017. – Vol. 9 (7).
13. Patterson E., Quetel A.-K., Lilja K., Simma M., Olsson, L., Schäfer Elinder L. Design, testing and validation of an innovative web-based instrument to evaluate school meal quality // Public Health Nutrition, 2013. – Vol. 16. – P. 1028–1036.
14. Wollny I., Lord C., Tanner E., Fry A., Tipping S., Kitchen S. Отчет об исследованиях школьных обедов за 2013-2014 гг. // Департамент образования: Лондон, Великобритания, 2015.
15. Инструмент SkolmatSverige: Школьное питание Швеции [Электронный ресурс]. URL: www.skolmatsverige.se/in-english.
16. Сборник технических нормативов – Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания / Под редакцией Ф.Л. Марчука. – Москва: издательство «Хлебпродинформ», 1996. – 616 с.
17. Санитарно-эпидемиологические требования к организации питания обучающихся в общеобразовательных учреждениях, учреждениях начального и среднего профессионального образования [Электронный ресурс]: СанПиН 2.4.5.2409-08. – Введ. 2008-07-23 – Ре-

жим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902113767> (дата обращения 12.04.17).

18. Арисов А.В., Гращенко Д.В. Анализ школьного меню французских школ с учётом российских нормативных документов // Приоритетные направления развития науки, техники и технологий: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Том II (Кемерово, 08 апр. 2016 г.). – Кемерово, 2016. – С. 201-204.

19. Официальный сайт города Страсбург, Франция. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.strasbourg.eu> (дата обращения 12.03.16).

Статья поступила в редакцию 10.05.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 637.521.473

МЯСНЫЕ ПОЛУФАБРИКАТЫ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ

© 2018

Асфондьярова Ирина Владимировна, кандидат технических наук, доцент,
доцент Высшей школы сервиса и торговли

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(193231, Россия, г. Санкт-Петербург, пр. Большевиков, 3, e-mail: ririna25@mail.ru)*

Сагайдаковская Елизавета Сергеевна, магистрант

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195253, Россия, г. Санкт-Петербург, пр. Маршала Блюхера, 65, e-mail: esagaydakovskaya@mail.ru)*

Аннотация: В данной статье изучены проблемы мясного рынка, рассмотрен анализ современного ассортимента полуфабрикатов на основе мяса птицы, и исследован существующий на потребительском рынке состав данных продуктов. Обоснованы аспекты необходимости создания и употребления обогащенных продуктов питания. Для получения высококачественных и относительно недорогих мясных рубленых полуфабрикатов в качестве перспективных компонентов практический интерес представляет растительное сырье. Приведены результаты разработок ученых по возможности использования таких растительных компонентов, как крапивы двудомной, сныти обыкновенной, бобовых культур, тыквы, белокочанной капусты, растительных масел, круп – для создания новых, улучшенных по пищевой ценности продуктов. Для создания полуфабрикатов из мяса птицы с целью повышения их пищевой и биологической ценности, а также улучшения органолептических показателей выбраны и обоснованы обогащающие добавки, такие как геркулесовые хлопья, морская капуста (ламинария) и семена масличного льна. В статье представлен состав полученных обогащенных образцов котлет, изготовленных из филе курицы, с добавлением воды, яйца, репчатого лука, пряностей и поваренной соли. Показаны результаты органолептической оценки полуфабрикатов по следующим показателям: внешний вид, цвет, консистенция, вкус и запах; представлены и обоснованы выводы по итогам проведенных исследований.

Ключевые слова: полуфабрикаты, мясо птицы, обогащающая добавка, морская капуста, семена льна, геркулесовые хлопья, продукция повышенной пищевой и биологической ценности, органолептические показатели, ассортимент, состав, компоненты, производство, технология

MEAT SEMI-FINISHED PRODUCTS OF HIGH NUTRITIONAL AND BIOLOGICAL VALUE

© 2018

Asfondyarova Irina Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the
Higher School of Service and Trade

*St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(193231, Russia, St. Petersburg, Bolshhevikov Avenue, 3, e-mail: ririna25@mail.ru)*

Sagaidakovskaia Elizaveta Sergeevna, graduate student

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
(195253, Russia, Saint-Petersburg, Marshal Blucher prospect, 65, e-mail: esagaydakovskaya@mail.ru)*

Abstract. In this article examines the problems of the meat market, analyzed the current assortment of semi-finished products based on poultry meat, and investigated the existing composition of these products on the consumer market. The aspects of the need to create and consume fortified food are grounded. To obtain high-quality and relatively inexpensive meat chopped semi-finished products, vegetable raw materials are of practical interest as promising components. The results of research of scientists on the possible use of such plant components as nettle, common schnapps, legumes, pumpkin, white cabbage, vegetable oils, cereals are developed to create new, improved in nutritional value products. To create semifinished products from poultry meat, in order to increase their nutritional and biological value, as well as to improve the organoleptic characteristics, enriching additives such as oat flakes, sea kale (kelp) and oilseed flax seeds have been selected and substantiated. The paper presents the composition of the obtained enriched samples of cutlets made from chicken fillet, with the addition of water, egg, onion, spices and table salt. The results of an organoleptic evaluation of semi-finished products are shown for the following indicators: appearance, color, consistency, taste and smell; presented and justified the conclusions of the research.

Keywords: semi-finished products, poultry meat, enriching additive, sea cabbage, flax seeds, flakes, products of increased food and biological value, organoleptic characteristics, assortment, composition, components, production, technology

На сегодняшний день, рассматривая область пищевых технологий, в том числе мясных, следует отметить, что наблюдается тенденция роста потребления обогащенных продуктов питания, поэтому актуальной проблемой является разработка новой продукции повышенной пищевой и биологической ценности, безопасной для здоровья человека.

Многочисленные исследования приводят учёных к оценке зависимости здоровья человека от питания в пределах 60-80%. Анализ структуры потребления пищевой продукции во многих случаях показывает несбалансированность рациона.

Основные критерии данного несоответствия – недостаток белка (особенно животного происхождения), избыток калорийности за счет жира и углеводов, а также

нехватка отдельных нутриентов, таких как витамины и минералы. Несмотря на постоянное расширение рынка и увеличение покупательной способности населения, негативные тенденции сохраняются. Проблема имеет общемировой масштаб, что вынуждает ученых к поиску путей удовлетворения потребностей населения через оптимизацию ассортимента [1].

В связи с этим, выделяют ряд аспектов, которые оказывают определяющее влияние на использование натуральных добавок растительного происхождения в мясоперерабатывающей отрасли. Во-первых, существует довольно четко сформированная ориентация населения на потребление «здоровых» продуктов питания, что обусловлено широким распространением информации о теории полноценного питания. Во-вторых, использование растительных компонентов при производстве мясных продуктов способствует улучшению качественных характеристик исходного мясного сырья, повышению пищевой и биологической ценности готовых изделий. В-третьих, постоянный поиск более удачных аналогов, чем модифицированная соя, так часто применяемая в производстве мясopодуkтов [2].

В последнее время наблюдается тенденция повышения покупательского спроса на фаршевую продукцию, полуфабрикаты высокой степени готовности (ПВСГ) и готовые кулинарные изделия, реализуемые через торговую сеть (супер-, гипермаркеты), магазины кулинарии и общественного питания [3]. Особым спросом у потребителей пользуются замороженные мясные полуфабрикаты [4].

Надо отметить, что спрос на мясо крупного рогатого скота до недавнего времени постоянно рос, сегодня структура спроса меняется, в связи с удорожанием мяса и ухудшением его качества. На потребительские цены мясopодуkтов оказало влияние повышение отпускных цен отечественных сельхозпроизводителей и предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности из-за роста их производственных затрат в условиях повышенного спроса и ограниченного предложения [5]. И, как следствие, произошло снижение потребления свинины и говядины. Спрос сместился в сторону увеличения производства и потребления мяса птицы. По данным ФСГС, на 2015 год 45% от всего произведенного мяса в России пришлось на мясо птицы. Данный фактор можно объяснить тем, что российское птицеводство успешно интегрировалось в мировой рынок благодаря наличию современного технологического уровня и обеспечению необходимой ветеринарной дисциплины. При этом ежегодно объемы производства значительно увеличиваются. Последовательная модернизация отечественных птицеводческих предприятий позволила отрасли подняться до уровня большинства развитых стран. Причем по сравнению с ними российская птицеводческая индустрия имеет ряд конкурентных преимуществ, таких как дешевый природный газ для обогрева птичников, невысокая заработная плата персонала и емкий рынок продукции птицеводства [6,7].

В структуре производства мяса птицы основную долю занимает мясо кур (более 95%) [8].

Повышение спроса на мясо птицы обусловлено тем, что оно является диетическим продуктом с по-

вышенным содержанием легко усвояемых белков, низким содержанием жира и холестерина; имеет меньшую стоимость по сравнению с другими видами мяса, отличается минимальным временем приготовления и пригодно для ежедневного применения. Поэтому производство мяса птицы и продукции на его основе является перспективной отраслью, и российские производители из года в год укрепляют свои позиции на данном рынке, вытесняя импортных [9,10].

Анализ развития мирового рынка мясной продукции показывает устойчивый рост доли потребления полуфабрикатов преимущественно из мяса птицы, поступающих на стол потребителя в переработанном, замороженном и упакованном виде. Современная технология переработки, заморозки и упаковки позволяет создать новые привлекательные продукты, пользующиеся особым спросом в системах «быстрого питания» [11, 12].

Исходя из выше сказанного цель данной работы – анализ современного ассортимента полуфабрикатов из мяса птицы, представленных на рынке и разработка нового улучшенного продукта повышенной пищевой и биологической ценности. Для раскрытия поставленной цели необходимо определить круг задач: выбрать и обосновать обогащающие добавки для производства мясной продукции повышенной пищевой и биологической ценности, разработать оптимальную рецептуру полуфабриката в виде котлет, как по органолептическим показателям, так и по химическому составу.

Разработка новых пищевых продуктов – это процесс, опирающийся на знания сырья, технологии, свойств готового продукта, рынков, потребителей, общества [13].

Наиболее популярными торговыми марками согласно нашему социологическому опросу являются «Мироторг»; «Горячая штучка»; «Петелинка»; «Морозко»; «Finfood» и продукция Индилайт и Рефтинской птицефабрики.

подавляющее большинство производителей для выпуска замороженных мясных полуфабрикатов используют мясо тушек кур, цыплят, цыплят-бройлеров, преимущественно филе грудки и бедра. Некоторые производители для удешевления своей продукции применяют мясо птицы механической (ММО) обвалки, то есть перемолотую соединительную ткань и кости с небольшими остатками филе, пропущенные через сито под давлением. Также в составе полуфабрикатов присутствуют яйца и яичные продукты, крупы (рисовая, кукурузная), масло сливочное или растительное, вода, жир куриный топленый, мука, сухари панировочные, овощи в свежем или в сушеном виде, пряности, в качестве начинки используют сыр, ветчину, грибы или их комбинацию [12].

Большое влияние на качество продукта в целом и длительность его хранения, а также на потребительские свойства оказывают пищевые добавки ряда Е. Так, например добавки Е450, Е451, Е452 используются в качестве стабилизаторов, эмульгаторов и загустителей, которые оказывают свое дей-

ствие на консистенцию готового продукта. Е316 применяется в качестве антиокислителя и позволяет замедлить порчу продукта, а Е621 является одной из самых распространенных. Глутамат натрия вырабатывается методом ферментации из пшеничной клейковины, усиливает вкус и запах, сохраняет качество при длительном хранении, маскирует запахи некачественного сырья. В малых дозировках вреда организму не несет, но при постоянном употреблении даже в малых дозах оказывает отрицательное влияние на организм. Регулярное употребление добавки возбуждает клетки головного мозга, а у подростков и детей может вызвать необратимые повреждения нервной системы. Поэтому в детском питании эта добавка запрещена.

Глутамат натрия усиливая вкус, вызывает зависимость. Человек, постоянно употребляющий продукты с этим веществом, в дальнейшем не может обойтись без этой добавки. Сформированная зависимость побуждает потреблять все больше вредных продуктов с Е-621, а их длительное употребление приводит к блокировке вкусовых рецепторов.

Таким образом, в представленном ассортименте полуфабрикатов не хватает полезных компонентов в своем составе, поэтому потребители не считают это «серьезной» едой, а относят к быстрой и не очень качественной продукции. Однако, ведутся работы ученых по улучшению состава мясных продуктов. Для создания и получения высококачественных и относительно недорогих мясных рубленых полуфабрикатов в качестве перспективных компонентов практический интерес представляет растительное сырье. Применение компонентов естественного происхождения позволяет создавать мясорастительные продукты не только с рациональным сочетанием белков, жиров, но и другими биологически активными жизненно важными элементами [14].

Для создания определенных органолептических показателей, потребительских и технологических характеристик мясной и рыбной продукции одними авторами предлагается использовать дикорастущее растительное сырье, такое как побеги крапивы двудомной и надземная часть сныти обыкновенной, собранное в весенне-летний период, высушенное в естественных условиях и измельченное до порошкообразного состояния (размер частиц 0,2–2 мм) [1]. Также применяют тыкву, как компонент, отличающийся высоким содержанием пищевых волокон, в том числе пектиновых веществ; макро- и микроэлементов, витаминов, каротиноидов – дефицитных в настоящее время нутриентов питания [2].

Повышение биологической ценности продукции также возможно за счет обогащения высокобелковыми растительными компонентами. Бобовые культуры наиболее полно соответствуют этим требованиям. Они содержат высокое содержание белка – до 36 %, которые включают все незаменимые аминокислоты, незначительное количество углеводов и жиров. Себестоимость получения 1 грамма белка растительного происхождения в 10-30 раз меньше чем животного, при этом характеризуются достаточно высокой усвояемостью. Среди бобовых до

сих пор не получила широкого применения в пищевой отрасли фасоль, в основном, она используется в целом виде, в сочетании с другими овощами добавлением соусов. Однако возможность ее использования значительно шире. Например, использование фасоли в виде пасты в мясных продуктах с комбинированным составом сырья, что исследовано недостаточно. Отдельным важным элементом аспектом поиска является точный расчет возможных рисков подобного расширения ассортимента, связанного, в первую очередь, с особенностями химического состава компонентов [15].

Другими авторами для решения проблемы производства продуктов здорового питания разработана инновационная технология на примере пельменей с использованием чечевицы и белокочанной капусты. Так, чечевица является одним из важнейших источников белковой пищи, что особенно актуально, в связи с тем, что в настоящее время у современного человека наблюдается белковый дефицит, который может привести к такому заболеванию как квашиоркор, выпадению волос, ухудшению состояния кожи и многим другим. Также чечевица богата различными аминокислотами, минералами, жирными кислотами. Данный продукт является экологически чистым, так как в нем не накапливаются различные токсичные или вредные вещества.

Белокочанная капуста не менее полезна, чем чечевица. В ней дополнительно содержится большое количество клетчатки, благодаря которой из организма выводится «вредный» холестерин. Также в ней есть микроэлементы и витамин С, который выступает не только в качестве профилактического средства против простудных заболеваний, но и благоприятно воздействует на работу сердца. Кроме того, понижается риск возможности инсульта [16].

Кроме того, используют разные виды растительных масел, таких как облепиховое, оливковое, кукурузное, кунжутное, льняное, амарантовое, кедровое и другие. Пищевые растительные масла относят к товарам первой необходимости, так как их высокая пищевая ценность обусловлена содержанием биологически активных веществ – непредельных жирных кислот, липидов, токоферолов [17].

Известно, что семена льна богаты незаменимыми полиненасыщенными жирными кислотами омега-3, омега-6 и омега-9, содержание которых превышает во много раз их количество в рыбе и мясе. При этом омега-3 не разрушается под воздействием высоких температур. Кроме того, в составе льняных семян присутствуют витамины группы В, С, А, Е; минеральные вещества, такие как магний, фосфор, медь. Семена льна рекомендуют использовать людям, страдающим атеросклерозом, заболеваний дыхательных путей, артритов.

Для обогащения продуктов питательными веществами, улучшения внешнего вида и вкусовых особенностей, также добавляют различные крупы, которые позволяют улучшить продукт и изменить его в лучшую сторону. К таким крупам относятся манная, рисовая, перловая и, конечно же, овсяная крупы. Последняя позволяет сделать продукт более нежным

и мягким, а также имеет немало полезных свойств. К таким свойствам относится содержание большого количества железа, фосфора, кальция. Кроме того, овсяная крупа содержит йод. Эти элементы влияют на формирование и нормальное развитие костной системы, укрепление ногтей, волос, зубов, нормализацию пищеварительной системы.

В условиях современной экологии люди все чаще стали сталкиваться с нарушениями работы эндокринной системы организма. Одними из наиболее распространенных патологий в сфере гормональных процессов являются проблемы со щитовидной железой, что связано с недостатком йода в организме [18]. Этот микроэлемент необходим для синтеза гормонов тироксина и трийодтиронина, регулирующих важнейшие процессы обмена веществ.

В системе мероприятий, направленных на предупреждение йоддефицитных заболеваний, наиболее эффективным путем профилактики является обогащение йодом продуктов массового потребления до уровня, соответствующего физиологическим потребностям организма.

Одним из перспективных направлений повышения качества продуктов питания является производство рыбо- и мясорастительных фаршевых кулинарных изделий, обогащенных йодом.

В нашем северо-западном регионе эта проблема является достаточно острой, в связи с этим, нам необходим источник йода. Поэтому, при производстве продуктов, предназначенных для коррекции йоддефицитных состояний, особый интерес представляет морская капуста (*Laminaria japonica*). В морской капусте йод связан в удобные для усвоения организмом человека йодбелковые соединения: тирозин, дийодтирозин, монодтирозин. Ламинария содержит значительное содержание биологически активных веществ, помогающих усвоению йода в организме человека и компонентов, участвующих в кроветворении (железа и витаминов группы В) Для проведения исследований ученые готовили рыбо-растительные фарши, с отварной в течение 20 мин. морковью и заменой 20% сырой рыбы на отварную, в которых 5 % рыбо-растительной основы заменяли на порошок ламинарии (ПЛ) [19, 20].

Исходя из выше сказанного, в качестве обогащающих добавок мы выбрали морскую капусту в виде порошка, семена льна и геркулесовые хлопья. Как было сказано ранее, эти добавки позволят повысить пищевую и биологическую ценность продукта и улучшить его качество. Данная продукция будет пользоваться спросом, поскольку она будет не только проста и быстра в приготовлении, но и полезна. На основании результатов проведенного социологического опроса, было выявлено, что потребители хотят видеть на рынке продукцию повышенной пищевой ценности.

В результате получили 7 образцов котлет: образец 1 – контрольный, образцы 2, 3 и 4 – добавление морской капусты в количестве 3, 5, и 7 % к общей массе, соответственно. Образец 5, 6 и 7 – внесение семян льна в количестве — 3; 5; и 7 % к общей массе. Стоит отметить, что состав у всех

образцов был идентичен, за исключением вносимых добавок и их концентраций. В состав всех исследуемых котлет входило мясо птицы, полученное из куриного филе; вода, яйцо, геркулесовые хлопья, лук репчатый, черный перец, соль. Полученные образцы котлет с обогащающими добавками и контрольный образец без добавок подвергали органолептическому анализу по 5-ти балльной шкале, согласно которой оценивали: внешний вид, цвет, консистенция, вкус и запах.

После расчета рецептуры и опробования приготовленных котлет с внесением морской капусты, мы получили следующие результаты органолептической оценки. Внешний вид и цвет исследуемых образцов котлет был приятным. При этом мелко изрубленная морская капуста не испортила внешнего вида котлет, а скорее наоборот, придавала вид вращенной зелени, поэтому средний балл по этим единичным показателям составил 4,7 и 4,6 баллов, соответственно. Консистенция полученных образцов была слегка суховатой и на срезе были видны кусочки морской капусты, поэтому котлеты получили средний балл – 4,3. По вкусу и запаху образцы 2, 3 и 4 имели 4,6 и 4,7; 4,1 и 4,5 и 4,0 и 4,4 баллов, соответственно. С увеличением концентрации морской капусты в образцах наблюдалось появление специфического запаха и привкуса йода.

Образцы 5, 6 и 7 с добавлением семян льна по внешнему виду и цвету стали более золотистым по сравнению с контрольным образцом. Поэтому образцы имели средний балл по этим показателям — 4,85. Семена льна улучшило консистенцию готового продукта. Котлеты получились сочными и нежными, поэтому получили высокий по этому показателю средний балл – 4,67. В образце 5 вкус и запах льна не ощущался, в образцах 6-7 были приятными.

По итогам исследования по органолептическим показателям, лучшими образцами с добавками стали: образец 2 с концентрацией морской капусты 3% и образец 6 с внесением семян льна – 5%. При сравнении полученных обогащенных полуфабрикатов на основе птицы с контрольным образцом установили, что наиболее оптимальной добавкой для обогащения котлет и улучшения органолептических показателей являются семена в количестве 5%.

В выводах можно отметить, что в настоящее время существует потребность в мясных продуктах повышенной и биологической ценности. В научной литературе предложено достаточное количество разработок новых улучшенных по пищевой ценности продуктов, однако внедренных таких продуктов в широкое производство для потребителей практически нет. Нами были выбраны обогащающие добавки, и обоснована возможность создания полуфабрикатов повышенной пищевой и биологической ценности. Выбранные добавки позволят повысить в составе готового продукта содержание белка, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов и минеральных веществ. Но для их внедрения в производство необходимо провести дальнейшие глубокие

исследования по физико-химическим показателям и показателям безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мамонтова С.Н., Ибрагимова И.Е. Расширение ассортименты рыбных полуфабрикатов при использовании сырьевой базы // Технология и продукты здорового питания: Материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию специальности «Технология продукции и организация общественного питания». – Саратов, 2015 С. 240.
2. Карпова А.В., Мамаев А.В., Сучкова Т.Н. Разработка технологии мясных обогащенных паштетов с использованием растительного сырья // Технология и продукты здорового питания: Материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию специальности «Технология продукции и организация общественного питания». – Саратов, 2015. – С. 134.
3. Криштафович В.И., Криштафович Д.В., Спирин М.Е. Разработка рыбного полуфабриката в тесте, ориентированного на потребителя со средним уровнем достатка // Материалы II Международной (заочной) научно-практической конференции «Инновационные технологии в промышленности – основа повышения качества, конкурентоспособности и безопасности потребительских товаров (31 октября 2014). – Ярославль-Москва Издательство «Канцлер», 2014. С. 219.
4. Небурчилова Н.Ф., Петрунина И.В., Осянин Д.Н. Методы ценообразования, действующие на предприятиях мясной отрасли АПК. Тактические методы // Мясная индустрия 4/18, 2018. С. 4–6.
5. Васюнин В.В. Тенденция развития современного рынка мясопродуктов / В.В. Васюнин, А.П. Корж // Экономика отрасли. Мясные технологии. – М., 2011. – № 3. – С. 16–19.
6. Асфондьярова И.В., Шевченко В.В. Сравнительная экспертиза качества продукции птицеводства // Материалы I Международной научно-практической конференции «Современные проблемы товароведения, экономики и индустрии питания» (30 ноября 2016). Саратов: ССЭИ РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2016 С. 20-28.
7. Бобылева Г.А. Птицеводство России // Птицеводство. – 2005. – №4. – С. 4–11.
8. Бобылева Г.А. Российское птицеводство: анализ, тенденции, прогнозы // Птица и птицепродукты: отраслевой научно-производственный журнал. – 2010. – №3. – С. 12–16.
9. Асфондьярова И.В., Шевченко В.В. Экспертиза качества рубленых полуфабрикатов на основе мяса птицы // Материалы XVI всероссийского конгресса нутрициологов и диетологов с международным участием, посвященному 100-летию со дня рождения основателя А.А. Покровского «Фундаментальные и прикладные аспекты нутрициологии и диетологии. Качество пищи» (2-4 июня 2016) Москва // Вопросы питания, №2, 2016. С. 21–22.
10. Шевченко В.В., Асфондьярова И.В. Качество и безопасность продукции из мяса птицы // Материалы IX международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию специальности «Технология продукции и организация общественного питания» (26-27 ноября 2015 г) Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». С. 448–454.
11. Герасимова В.А., Зачиняева А.В. Оценка качеств вареных колбасных изделий, реализуемых на рынке Санкт-Петербурга // Проблемы функционирования и развития регионального рынка потребительских товаров и услуг: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященная 10-летию Технологического института (2-4 апреля 2014 г.), Мичуринск: ФГБОУ ВПО МИЧГАУ, 2014. – С. 242.
12. Степанова А.Н., Асфондьярова И.В. Качества и безопасность полуфабрикатов на основе мяса птицы // Материалы научной конференции с международным участием «Неделя науки в СПбПУ» (14-19 ноября 2016). СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли. 2016. С. 417–420.
13. Сагайдаковская Е.С. Маркетинговые исследования потребительских предпочтений в сегменте рынка мясных полуфабрикатов Санкт-Петербурга // Торговля и сервис от настоящего к будущему: инновации в сфере товаров и услуг: Сборник трудов по материалам молодежной конференции (15-16 ноября 2017 года). СПб.: Курск ЗАО «Университетская книга», 2017. С. 253.
14. Вайтанис М.А. Обогащение котлетного фарша растительным сырьем // Ползуновский вестник №2/2, 2012, С. 216–220.
15. Т.А. Шахова. Применение муки бобовых культур в технологии мясных рубленых полуфабрикатов повышенной биологической ценности // Всерос. науч.-исслед. ин-т мясной пром-сти им. В.М. Горбатова]. – Москва, 2008. – 173 с.
16. Лукомский Ю.А. Расширение ассортимента рубленых полуфабрикатов в рамках концепции персонализации питания // Материалы II Международной (заочной) научно-практической конференции «Инновационные технологии в промышленности – основа повышения качества, конкурентоспособности и безопасности потребительских товаров (31 октября 2014). – Ярославль-Москва Издательство «Канцлер», 2014. С. 240.
17. Лесниченко А.С., Мгебришвили И.В. Производствопельменей с использованием растительного регионального сырья // Технология и продукты здорового питания: Материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию специальности «Технология продукции и организация общественного питания». – Саратов, 2015. – С. 210.
18. Илларионова К.В., Григорьев С.В. Структура ассортимента растительных масел по видам сырья в РФ в 2015 году / Материалы III международной (заочной) научно-практической конференции «Инновационные технологии в промышленности – основа повышения

качества, конкурентоспособности и безопасности потребительских товаров», 2016. С. 137–140.

19. Петунина Н. А. Болезни щитовидной железы / Н.А. Петунина, Л.В. Трухина. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 222 с.

20. Кобзева С.Ю., Жмурина Н.Д., Хмелевской А.С. Подготовка порошка ламинарии для йодированной кулинарной продукции функционального назначения // Технология и продукты здорового питания: Материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию специальности «Технология продукции и организация общественного питания». – Саратов, 2015. С. 139.

Статья поступила в редакцию 15.04.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 641.1

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ SOUS VIDE НА КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ КУЛИНАРНОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ ФИЛЕ ИНДЕЙКИ

© 2018

Ахмадова Кристина Кахримановна, Чернова Елена Викторовна, Фединишина Екатерина Юрьевна

магистрант Высшей школы пищевых технологий и биотехнологий

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

(194021, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 48-50, e-mail: kristina0308@mail.ru)

Чернова Елена Викторовна, доктор экономических наук, профессор Высшей школы пищевых технологий и биотехнологий

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

(194021, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 48-50, e-mail: chernova_ev@spbstu.ru)

Фединишина Екатерина Юрьевна, кандидат технических наук, доцент Высшей школы пищевых технологий и биотехнологий

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

(194021, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 48-50, e-mail: fedinishina_eyu@spbstu.ru)

Аннотация. Технология *sous vide* – инновационная тепловая обработка пищевых продуктов, когда приготовление производится в вакуумной упаковке при пониженных температурах. Данная технология позволяет снизить потери массы и питательных веществ в готовой продукции и повысить ее органолептические показатели. Технологию *sous vide* целесообразно использовать при приготовлении кулинарной продукции из филе индейки, которая в настоящее время является перспективным сырьем для расширения ассортимента кулинарной продукции. Улучшить органолептические показатели кулинарной продукции из филе индейки авторы предлагают за счет использования маринадов и предварительного обжаривания перед вакуумированием. Готовая продукция в вакуумной упаковке может храниться до 10 суток включительно. При этом ее показатели качества и безопасности гарантированно сохраняются в течение указанного времени, что подтверждается исследованиями, результаты которых представлены в статье. Применение технологии *sous vide* предусматривает использование сырья от проверенных поставщиков и тщательное соблюдение последовательности технологических операций и температурных режимов на всех этапах производства кулинарной продукции из филе индейки.

Ключевые слова: *sous vide*, вакуумирование, вакуумная упаковка, индейка, мясо птицы, индустрия питания, кулинарная продукция, маринады, микробиологические показатели, органолептические показатели, физико-химические показатели, пароконвектомат, тепловая обработка, технология приготовления кулинарной продукции.

THE INFLUENCE OF SOUS VIDE TECHNOLOGY ON QUALITY AND SAFETY OF CULINARY PRODUCTS FROM TURKEY FILLET

© 2018

Akhmadova Kristina Kakhriyanovna, master student of High School of Food Technologies and Biotechnologies

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

(194021, Russia, St. Petersburg, Novorossiyskaya Street, 48-50, e-mail: kristina0308@mail.ru)

Chernova Elena Viktorovna, doctor of economical sciences, professor of High School of Food Technologies and Biotechnologies

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

(194021, Russia, St. Petersburg, Novorossiyskaya Street, 48-50, e-mail: chernova_ev@spbstu.ru)

Fedinishina Ekaterina Yuryevna, candidate of technical sciences, associate professor of High School of Food Technologies and Biotechnologies

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

(194021, Russia, St. Petersburg, Novorossiyskaya Street, 48-50, e-mail: fedinishina_eyu@spbstu.ru)

Abstract. The *sous vide* technology is the innovative heat treatment of food products, when the production is prepared in vacuum package with lower temperatures. This technology allows decreasing mass waste and improving organoleptical indicators of finished products. The usage of the technology is expedient while preparing culinary products from turkey fillet, which is considered as prospective food raw material for assortment expansion of culinary products. The authors suggest improving of organoleptical indicators of culinary products from turkey fillet by using marinades and pre-roasting it before vacuumizing. The finished production in vacuum package can be stored for 10 days. Here-with, its quality indicators are kept safe assuredly within the specified time, which is approved by the researches, which are presented in the article. The application of the *sous vide* technology provides using food raw material from proven vendors and thorough compliance of technological operations and temperature conditions during all stages of culinary production from turkey fillet preparation.

Keywords: *sous vide*, vacuumizing, vacuum package, turkey, poultry meat, catering industry, culinary products, marinade, microbiological indicators, organoleptic indicators, physico-chemical indicators, combi steamer, heat treatment, technology of culinary products preparation

В настоящее время в предприятиях индустрии питания помимо традиционных технологий тепловой обработки пищевых продуктов широко применяются технологии инновационного плана. Наибольший интерес для исследования и практического внедрения представляют технологии изготовления кулинарной продукции в пароконвектоматах при пониженных температурах, в том числе в вакуумной упаковке – *sous vide* (в переводе с французского «под вакуумом») [1-3]. Общим для данных технологий является то, что они позволяют снизить процесс обезвоживания (потери массы) и сохранить большую часть питательных веществ в готовой продукции в сравнении с традиционными видами термообработки [4, 5].

Технология *sous vide* применяется для приготовления широкого ассортимента кулинарной продукции, в том числе животного происхождения [6]. Относительно низкая температура обработки предотвращает подгорание продукта, которое возможно при высокотемпературных способах приготовления, когда поверхность пищи открыта температурам, значительно превышающим те, которые должны быть достигнуты внутри продукта для его доведения до кулинарной готовности. Однако низкие температуры не являются полностью безопасными в санитарном плане [7, 8].

В условиях постоянно меняющейся экономической ситуации в стране и с целью расширения ассортимента кулинарной продукции следует обратить внимание на новые виды сырья, доступные для населения, но не находившие ранее широкого применения [4, 5]. Таким сырьем может служить мясо индейки, обладающее высокой пищевой ценностью [9]. Мясо индейки богато полноценными белками, легкоусвояемыми жирами, витамином В9, калием, фосфором, железом и другими макро- и микроэлементами. При этом наибольший практический интерес представляет филе индейки.

Технология *sous vide* позволяет получить не только продукцию с высокими органолептическими показателями, но также продлить сроки хранения продукции. Это обеспечивается путем использования вакуумной упаковки, препятствующей доступу воздуха в продукт, соблюдением условий и сроков хранения. При этом замедляются процессы, приводящие к преждевременной порче продукта [10, 11]. Для разнообразия вкусовых характеристик целесообразно применять различные маринады [12, 13]. При массовом производстве кулинарной продукции с использованием ресурсосберегающих технологий используется оборудование с высокой производительностью, например пароконвектоматы [14-16].

Цель работы – установить влияние технологии *sous vide* на качество и безопасность кулинарной продукции из филе индейки при ее приготовлении в пароконвектомате. Исследования проводились в Высшей школе биотехнологии и пищевых технологий Санкт-Петербургского политехнического университета.

Объект исследования – замороженное филе индейки, соответствующее по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям требованиям нормативно-технической документации [17, 18]. Размораживали филе на воздухе при 20...25 °С в течение 6 ч, промывали, порционировали, отбивали, по-

сыпали солью и специями или мариновали в течение 1 ч при температуре плюс 2...6 °С. Все полуфабрикаты имели овальную форму, толщина куска составляла 4...5 мм. Далее изделия предварительно обжаривали основным способом в наплитных сковородах при температуре 200...210 °С в течение 7 мин, после чего они вакуумировались (за исключением образцов, приготовленных в комбинированных режимах в пароконвектомате). Вакуумная упаковка изделий производилась в комбинированные вакуумные пленки Profi Cook с помощью машины для вакуумной упаковки Profi Cook PC-VK 1015 [19].

В процессе проведения эксперимента исследованы следующие образцы изделий:

– контрольный образец № 1 – филе индейки, приготовленное в комбинированном режиме в пароконвектомате: предварительно обжаренные изделия доводили до готовности в пароконвектомате пароконвекционном режиме (температура – плюс 110...130°С, влажность – 70 %, время – 15 мин) [20];

– контрольный образец № 2 – вакуумированное филе индейки, приготовленное по технологии *sous vide*: предварительно обжаренные и вакуумированные изделия доводили до готовности в пароконвектомате в пароконвекционном режиме (температура – плюс 64°С, влажность – 70 %, время – 35 мин);

– опытный образец № 1 – филе индейки, приготовленное в вакуумной упаковке по технологии *sous vide* с маринадом № 1 (корень имбиря, чеснок, карри, куркума, перец белый молотый, мускатный орех, соль, масло подсолнечное, сметана, сок лимона);

– опытный образец № 2 – филе индейки, приготовленное в вакуумной упаковке по технологии *sous vide* с маринадом № 2 (мед, кефир, чеснок, корень имбиря, соус соевый);

– опытный образец № 3 – филе индейки, приготовленное в вакуумной упаковке по технологии *sous vide* с маринадом № 3 (киви, перец белый молотый, базилик сушеный, соль);

– опытный образец № 4 – филе индейки, приготовленное в вакуумной упаковке по технологии *sous vide* с маринадом № 4 (сок гранатовый, уксус черный бальзамический, сок лимона, вода, соль, перец черный молотый).

Выбор маринадов был осуществлен опытным путем на основании пробной выработки продукции, получившей высокую органолептическую оценку дегустационной комиссии.

Методы исследования. Анализ органолептических показателей (внешний вид, цвет, консистенция, вкус, запах, сочность) проводился дегустационной комиссией в количестве 5 человек в соответствии с рекомендациями ГОСТ 9959-2015 [21]. Каждый показатель оценивался по 5-балльной шкале. Также давалась словесная характеристика изделий.

Перечень физико-химических показателей определен по ГОСТ Р 54609-2011 [22] и включал в себя исследования массовой доли влаги, жира и поваренной соли соответственно по ГОСТ 9793-2016 [23], ГОСТ 23042-2015 [24] и ГОСТ 9957-2015 [25].

Определение потерь при тепловой обработке осуществлялось по ГОСТ 31988-2012 [26].

Микробиологические показатели образцов определялись в соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [17] по ГОСТ 10444.15-94 [27], ГОСТ 31747-2012 [28], ГОСТ 31746-2012 [29], ГОСТ 29185-2014 [30], ГОСТ 28566-90 [31].

Для исследования сохранности полученных показателей образцы закладывались на хранение в холодильный шкаф при плюс $4\pm 2^\circ\text{C}$. Органолептические и микробиологические показатели измерялись через 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 и 16 суток с момента начала закладки на хранение.

Обработка результатов исследований проводилась статистическими методами на основании рекомендаций, приведенных в учебном пособии [32].

Результаты и обсуждение исследований. В результате анализа органолептических показателей можно сделать вывод, что контрольный образец № 1, приготовленный в пароконвектомате, обладал более приятными вкусом и запахом, но меньшей сочностью. Это объясняется потерей влаги в процессе приготовления. Контрольный образец № 2 обладал менее выраженным вкусом и запахом, что объясняется отсутствием технологической операции обжаривания изделий. Все опытные образцы, приготовленные с использованием маринадов, получили высокую балльную оценку по органолептическим показателям (таблица 1).

Таблица 1 – Балльная органолептическая оценка кулинарных изделий из филе индейки

Номер образца	Оценка изделий по 5-балльной шкале					
	Внешний вид, цвет	Консистенция	Вкус	Запах	Сочность	Общая оценка
Контрольный образец № 1	4,7±0,13	4,8±0,13	4,8±0,07	4,8±0,11	4,4±0,07	23,5±0,13
Контрольный образец № 2	5,0	5,0	4,3±0,13	4,2±0,13	5,0	23,5±0,13
Опытный образец № 1	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	25,0
Опытный образец № 2	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	25,0
Опытный образец № 3	5,0	5,0	4,9±0,13	5,0	5,0	24,9±0,13
Опытный образец № 4	5,0	5,0	4,9±0,13	5,0	5,0	24,9±0,13
Максимальный балл	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	25,0

В таблице 2 представлены результаты определения физико-химических показателей исследуемых образцов.

Таблица 2 – Физико-химические показатели кулинарных изделий из филе индейки

Наименование показателя	Характеристика изделий					
	контрольный образец № 1	контрольный образец № 2	опытный образец № 1	опытный образец № 2	опытный образец № 3	опытный образец № 4
Массовая доля влаги, %	30,4±0,33	41,3±0,53	42,2±0,07	42,1±0,13	41,9±0,33	40,9±0,4
Массовая доля жира, %	7,1±0,33	6,1±0,2	6,8±0,07	6,4±0,07	6,0±0,07	6,1±0,07
Массовая доля поваренной соли, %	0,5±0,03	0,6±0,02	0,65±0,03	0,68±0,03	0,67±0,02	0,67±0,02
Потери массы, %	7,2±0,33	1,8±0,07	1,7±0,07	2±0,13	1,9±0,07	2,1±0,2

Из полученных данных можно сделать вывод, что массовая доля влаги в контрольном образце № 2 и во всех опытных образцах выше, чем в контрольном образце № 1 в среднем на 10...12 %. Это объясняется использованием вакуумной упаковки и более низкой температурой кулинарной обработки, что повлияло на сочность изделий и снижение потерь массы на 5,1...5,5 %. Более высокое содержание жира в контрольном образце № 1 и в опытных образцах № 2 и № 3 можно объяснить использованием растительного масла при обжаривании контрольного образца № 1 и использование таких ингредиентов в маринадах, как растительное масло, сметана и кефир. Содержание поваренной соли в образцах не превышало 0,7 %.

Микробиологические показатели характеризуют безопасность продукции для потребителя. В образцах определялись количество МАФАНМ, бактерий рода *Enterococcus* и патогенных микроорганизмов. Нормативный показатель количества МАФАНМ по ТР ТС 021/2011 – не более $1,0 \times 10^4$ КОЕ/г, см³. По всем исследованным образцам показатели лежат в указанных пределах. В контрольном образце № 2 и всех опытных образцах данный показатель выше контрольного образца № 1, что объясняется применением более низкой температурой тепловой обработки. Этим же можно объяснить более высокое содержание бактерий рода *Enterococcus* в данных образцах. Патогенные микроорганизмы (БГКП, сульфитредуцирующие клостридии, *S. aureus*) во всех образцах отсутствуют. Однако мы считаем, что качество готовых изделий не может зависеть только от выбранных параметров технологического процесса. Другими не менее важными параметрами являются качество и безопасность исходного сырья, соблюдение условий и сроков его хранения, требований при подготовке к кулинарному использованию. В отношении технологии *sous vide* на указанные параметры следует обращать особое внимание.

вание, так как температура обработки от плюс 50 до 65 °С не может обеспечить гибель всех патогенных микроорганизмов, содержащихся в исходном сырье.

На рисунке 1 представлены графики изменения органолептических показателей образцов в зависимости от времени хранения. При этом интегральным органолептическим показателем по каждому образцу является суммарная оценка по 25-балльной шкале (внешний вид и цвет, консистенция, вкус, запах, сочность) в зависимости от времени, прошедшего с момента закладки образцов на хранение.

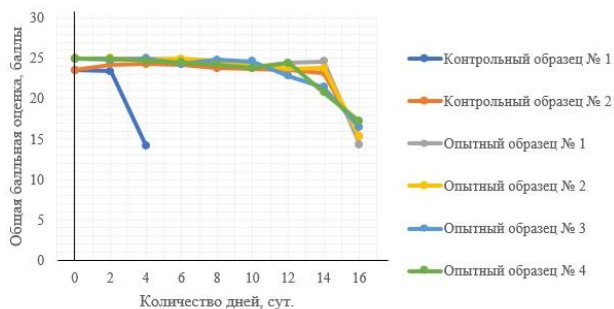


Рисунок 1 – Зависимость органолептических показателей образцов (общей балльной оценки) кулинарных изделий из мяса индейки от времени хранения

Через 4 суток после хранения у контрольного образца № 1 наблюдались явные признаки порчи, так как он готовился и хранился без вакуумной упаковки (суммарная оценка – 15 баллов). Дальнейшее его хранение является нецелесообразным.

У контрольного образца № 2 и всех опытных образцов (№№ 1-4) значения органолептических показателей в течение 10 суток сохранялись в допустимых пределах. После 14 суток хранения началось отчетливое снижение органолептических показателей (от 23...25 баллов до 14...17 баллов), что также свидетельствовало о признаках порчи продукта.

На рисунке 2 представлена зависимость количества КМАФАнМ в образцах кулинарных изделий из мяса индейки от времени хранения.

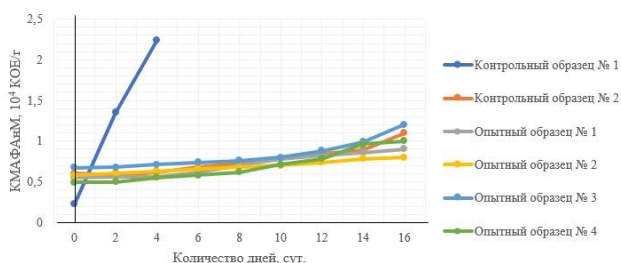


Рисунок 2 – Зависимость количества МАФАнМ в кулинарных изделиях из мяса индейки от времени хранения

В контрольном образце № 1 изначально количество МАФАнМ меньше, чем в контрольных образцах ввиду того, что кулинарная обработка проводилась при более высоких температурах. Однако отсутствие вакуумной

упаковки привело к его явной порче уже на 4 сутки после хранения. Стоит отметить, что уже на 2 сутки с начала хранения количество микроорганизмов в данном изделии превысило предельно допустимые значения. В остальных образцах увеличение КМАФАнМ приблизилось к предельно допустимому значению на 14 сутки с начала хранения. На 16 сутки с начала хранения у контрольного образца № 2 и опытного образца № 3 показатель превысил предельно допустимые значения, у остальных остался ниже данного значения. Увеличение КМАФАнМ согласуется со снижением органолептических показателей образцов изделий и появлением признаков их явной порчи.

Изменение количества бактерий рода *Enterococcus* в исследуемых образцах было аналогично КМАФАнМ, то есть на 16 сутки у опытных образцов № 1 и № 3 оно превысило предельное значение. У контрольного образца № 1 данный показатель превысил предельное значение уже на 4 сутки. На 16 сутки с начала хранения был превышен данный показатель у опытных образцов № 1 и № 3. По остальным образцам превышение предельного значения данного показателя не наблюдалось.

Следует также отметить, что во всех образцах в течение всего срока хранения патогенных микроорганизмов обнаружено не было.

Выводы. Проведенные исследования показали, что продукция, приготовленная из филе индейки с использованием технологии *sous vide*, обладает высокими органолептическими показателями, а ее физико-химические и микробиологические показатели соответствуют требованиям нормативной документации. Гарантированный срок хранения изделий, согласно опытным данным, рекомендуется принять равным 10 суткам. При таком сроке хранения органолептические и микробиологические показатели готовых изделий остаются в пределах нормы.

Таким образом, разработанная технология рекомендуется к внедрению в производство. При этом следует отметить, что управление безопасностью изделий основывается на выборе сырья от проверенных поставщиков и тщательном соблюдении последовательности технологических операций и температурных режимов на всех этапах производства кулинарной продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Родионова Н. С., Попов Е. С., Фалеева Т. И. Исследование процесса тепловой обработки гидробιονтов с использованием низкотемпературного термовлажностного режима // Вестник РАСХН. – 2011. – № 6. – С. 75–78.
2. Baird B. *Sous Vide: What's All the Excitement* // Food Technology, 1990. – 44 (11). – Pp. 92, 94, 96.
3. Buck E. M., Hickey A. M. Low-temperature air oven vs. a water bath for the preparation of rare beef. – Journal of Food Science. – 44. – Pp. 1602–1605, 161.
4. Дерябина Н. А. Перспективы применения технологии *sous vide* на предприятиях общественного питания // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы Международной научной конференции. – Кемерово, 2015. – С. 298–299.

5. Осипова Ю.Н., Фединашина Е.Ю. Совершенствование технологических параметров ресурсосберегающей термической обработки мяса индейки в пароконвекционных аппаратах // Региональный рынок потребительских товаров: перспективы развития, качество и безопасность товаров, особенности подготовки кадров: материалы VI Международной научно-практической конференции. – Тюмень: ТИУ, 2016. – С. 80–82.
6. Родионова Н. С., Попов Е.С., Бахтина Т.И. и др. Исследование процесса тепловой обработки предварительно вакуумированных пищевых систем на основе растительного и животного сырья // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10. – Ч. 2. – С. 288–293.
7. Суткович Т. Ю., Бородай А. Б., Чоні І. В. Викоростання інноваційних методів обробки м'ясо сировини для отримання високоякісної продукції // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. – 2015. – Том 17. – № 4 (64). – С. 141–147.
8. Литвинова М.А., Манеева Э.Ш. Тепловая обработка мясных и овощных полуфабрикатов в вакуумной упаковке // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции. – Оренбург, 2017. – С. 1606–1608.
9. Зимняков В.М. Состояние и перспективы производства и переработки мяса индейки // Пенза: Изд-во ПГАУ, 2017. – 184 с.
10. Danowska-Oziewicz, M. The Effect of Cooking in a Steam-convection Oven and Storage in Vacuum on the Quality of Turkey Meat // Food Science and Technology International. – 2009. – Vol. 15. – N. 4. – Pp. 345–356.
11. Тимошенкова И.А., Москвичева Е.В., Евелева В.В. К обоснованию технологии кулинарных изделий из пресноводных рыб, упакованных под вакуумом // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 12-3 (54). – С. 186–190.
12. Ахмадова К.К., Чернова Е.В. Исследование органолептических и физико-химических показателей мяса индейки // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – С. 115–117.
13. Москвичева Е.В., Барсукова Н.В., Угрюмов И.В. и др. Современные технологии при изготовлении продукции из мяса птицы // Мясная индустрия. – 2017. – № 7. – С. 34–37.
14. Куткина М.Н., Фединашина Е.Ю. Влияние пароконвекционного способа нагрева на пищевую ценность мяса птицы // Мясная индустрия. – 2007. – № 4. – С. 44–48.
15. Фединашина Е.Ю., Елисеева С.А. Исследование параметров обработки растительного и животного сырья с применением высокотехнологичного оборудования // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 3-2 (45). – С. 51–53.
16. Серпунина Л.Т., Анистратова О.В., Ткачева И.Ю. и др. Обоснование условий тепловой и низкотемпературной обработки для получения полуфабриката высокой степени готовности из цыплят-бройлеров // Инновации в технологии продуктов здорового питания: сборник научных трудов IV Всероссийской научной конференции. – Калининград, 2017. – С. 5–12.
17. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». – Режим доступа: http://www.tehreg.ru/TP_TC/TP_TC_021_2011/TP_TC_021_2011.htm
18. ГОСТ 31473-2012 Мясо индеек (тушки и их части). Общие технические условия. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200096486>
19. Дишкантук О.В., Андріянова А.И. Використання полімерних комбінованих плівок у технології sous vide // Харчова наука і технологія. – Т. 11. – № 1. – С. 69–74.
20. Фединашина Е.Ю. Разработка и обоснование приготовления кулинарной продукции в пароконвектомате: Автореф. дис. канд. техн. наук. – СПб, 2007. – 19 с.
21. ГОСТ 9959-2015 Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200133106/>
22. ГОСТ Р 54609-2011 Услуги общественного питания. Номенклатура показателей качества продукции общественного питания. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200093467>
23. ГОСТ 9793-2016 Мясо и мясные продукты. Методы определения влаги. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200144231>
24. ГОСТ 23042-2015 Мясо и мясные продукты. Методы определения жира. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200133107/>
25. ГОСТ 9957-2015 Мясо и мясные продукты. Методы определения содержания хлористого натрия (с Поправкой). – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200123810>
26. ГОСТ 31988-2012 Услуги общественного питания. Метод расчета отходов и потерь сырья и пищевых продуктов при производстве продукции общественного питания. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200103474/>
27. ГОСТ 10444.15-94 Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200022648/>
28. ГОСТ 31747-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200098583/>
29. ГОСТ 31746-2012 (ISO 6888-1:1999, ISO 6888-2:1999, ISO 6888-3:2003) Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и Staphylococcus aureus. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200098769/>
30. ГОСТ 29185-2014 (ISO 15213:2003) Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета сульфитредуцирующих бактерий, растущих в анаэробных условиях. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200119547/>

31. ГОСТ 28566-90 (СТ СЭВ 6646-89) Продукты пищевые. Метод выявления и определения количества энтерококков. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200021143>

32. Шашков В.Б. Обработка экспериментальных данных и построение эмпирических формул. Курс лекций: Учебное пособие. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. – 150 с.

Статья поступила в редакцию 23.05.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 612.398, 613.281

ИССЛЕДОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ОБЛУЧЕННОЙ ОХЛАЖДЕННОЙ РЫБЫ

© 2018

Тимакова Роза Темерьяновна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры туристического бизнеса и гостеприимства

Уральский государственный экономический университет

(620144, Россия, г. Екатеринбург, улица 8 марта / Народной воли, 62/45, e-mail: trt64@mail.ru)

Аннотация. Распространение радиационных технологий обработки пищевого сырья на территории Российской Федерации предопределяет выбор оптимальных доз облучения для каждой партии пищевых продуктов, обеспечивающих их надлежащее качество. Ионизирующее излучение, как и любые технологии, определенным образом влияет на химический состав пищевых продуктов. Рыба и рыбопродукты являются источником полноценного легкоусвояемого организмом человека белка. Для изучения влияния ионизирующего излучения на биологическую ценность и качественные показатели сбалансированности аминокислотного состава необходимо проведение комплексных исследований для последующего формирования регламентирующих доз облучения. Исследование аминокислотного состава разных видов охлажденной рыбы (форели радужной, карпа обыкновенного): необлученных и облученных дозой 12 кГр, позволила установить сопоставимость полученных данных по биологической ценности и по качественному составу белкового компонента при имеющихся видовых отличиях. Опытным путем выявлено, что облучение образцов охлажденной рыбы приводит к незначительному снижению общего количества аминокислот, в том числе незаменимых, и аминокислотного сора (по отношению к «идеальному белку») при высоких показателях по аминокислотному индексу и белковому качественному показателю, улучшилась сбалансированность аминокислотного состава и повысилась биологическая ценность рыбы. Облученная дозой 12 кГр охлажденная рыба обеспечивает полное покрытие суточной потребности человека в незаменимых аминокислотах за счет сбалансированного аминокислотного состава белка.

Ключевые слова: радиационные технологии, облучение, доза, белок, аминокислоты, аминокислотный состав, охлажденная рыба, биологическая ценность

THE AMINO ACID COMPOSITION OF IRRADIATED CHILLED FISH

© 2018

Timakova Roza Temer'janovna, candidate of agricultural Sciences, associate Professor in the Department of tourism and hospitality

Ural State University of Economics

(620144, Russia, Ekaterinburg, March 8 / People's will Street, 62/45, e-mail: trt64@mail.ru)

Abstract. The spread of radiation technologies for processing food raw materials in the Russian Federation determines the choice of the optimal radiation doses for each batch of food products that ensure their proper quality. Ionizing radiation, like any technology, in a certain way affects the chemical composition of food. Fish and fish products are a source of high-grade protein easily digestible by the human body. To study the effect of ionizing radiation on the biological value and qualitative indicators of the balance of amino acid composition, it is necessary to conduct comprehensive studies for the subsequent formation of regulatory doses of radiation. The study of amino acid composition of different types of chilled fish (rainbow trout, common carp): unirradiated and irradiated with a dose of 12 kGg allowed to establish comparability of the obtained data on biological value and on the qualitative composition of the protein component with the existing species differences. Experimentally revealed that irradiation of samples of chilled fish leads to a slight decrease in the total number of amino acids, including essential, and amino acid Skora (in relation to the "ideal protein") at high rates of amino acid index and protein quality indicator, improved balance of amino acid composition and increased biological value of fish. The cooled fish irradiated with a dose of 12 kGg provides a full coverage of the daily human need for essential amino acids due to the balanced amino acid composition of the protein.

Keywords: radiation technologies, irradiation, dose, protein, amino acids, amino acid composition, chilled fish, biological value

Наше общество прагматично и внедрение технологий, способствующих сохранению пищевых ресурсов, определяется в первую очередь получаемым экономическим эффектом. Возможность снижения микробиологической нагрузки при минимальном воздействии на органолептические показатели и пищевую ценность пищевых продуктов позволяет технологии ионизирующего облучения занимать лидирующее место среди существующих способов обеспечивающих хранение продукции и продовольственного сырья [1].

Наша страна определила курс на распространение радиационных технологий (облучения) для обработки продовольственного сырья и пищевых продуктов на тер-

ритории РФ. Введение в действие с 01 февраля 2019г. «Руководства по облучению рыбы и морепродуктов с целью подавления патогенных и вызывающих порчу микроорганизмов» (ГОСТ 34154–2017) расширяет номенклатуру разрешенных к облучению видов сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов: пряности, травы, приправы овощные, продукция сельскохозяйственная свежая, мясо и мясопродукты (за исключением мяса птицы, конины и кроликов). При этом ответственность за обоснованный выбор дозы облучения для каждой партии пищевых продуктов (минимальные и максимально допустимые значения) закреплена за владельцами пищевых продуктов. Наряду с этим, отсутствуют

регламентирующие показатели по выбору оптимальных доз облучения практически по всем видам пищевого сырья (кроме некоторых видов пряностей), исходя из характеристик пищевых продуктов: термического состояния продукта, степени микробиологической обсемененности, вида переработки, упаковки, условий хранения и др. В национальных стандартах – руководствах по облучению – только справочно приведена информация по радиочувствительности бактерий со ссылкой на зарубежные нормативные и литературные источники.

Ст. 7 Закона «О защите прав потребителей» определяет права потребителей на приобретение товаров (работ, услуг) надлежащего качества и безопасных для жизни, здоровья, имущества потребителей и окружающей среды. Надлежащее качество пищевых ресурсов определяется разными аспектами: пищевой ценностью, биологической ценностью, энергетической ценностью, органолептическими свойствами, безопасностью, структурно-механическими и функционально-технологическими свойствами и другими показателями. Формирование основных показателей качества базируется на нутриентном составе пищевых продуктов.

Общеизвестно, что изменения в химическом составе пищевых продуктов происходят как в результате технологической переработки сырья, так и в процессе хранения. Ионизирующее излучение, как и другие технологии хранения, приводит к изменению в химическом составе пищевых продуктов. Но, как отмечают [2 – 5], облучение различными дозами незначительно влияет на их химический состав. При надлежащей технике облучения повреждаются менее 1-2 % макро-нутриентов, отмечает [6], что соизмеримо с другими технологиями обработки.

Одним из важных макронутриентов является белок. Свойства белка определяются его аминокислотным составом и структурой белковой молекулы. Аминокислоты представляют собой производные органических кислот, содержащих в радикале одну или несколько аминогрупп (NH_2). Радиочувствительность аминокислот зависит от длины углеродной цепочки алифатических кислот, наличия в молекуле аминокислоты БН-группы, ароматического кольца, положения аминогруппы в молекуле кислоты и др. Под влиянием внешних факторов возможно нарушение структурной организации молекулы белка, разрушение первичной структуры белка приводит к утрате его биологической ценности. Биологическая ценность определяется аминокислотными индексами (АКИ), аминокислотным скором (АКС) и белково-качественным показателем (БКП). Для расчета аминокислотного сора применяется аминокислотная шкала Продовольственного комитета Всемирной организации здравоохранения (ФАО/ВОЗ), по которой принято, что в 1 г «идеального» белка содержится (в мг): изолейцина – 40, лейцина – 70, лизина – 55, фенилаланина и тирозина – 60, триптофана – 10, валина – 50 мг. Незаменимые аминокислоты, как не образующиеся в организме человека, для нормального функционирования сложной биологической системы организма должны поступать с пищей в достаточном количестве. Например, недостаток лизина сказывается на кроветворной функции и кальцифика-

ции костей; метионин обладает противосклеротическим действием; триптофан важен для процесса роста, обмена веществ.

При облучении пищевых продуктов молекулы воды возбуждаются и ионизируются в большей степени, чем другие нутриенты. К основным продуктам радиолитиза воды относятся гидроксильные радикалы, гидратированные электроны и атомы водорода, в результате взаимодействия которых с белками из-за прямого действия облучения, образуются молекулы новых органических соединений и свободные органические радикалы, которые вызывают цепные реакции образованием новых продуктов [7].

В тоже время ряд исследователей отмечают, при обработке повышенными дозами гамма-лучей в значительной степени разрушаются аминокислоты облучаемой продукции (метионин, цистеин, гистидин, аргинин, тирозин) [8]. Одновременно с этим, [9] установили, что радиационная обработка продуктов питания практически не изменяет аминокислотный состав белков. Важно отметить, что аминокислоты, содержащиеся в белках пищевых продуктов, химически более устойчивы, чем чистые растворы, за счет относительной недоступности.

Рыба свежая и продукты переработки из нее, а также морепродукты являются ценным источником полноценного легкоусвояемого (до 97 %) пищевого белка. Его биологическая ценность обусловлена оптимальным аминокислотным составом и сопоставима с куриным белком, а по содержанию лизина, триптофана и аргинина превосходит куриный белок. Аминокислотный состав рыбы отличается высоким содержанием метионина и цистина, что позволяет отнести его к пищевым продуктам, обладающим липотропными свойствами. Высокое содержание лизина и аргинина предрасполагает использование рыбы в детском питании.

Ценность рыбы, как источника полноценного и легкоусвояемого белка, зависит от условий хранения и применяемых технологий хранения. Традиционно применяется технология хранения в замороженном виде.

Охлажденная рыбная продукция, которая относится к особо скоропортящемуся виду продукции, в общем объеме производства рыбы в России занимает более 22 %. Мясо рыбы отличается меньшей стойкостью при хранении в отличие от мяса сельскохозяйственных животных. Одной из причин его низкой сохранности является отсутствие в мышечной ткани гликогена, вследствие чего не происходит образование молочной кислоты и рН остается на уровне 6,3–6,6, что создает благоприятные условия для развития микрофлоры [10].

Применение радиационных технологий с оптимально установленными дозами излучения в пределах от 0,83 до 3 кГр позволяет продлить сроки годности охлажденной рыбы разных видов до 1 месяца при хранении в условиях низких плюсовых температур [11–14].

Согласно исследований, обработка рыбы разных видов излучением дозой 12 кГр по-разному влияет на изменение аминокислотного состава: в тилапии происходит увеличение содержания по ряду аминокислот, в скумбрии – соизмеримое снижение. Данная тенденция прослеживается и в процессе хранения облученной

рыбы [15]. При дозах 0, 5, 10, 20 и 50 кГр аминокислотный индекс НАК/ЗАК (EAA index – essential amino acid index) составляет для образцов рыбы 37,07 %, 36,01 %, 27,61 %, 38,21 % и 38,45 % соответственно. Происходит снижение лизина на 8,04%. Изолейцин, фенилаланин и валин являются лимитирующими аминокислотами в облученных образцах рыбы [5].

Отечественные и зарубежные исследователи продолжают исследования по установлению причинно-следственных связей между дозой облучения и пищевой ценностью. Вопросы сбалансированности аминокислотного состава белка недостаточно изучены, в основном изучается аминокислотный состав, белковый качественный показатель и аминокислотный скор. Для исследования влияния ионизирующего излучения на качественные показатели сбалансированности аминокислотного состава необходимо проведение комплексных исследований для последующего формирования регламентирующих дозовых показателей облучения.

Исходя из вышеперечисленного, целью исследования является сравнительная оценка сбалансированности аминокислотного состава разных видов охлажденной рыбы до и после ее облучения.

Химический состав рыбы дифференцируется от ее вида, возраста, среды обитания и других факторов.

Для исследования определены 2 вида рыбы: форель радужная (представитель семейства лососевых) и карп обыкновенный (вид пресноводных лучеперых рыб семейства карповых), выращенные в условиях прудового рыбоводства (производство РФ). Форель радужная по содержанию общего белка относится к высокобелковой рыбе, карп обыкновенный – к белковой рыбе.

Для исследования по каждому виду рыбы были сформированы две группы: одна группа – необлученная продукция, вторая группа – облученная дозой 12 кГр на линейном ускорителе электронов модели УЭЛР-10-10С2 с энергией до 10 МэВ. Выбор достаточно высокой дозы для рыбы охлажденной обусловлен тем, что доза 12 кГр является критичной для обеспечения органолептических показателей свежести. Исследование аминокислотного состава белка проводится методом ионообменной хроматографии на автоматическом аминокислотном анализаторе ААА 339 Микротехна.

Оценка биологической ценности белковых компонентов осуществлялась по различным критериям, предложенными рядом авторов [16–26] и основанных на принципах Митчелла-Блока. К качественным показателям, характеризующим биологическую ценность белкового компонента относятся: белковый качественный показатель, аминокислотный индекс, аминокислотный скор, коэффициент различия аминокислотного сора, биологическая ценность белка, коэффициент утилитарности аминокислотного состав, коэффициент сопоставимой избыточности.

В таблице 1 приведен аминокислотный состав охлажденной рыбы: необлученной и облученной дозой 12 кГр. После облучения рыбы охлажденной отмечается незначительное уменьшение общего количества аминокислот: в образцах форели – на 1,26 %, в том числе по незаменимым аминокислотам (НАК) – на 0,68 %, по заменимым аминокислотам (ЗАК) – на

1,77 %, в образцах карпа соответственно – на 1,81 %, 1,63 % и 1,98 %.

В образцах форели наибольшее уменьшение содержания аминокислот отмечается по гистидину, фенилаланину, наименьшее изменение – по аланину, валину и изолейцину; в образцах карпа наибольшее уменьшение содержания аминокислот отмечается аналогично образцам форели – по гистидину и фенилаланину, наименьшее изменение – по триптофану и валину. Белковый качественный показатель (БКП), характеризующий биологическую полноценность мяса, более высокий в облученных образцах по сравнению с необлученными на 0,01 п. в образцах форели и на 0,03 п. в образцах карпа. В связи с более высоким содержанием триптофана для образцов форели наблюдается более высокий показатель БКП по сравнению с образцами карпа (таблица 1,2) ($p \leq 0,001$).

Таблица 1 – Аминокислотный состав охлажденной рыбы разных видов: необлученных и облученных дозой 12 кГр, мг/100г продукта

Наименование аминокислоты	Форель охлажденная		Карп охлажденный	
	Доза облучения			
	0 кГр	12 кГр	0 кГр	12 кГр
Незаменимые аминокислоты	9795,65±6,76	9729,30±6,24	7286,29±5,63	7169,07±5,36
Валин	1286,90±1,01	1282,62±0,86	823,39±0,51	817,19±0,39
Изолейцин	1060,77±0,99	1057,79±0,89	710,16±0,37	697,10±0,36
Лейцин	2053,77±2,23	2044,85±2,12	1750,24±2,02	1729,92±1,83
Лизин	2287,86±2,36	2279,16±2,03	1837,86±2,31	1803,63±1,99
Метионин	797,90±0,45	790,57±0,31	527,75±0,39	519,79±0,36
Треонин	1066,72±0,87	1059,09±0,68	716,86±0,54	707,87±0,63
Триптофан	247,55±0,43	243,86±0,44	185,59±0,33	184,63±0,35
Фенилаланин	994,23±0,87	971,36±0,69	734,44±0,56	708,94±0,61
Заменимые аминокислоты	11298,46±7,11	11101,88±7,04	7785,80±6,11	7634,99±7,02
Аланин	1148,27±1,13	1147,59±1,14	848,27±0,63	820,69±0,61
Аргинин	994,89±0,77	976,66±0,68	694,89±0,43	682,96±0,40
Аспарагиновая кислота	2292,84±1,22	2247,56±1,17	1292,84±1,31	1276,55±1,42
Гистидин	727,22±0,54	693,56±0,49	327,22±0,29	311,16±0,28
Глицин	794,78±0,39	779,48±0,38	694,78±0,49	681,77±0,50
Глутаминовая кислота	2859,57±3,23	2803,75±3,16	2059,57±1,33	2026,16±1,26
Оксипролин	43,66±0,06	42,96±0,05	41,69±0,07	41,21±0,06
Пролин	770,33±0,49	766,89±0,42	570,33±0,41	564,80±0,46
Серин	813,34±0,53	801,52±0,50	612,34±0,41	600,87±0,35
Тирозин	633,56±0,39	624,28±0,36	433,56±0,31	421,88±0,36
Цистин	220,00±0,39	217,63±0,34	210,31±0,29	206,94±0,34
Общее количество аминокислот	21094,10±15,11	20831,18±14,39	15072,09±13,56	14804,06±16,32

В результате облучения структура белка претерпела изменение во всех образцах охлажденной рыбы. Соотношение НАК к ЗАК изменилось в образцах форели охлажденной с 45,60/52,59 до 43,56/49,70 и в образцах карпа соответственно с 47,44/50,38 до 45,07/48,00 (рисунок 1). Соответственно аминокислотный индекс более высокий в образцах карпа по сравнению с образцами форели и в облученных образцах по сравнению с необлученными образцами: на 0,009 п. в образцах форели и на 0,003п. в образцах карпа (таблица 2) ($p \leq 0,001$).

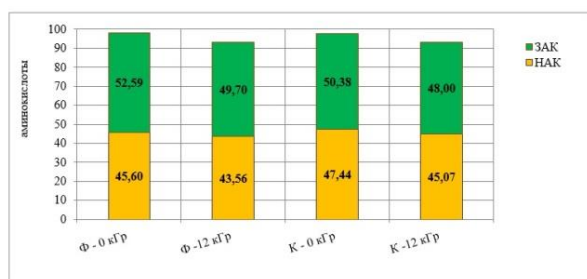


Рисунок 1 – Структура белка образцов охлажденных форели (Ф) и карпа (К): необлученных и облученных дозой 12 кГр (ЗАК – заменимые аминокислоты, НАК – незаменимые аминокислоты), мг/100 г белка

Аминокислотный скор (АКС) характеризует сбалансированность аминокислотного состава и определяет предельно возможный уровень использования азота белка для пластических целей. Аминокислотный скор по всем аминокислотам всех образцов охлажденной рыбы показывает, что содержание незаменимых аминокислот в исследуемых образцах больше, чем в «идеальном белке». Первой лимитирующей аминокислотой в образцах форели является триптофан, в образцах карпа – валин (таблица 2).

Аминокислотный скор белка во всех образцах имеет значение более 100 %, что показывает полное покрытие суточной потребности в аминокислотах, с более высоким показателем в образцах карпа охлажденного. Облучение образцов охлажденной рыбы приводит к незначительному снижению АКС: в образцах форели – на 6,23 %, в образцах карпа – на 7,24 %. Более низкие показатели коэффициента различия/разбалансированности аминокислотного сора (КРАКС) в образцах форели обеспечивают более высокие показатели биологической ценности белка по сравнению с образцами карпа. Облучение образцов охлажденной рыбы приводит к увеличению показателей биологической ценности: в образцах форели на 0,99 %, в образцах карпа – на 4,02 %.

Коэффициент утилитарности аминокислотного состава (КУ) в исследуемых образцах характеризует высокую степень сбалансированности незаменимых аминокислот по отношению к физиологической норме по «идеальному (эталонному) белку»: в образцах форели показатель имеет более высокое значение по сравнению с образцами карпа. После облучения коэффициент утилитарности остался практически неизменным, уменьшился на 0,006п в образцах форели и увеличился на

0,007п в образцах охлажденного карпа. Соответственно коэффициент сопоставимой избыточности содержания незаменимых аминокислот в белковом компоненте (КГ) в образцах охлажденной форели имеет более низкие значения и показывает количество незаменимых аминокислот, не используемых на анаболические цели из-за несбалансированности аминокислотного состава. Облучение образцов оказало несущественное изменение данного показателя: соответственно увеличился на 0,003п. в образцах форели и уменьшился на 0,005п. в образцах карпа охлажденного (таблица 2) ($p \leq 0,001$).

Таблица 2 – Качественная оценка сбалансированности аминокислотного состава белка образцов охлажденных форели и карпа: необлученных и облученных дозой 12 кГр

Показатели оценки сбалансированности аминокислотного состава	Форель охлажденная		Карп охлажденный	
	Дозы облучения			
	0 кГр	12 кГр	0 кГр	12 кГр
Общая сумма аминокислот, мг/100г продукта	21094,10	20831,18	15072,09	14804,06
Количество незаменимых аминокислот, мг/100г продукта	9795,65	9729,30	7286,29	7169,07
Количество заменимых аминокислот, мг/100г продукта	11298,46	11101,88	7785,80	7634,99
Белковый качественный показатель	5,67	5,68	4,45	4,48
Аминокислотный индекс	0,867	0,876	0,936	0,939
Аминокислотный скор, %	137,68	131,45	143,43	136,19
Коэффициент различия/разбалансированности аминокислотного сора, %	19,05	18,96	30,88	26,86
Биологическая ценность белка, %	80,95	81,94	69,12	73,14
Коэффициент утилитарности аминокислотного состава	0,837	0,831	0,748	0,755
Коэффициент сопоставимой избыточности	0,070	0,073	0,122	0,117

В результате проведенных исследований установлено, что по биологической ценности и по оценке качественного состава белкового компонента форели охлажденной и карпа охлажденного выявлены определенная сопоставимость полученных данных и особенностей видовых различий:

- образцы форели отличаются более высоким содержанием общего количества аминокислот, в том числе и незаменимых; более высоким белковым качественным показателем; при более низком показателе

коэффициента разбалансированности аминокислотного сора биологическая ценность более высокая, соответственно при более высоком коэффициенте утилитарности – более низкий коэффициент сопоставимой избыточности;

- образцы карпа охлажденного при более низком содержании белка отличаются более высоким показателем аминокислотного индекса и аминокислотного сора, характеризующих более высокую долю незаменимых аминокислот и более высокую сбалансированность аминокислотного состава;

- облучение образцов охлажденной рыбы приводит к незначительному снижению общего количества аминокислот, в том числе незаменимых и заменимых, и аминокислотного сора (по отношению к «идеальному белку»). Однако более низкие темпы уменьшения содержания незаменимых аминокислот привело к более высоким показателям после облучения – по аминокислотному индексу и белковому качественному показателю. По лимитирующим аминокислотам не произошло изменений: для форели охлажденной – триптофан, для карпа охлажденного – валин. Вместе с тем улучшилась сбалансированность аминокислотного состава (снижился показатель коэффициента разбалансированности аминокислотного сора) и повысилась биологическая ценность рыбы. Коэффициент утилитарности аминокислотного состава и коэффициент сопоставимой избыточности сопоставимы с необлученными образцами.

Таким образом, облучение охлажденной рыбы дозой 12 кГр, несмотря на некоторое снижение общего содержания аминокислотного состава и изменение его структуры, обеспечивает высокие показатели биологической ценности качественного состава белкового компонента охлажденной рыбы. Облученная дозой 12 кГр охлажденная рыба является источником легкоусвояемого организмом человека белка со сбалансированным аминокислотным составом и обеспечивает полное покрытие суточной потребности человека в незаменимых аминокислотах. Полученные данные согласуются с доступными литературными источниками. При соизмеримых высоких показателях коэффициента утилитарности аминокислотного состава, аминокислотного индекса и аминокислотного сора и соответственно низком коэффициенте различия/разбалансированности аминокислотного сора во всех исследуемых образцах наблюдаются видо-вые различия рыб в расчетных коэффициентах утилитарности аминокислотного состава и сопоставимой избыточности, по аминокислотному индексу и аминокислотному сору.

Полученные экспериментальные данные можно использовать для общей оценки пищевой ценности облученной охлажденной рыбы. Рекомендуется проведение дальнейших исследований для накопления экспериментальных данных радиочувствительности аминокислот рыбы в зависимости от дозы облучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Arvanitoyannis I.S. Irradiation of Food Commodities: Techniques, Applications, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion. //Elsevier, 2010, 703p.
2. Kraybill H. F. Nutritional and biochemical aspects of foods preserved by ionizing-radiation // Journal of home economics. – 1958. – Vol. 50. – № 9. – P. 695–700.
3. Read M. S. Successive generation rat feeding studies with a composite diet of gamma-irradiated foods / M. S. Read et al. //Toxicology and applied pharmacology. – 1961. – Vol. 3. – №2. – P. 153–173.
4. Thayer D. W. Toxicology studies of irradiation-sterilized chicken / D.W. Thayer, J. P. Christopher, L.A. Campbell, D.C. Ronning, R.R. Dahlgren, G.M. Thomsom, E. Wierbicki // Journal of Food Protection. – 1987. – Vol. 50. – № 4. – P. 278–288.
5. Elhakeim N.F. Nutritional - evaluation of irradiated animal protein by-products // N.F. Elhakeim, R.M. Yousofi, E.A. Hilaliidr. // Isotopenpraxis. 1991 –Vol. 27. N. 3. С. 104-108
6. Безопасность и пищевая ценность облученной продукции. М.: Медицина, 1995. – 209 с.
7. Радиационная химия основных компонентов пищевых продуктов / Под ред. П.С. Элиаса и А. Дж. Кохена: Пер. с англ. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. – 224 с.
8. Докучаева И.С. Проблемы технологии лучевой стерилизации пищевых продуктов / И.С. Докучаева, Г.Х. Гумерова, Е.Г. Хакимова // Вестник Казанского технологического университета. –2016. – № 17 (19). – С. 169–171.
9. Радиационная технология в сельском хозяйстве и пищевой промышленности / Под общ. ред. Г.В.Козьмина, С.А. Гераськина, Н.И. Санжаровой. Обнинск: ВНИИРАЭ, 2015. – 400 с.
10. Тимакова Р.Т. Применение метода электронного парамагнитного резонанса для исследования рыбы / Л.С.Кудряшов, Р.Т.Тимакова, С.Л. Тихонов, А.С. Романова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. –№ 1. – С.9–12.
11. Arvanitoyannis I.S. Impact of irradiation on fish and seafood shelf life: A comprehensive review of applications and irradiation detection / I.S. Arvanitoyannis, A. Stratakos, E. Mente // Critical Reviews in Food Science and Nutrition/ – 2009. – № 49(1). –P.68–112.
12. Özden Ö. M. Effect of different dose gamma radiation and refrigeration on the chemical and sensory properties and microbiological status of aqua cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) / Ö. M. Özden, N. Erkan // Radiation Physics and Chemistry. – 2007. – № 76. –P.1169–1178.
13. Özden Ö. M. Preservation of iced refrigerated sea bream (*Sparus aurata*) by irradiation: microbiological, chemical and sensory attributes / Ö. M. Özden, N. Erkan // European Food Research and Technology. – 2007. – № 225. – P.797–805.
14. Erkan N. Alternative seafood preservation technologies: ionizing radiation and high pressure processing / N. Erkan, A. Günlü, I. Y. Genç // Journal of Fisheries Sciences.com. –2014. – № 8(3). – P.238–251.
15. Al-Kahtani H. A. Amino acid and protein changes in tilapia and Spanish mackerel after irradiation and storage / H.A. Al-Kahtani, H.M. Abu-Tarboush, M. Atiaidr. // Radiation Physics and Chemistry. –1998. – Vol. 51. – № 1. – P. 107–114.

16. Липатов Н.Н. Совершенствование методики проектирования биологической ценности пищевых продуктов / Н.Н. Липатов, А.Б. Лисицын, С.Б. Юдина // Мясная индустрия. – 1996. – № 1. – С. 14–15.

17. Липатов Н.Н. Формализованный анализ аминокислотной сбалансированности сырья, перспективного для проектирования продуктов детского питания с задаваемой пищевой адекватностью / Н.Н. Липатов, Г.Ю. Сажин, О.И. Башкиров // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – № 8. – С. 11–14.

18. Никитина М.А. Контроль за качеством белка с помощью компьютерных технологий / М.А. Никитина, Е.Б. Сусь // Междунар. науч.-практ. конф. "Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции, ФГБНУ "Всероссийский НИИ табака, махорки и табачных изделий". Краснодар, 2015. – С. 381–384.

19. Бражников А.М. О возможности проектирования комбинированных мясных продуктов / А.М. Бражников, И.А. Рогов // Мясная индустрия СССР. – 1985. – № 5. – С. 23–25.

20. Бражников А.М. Возможные подходы к аналитическому проектированию комбинированных продуктов питания / А.М. Бражников, И.А. Рогов, А.А. Михайлов, М.Н. Сильченко // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 1985. – № 3. – С. 22–28.

21. Жаринов А.И. Проектирование комбинированных продуктов питания / А.И. Жаринов, Ю.А. Ивашкин // Все о мясе. – 2004. – № 2-3. – С. 6–21.

22. Ивашкин Ю.А. Информационные технологии проектирования пищевых продуктов / Ю.А. Ивашкин, С.Б. Юдина, М.А. Никитина и др. // Мясная индустрия. – 2000. – № 5. – С. 40–41.

23. Липатов Н.Н. Некоторые аспекты моделирования аминокислотной сбалансированности пищевых продуктов // Пищевая и перерабатывающая промышленность. – 1986. – № 4. – С. 49–51.

24. Липатов, Н.Н. Принципы проектирования состава и совершенствования технологии многокомпонентных мясных и молочных продуктов: автореф. ... докт. техн. наук. М.: МТИММП, 1988.

25. Никитина М.А. Информационные технологии в разработке многокомпонентных мясных продуктов с учетом биологической ценности / М.А. Никитина, Д.В. Завгородцева, Е.Б. Сусь // Все о мясе. – 2014. – № 4. – С. 48–51.

26. Рогов И.А. Химия пищи. Принципы формирования качества мясopодуKтов // И.А. Рогов, А.И. Жаринов, М.П. Всякин. СПб.: РАПП, 2008. – 340 с.

Статья поступила в редакцию 16.04.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 519.68:532.7:541.8:541.182.41

МОДЕЛИРОВАНИЕ МОМЕНТА ЗАТЯЖКИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗАЖИМНОЙ ГАЙКИ ВОЛЧКА

© 2018

Пеленко Валерий Викторович, доктор технических наук, профессор
кафедры «Кафедра тепловых установок и тепловых двигателей»

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
(198095, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4, e-mail: pelenko1@rambler.ru)*

Иваненко Владимир Павлович, кандидат технических наук, доцент
«Высшей школы биотехнологии и технологических процессов»

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: vpi.vladimir@yandex.ru)*

Усманов Илхом Ибрагимович, аспирант
Университет ИТМО

(191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, e-mail: ilhomusmanov@mail.ru)

Аннотация. Осуществлено математическими методами моделирование общего оптимального момента затяжки центральной зажимной гайки волчка, обеспечивающего как условие нераскрытия стыка в зоне нож-решётка, так и условие необходимой компенсации рабочего давления мясного сырья на выходе измельчителя как функции физико-механических характеристик мясного сырья и конструктивно-технологических параметров и режимов функционирования. Важность и результативность решения такой задачи обеспечивает не только снижение энергоёмкости процесса измельчения пищевого или иного материала, но и улучшение качественных показателей вырабатываемой продукции, а так же износных характеристик ножей и решеток режущей пары мясорубок.

Ключевые слова: волчок, мясорубка, шнек, винтовая линия, угол наклона, момент затяжки, давление, скорость подачи, нераскрытие стыка, напряжение смятия, оптимизация, коэффициент трения, синтез, зажимная гайка, нож, решетка, смятие волокон, давление, мясное сырьё.

MODELING OF TORQUE FOR CENTRAL LOCKING NUTS OF THE TOP

© 2018

Pelenko, Valery Victorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor
of the Chair "The Department of Heat Installations and Heat Engines"

*Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
(198095, Russia, St. Petersburg, Ivan Chernykh Street, 4, e-mail: pelenko1@rambler.ru)*

Ivanenko Vladimir Pavlovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
of the "Higher School of Biotechnology and Technological Processes"

*St. Petersburg Polytechnic University
(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnic Street, 29, e-mail: vpi.vladimir@yandex.ru)*

Usmanov Ilkhom Ibragimovich, postgraduate student
ITMO University

(91002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov Street, 9, e-mail: ilhomusmanov@mail.ru)

Abstract. Mathematical methods have been applied to simulate the General optimal tightening torque of the Central clamping nut of the gyroscope, which provides both the condition of non-opening of the joint in the knife-lattice zone, and the condition of the necessary compensation of the working pressure of the meat raw material at the output of the grinder as a function of the physico-mechanical characteristics of the meat raw material and the structural and technological parameters and modes of operation. The importance and effectiveness of such a task provides not only a reduction in the energy intensity of the grinding process of food or other material, but also an improvement in the quality of products, as well as the wear characteristics of knives and gratings of the cutting pair of meat grinders.

Key words: gyroscope, meat grinder, screw, helix, angle, tightening torque, pressure, feed rate, joint failure, crushing stress, optimization, friction coefficient, synthesis, clamping nut, knife, grating, fiber crushing, pressure, raw meat.

Все более высокие требования к конструктивным, энергетическим и эксплуатационным характеристикам технологического оборудования пищевой промышленности, определяющим его конкурентоспособность на рынке, ставят вопросы совершенствования данной техники в ряд особенно актуальных. Особенно большое распространение в отмеченном кластере оборудования занимают измельчительно-режущие машины.

Вопросам измельчения мясного сырья и других пищевых материалов животного и растительного происхождения посвящено большое количество работ.

Наряду с системным рассмотрением обобщенных процессов, осуществляемых в волчках и мясорубках,

многие работы исследователей касаются и частных проблем, среди которых не нашла достаточного отражения задача определения момента затяжки центральной гайки волчка, от величины которого зависит и качество измельчения, и износные характеристики пары трения нож-решётка, и энергозатраты на процесс, и температурные режимы. Решение данной задачи в части математического описания и оптимизации является практически значимой и масштабной проблемой.

В задаче синтеза шнековых винтовых машин, их аналитического описания и математического моделирования чрезвычайно важным и принципиальным фактором является условие нераскрытия стыка в ре-

жушей паре нож-решётка, которое обеспечивается необходимой обоснованной величиной момента затяжки зажимной гайки волчка. Проведенный анализ литературы показывает [1-14, 16, 17-20], на недостаточность проработки данного вопроса. Исследований, касающихся строгих математических моделей течения твердообразных материалов в каналах винтовых шнеков с переменным шагом и с учетом условий стесненного сжатия, позволяющих корректно определить давление в зоне резания и рассчитать момент затяжки центральной гайки волчка, не найдено.

Целью данной работы является, во-первых, установление физических предпосылок, обеспечивающих качественный процесс резания пищевых материалов с одновременной минимизацией возможного давления в стыке нож-решетка, гарантирующего минимальный износ и термонапряжения в зоне резания. Второй составляющей задачи является математическое описание разработанной физической модели.

Величина необходимого давления P_0 на наружную поверхность ножа в зоне резания мясного сырья, то есть на сторону ножа не прилежащую к решётке, формирует силовой вектор F , действующий перпендикулярно поверхности ножа, имеющий направление параллельное продольной оси шнека и проектирующийся на неё из вектора нормальной к витку шнека силы F_0 через косинус угла наклона нормали винтовой поверхности шнека к продольной оси шнека γ :

$$F = F_0 \cos \gamma = P_0 S_n \cos \gamma, \quad (1)$$

здесь S_n - площадь поверхности ножа; γ - угол наклона нормали винтовой поверхности шнека к продольной оси шнека; P_0 - давление мясного сырья.

Давление мясного сырья определяется выражением [15]:

$$P_0 = 4P_{уд} / (d - 2f\mu\delta / (1 - \mu(1 - f))), \quad (2)$$

где $P_{уд}$ - удельное усилие резания мясного сырья; d - диаметр отверстия решётки волчка; f - коэффициент трения скольжения мясного сырья по поверхности выходного отверстия решётки; μ - коэффициент Пуассона для мясного сырья; δ - длина цилиндрического канала, то есть толщина решётки.

Нераскрытие стыка в паре нож-решётка определяется условием уравнивания усилия давления мясного сырья p_0 на выходную решётку площадью S_p моментом затяжки зажимной гайки волчка $M_{зат}$ с учётом угла наклона винтовой поверхности последнего витка шнека γ .

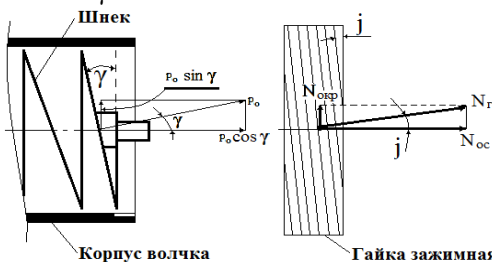


Рисунок 1 – Схема действия сил на последний виток шнека и на резьбу зажимной гайки волчка

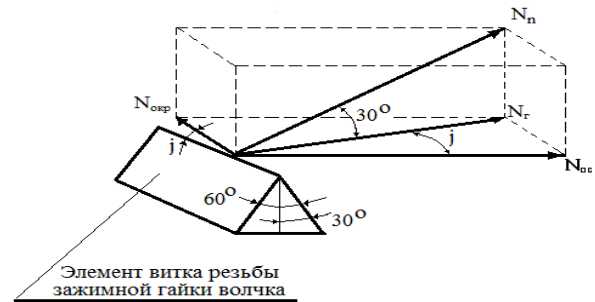


Рисунок 2 – Схема действия сил на резьбу зажимной гайки волчка

Из схемы нагружения резьбового соединения зажимной гайки с корпусом волчка (рисунки 1 и 2) следует:

$$N_{oc} = P_0 \cos \gamma S_p, \quad (3)$$

здесь N_{oc} - проекция на горизонтальную ось, параллельную оси корпуса волчка, нормального усилия резьбы зажимной гайки волчка; S_p - площадь выходной решётки;

$$N_z = N_{oc} / \cos \gamma = P_0 S_p \cos \gamma / \cos j, \quad (4)$$

здесь N_z - проекция нормального усилия на горизонтальную плоскость, проходящую параллельно оси волчка; γ - угол наклона винтовой поверхности последнего витка шнека; j - угол наклона резьбы зажимной гайки волчка.

$$N_n = N_z \cos 30^\circ = P_0 S_p \cos \gamma / \cos j \cos 30^\circ, \quad (5)$$

здесь N_n - нормальное усилие в резьбе зажимной гайки волчка; $\cos 30^\circ$ - косинус угла профиля резьбы резьбового соединения зажимная гайка-корпус волчка.

$$N_{окр} = N_z \sin j = P_0 S_p \cos \gamma \cdot \operatorname{tg} j, \quad (6)$$

здесь $N_{окр}$ - окружное усилие.

Сила трения скольжения резьбы зажимной гайки по посадочной резьбе корпуса волчка $F_{тр}$ определяется выражением:

$$F_{тр} = f_{рб} N_n, \quad (7)$$

$$F_{тр} = P_0 S_p \cos \gamma f_{рб} / \cos j \cos 30^\circ, \quad (8)$$

здесь $f_{рб}$ - коэффициент трения скольжения резьбы зажимной гайки по посадочной резьбе корпуса волчка.

Момент затяжки зажимной гайки M_1 уравнивающий усилие давления мясного сырья на решётку определяется:

$$M_1 = M_{окр} + M_{тр}, \quad (9)$$

здесь $M_{окр}$ - составляющая момента затяжки зажимной гайки преодолевающая окружное усилие; $M_{тр}$ - составляющая момента затяжки зажимной гайки, преодолевающая силу трения в резьбе;

$$M_{окр} = N_{окр} D / 2 \quad (10)$$

$$M_{тр} = F_{тр} D / 2, \quad (11)$$

здесь D - диаметр резьбы зажимной гайки волчка.

Тогда запишем:

$$M_{окр} = (D/2)P_0S_p \text{Cos } \gamma \text{tgj} \quad (12)$$

$$M_{мп} = P_0S_p \text{Cos } \gamma Df_{рб} / 2 \text{Cos } 30^\circ \text{Cos } j \quad (13)$$

Подставив (12) и (13) в (9) окончательно получим:

$$M_1 = (D/2)P_0S_p \text{Cos } \gamma (\text{tgj} + f_{рб} / \text{Cos } 30^\circ \text{Cos } j) \quad (14)$$

Для условия нераскрытия стыка в паре нож-решётка в режиме уравнивания моментом затяжки зажимной гайки волчка напряжений смятия мясных волокон запишем:

$$N_{oc} = \sigma_{см} S_n, \quad (15)$$

где $\sigma_{см}$ – напряжение смятия мясного сырья; S_n – площадь контакта поверхности ножа с поверхностью решётки.

$$N_n = \sigma_{см} S_n / \text{Cos } 30^\circ \text{Cos } j \quad (16)$$

$$N_{окр} = N_{oc} \text{tgj} = \sigma_{см} S_n \text{tgj} \quad (17)$$

$$F_{мп} = \sigma_{см} S_n f_{рб} / \text{Cos } 30^\circ \text{Cos } j \quad (18)$$

С учётом (10) и (11) получим:

$$M_{окр} = (D/2)\sigma_{см} S_n \text{tgj} \quad (19)$$

$$M_{мп} = (D/2)\sigma_{см} S_n f_{рб} / \text{Cos } 30^\circ \text{Cos } j \quad (20)$$

С учётом (19) и (20) значение момента затяжки центральной зажимной гайки из условия не раскрытия стыка нож-решётка M_2 запишем как сумму, аналогично соотношению (9):

$$M_2 = \sigma_{см} S_n (D/2)(\text{tgj} + f_{рб} / \text{Cos } 30^\circ \text{Cos } j) \quad (21)$$

Исходя из принципа суперпозиции действия сил, окончательное выражение общего момента затяжки центральной прижимной гайки волчка $M_{зат}$ запишем:

$$M_{зат} = M_1 + M_2 \quad (22)$$

$$M_{зат} = (D/2)(\sigma_{см} S_n + P_0 S_p \text{Cos } \gamma)(\text{tgj} + f_{рб} / \frac{\sqrt{3}}{2} \text{Cos } j) \quad (23)$$

Выводы. Полученное аналитическое уравнение (23) позволяет однозначно определять момент затяжки центральной гайки в зависимости от физико-механических свойств сырья и конструктивных параметров элементов волчка, обеспечивая тем самым качественный процесс резания (непроникновение мясных волокон в стык нож-решётка) и минимизацию термонапряжения и износа режущего инструмента. Корректное вычисление момента затяжки позволяет также определить момент сопротивления в паре нож-решётка, необходимый для описания общей математической модели функционирования волчка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Пелеев А.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. – М.: Пищепромиздат, 1971. – 518 с.
2. Ивашов В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Часть 2. Оборудование для переработки мяса. – СПб.: ГИОРД, 2007. – 464 с.

3. Математическое моделирование и расчет конструктивных параметров измельчителей с переменным шагом винтовой линии шнека / В.Пеленко, В. Похольченко, И.Усманов, А.Сомов, А.Смирнов // Вестник МГТУ. 2017. Т. 20, №3. С.556-562. URL: http://vestnik.mstu.edu.ru/v20_2_n72/06_pelenko_556_562.pdf.

4. Пеленко В.В., Арет В.А., Ольшевский Р.Г. и др. Разработка математической модели процесса измельчения мясного сырья в волчках // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2013–№3(17). – С.27–33.

5. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Ольшевский Р.Г., Иваненко В.П., Крысин А.Г. Аналитическая и экспериментальная оценка влияния момента трения кинематической пары нож-решетка на производительность измельчителя. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 4. С. 169–181.

6. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Бобров С.В., Малявко Д.П., Малюгин Г.И., Цуранов О.А. Проблемы развития теории и практики промышленного производства измельчительно-режущего оборудования. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 1. С. 21.

7. Пеленко В.В., Кузьмин В.В., Морозов Е.А., Азаев Р.А., Ольшевский Р.Г. Оптимизация параметров оборудования для переработки мясного сырья. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2008. № 5–6. С. 84–86.

8. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Ольшевский Р.Г., Иваненко В.П., Крысин А.Г. Оценка зависимости производительности измельчителей мяса от их конструкции и физико-механических свойств сырья. Вестник Международной академии холода. 2015. № 1. С. 9–15.

9. Пеленко В.В., Малявко Д.П., Усманов И.И. и др. Оптимизация процесса измельчения пищевых материалов в волчках // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2016. – №2. – С.32–39.

10. Лонцин М., Р. Мерсон Основные процессы пищевых производств. Перевод с английского. М.: Легкая и пищевая пр-ть. 1983. – 377 с.

11. Новое мясное дело. Специализированное издание по вопросам производства, техники и менеджмента в мясной пр-ти. Изд-во Hans Holzmann. Германия. 2006. № 1–6.

12. Рогов И.А. Технология и оборудование мясо-консервного производства. – М.: Колос. 1994. – 270 с.

13. Чижилова Т.В. Машины для измельчения мяса и мясных продуктов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 302 с.

14. В.В. Пеленко, Д.П. Малявко, И.И. Усманов, В.Г. Екимов, А.Г. Крысин. Оптимизация процесса измельчения пищевых материалов в волчках. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2016. № 2. С. 32–40.

15. А. Белоусов. О конструктивных недостатках волчка ПМ-200. – Мясная индустрия СССР, 1965, № 2, С. 22–24.

16. Андрющенко А.Г. Исследование эксплуатационных и конструктивных параметров волчков малой производительности с целью их совершенствования: Автореф. дис. канд. техн. наук. МТИММП. – М., 1979. – 23 с.

17. Андрющенко А.Г. Исследование процесса трения мяса о стальную поверхность. – Мясная индустрия СССР, 1978, № 1, С. 29–31.

18. Сфера. Мясо. Мясопереработка. №3(29) 2006. Информационно-аналитический журнал. С.-Петербург. 2006. 73 с.

19. Груздев И.Э. Обработка пищевых масс в шнековых устройствах. Дис. докт. техн. наук. ЛТИХП. – Л., 1985. – 348 с.

Статья поступила в редакцию 18.04.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 664.1

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МАРМЕЛАДА НА ОСНОВЕ НАТУРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

© 2018

Фролова Нина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности», заместитель декана по учебной работе Инженерно-физического факультета *Амурский государственный университет* (675027, Россия, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 21, e-mail: ninelfr@mail.ru)

Аннотация. Предложена схема комплексной переработки ягод, произрастающих на территории Амурской области (смородины, голубики и брусники), включающая извлечение сока и получение фитопорошков из жома, оставшегося после извлечения сока с целью комплексной переработки отходов и дополнительного обогащения мармелада биологически ценными ингредиентами, содержащимися в жоме (фитопорошке). Разработана технология мармелада на основе натурального сырья повышенной биологической ценности за счет использования соков и фитопорошка ягод смородины, голубики и брусники при полном исключении из рецептуры синтетических добавок. Для снижения калорийности изделий сахар-песок заменили кленовым сиропом «6 кленов», произведенным в Ленинградской области. Определено оптимальное соотношение вводимых соков и фитопорошка в мармелад, взятых в равных соотношениях, которое составило 2:2 к общей массе рецептурных компонентов. Исследована биологическая и энергетическая ценность мармелада на основе натурального сырья. Проведены исследования органолептических и физико-химических показателей мармелада. На основании комплексного исследования микробиологических показателей мармелада на основе натурального сырья установлен срок годности мармелада, который составил 60 дней при температуре $18 \pm 20^{\circ} \text{C}$ и относительной влажности не более 75%.

Ключевые слова: сырье, ягоды, сок, фитопорошки, кленовый сироп, технология, натуральный мармелад, дозировка, срок годности.

DEVELOPMENT OF MARMALADE TECHNOLOGY BASED ON NATURAL RAW MATERIALS

© 2018

Frolova Nina Anatolievna, candidate of technical sciences, the senior lecturer of faculty «Safety of ability to live», the assistant to the dean on educational work of the Engineering-physical faculty *Amur State University* (675027, Russia, Blagoveshchensk, Ignatievskoe highway, 21, e-mail: ninelfr@mail.ru)

Abstract. A scheme for the complex processing of berries growing on the territory of the Amur Region (currants, blueberries and cowberries) is proposed, which includes the extraction of juice and the production of phytopersides from pulp which has remained after the extraction of juice for the purpose of complex processing of waste and additional enrichment of marmalade with biologically valuable ingredients contained in zhome (phytoporrhoid). The technology of marmalade based on natural raw materials of increased biological value is developed through the use of juices and herbal powder of currants blueberries and cowberries with the exception of synthetic additives from the formulation. Sugar was replaced with maple syrup "6 maples" made in the Leningrad region to reduce the calories of the products. The optimum ratio of the injected juices and the phytoporrhoid into marmalade was taken in equal proportions, which was 2: 2 to the total weight of the formulation components. The biological and energy value of marmalade based on natural raw materials was studied. Studies of organoleptic and physico-chemical indicators of marmalade have been conducted. Based on a comprehensive study of microbiological indicators of marmalade based on natural raw materials, the expiration date of the marmalade was established, which was 60 days at a temperature of $18 \pm 200 \text{ C}$ and a relative humidity of not more than 75%.

Keywords: raw materials, berries, juice, phytopowders, maple syrup, technology, natural marmalade, dosage, shelf life.

Насыщенность рынка кондитерских изделий и формирование новых взглядов в вопросах здорового питания меняет отношение потребителей к продуктам, приносящим пользу для организма человека [1-4]. Среди сахаристых кондитерских изделий мармелад обладает пониженной энергетической ценностью, пользуясь существенным спросом у населения, однако из-за низкого содержания микронутриентов его нельзя отнести к продуктам для «здорового» питания [5,6]. Также остро стоит проблема введения синтетических добавок в пищевые продукты, в том числе кондитерские изделия, из-за специфичного пагубного влияния на организм человека. Регулярное информирование о вреде употребления пищевых продуктов с искусственными добавками набирает существенные обороты среди покупателей и формирует потребительский

рынок, основанный на приобретении продуктов для «здорового» питания [7].

Амурская область содержит широкий диапазон представителей плодово-ягодного сырья, в том числе ягоды черной смородины (*Ribes nigrum*), голубики обыкновенной (*Vaccinium uliginosum*) и брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis idaea*), которые содержат витамин А (каротин), В₁ (тиамин), В₆ (фолиевую кислоту), С (аскорбиновую кислоту) и группу Р-активных веществ. Кроме того ягоды содержат флавоноиды, органические кислоты и минеральные вещества (железо, кальций, марганец, фосфор и т.д.) [8-12].

Использование ягодного сырья в технологиях кондитерских изделий способствует не только повышению биологической ценности готовых изделий, но и исключению из рецептуры синтетических красителей

и ароматизаторов за счет специфических органолептических показателей, в том числе вкуса и цвета [13-15].

Цель работы – разработка технологии мармелада с ведением соков и фитопорошков из ягод смородины, голубики и брусники при полном отсутствии в рецептуре синтетических пищевых добавок.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований явились ягоды черной смородины, голубики и брусники, а также мармелад с введением соков ягод и фитопорошка, полученного на основе жома, оставшегося после извлечения сока.

Содержание витамина С в образцах мармелада с введением сока ягод и фитопорошков определяли методом, основанном на экстрагировании витамина С раствором фосфорной кислоты с последующим титрованием раствором 2,6 дихлорфенолинидофенолята натрия. Определение органических кислот проводили методом титрования. Содержание β-каротина определяли фотоэлектроколориметрически. Определение содержания клетчатки в мармеладе проводилось гравиметрическим методом. При исследовании минерального состава ягод применяли спектральный метод, используя спектрометр СТЭ-1. Массовую долю золы, не растворимой в растворе соляной кислоты с массовой долей 10% определяли с помощью сжигания органических веществ в навеске мармелада. Массовую долю общей сернистой и бензойной кислот определяли йодометрически. Энергетическая ценность мармелада рассчитывалась с помощью коэффициентов энергетической ценности, рекомендованных Межведомственной комиссией Института питания РАМН. Содержание массовой доли влажности мармелада определялась высушиванием до постоянно сухой массы и определении потери массы по отношению к навеске.

Исследования показателей безопасности ягод на соответствие требованиям Технического регламента Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» проводилось в аккредитованной лаборатории центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Амурской области».

Результаты исследований и их обсуждение. Комплексный подход к разработке технологии желейного мармелада на основе натурального сырья включал актуальную проблему дефицита микронутриентов в питании населения, наличие сырьевой базы региона Амурской области, а также опрос потребителей, подтверждающий употребление мармелада всеми возрастными группами населения [16].

Сбор ягод проводился в период 2015-2017 гг. Ягоды смородины были собраны в Благовещенском районе в июле, ягоды брусники собирали в Зейском районе в конце августа-начале сентября, ягоды голубики в Селенджинском районе середине июля. Перед получением сока ягоды проходили инспектирование, которое заключалось в отборе целых, очищенных от примесей ягод. В ходе проведения исследований для оценки возможности дальнейшего использования собранных ягод смородины, голубики и брусники в технологии кондитерских изделий было определено содержание тяжелых металлов (Сb, Pb, As, Sn, Hg) и микробиологической обсемененности (КМАФАнМ, БГКП, Salm., Плесени,

Дрожжи, S.aureus), результаты которого, свидетельствовали о том, что все показатели находились в пределах ТР ТС 021/2011 [19]. Однако, предельно-высокие показатели плесени и дрожжей были отмечены у всех собранных ягод сбора 2016 года, что связано с большим количеством выпавших осадков в период сбора, а максимально предельное значение показателей безопасности встречалось в ягодах смородины во все годы сбора, что связано с более близким месторасположением участка сбора ягод с автомагистралью, чем участков сбора других ягод.

Согласно предложенной схеме, изображенной на рисунке 1 был получен сок и фитопорошок из жома ягод смородины, брусники и голубики.

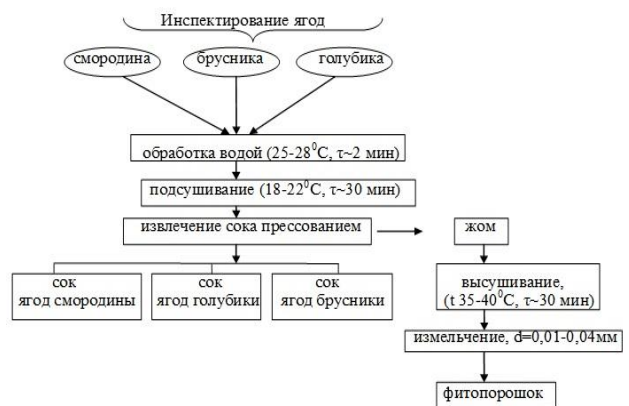


Рисунок 1 – Общая схема получения соков и фитопорошка из ягод смородины, брусники, голубики

Согласно рисунку 1 ягоды смородины, голубики и брусники обрабатываются водой при температуре 25-28⁰С в течение 2 минут, затем подсушивают при температуре 18-22⁰С в течение 30 минут. Извлечение сока из ягод проводят соковыжимателем по отдельности [17,18], после чего жом ягод смородины, голубики и брусники, оставшийся после извлечения сока высушивают при температуре 35-40⁰С в течение 30 минут, далее измельчают до диаметра частиц 0,01~0,04 мм.

Следующим этапом работы явилась разработка технологии мармелада на основе натурального сырья с введением соков и фитопорошков из ягод смородины, брусники и голубики и исключение сахара и синтетических добавок с целью повышения биологической ценности готовых изделий. В работе был использован кленовый сироп, произведенный фирмой «6 кленов» в Ленинградской области.

Основными стадиями технологического процесса получения мармелада явились набухание агара, приготовление агаро-паточного сиропа с введением кленового сиропа и сока ягод; уваривание, охлаждение, разделка массы и введение фитопорошков; отливка желейной массы, студнеобразование мармелада, раскладка, выстойка мармелада; сушка и охлаждение изделий; укладка и упаковка изделий. Агар в виде сухого порошка смешивают с холодной водой и оставляют для набухания с целью гидратация макромолекул в течение 2 часов. Набухший агар загружают в варочный котел при нагревании (t=70-80⁰С) до полного рас-

творения, затем добавляют патоку, кленовый сироп, сок ягод смородины, голубики, брусники, взятый в равных соотношениях и патоку. Агаро-паточный раствор фильтруют и уваривают в сферическом вакуум-аппарате или варочной колонке до содержания сухих веществ 73-74 %. Уваренный сироп охлаждают до температуры 50-55°C и при перемешивании быстро вводят фитопорошок ягод. После тщательного перемешивания желейная масса поступает в воронку отливочной машины. Выбранный из форм мармелад выстаивают при температуре 40°C в течение 45-60 мин, чтобы подсушить наружную поверхность. Далее мармелад раскладывают на решета, застланные бумагой, устанавливают на стеллажные тележки и подают в сушилку и выстаивают в условиях температуры цеха в течение 6-8 ч. Конечная влажность мармелада после сушки (выстойки) 18-21 %, содержание редуцирующих веществ 14-18%. Высушенный мармелад охлаждают, упаковывают.

Исследования по установлению оптимальной дозировки соков и фитопорошка ягод смородины, брусники и голубики проводились на основе сенсорной оценки выбранных образцов, основным критерием, которой явились органолептические показатели мармелада (вкус, цвет, форма, запах консистенция). Так как избыточное внесение сока и фитопорошков ягод влияет на форму и консистенцию изделий в ходе проведения исследований были определены пороговое соотношение вводимых соков и фитопорошка, взятых в равных соотношениях, которые составили сок: фитопорошок, % – 1:1, 1:2, 2:1, 2:2. Лучшими образцами мармелада с добавлением соков и фитопорошка ягод смородины, голубики, брусники явились образцы с соотношением (сок : фитопорошок) 2:2. Образцы имели гармоничный вкус, яркий цвет (красно-коричневый), хорошую студнеобразную консистенцию.

Исследование физико-химических показателей образцов мармелада с введением соков и фитопорошка из ягод смородины, голубики и брусники в сравнении с контрольными образцами представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели образцов мармелада

Наименование показателя	ГОСТ 6442-2014 «Мармелад. Общие технические условия»	Контрольный образец (приготовленный с введением синтетических добавок и сахара)	Мармелад на основе натурального сырья
Массовая доля влаги, %	15-24	17,6±0,2	19,8±0,4
Массовая доля ягодно-го сырья, %, не менее	15	16,2±0,4	17,8±0,6
Массовая доля золь, не растворимой	0,1	0,002±0,002	0,07±0,01

в растворе соляной кислоты с массовой долей 10 %, не более			
Массовая доля общей сернистой кислоты, %, не более	0,01	0,005	-
Массовая доля бензойной кислоты, % не более	0,07	0,01	-

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что все исследуемые показатели находятся в пределах ГОСТ 6442-2014 «Мармелад. Общие технические условия» [20]. Однако в мармеладе, полученном по предложенной технологии отсутствует серная и бензойная кислоты, вследствие присутствия в рецептуре мармелада только природных ингредиентов.

Биологическая ценность образцов мармелада отражена в таблице 2.

Таблица 2 – Биологическая ценность образцов мармелада

Химический состав	Контрольный образец (приготовленный с введением синтетических добавок и сахара)	Мармелад на основе натурального сырья
Аскорбиновая кислота, мг/100 г	-	38,8±0,4
Органические кислоты, г	1,1±0,2	26,8±0,6
β-каротин, мг/100г	0,10±0,4	0,82±0,2
Пищевые волокна, г/100 г	1,2±0,6	16,8±0,8
Калий, мг/100 г	4,0±0,2	138,4±0,4
Магний, мг/100 г	-	124,2±0,2
Энергетическая ценность, ккал.	320	205

Таким образом, внесение соков и фитопорошков ягод смородины, брусники и голубики способствовало не только исключению из рецептуры синтетических добавок, но и повышению биологической ценности готовых изделий и снижению энергетической ценности за счет введения кленового сиропа. Так, в мармеладе с введением соков и фитопорошка из ягод смородины, голубики и брусники обнаружена аскорбиновая кислота. Содержание органических кислот в мармеладе с введением соков и фитопорошка из ягод смородины, голубики и брусники в 26 раз больше, чем в контрольном образце, приготовленном по стандартной технологии. В мармеладе с введением соков и фитопорошка обнаружен магний и калий, содержание которых составило 124,2±0,2 мг/100г и 138,4±0,4 мг/100г соответственно.

В связи с введением природных ингредиентов в мармелад представлялось интересным выяснить влияние данного факта на срок годности изделий. Были ис-

следованы основные микробиологические показатели мармелада с введением соков и фитопорошка из ягод смородины, голубики и брусники, который хранился в течение 60 дней при температуре $18 \pm 20^\circ\text{C}$ и относительной влажности не более 75% согласно требованиям Технического регламента Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», результаты которого приведены на рисунке 2.

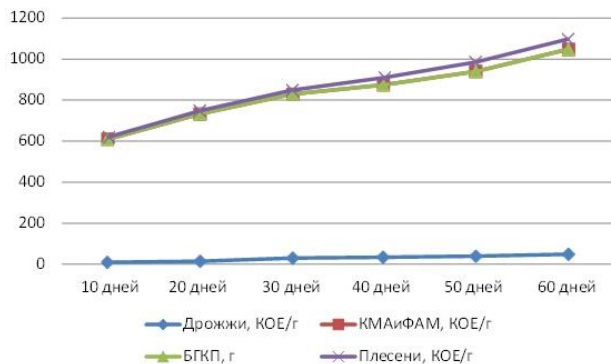


Рисунок 2 – Микробиологические показатели мармелада с введением соков и фитопорошка из ягод смородины, голубики и брусники в течение 60 дней хранения

Установлено, что все значения исследуемых микробиологических показателей достигли максимума к концу 60 дней хранения, следовательно, срок хранения мармелада составил 2 месяца с даты изготовления.

Заключение. Таким образом, в ходе выполнения исследований предложена общая схема переработки плодово-ягодного сырья (ягод смородины, голубики и брусники) Амурской области с целью получения соков и фитопорошка, предназначенных для использования в технологии мармелада на основе натурального сырья. В мармеладе с введением соков и фитопорошка из ягод смородины, голубики и брусники обнаружена аскорбиновая кислота, содержание которой составило $38,8 \pm 0,4$ мг/100 г. Содержание органических кислот в мармеладе с введением соков и фитопорошка из ягод смородины, голубики и брусники в 26 раз больше, чем в контрольном образце, приготовленном по стандартной технологии. В мармеладе с введением соков и фитопорошка обнаружен магний и калий, содержание которых составило $124,2 \pm 0,2$ мг/100г и $138,4 \pm 0,4$ мг/100г соответственно при полном отсутствии исследуемых показателей в контрольном образце. Снижена калорийность полученного мармелада за счет введения кленового сиропа на 115 ккал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Фролова, Н.А. Разработка рецептуры кондитерских изделий для функционального питания // Международный научно-исследовательский журнал. – №1-1(67). – 2018. – С. 157–160.
2. Резниченко И. Ю. Разработка диабетических кондитерских изделий // Пищевая промышленность. – 2008. – № 7. – С. 58.

3. Резниченко И. Ю., Зоркина Н.Н., Егорова Е.Ю. Совершенствование ассортимента кондитерских изделий специализированного назначения // Ползуновский вестник. – №2. – 2016. – С.4–7.

4. Аксенова Л. М. Кондитерские изделия XXI // Хлебопродукты. – 2007. – №5. – С. 12–13.

5. Кочетков В., Агеева Н., Аминова И. Производство функциональных кондитерских изделий для различных возрастных групп // Хлебопродукты. – 2007. – № 8. – С. 40 – 41.

6. Фролова Н.А., Праскова Ю.А., Пеков Д.Б., Шкрабтак Н.В. Состояние и тенденции развития рынка кондитерских изделий в России // Экономика и предпринимательство. – № 5. – 2018. – С.919–922.

7. Кричман Е.С. Некоторые аспекты применения пищевых красителей в производстве кондитерских изделий // Кондитерское производство. – 2007. – № 2. – С. 12.

8. Sulaiman Mohammed, Tijani Hamzat Ibiyeye, Abubakar Bashir Mohammed. An overview of natural plant antioxidants: analysis and evaluation // African Journal of Microbiology Research, 2013. – 1(4). – P. 64–72.

9. Antioxidant activities and bioactive components in some berries / J. Namiesnik, M. Kupska, K. Vearasilp, K.S. Ham, S.G. Kang, Y.K. Park, D. Barasch, A. Nemirovski, S. Gorinstein // European food research and technology. – 2013. – № 5. – P. 819 – 829.

10. Маюрникова Л.А., Гореликова Г.А., Позняковский В.М. Изучение качества и безопасности профилактических напитков из местного растительного сырья // Хранение и переработка сельхоз сырья. – 2000. – № 7. – С. 70–72.

11. Крылова Э.Н., Савенкова Т.В. Функциональное сырье в производстве леденцовой карамели // Кондитерское производство. – 2007. – № 2. – С. 33.

12. Кошелёва О.В. Определение содержания витамина С в обогащённых изделиях // Кондитерское производство. – 2006. – № 2. – С. 38–39.

13. Касьянов Г. И., Банашек В.М. СО₂ - экстракты лекарственных растений // Пищевая промышленность. – 2003. – № 6. – С. 86–87.

14. Дурнев А.Д., Оганесянц Л.А. Функциональные продукты питания // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 9. – С. 15–20.

15. Бакулина О.Н. Развитие пищевых технологий: использования растительных экстрактов // Пищевая промышленность. – 2007. – №5. – С. 32–33.

16. Фролова Н.А., И.Ю. Резниченко, Н.Ф. Иванкина. Анализ потребительских предпочтений жителей г. Благовещенска Амурской области в отношении карамели, обогащенной биологически активными веществами из растительного и животного сырья // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 2. – С. 168–172.

17. Бабий Н.В., Помозова В.А., Степакова Н.Н. Определение оптимальных параметров обработки ягодного сырья для производства сокосодержащих напитков // Вестник современных исследований. – № 8–1(11). – 2017. – С. 24–31.

18. Ахметзянова А.М. Получение сока дикорастущих ягод методом прямого отжима // Пищевая промышленность. – 2008. – № 3. – С.58–59.

19. TR TS 021/2011. Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti pishchevoy produktsii» [TR CU 021/2011. Technical Regulations of the Customs Union «On the safety of food production»]. Moscow, 2011. – 234 p.

20. ГОСТ 6442-2014 Мармелад. Технические условия. – М.: Стандартиформ. – 2014. – 10 с.

Статья поступила в редакцию 10.05.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 664.165:547.917

ПРОЦЕССЫ НЕФЕРМЕНТАТИВНОГО ОКРАШИВАНИЯ В ТРОЙНОЙ СИСТЕМЕ АСКОРБИНОВАЯ КИСЛОТА-УГЛЕВОД-АРИЛАМИН

© 2018

Черепанов Игорь Сергеевич, кандидат химических наук,
доцент кафедры Фундаментальной и прикладной химии
Удмуртский государственный университет

(426034, Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, e-mail: cherchem@mail.ru)

Аннотация. Реакции неферментативного окрашивания с участием аскорбиновой кислоты в качестве субстрата, активатора или ингибитора в последние десятилетия интенсивно изучаются, при этом ее высокий биологический потенциал предполагает перспективными дальнейшие исследования в данной области. Тем не менее, результаты, полученные разными авторами для многокомпонентных систем зачастую не свободны от противоречий, в связи с чем была изучена динамика реакций неферментативного окрашивания и структура продуктов в тройной системе аскорбиновая кислота – *L(+)*-арабиноза – *n*-толуидин, а также в трех двойных системах: *L(+)*-арабиноза – *n*-толуидин, аскорбиновая кислота – *L(+)*-арабиноза, аскорбиновая кислота – *n*-толуидин. Показано, что применение осушенного (98%) этанола в качестве растворителя несколько изменяет поведение всех двойных систем в сравнении с ранее изученной динамикой их реакций в среде 95%-го этилового спирта, при этом отмечен частично гетерогенный характер «браун»-процессов. В тройной системе наблюдается интенсивное формирование окрашенных продуктов, которое может быть обусловлено образованием реакционноспособных интермедиатов с участием на разных стадиях всех трех компонентов исследуемой реакционной системы. Результаты исследований представляются актуальными для разработки технологий конверсии углеводного сырья.

Ключевые слова: арабиноза, аскорбиновая кислота, этанольные среды, *n*-толуидин, редуктоны, реакции неферментативного окрашивания, ИК-спектроскопия

NONENZYMATIC BROWNING IN TRIPLE ASCORBIC ACID – CARBOHYDRATE – ARYL AMINE SYSTEM

© 2018

Cherepanov Igor Sergeevich, candidate of chemical sciences, associate professor
of Fundamental and applied chemistry department
Udmurt State University

(426034, Russia, Izhevsk, Universitetskaya Street, 1, e-mail: cherchem@mail.ru)

Abstract. Non-enzymatic browning reactions with participation of ascorbic acid as a substratum, the activator or an inhibitor in the last decades are intensively studied, at the same time its high biological potential assumes perspective researches in this field. Nevertheless, the results received as a rule for multicomponent systems often are not free from contradictions, in this connection dynamics of non-enzymatic browning reactions and product's structure in triple system: ascorbic acid – *L(+)*arabinose – *p*-toluidine and also in three double systems: *L(+)*arabinose – *p*-toluidine, ascorbic acid – *L(+)*arabinose, ascorbic acid – *p*-toluidine were studied. It is shown that using of drained (98%) ethanol as solvent slightly changes behavior of all double systems in comparison with earlier studied dynamics of their reactions in 95% ethanol media, at the same time browning processes is marked out partially heterogeneous character. In triple system intensive colored products formation, which can be caused, by formation of reactive intermediate with participation of all three components at different reaction stages of the studied system is observed. Results of researches are represented relevant for development of technologies of conversion of carbohydrate raw materials.

Keywords: *L(+)*-arabinose, ascorbic acid, ethanolic media, *p*-toluidine, reductones, non-enzymatic browning, IR-spectroscopy

Введение. Аскорбиновая кислота, кроме важных и широко известных свойств, обуславливающих ее применение в пищевой и фармацевтической отраслях, показывает существенную активность в реакциях неферментативного окрашивания [1-3]. В последние десятилетия возрос интерес к изучению «браун»-реакций аскорбиновой кислоты в качестве субстрата. В работах [4-6] изучена неферментативная деструкция аскорбиновой кислоты в водно-этанольных средах, при этом выводы авторов относительно влияния содержания этанола на динамику окрашивания не всегда однозначны. Тем не менее, высокий биологический потенциал аскорбиновой кислоты продолжает поддерживать интерес исследователей к процессам с ее участием; так, недавними работами была

показана физиологическая активность совместного действия аскорбиновой кислоты и этанола в пищевых системах [7].

Реакционная способность аскорбиновой кислоты в различных по составу системах изучена достаточно подробно. Свойства аскорбиновой кислоты в реакции Майяра были изучены авторами работы [8], при этом показано ее ингибирующее действие, но механизмы ее влияния на процессы неферментативного окрашивания детализированы не были. В то же время процессы аминок-карбонильных конденсаций с участием аскорбиновой кислоты были исследованы авторами [9], при этом отмечено интенсивное образование окрашенных продуктов, предложен механизм взаимодействия,

а также влияния внешних факторов, в частности аэрации, на динамику процессов. Изучалось также совместное поведение аскорбиновой кислоты и углеводов [10] в условиях «браун»-реакций, высказано предположение об образовании промежуточных комплексов аскорбиновая кислота – углевод, интенсифицирующих неферментативные реакции. В то же время влияние на поведение многокомпонентных систем такого важного фактора как состав растворителя практически не изучался до настоящего времени.

Ранее нами были изучены процессы конденсации *L*(+)-арабинозы с *n*-толуидином в 95%-ном этаноле в качестве растворителя и показано, что присутствие в изучаемой системе аскорбиновой кислоты ингибирует процессы неферментативного окрашивания [2]. Данные работы [11] свидетельствуют об отличии характера amino-карбонильных взаимодействий при уменьшении содержания воды в этаноле, кроме того показано [3], что поведение реакционных систем дегидроаскорбиновая кислота – ариламмин также изменяется при незначительном варьировании содержания воды в растворителе. В связи с чем целью данного исследования являлось изучение поведения тройной системы аскорбиновая кислота – *L*(+)-арабиноза – *n*-толуидин в 98%-ном этаноле в качестве растворителя.

Материалы и методы исследований. Динамика процессов изучалась термостатированием эквимольных количеств реагентов (0.002 моль) в колбах с обратным холодильником в течение 1 часа при 50°C. Дополнительно в аналогичных условиях изучались процессы в трех типах двойных систем: *L*(+)-арабиноза – *n*-толуидин, *L*(+)-арабиноза – аскорбиновая кислота, аскорбиновая кислота – *n*-толуидин. В качестве растворителя использовался осушенный безводным сульфатом меди этиловый спирт. По окончании нагревания отбирались пробы (1 мл), которые разбавлялись растворителем (1:5), после чего в кварцевых кюветах снимались электронные спектры (Спектрофотометр СФ-2000). Из оставшегося раствора удалялся растворитель, продукты промывались и высушивались. ИК-спектры выделенных и высушенных «браун»-продуктов снимались на ИК-Фурье спектрометре ФСМ 2201 (КВг, 1:200).

Обсуждение результатов. Динамика формирования окрашенных продуктов в двойных системах (рисунок 1) показывает слабое нарастание оптической плотности в видимой области ($A_{420} < 0.15$) во всех трех случаях (спектры 1-3).

Тем не менее, сравнивая значения A_{420} с ранее полученными для систем того же состава [2], можно отметить незначительный рост интенсивности окрашивания. В частности в системе *L*(+)-арабиноза – *n*-толуидин (спектр 1) наблюдается некоторое количество слабоокрашенных продуктов даже в достаточно мягких условиях эксперимента.

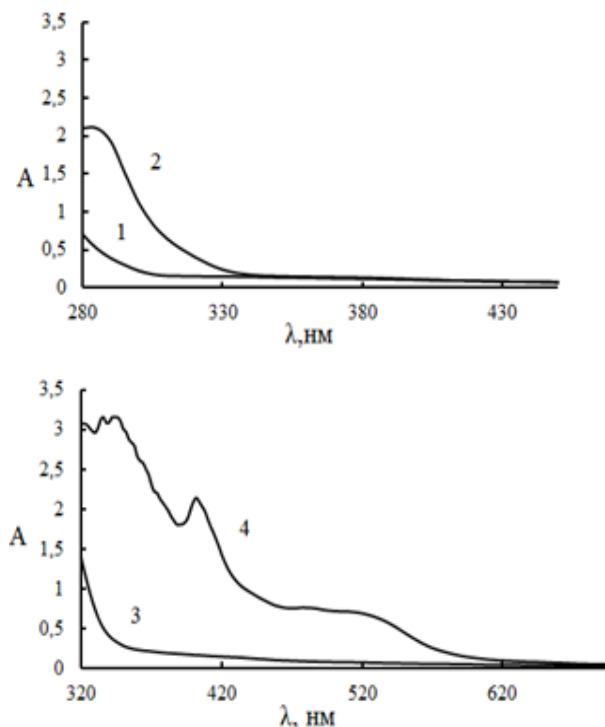


Рисунок 1 – Электронные спектры реакционных систем, термостатированных в течение 1 ч.:

1. – *L*(+)-арабиноза – *n*-толуидин; 2. – аскорбиновая кислота – *L*(+)-арабиноза; 3. – аскорбиновая кислота – *n*-толуидин; 4. – аскорбиновая кислота – *L*(+)-арабиноза – *n*-толуидин

Данный экспериментальный факт может быть объяснен исходя из предположения гетерогенном характере amino-карбонильных взаимодействий [11]. Растворимость углеводов в водно-этанольных системах падает с ростом содержания этанола, визуальные наблюдения за реакционными системами *L*(+)-арабиноза – *n*-толуидин и аскорбиновая кислота – *L*(+)-арабиноза показывает наличие нерастворившегося остатка на всем протяжении термостатирования. В этом случае процесс протекает как гетерогенный и оказывается практически независимым от донорных свойств аминогруппы: слабоосновные ариламины реагируют интенсивно [11] и amino-карбонильные взаимодействия быстро развиваются, переходя к стадиям образования окрашенных продуктов. ИК-спектр продукта, выделенного из реакционной системы *L*(+)-арабиноза – *n*-толуидин (рисунок 2), несколько отличается по характеру полос от спектра *n*-толил-*N*-арабинозиламина [2], что проявляется в усилении свойственного меланоидинам карбонильного характера (формирующий сигнал при 1720 cm^{-1}) [12].

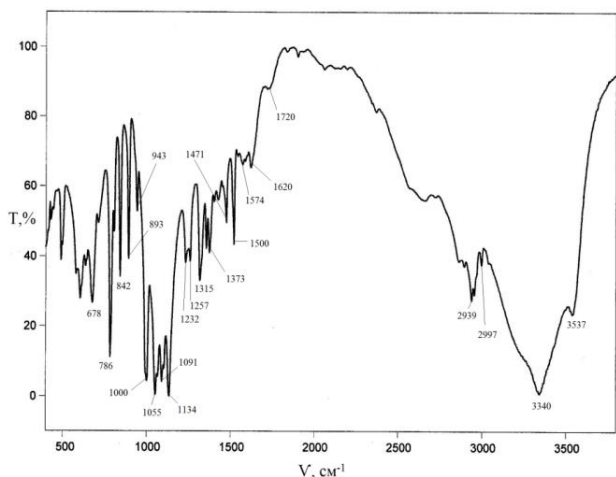


Рисунок 2 – ИК-Фурье спектры продукта, выделенного из системы *L(+)*-арабиноза – *n*-толуидин

Исследования строения твердого остатка, выделенного из реакционных систем, показывает его углеводную природу (тонкая структура полос в области 1000-1170 cm^{-1} , а также «аномерной» области), что позволяет предположить практически чистую арабинозу в составе осадка, что подтверждается сопоставлением ИК-спектра (рисунок 3) с литературными данными [13].

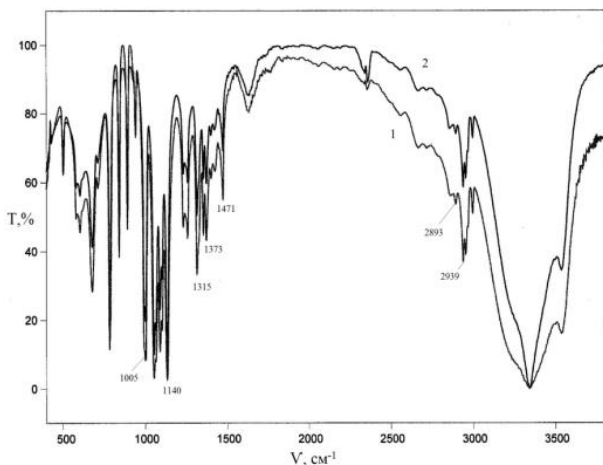


Рисунок 3 – ИК-Фурье спектры нерастворившихся в процессе термостатирования остатков в системах: аскорбиновая кислота – *L(+)*-арабиноза (1); *L(+)*-арабиноза – *n*-толуидин (2)

В системе аскорбиновая кислота – *n*-толуидин не наблюдается высокая активность (Рисунок 1, спектр 4) в отношении реакций неферментативного окрашивания, в то время как в тройной системе аскорбиновая кислота – *L(+)*-арабиноза – *n*-толуидин фиксируется интенсивное меланоидинообразование (Рисунок 1, спектр 4). В спектре поглощения регистрируются максимумы при 330 и 390 нм, а также широкая область непрерывного поглощения при 500-540 нм; образование окрашенных продуктов в системах с аскорбиновой кислотой с близким профилем спектра было описано ранее [9].

Как было показано ранее [3], характер взаимодействия аскорбиновой кислоты с аминами отличается от реакций с аминокислотами; можно предположить наряду с процессами прямой amino-карбонильной конденсации [2] значительную роль, вероятно, играют процессы деструкции углевода и аскорбиновой кислоты [1], которые интенсифицируются в присутствии амина. Основными продуктами первичной деструкции являются α -дикарбонильные производные различной структуры [1,14,15]. Анализ ИК-спектра продукта, выделенного из тройной системы (Рисунок 4), показывает наличие структурных фрагментов аскорбиновой кислоты: полосы при 1674 ($\nu_{\text{C}=\text{C}}$) и 1755 ($\nu_{\text{C}=\text{O}}$) cm^{-1} , а также полосы в высокочастотной области; средние и низкочастотные части спектра показывают наличие шестичленных *O*-гетероциклов (1000-1170 и 1220-1270 cm^{-1}), тонкая структура в аномерной области 700-900 cm^{-1} свидетельствует о присутствии в структуре связанных циклических остатков [16].

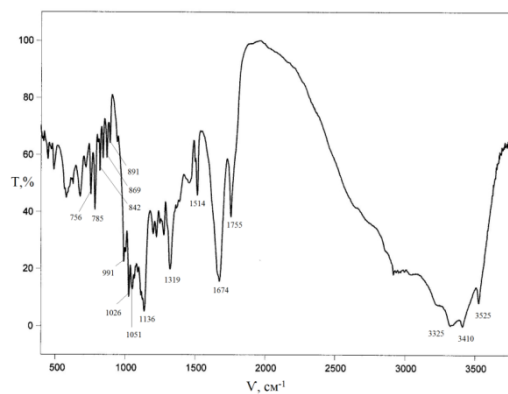
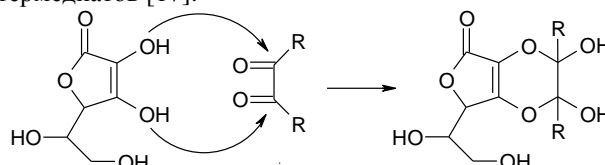


Рисунок 4 – ИК-спектр продукта, выделенного из тройной системы аскорбиновая кислота – *L(+)*-арабиноза – *n*-толуидин

В процессе amino-карбонильных взаимодействий образуются редуктоны, представляющие собой α -дикарбонильные соединения, способные к взаимодействию с аскорбиновой кислотой с образованием интермедиатов [17]:



способных к дальнейшим превращениям; не исключены и другие механизмы связывания исходных и промежуточных веществ [18]. Дикарбонильные производные могут образоваться как в результате трансформации углевода [14,15], так и при окислительном декарбоксилировании аскорбиновой кислоты [1]. Формирующиеся таким образом окрашенные продукты включают структурные фрагменты реагентов, при этом ИК-спектр выделенного «браун»-продукта отличается от спектра продукта, выделенного авторами [9], образование которого предполагает прямое взаимодействие амина с аскорбиновой кислотой. Следует отметить, что полосы поглощения, характерные для ариамин [19] практически от-

сутствуют в ИК-спектре продукта, выделенного из тройной системы, что может быть полезно при получении безазотных продуктов переработки углеводного сырья [20]. Механизмы и кинетику реакций образования и дальнейших превращений интермедиатов еще предстоит изучить, что делает перспективным продолжение работ по данной тематике.

Результаты проведенных исследований позволяют сформулировать следующие **выводы**:

1. Методами спектрофотометрии ультрафиолетовой и видимой области, а также ИК-Фурье спектроскопии изучена динамика реакций неферментативного окрашивания и структура продуктов в тройной системе аскорбиновая кислота – *L(+)*-арабиноза – *n*-толуидин, а также трех двойных систем: *L(+)*-арабиноза – *n*-толуидин, аскорбиновая кислота – *L(+)*-арабиноза, аскорбиновая кислота – *n*-толуидин.

2. Показано, что применение осушенного (98%) этанола в качестве растворителя несколько изменяет поведение трех двойных систем в сравнении с ранее изученной динамикой их неферментативного окрашивания в среде 95%-го этилового спирта, при этом отмечен частично гетерогенный характер процессов.

3. В тройной системе наблюдается интенсивное формирование окрашенных продуктов, которое может быть обусловлено образованием реакционноспособных интермедиатов с участием на разных стадиях всех трех компонентов исследуемой реакционной системы.

4. Результаты исследований представляются актуальными для разработки технологий конверсии углеводного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Smuda M. Maillard degradation pathway of vitamin C / M. Smuda, M. Glomb // *Angew. Chem. Int. Ed.* – 2013. – Vol. 52. – P. 4887–4891.

2. Черепанов И.С. Влияние аскорбиновой кислоты на процессы конденсации *L(+)*-арабинозы с *n*-толуидином / И.С. Черепанов, А.В. Трубачев // *Химическая физика и мезоскопия.* – 2017. – Т. 19. – №2. – С. 313–319.

3. Yano M. Free radicals by the reaction of DHA or ninhydrin with aromatic amines / M. Yano, T. Hayashi, M. Namiki // *Agric. Biol. Chem.* – 1978. – Vol. 42. – P. 809–817.

4. Chuang P. Browning in ethanolic solutions of ascorbic acid and catechin / P. Chuang, J. Wu, S. Shen // *J. Agric. Food Chem.* – 2011. – Vol. 59. – P. 7818–7824.

5. Hsu H. Degradation of ascorbic acid in ethanolic solution / H. Hsu, C. Fu, Y. Tsai, J. Wu // *J. Agric. Food Chem.* – 2012. – Vol. 60. – P. 10696–10701.

6. Mock A. Comment on degradation of ascorbic acid in ethanolic solutions / A. Mock, J. Kang // *J. Agric. Food Chem.* – 2013. – Vol. 61. – P. 2580–2582.

7. Yan S. Dual effectiveness of ascorbic acid and ethanol combined treatment to inhibit browning and inactivate pathogens on fresh-cut apples / S. Yan, Y. Luo, B. Zhou, D. Ingram // *LWT.* – 2017. – Vol. 80. – P. 311–320.

8. Pacheco M. Study of Maillard reaction inhibitors for the sugar cane processing / M. Pacheco, J. Christian, B. Feng // *Am. J. Food Technol.* – 2012. – Vol. 7. – P. 470–478.

9. Kurata T. Red pigment produced by the reaction of dehydro-L-ascorbic acid and α -amino acids / T. Kurata, M. Fujimaki, Y. Sakurai // *Agric. Biol. Chem.* – 1973. – Vol. 37. – P. 1471–1477.

10. Kambo N. Kinetic behavior of ascorbic acid – fructose browning reaction in alkaline medium / N. Kambo, S. Upadhyay // *Ind. J. Chem. Tech.* – 2012. – Vol. 19. – P. 128–133.

11. Shul'tsev A.L. N-glycosides of 4-aminostyrene / A.L. Shul'tsev // *Rus. J. Gen. Chem.* 2014. – Vol. 84. – P. 235–241.

12. Benzing-Purdie L. Effect of temperature on Maillard reaction products / L. Benzing-Purdie, J. Ripmeester, C. Rattcliffe // *J. Agric. Food Chem.* – 1985. – Vol. 33. – P. 31–33.

13. Wiercigroch E. Raman and infrared spectra of carbohydrates: A review / E. Wiercigroch, E. Szafraniec, K. Czamara et al. // *Spectrochimica Acta. Part. A.* – 2017. – Vol. 185. – P. 317–335.

14. Gobert J. Degradation of glucose: reinvestigation of α -dicarbonyl compounds / J. Gobert, M. Glomb // *J. Agric. Food Chem.* – 2009. – Vol. 57. – P. 8591–8597.

15. Usui T. Identification and determination of α -dicarbonyl compounds formed in the degradation of sugars / T. Usui, S. Yanagasawa, M. Ohguchi et al. // *Biosci. Biotechnol. Biochem.* – 2007. – Vol. 71. – P. 2465 – 2472.

16. Бессонов Д.В. Синтез гликоконъюгатов физиологически активных веществ / Д.В. Бессонов, И.В. Кулаков, А.М. Газалиев, О.А. Нуркенов // *Журн. прикл. химии.* – 2007. – Т.80. - №3. – С. 510–512.

17. Davies C. Ascorbic acid browning: the incorporation of C_1 from ascorbic acid into melanoidins / C. Davies, B. Wedzicha // *Food Chem.* – 1994. – Vol. 49. – P. 165–167.

18. Fodor G. Stereospecificity of new reaction of ascorbic acid with cis and trans olefinic 1,4-dicarbonyl compounds / G. Fodor, K. Sussangkarn, H. Mathelier et al // *J. Org. Chem.* – 1986. – Vol. 51. – P. 3148 – 3150.

19. Trivedi M. Characterization of physical, thermal and spectroscopic properties of biofield energy treated *p*-phenylenediamine and *p*-toluidine / M. Trivedi, A. Branton, D. Trivedi et al // *Envir. Anal. Toxycol.* – 2015. – Vol. 5. – P. 329 – 339.

20. Черепанов И.С. К вопросу о возможности связывания биогенных ариламинов продуктами термодеструкции углеводов / И.С. Черепанов // *Хранение и переработка сельхозсырья.* – 2018. – №1. – С.23–27.

Статья поступила в редакцию 26.04.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 614.8

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ЛИНИЙ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ

© 2018

Козырев Артём Михайлович, магистрант

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, улица Политехническая, 29, e-mail: artemikoz1995@yandex.ru)

Савошинский Олег Петрович, аспирант

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, улица Политехническая, 29, e-mail: ugb@spbstu.ru)

Бабиков Игорь Александрович, аспирант

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, улица Политехническая, 29, e-mail: dogovor@gefest-spb.ru)

Аракчеев Александр Валерьевич, аспирант

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, улица Политехническая, 29, e-mail: arakcheev@gefest-spb.ru)

Андреев Андрей Викторович, кандидат военных наук, доцент

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, г. Санкт-Петербург, улица Политехническая, 29, e-mail: office@mes.spbstu.ru)

Аннотация. Системы оповещения людей о пожаре играют ключевую роль в обеспечении безопасной эвакуации людей в случае возникновения возгорания. Зачастую на защищаемых объектах контроль работоспособности и обслуживание системы оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) не обеспечивается должным образом, что может, в конечном итоге, стать причиной трагедии. Своевременная диагностика таких систем является крайне важной задачей в период эксплуатации здания, так как исправная работа СОУЭ является залогом эффективности эвакуационных мероприятий и сохранения жизни людей. На текущий момент нет в широком применении информативной оперативной методики определения исправности систем оповещения при воздействии внешних факторов, не связанных с пожаром. Электромагнитные помехи, не правильный подбор оборудования к условиям эксплуатации, ошибки в расчетах или же заводская неисправность сложно определимы при штатных испытаниях СОУЭ на соответствие требованиям норм пожарной безопасности. Система оповещения должна быть устойчива ко многим возмущающим факторам, которые могут возникнуть в период эксплуатации и сохранить работоспособность даже при самых неблагоприятных условиях воздействия на устройства или линии связи внутри системы. В данной статье рассмотрены существующие на сегодняшний день способы контроля цепей, а также приводится описание разработанных нами устройств и методик инструментального контроля систем оповещения людей о пожаре с оценкой воздействия возмущающих факторов, возникающих в условиях эксплуатации, на основные параметры их функционирования.

Ключевые слова: система оповещения и управления эвакуацией, пожарная автоматика, линии оповещения, контроль, оборудования управления и индикации речевого оповещения.

INSTRUMENTAL CONTROL OF REPORTING LINES FOR PUBLIC ADDRESS AND GENERAL ALARM SYSTEM

© 2018

Kozyrev Artem Mikhailovich, graduate student

St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(195251, Russia, Saint-Petersburg, Polytechnic Street, 29, e-mail: artemikoz1995@yandex.ru)

Savoshinsky Oleg Petrovich, post-graduate student

St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(195251, Russia, Saint-Petersburg, Polytechnic Street, 29, e-mail: ugb@spbstu.ru)

Babikov Igor Alexandrovich, post-graduate student

St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(195251, Russia, Saint-Petersburg, Polytechnic Street, 29, e-mail: dogovor@gefest-spb.ru)

Aracheev Alexander Valerievich, post-graduate student

St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(195251, Russia, Saint-Petersburg, Polytechnic Street, 29, e-mail: arakcheev@gefest-spb.ru)

Andreev Andrey Viktorovich, candidate of military sciences, associate professor

St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
(195251, Russia, Saint-Petersburg, Polytechnic Street, 29, e-mail: office@mes.spbstu.ru)

Abstract. The systems of warning people about the fire play a key role in ensuring the safe evacuation of people in the event of an outbreak. Often, on the protected sites, monitoring of the operability and maintenance of the warning and evacuation management system (PAGA) is not properly provided, which may ultimately lead to a tragedy. Timely diagnostics of such systems is an extremely important task during the operation of the building, as the correct operation of the PAGA is the key to the effectiveness of evacuation measures and the preservation of people's lives. At the mo-

ment there is no widespread use of an informative operational methodology for determining the correctness of warning systems when exposed to external factors not associated with a fire. Electromagnetic interference, improper selection of equipment to operating conditions, errors in calculations, or factory failure are difficult to determine when standard tests of the PAGA for compliance with the requirements of fire safety standards. The warning system must be resistant to many disturbing factors that may arise during the operation period and to remain operative even under the most adverse conditions of exposure to devices or communication lines within the system. In this article, the current methods of chain monitoring are considered, and a description is given of the devices and techniques for instrumental monitoring of fire alarm systems developed by us with an assessment of the effect of disturbing factors arising in operating conditions on the main parameters of their operation.

Keywords: warning and evacuation control system, fire automatics, warning lines, control, voice control and indication equipment.

В последние десятилетия мировая статистика чрезвычайных происшествий переполнена случаями возникновения пожаров в зданиях и сооружениях с массовым пребыванием людей. Зачастую, такие происшествия сопровождаются, к сожалению, большим количеством человеческих жертв, как, например, это произошло при пожаре в ТРК «Зимняя вишня» (г. Кемерово). Связано это, прежде всего, с трудностями, возникающими при проведении эвакуации посетителей и персонала защищаемого объекта. Людям просто не хватает времени, чтобы своевременно распознать надвигающуюся угрозу и покинуть горящее здание [1]. Поэтому мероприятия, направленные на повышение эффективности систем пожарной безопасности являются более чем актуальными.

Система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) – одна из наиболее важных составляющих системы безопасности. Основное назначение СОУЭ заключается в своевременном предупреждении находящихся в здании людей о возникновении чрезвычайной ситуации и в координации их действий при осуществлении эвакуации. От ее работоспособности напрямую зависит жизнь людей [2-7, 21,22]. В зависимости от различных характеристик оповещения, предусматривается пять типов СОУЭ при пожарах, начиная от простого звукового (сирены, тонированные сигналы и т.п.) и светового оповещения (пожарные табло), до сложных речевых систем, с возможностью зонного оповещения и координационным управлением из одного пожарного поста-диспетчерской всеми системами зданий.

№123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» содержит важное требование к линиям оповещения, которое существенно отличает его от всех предыдущих нормативных документов – это контроль их работоспособности, а именно целостности цепей исполнительных устройств.

Анализ последних исследований. На сегодняшний день на практике используют четыре основных способа контроля цепей:

- контроль через дополнительные линии;
- контроль по адресным меткам;
- контроль по импедансу (или «по установленной мощности»);
- контроль по постоянному току с применением блокирующих элементов.

Контроль через дополнительные линии осуществляется в две стадии. На первой стадии проверяется первая линия управления с применением второго контрольно-

го провода. На второй стадии – проверяется вторая линия управления с применением первого контрольного провода. Данный метод контроля полностью оправдывает себя в тех случаях, когда необходимо использовать оповещатели разных производителей в одной системе, и если эта необходимость имеет большее значение. К достоинствам данного метода можно отнести возможность осуществить полный контроль линий по всей длине и возможность контроля оповещателей на «проход». Недостатками же являются дополнительные затраты по прокладке контрольных проводов и использование прибора приемно-контрольного охранно-пожарного (ППКОП) для контроля целостности линий. Контроль по адресным меткам является наиболее перспективным на сегодняшний день способом контроля. Суть его заключается в следующем – каждый оповещатель имеет свой адрес, который передается на прибор управления. Вместе с адресом оповещатель может передавать свое состояние и различные другие параметры в цифровом виде.

Свое широкое применение этот вид контроля нашел в радиоканальных системах речевого оповещения. Его достоинствами являются автоматический контроль линии трансляции оповещателей, контроль состояния оповещателей, а также дополнительных параметров. Но данный метод не обделен и недостатками. Основными из них являются высокая стоимость оборудования и использование оповещателей только определенных производителей.

Контроль по импедансу, некоторыми производителями еще называется «контроль по установленной мощности». В основе способа лежит измерение полного сопротивления линии оповещения по переменному току. Основной проблемой практического использования способа является значительная индуктивная и емкостная составляющие линий оповещения, а также влияние факторов окружающей среды (таких как температура, влажность, электромагнитные помехи)[8-10]. В результате этого погрешность может достигать 20 % и более. К достоинствам данного метода контроля можно отнести: возможность контроля линии оповещения и оповещателей (особенно при малом их количестве); для работы и контроля достаточно двух проводов; отсутствие необходимости в дополнительных блокирующих элементах. Недостатками же являются высокая стоимость прибора контроля и высокая погрешность способа контроля, особенно при большом количестве оповещателей.

Контроль по постоянному току, с применением блокирующих элементов реализуется увеличением сопротивления звукового оповещателя постоянному току, последовательным включением блокирующего элемента (конденсатора). К достоинствам метода относят: достоверный контроль линии оповещения по всей длине; контроль снятия акустических систем; для работы и контроля достаточно двух проводов. Недостатками метода являются сложность контроля работоспособности самих оповещателей и необходимость устанавливать внешние конденсаторы для работы функции контроля. Также стоит отметить, что при таком способе контроля возможны паразитные потери мощности при воспроизведении сообщений. Однако некоторые производители исключают это путем введения в схему контроля линии высокоомного оконечного резистора. В итоге, контроль существенно упрощается и сводится к классическому контролю шлейфа.

Что касается европейских стандартов [11-14], то все основные требования, предъявляемые к системам речевого оповещения, изложены в следующих: EN 54-16 «Системы пожарной сигнализации - компоненты систем речевого оповещения. Оборудование управления и индикации речевого оповещения», EN 54-24 «Системы пожарной сигнализации - компоненты систем речевого оповещения. Часть 24. Громкоговорители» и EN 54-2 «Приборы приемно-контрольные пожарные».

Формирование целей статьи (постановка задачи). Вышеперечисленные стандарты определяют требования, методы испытания и критерии функционирования оборудования управления и индикации речевого оповещения (ОУИРО), которое применяется в системах пожарной сигнализации в зданиях или вблизи зданий, где сигнал тревоги подается в звуковой форме или в форме речевых сообщений (или комбинированно), и предусматривает оценку соответствия оборудования требованиям этих стандартов.

Европейские нормативные документы содержат в себе следующие основные требования:

- требования, предъявляемые непосредственно к оборудованию управления и индикации речевого оповещения (ОУИРО);
- требования к микрофону аварийного речевого оповещения;
- требования к светоизлучающим индикаторам;
- требования к звуковым сигнализаторам.

Особое внимание в стандартах уделяется режиму предупреждения о неисправности. ОУИРО должно переходить в этот режим при поступлении сигналов, которые после любой необходимой обработки были идентифицированы как неисправность, и распознавать одновременно все неисправности не более чем за 100 с, начиная с момента возникновения неисправности или после приема сигнала об этом факте [15-16].

Отечественные стандарты, к сожалению, не содержат в себе таких жестких требований, предъявляемых к диагностике и контролю систем оповещения, по причине отсутствия как таковых методик и инструментальных средств, предназначенных для осуществления данных мероприятий [5].

Научные результаты. На основе исследований, нами был создан уникальный комплекс, который позволяет проводить диагностику и выявлять возможные неисправности систем пожарной сигнализации и автоматики в процессе ее эксплуатации.

Данный комплекс называется «Комплекс оперативной диагностики систем пожарной автоматики» (КОД – СПА) (рисунок 1) и предназначен для проведения диагностики автоматических установок пожарной сигнализации, оповещения, приборов приёмно-контрольных пожарных, приборов управления пожарных и источников питания.



Рисунок 1 – Прибор контроля и диагностики систем пожарной автоматики «КОД – СПА»

Данный комплекс состоит из следующих приборов:

- Компьютерный диагностирующий комплекс (КДК-01);
- Устройство оперативного контроля пожарной сигнализации (УОК-ПС);
- Тестер шлейфов пожарной сигнализации (ТПС-01);
- Устройство оперативного контроля приборов управления и блоков питания (УОК ПУ и БП);
- Устройство оперативного контроля вспомогательное (УОК-В);
- Модуль коммутации.

В части контроля работоспособности систем оповещения и управления эвакуацией предлагается использовать комплект оперативной диагностики приборов управления и блоков питания (КОД ПУ и БП «Линия М1»). Данный комплект предназначен для диагностики пожарных приборов со стороны цепей управления оповещением, цепей управления запуском устройств пожаротушения и для диагностики работоспособности блоков питания.

В состав комплекта оперативной диагностики приборов управления и блоков питания КОД ПУ и БП «Линия М1» входят:

Устройство оперативного контроля приборов управления и блоков питания (УОК ПУ и БП) (рисунок 2).

6. Е.Н. Ломаев, А.В. Федоров, А.А. Лукьянченко, А.В. Семериков «Современные концепции управления техобслуживанием и ремонтом оборудования автоматической противопожарной защиты». Академия Государственной противопожарной службы МЧС России.
7. Доронин А.С. Поддержание работоспособности систем пожарной охраны во время террористического акта / А.С. Доронин, А.Л. Танклевский, И.А. Бабиков // Труды Российской академии ракетных и артиллерийских наук. Выпуск СЗ-2016, том 2: Технические средства противодействия террористическим и криминальным взрывам, октябрь 2015г., СПб.: Любавич. 2016. – 510 с.
8. Танклевский Л.Т. Международное сотрудничество в области новых технологий автоматических установок водяного пожаротушения (РИНЦ) / Л.Т. Танклевский, И.А. Бабиков, Л.М. Мешман, В.А. Былинкин // Материалы конференции «XXIX Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС РОССИИ», ФГБУ ВНИИПО МЧС РОССИИ, Москва, 05 июля 2017 г. – С.309–315.
9. Танклевский Л.Т., Юн С.П., Таранцев А.А., «О возможности оптимизации движения эвакуирующихся из многоэтажных зданий». Пожаровзрывобезопасность. – 2005. – №1. – С.53–55.
10. Bolodian, I., Melikhov, A., Tanklevskiy, L. Fire safety arrangement of inhabited pressurized compartments of manned spacecraft (2017) Acta Astronautica, 135, pp. 92-99. DOI: 10.1016/j.actaastro.2016.10.003.
11. NFPA 72 Стандарт американской ассоциации противопожарной защиты (США).
12. BS 5839 Стандарт по проектированию и установке систем обнаружения и предупреждения о пожаре (Великобритания).
13. EN54 Требования для всех компонентов систем обнаружения и предупреждения о пожаре (Евро-союз).
14. Баралейчук В. Г., Мешалкин Е. А., Шаратов С. А. Анализ нормативных документов в области обеспечения пожарной безопасности. Практическое пособие под общей редакцией Кузнецова С. В. И Додонова А.Е. – М.: 2011.
15. Бабуров В.П. и др. Производственная и пожарная автоматика. Часть 2. Автоматические установки пожаротушения. Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. – 304 с.
16. Фёдоров А.В., Лукьянченко А.А., Чан Донг Хынг, Алешков А.М. «Основы создания автоматизированных систем управления противопожарной защитой потенциально опасных производств» // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности". 2008.– Вып. №2.
17. Молчанов В.П. "Пожарная автоматика – надежное средство защиты от пожаров", каталог "Пожарная автоматика", 2001-2002.
18. Членов А.Н. Технические средства пожарной сигнализации. Межотраслевой тематический каталог "Системы безопасности" М.: Гротек, 2003. – С. 112–116.
19. Фомин В.И. Пожарная автоматика // Пожарная безопасность 2002. Специализированный каталог, 2002.
20. Шаровар Ф. И. Устройства и системы пожарной сигнализации. М.: Стройиздат, 1979.
21. Войцеховский В.Ф., Мазаник А.И., Мухин В.И., Носов М.В. Методика расчета вероятности связанности в сетцентрических системах оповещения населения на основе использования биномиальных коэффициентов метода полного перебора простых разрезов. «Научные и образовательные проблемы гражданской защиты». 2017. № 3 (34). С. 48–53.
22. Мазаник А.И., Сулима Т.Г. Методика определения рационального перечня и количества образцов военной и специальной техники оборудования, имущества, снаряжения и экипировки для оснащения спасательного воинского формирования МЧС России. «Научные и образовательные проблемы гражданской защиты». 2017. № 1 (32). С. 3–6.

Статья поступила в редакцию 15.05.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 656.085

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

© 2018

Панфилова Марина Ивановна, кандидат химических наук, доцент кафедры ФиСА
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, e-mail: 012340@mail.ru)

Зубрев Николай Иванович, кандидат технических наук, профессор кафедры
«Техносферная безопасность»
Российский университет транспорта (ПУТ(МИИТ)), Российская открытая академия транспорта
(125190, Россия, Москва, Часовая ул., 22/2, e-mail: nZubrev@mail.ru)

Леонова Данута Амброжьевна, старший преподаватель кафедры ФиСА
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, e-mail: danuta1960@yandex.ru)

Леонов Иван Алексеевич, руководитель отдела строительно-технических экспертиз
ООО «Московская проектная компания»
(Россия, г. Москва, Рязанский проспект, д. 61/4, e-mail: rapsodiy@inbox.ru)

Коростелева Анна Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Биотехнологии и техносферная безопасность»
Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11, e-mail: alexey314@yandex.ru)

Аннотация. Рассмотрена возможность вовлечения отходов в хозяйственный оборот в качестве модификаторов структуры композитных растворов для снижения объемов их образования. Рассмотрено влияние добавок отхода производства при получении водорода, на структурообразование бентонито-цементных композитных растворов при длительном сроке хранения. Установлено, что введение бемита приводит к увеличению прочности композитов и к увеличению скорости ультразвуковых колебаний, что свидетельствует об уплотнении структуры материала. Таким образом, наноструктурный бемит – оксигидроксид алюминия AlOOH - техногенное нанокристаллическое и нанодисперсное сырье, являющееся отходом, можно считать перспективным техногенным сырьем для использования при производстве строительных материалов и изделий.

Ключевые слова: безопасные композитные материалы, прочность композитного раствора, кинетика, структурообразование, повышение экологической безопасности, фитотоксичность, ультразвуковой метод.

**USE OF BY-PRODUCTS OF HYDROGEN PRODUCTION TECHNOLOGY FOR ENSURING SECURITY
OF CONSTRUCTIONS IN CONSTRUCTION**

© 2018

Panfilova Marina Ivanovna, Candidate of Chemistry, Associate Professor of the Department of FISA
National Research Moscow State Building University
(129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, e-mail: 012340@mail.ru)

Zubrev Nikolai Ivanovich, Ph.D., Professor of the labor safety department
Russian University of Transport (MIIT)
(127994, Russia, Moscow, Chasovaya Street, 22/2, e-mail: nZubrev@mail.ru)

Leonova Danuta Ambrozhiyevna, Senior Lecturer of the Department of FISA
National Research Moscow State Building University
(129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, e-mail: danuta1960@yandex.ru)

Leonov Ivan Alekseevich, Head of the Department of Construction and Technical Expertise
LLC "Moscow Project Company"
(Russia, Moscow, Ryazanskiy Avenue, 61/4, e-mail: rapsodiy@inbox.ru)

Korosteleva Anna Vladimirovna, candidate of technical sciences,
associate professor of the chair "Biotechnologies and technosphere safety»
Penza State Technological University

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

Abstract. The possibility of involving wastes in economic circulation as modifiers of the structure of composite solutions for improving the ecology of the environment is considered. The effect of boehmite additives on the production waste generated for hydrogen production on the structure formation of bentonite-cement composite solutions with a long shelf life is considered. It was found that the introduction of boehmite leads to an increase in the strength of composites and to an increase in the speed of ultrasonic vibrations, which indicates the consolidation of the structure of the material. Thus, nanostructured boehmite-oxyhydroxide aluminum AlOON-technogenicnanocrystalline and nanodispersed raw materials, which is a waste, can be considered promising man-maderaw materials for use in the production of building materials and products.

Keywords: safe composite materials, strength of the composite solution, kinetics, structure formation, increased ecological safety, phytotoxicity, ultrasonic method.

С каждым годом строительство развивается все эффективнее. Площади городов становятся больше, а здания все выше и разнообразнее. Во всем этом есть свои плюсы и минусы. Проблемы стройиндустрии и возможные варианты их решений определяются увеличением объемов промышленных отходов и наблюдаемым истощением невозобновляемого природного сырья [1, 2,3,4]. Вовлечение отходов в хозяйственный оборот в роли источников сырья и материалов является перспективным направлением повышения экологического состояния окружающей среды. С 2002г. в России зафиксирован резкий скачок увеличения объемов отходов, и наблюдается их стабильное увеличение ежегодно.

В настоящее время на территории страны накоплено большое количество твердых отходов. Практически весь этот колоссальный объем потенциального вторичного сырья в должной мере не используется. Данная ситуация не может не волновать современную науку [5-7,21,22].

В последнее время наукоемкость строительной отрасли все чаще приводит к применению нанотехнологий и наноматериалов [8-15].

Перспективным направлением является вовлечение отходов в хозяйственный оборот в роли источников сырья и материалов. Для изготовления цементосодержащих растворов и бетонов, можно широко применять нанодобавки и наномодификаторы, состоящие из наночастиц [4], которые могут быть природного, искусственного и техногенного происхождения. При определенных условиях образования некоторые виды отходов техногенного происхождения можно отнести к нанотехногенному сырью. Такой вывод можно сделать по отношению к шламам, образующимся в результате химического осаждения твердой фазы при очищении сточных вод предприятиями [6].

В связи с возрастающими требованиями к композитным материалам (КР) и резким их удорожанием, была рассмотрена возможность использования побочных продуктов технологии получения водорода способом гидротермального синтеза – бемит, корунд и активированный алюминий. На сегодня данное техногенное нанокристаллическое и нанодисперсное сырье является невостребованным промышленностью строительных материалов.

Такое техногенное нанокристаллическое и нанодисперсное сырье – нанокристаллический порошок оксидов и гидроксидов алюминия получают при помощи сжигания алюминия в водных средах с возникновением водорода [14-16], при котором в ходе процесса гидротермального синтеза выполняется преобразование частиц алюминия размером до десяти микрон в нанокристаллические оксиды и гидроксиды. При сжигании 1 кг алюминия в воде наряду с выделением тепловой энергии и большого количества высококачественного водорода, образуется более 2-х килограмм твердых продуктов окисления – гидрооксида алюминия ($Al(OH)_3$); оксигидроксида алюминия ($AlOOH$) и (оксида алюминия) Al_2O_3 . Это особо чистые нанокристаллические оксиды и гидроксиды алюминия, обладающие развитой поверхностной структурой (бемит и корунд). Данное техногенное мелкодисперсное

сырье (размеры наноразмера) не востребовано производством строительных материалов, но может быть использовано в качестве добавки в растворы, предназначенные для экологически безопасного заполнения пустот, которые не принесут вреда ни животному ни растительному миру. На данный момент, заполнение пустот так или иначе сказывается на экологии, но изучение карстов не стоит на месте, оно требует более внимательного изучения и использования высоких технологий для ликвидации пустот.

Так как эти вещества имеют минералогическое сходство с цементной матрицей, была рассмотрена возможность использования их в роли модификаторов структуры композитных растворов (КР), а именно укрепления межпоровых перегородок. Бемит ($AlOOH$) относится к 3D-нанокристаллическому типу веществ (3D-НКМ – нанокристаллический модификатор). Предполагают, что данные модификаторы, которые обладают развитой поверхностью раздела фаз, при введении их в вяжущее будут оказывать влияние на гидратацию КР.

Рассмотрены физико-химические показатели бемита – высокодисперсного порошка белого цвета.

Структура кристалла-бемит. Размер кристаллитов составляет не более 1000 Å (ангстрем). Массовая доля воды составляет не более 1,5 %. Удельная истинная плотность бемита – не более 3,06 г/см³. Насыпная плотность составляет не более 600 кг/м³. Потеря массы при прокаливании не превышает 17. Удельная специфическая поверхность равна приблизительно 40÷100 м²/г. Массовая доля примесей (в пересчете на прокаленное вещество): диоксида кремния (SiO_2) составляет не более 0,05%; оксида железа (Fe_2O_3), составляет не более 0,05%; оксида натрия (Na_2O) составляет не более 0,05%. Дисперсный состав по фракциям: 1÷5 мкм - 55%; 5÷10 мкм - 35%; 10÷20 мкм - 10%; >20 мкм - 0%.

В работах [7, 17-19] исследовали влияние добавок бемита на структурообразование композитного раствора с использованием бентонита.

Для изучения влияния добавок на изменение свойств композитных растворов в процессе хранения готовили 5% суспензию бентонита с добавками бемита, перемешивали 15 минут раствор со скоростью 600 об/мин. Водоцементное соотношение составляло 2:1. Вносили цемент и 5 % жидкого стекла к весу смеси. Содержание бемита варьировало от 0,000% до 1,000% к массе цемента. На гидравлическом прессе Controls 50-C0050/CAL50 через 7,14 и 28 суток с конусом через 1,3,5,7,17 и 28 суток во всех образцах композитных растворов определяли прочность при различном процентном содержании бемита (от 0,000% до 1%).

По результатам исследований был сделан вывод, что максимальная скорость структурообразования достигается при концентрации бемита 0,208% к массе цемента [7,16-19]. Относительно контрольного образца скорость структурообразования возрастает в 1,3раза.

Для дальнейшего прослеживания процесса твердения образцы в нормальных условиях твердения хранили в течение 6 месяцев. Исследования были продолжены для оптимальной концентрации бемита в количестве 0,208% к массе цемента (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 – Структурообразование композитного раствора на основе бентонита марки П2Т₂А с добавками бемита при длительном хранении

Продолжительность хранения, сутки	0	1	3	7	14	28	60	90	120	150	180
Прочность композитного раствора без добавок, Р, Мпа	0	0,08	0,24	0,47	0,85	1,17	1,22	1,23	1,24	1,26	1,27
Прочность композитного раствора с добавками бемита, Р, Мпа	0	0,23	0,45	0,78	1,2	1,7	1,72	1,74	1,76	1,77	1,78

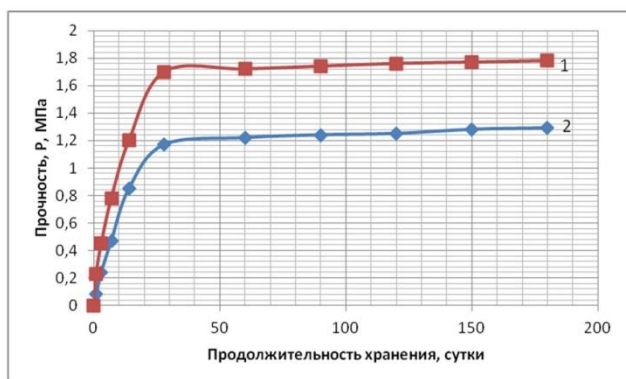


Рисунок 1 – Прочность композитных растворов от продолжительности хранения
 1- композитный раствор с добавками бемита;
 2-композиционный раствор без добавок

Наблюдается устойчивый рост прочности, происходит интенсификация процесса твердения за счет образования кристаллогидратных новообразований бемита, что приводит приросту прочности образцов примерно на 5% через 6 месяцев хранения, что свидетельствует о надежности композиционных растворов [20].

Появление новообразований, располагающихся в пустотах и по всему объему цементного камня, отличающихся оформленным строением и более высокой степенью кристалличности, свидетельствует об увеличении упорядоченности структуры и повышении плотности упаковки. Присутствие кислородсодержащих групп на поверхности бемита оказывает дополнительное влияние

на развитие гидратационных реакций, приводя к еще более ускоренному протеканию процессов растворения клинкерных фаз и формированию цементной матрицы. Использование добавок бемита в композитные растворы предотвратит возможность провалов различных сооружений в карстовые пустоты, и, следовательно, предотвратит развитие катастрофы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Соломин И.А. Промышленные отходы – перспективное сырье для производства строительных материалов // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 1. С. 20–23.
2. Чумаченко Н.Г. Утилизация шламовых отходов теплоэнергетических центральных при производстве строительных материалов // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 3. С. 20–21.
3. Галицкая П.Ю., Селивановская С.Ю., Гумерова Р.Х. Тестирование отходов, почв, материалов с использованием живых систем. – Казань: Казанский университет, 2011. – 47 с.
4. Панфилова М.И., Устинова М.В., Зубрев Н.И. Композитные растворы в транспортном строительстве. Текст научной статьи по специальности «Строительство. Архитектура».
5. Гурьянов А.М. Нанотехнологии использования промышленных отходов при производстве строительных материалов // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 6. С. 55–57.
6. Чумаченко Н.Г., Коренькова С.Ф., Хлыстов А.И. Перспективы развития нанотехнологий в производстве строительных материалов на основе шламовых отходов // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 8. С. 20–21.
7. Панфилова М.И., Зубрев Н.И., Леонова Д.А., Звездкин Б.Е., Панфилова И.С. «Композитные растворы повышенной безопасности для строительства» // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 12 (66). – Часть 5. – Декабрь стр. 116–119.
8. Яковлев Г.И. Модификация поризованных цементных матриц углеродными нанотрубками / Г.И. Яковлев, Г.Н. Первушин, А.Ф. Бурьянов, и др. // Строительные материалы. 2009. – №3. – С.99–102.
9. Coleman J.N., Small but strong: A review of the mechanical properties of carbon nanotube–polymer composites. / J.N. Coleman, U. Khan, W.J. Blau, // Carbon. – 2006. – V. 44. – № 9. – P. 1624–1652.
10. Панфилова М.И., Н.И. Зубрев, М.В. Фомина Модифицированные композиционные системы// Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2014г., №2(33) С.9. С.9. Thostenson, E.T. Nanocomposites in context. / E.T. Thostenson, et al. // Composites Science and Technology. – 2005. – № 65. – P. 491–516.
11. Королев Е.В. Параметры ультразвука для гомогенизации дисперсных систем с наноразмерными модификаторами / Е.В. Королев, М.И. Кувшинова // Строительные материалы. – 2010. – №9. – С. 85-88.
12. Панфилова М.И. Перспективные направления развития композитов с добавками серы / М.И. Панфилова, Н.И. Зубрев, Д. А. Леонова и др. // Научное обозрение. – 2015. – №14. – С. 172–175.

13. Перфилов В.А. Применение модифицирующих микроармирующих компонентов для повышения прочности ячеистых материалов / В.А. Перфилов, А.В. Аткина, О.А. Кусмарцева // Известия вузов. – 2010. – №9. – С.11–14.

14. Урханова Л.А. Бетоны на композиционных вяжущих с нанодисперсной фуллеренсодержащей добавкой / Л.А. Урханова, С.Л. Буянтуев, С.А. Лхасаранов, и др. // Нанотехнологии в строительстве. – 2012. – №1. – С. 39–45.

15. Пономарев А.Н. Исследование многослойных полиэдрических наночастиц фуллероидного типа – астраленов / А.Н.Пономарев, В.А.Никитин, В.В. Рыбалко // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2006. – №5. – С. 44–47.

16. Козлов Ю.Д., Сидельникова О.П. Технология переработки древесных отходов для использования материалов в агрессивных средах // Вестник ВолгГАСУ. Строительство и архитектура. 2012. № 29. С.156–158.

17. Панфилова М.И., Зубрев Н.И., Леонова Д.А., Берш А.В., Сороковиков А.И. Использование бемита в композитных растворах для строительства // Научное обозрение. 2017г., № 4.

18. Панфилова М.И, Зубрев Н.И., Фомина М.В. Модифицированные композиционные системы// Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2014, №2(33) С. 9.

19. Панфилова М.И., Зубрев Н.И, Фомина М.В., Фастов С.А. Новые решения в области разработки тампонажных растворов // Вестник гражданских инженеров. 2014, № 3. С. 149–153.

20. Камбалина Ирина Владимировна. Шлакогазобетон на композиционном шлаковом вяжущем: диссертация кандидата технических наук: 05.23.05.

21. Шарков Т.А., Ефремова С.Ю. Управление экологической безопасностью в области снижения образования отходов производства // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2012. № 29. С. 405–407.

22. Ефремова С.Ю., Шарков Т.А., Лукьянец О.В. Аспекты создания эффективной системы управления антропогенным воздействием на окружающую среду на предприятии // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2011. № 25. С. 572–574.

Статья поступила в редакцию 27.04.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 629.022+656.131.2

АНАЛИЗ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАДЁЖНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

© 2018

Елисеев Дмитрий Васильевич, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере и защиты человека в чрезвычайных ситуациях
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
(302026, Россия, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95, e-mail: dv.eliseev@mail.ru)

Лапин Павел Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере и защиты человека в чрезвычайных ситуациях
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
(302026, Россия, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95, e-mail: pal9@yandex.ru)

Копылов Сергей Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере и защиты человека в чрезвычайных ситуациях
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
(302026, Россия, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95, e-mail: sa.kopulov@mail.ru)

Аннотация. В данной статье анализируются причинно-следственные связи для определения надёжности автомобиля, так как нарушение функционирования объекта или системы является одновременно отказом или нарушением их функционального состояния, что в дальнейшем может привести к серьёзным последствиям. Следствием структурного анализа надёжности проектируемых автомобилей является обоснование требований к таким показателям их надёжности как средняя продолжительность восстановления, коэффициент готовности, средние ресурсы восстановления и коэффициенты технического пользования как для автомобиля в целом, так и для его элементов. Структурный анализ надёжности автомобиля по критериям минимальных ремонтных затрат для восстановления его предельного состояния находится в нахождении суммы вероятностей всех возможных ремонтных ситуаций, которые приводят к затратам, равным установленному минимуму или превышающим его. При этом очень важно для каждого этапа надёжности автомобиля предусмотреть оптимальные средства, способы и методы обеспечения заданных показателей надёжности машины по соответствующим причинам и критериям оценки потери работоспособности в конкретной модели автомобиля. Это позволяет определить как структуру свойств надёжности машины, так оперативно управлять возникшими причинами для достижения оптимальной эффективности управления автомобилем.

Ключевые слова: надёжность, восстановление работоспособности, ремонтные затраты, сборочные элементы, критерии надёжности, причинно-следственные связи.

ANALYSIS OF CAUSALITY TO ASSESS THE RELIABILITY OF THE CAR

© 2018

Eliseev Dmitry Vasilyevich, candidate of technical Sciences, associate Professor of the chair of life safety in technosphere and human protection in emergency situations
Orenburg State University named after I. S. Turgenev
(302026, Russia, Orel, Komsomolskaya Street, 95, e-mail: dv.eliseev@mail.ru)

Lapin Pavel Alekseevich, candidate of technical Sciences, associate Professor of the chair of life safety in technosphere and human protection in emergency situations
Orenburg State University named after I. S. Turgenev
(302026, Russia, Orel, Komsomolskaya Street, 95, e-mail: pal9@yandex.ru)

Kopylov Sergey Aleksandrovich, candidate of technical Sciences, associate Professor of the chair of life safety in technosphere and human protection in emergency situations
Orenburg State University named after I. S. Turgenev
(302026, Russia, Orel, Komsomolskaya Street, 95, e-mail: sa.kopulov@mail.ru)

Abstract. This article analyzes the cause-and-effect relationships to determine the reliability of the car, as a violation of the functioning of the object or system is simultaneously a failure or violation of their functional state, which in the future can lead to serious consequences. As a result of structural analysis of the reliability of the designed cars is the justification of requirements for such indicators of their reliability as the average duration of recovery, availability, average recovery resources and technical factors for the car as a whole, and for its elements. Structural analysis of the reliability of the car by the criteria of minimum repair costs to restore its limiting state is in finding the sum of the probabilities of all possible repair situations that lead to costs equal to or exceeding the established minimum. At the same time, it is very important for each stage of the reliability of the car to provide optimal means, methods and methods to ensure the specified reliability of the car for the appropriate reasons and criteria for assessing the loss of performance in a particular model of the car. This allows you to define both the structure of the properties of the reliability of the machine, as well as quickly manage the causes to achieve optimal efficiency of driving.

Keywords: reliability, recovery, repair costs, Assembly elements, reliability criteria, causality

Понятие «надёжность» согласно ГОСТа 27.002-2015 определяется как свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров функционирования в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования [1].

Любое нарушение функционирования объекта или системы является одновременно отказом или нарушением их функционального состояния. Хотя причиной отказа может быть несовершенство конструкции объекта или технология его изготовления, нарушение правил эксплуатации, старение, изнашивание, коррозия и другие разрушающие процессы. Во всех этих случаях для автомобилей как объектов ремонтируемого класса наступает общее следствие – необходимость выполнять один из видов ремонтного воздействия по восстановлению работоспособного состояния объекта или его замену [2]. Это всегда обусловлено трудовыми затратами, такими как время или трудоёмкость, что и определяет экономические последствия отказа.

Следует знать, что трудовые затраты находятся в прямой зависимости от тех компоновочных решений как самой машины, так и ее сборочных единиц, которые выбрал конструктор при её проектировании [3]. Для обеспечения максимальной экономической эффективности эксплуатации разрабатываемого автомобиля желательно перед конструктором поставить задачу разработать такую конструкцию машины, которая обеспечила бы минимальный уровень ремонтных затрат при восстановлении работоспособности машины после любого отказа [4]. Другими словами, это является первым управляющим воздействием на этапе проектирования автомобиля, которое обеспечит необходимые показатели надёжности, одним из которых является ремонтпригодность [5].

В ряде работ российских учёных подробно описаны методы структурного анализа надёжности машин и их сборочных единиц по критерию минимума ремонтных затрат при сборке или разборке проектируемых машин. Необходимый минимум материальных ресурсов и трудовых затрат достигается за счет оптимальной доступности и быстрой замены любых элементов объекта или системы для их быстрой замены [6]. Для смены труднодоступных элементов обычно конструкторы стараются по возможности обеспечить их ресурсами, соразмерными с ресурсом машины в целом за весь период их эксплуатации. Это позволит исключить появление значительных материальных затрат на обслуживание и ремонт автомобиля, т.к. исключается необходимость их замены [7].

Следствием структурного анализа надёжности проектируемых автомобилей является обоснование требований к таким показателям их надёжности как средняя продолжительность восстановления, коэффициент готовности, средние ресурсы восстановления и коэффициенты технического пользования как для автомобиля в целом, так и для его элементов [8].

Структурный анализ надёжности автомобиля по критериям минимальных ремонтных затрат для восстановления его предельного состояния находится в зависимости суммы вероятностей всех возможных ремонтных

ситуаций, которые приводят к затратам, равным установленному минимуму или превышающим его [9].

Например, пусть автомобиль состоит из трех сборочных элементов (СЭ).

Предельным состоянием автомобиля является такое, при котором необходима её полная поэлементная разборка и последующая сборка из новых или отремонтированных элементов. Для этого ремонта необходимы минимальные уровни трудовых затрат и времени простоя автомобиля в ремонте. Возьмём этот минимум равный $\tau_{кр} = 1$. Минимум затрат является критерием предельного состояния автомобиля [10].

Однако надо заметить, что эти затраты могут быть превышены не только при поэлементной сборке или разборке автомобиля, но и при узловой сборке-разборке как любого СЭ в отдельности, так и при других вариантах возникших ремонтных ситуаций одновременной поузловой сборке-разборке нескольких СЭ [11]. Все эти варианты различных ремонтных ситуаций, для которых всегда выполняется условие $\sum \tau_i \geq \tau_{кр}$, составляют полный массив состояний типа А:

$$N\{A\} = N\{\sum \tau_i \geq \tau_{кр}\}, \quad (1)$$

Если возникают варианты ремонтных ситуаций, при которых материальные затраты для восстановления предельного состояния СЭ будут меньше $\tau_{кр}$, тогда такие ремонтные ситуации образуют массив состояний типа В [12]. Для них должны выполняться противоположное условие $\sum \tau_i < \tau_{кр}$, значит

$$N\{B\} = N\{\sum \tau_i < \tau_{кр}\}. \quad (2)$$

К данному состоянию типа В отнесём работоспособное состояние автомобиля, а также состояние, когда ни один СЭ не находится в предельном состоянии и его не нужно полностью разбирать на детали [13]. Такое среднее состояние обозначим через B_0 .

Следовательно, есть два массива состояний автомобиля, первый из которых представляет собой число причин появления её следствие предельного состояния ($N\{A\}$), а второй - сумму противоположных состояний $\{N\{B\}\}$ [14]. Сумма данных массивов является полным набором всех возможных состояний автомобиля:

$$N\{A\} + N\{B\} = 2^n, \quad (3)$$

где: n - это число СЭ в автомобиле.

Согласно математической статистике сумма вероятностей всех возможных состояний автомобиля равна полной их вероятности, т. е.

$$\sum Q(A_m) + \sum P(B_m) = 1, \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots, h, \quad (4)$$

где $\sum Q$ рассчитывается от $m=1$ до k -го значения, а $\sum P$ от $m=0$ до $h-k$.

Если предположить, что для нашего примера относительные ремонтные затраты представляют $R_i = \tau_i / \tau_{кр}$, то ранги ремонтных затрат равны $R_1 = 1,1; R_2 = 0,6; R_3 = 0,4$.

Общее число состояний имеет следующий вид:

$$N\{A\} + N\{B\} = 2^3 = 8. \quad (5)$$

По таблицам 1 и 2 определим раздельно вероятности состояний двух типов: А и В.

21091, ВАЗ-21093, ВАЗ-21099. – М.: "Издательский дом "Третий Рим", 2009. – 171 с.

8. Ким Дж.-О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Дж.-О Ким. и др. – М.: "Финансы и статистика", 1998. – 215 с.

9. Корн Г. Справочник по математике / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1984. – 106 с.

10. Кочан И.М. Прикладная теория информации. – М.: Радио и связь, 1981. – 135 с.

11. Крамер Г. Математические методы статистики / Пер. с англ. под ред. А. Н. Колмогорова. – М.: Мир, 1975. – 648 с.

12. Методические рекомендации по проведению независимой технической экспертизы транспортного средства при ОСАГО. М.: Компания «Автополис-Плюс», 2005.

13. Ушаков И.А. Надежность технических систем. – М., Радио и связь, 1985. – 144 с.

14. Нейлор Г. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. – М.: Мир, 1975. – 467 с.

15. Немчинов В.С. Экономико-математические методы и модели. – М.: Наука, 1967. – 270 с.

16. Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов / А. Пирсол, Дж. Бендат. – М.: Мир, 1974. 315 с.

17. Проников А. С. Надежность машин // Машиностроение. – 1978. – №4. – С.28–39.

18. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология // Исследование операций. Задачи, принципы, методология Учебное пособие для студентов вузов. – 2-е изд., стер. – М.: Высшая Школа, 2001. – 64 с.

19. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для ВУЗов. 4-е издание, переработанное и дополненное / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.Н. Власов и др. – М.: Наука, 2001. – 535 с.

20. Тюрин Ю. Н. Анализ данных на компьютере / Тюрин, Ю. Н., Макаров А. А. Под ред. В. Э. Фигурнова. – М., ИНФРА. – 1995. – 271 с.

Статья поступила в редакцию 28.04.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 544.72 (77)

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОЧИСТКЕ ЁМКОСТЕЙ
ОТ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ**

© 2018

Новиков Василий Константинович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
Естественнонаучных и математических дисциплин (ЕНМД)

Московская государственная академия водного транспорта (МГАВТ) –

*филиал Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова
(117105, Россия, г. Москва, Новоданиловская наб., 2, корп.1; e-mail: VKNovikov@yandex.ru)*

Фридман Александр Яковлевич, доктор химических наук, профессор, ведущий научный сотрудник
Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН

(119991, Россия, г. Москва, ГСП-1, Ленинский проспект, 31; e-mail: tsiv@phyche.ac.ru)

Новиков Сергей Васильевич, доктор химических наук, доцент, заместитель директора института
Государственный научно-исследовательский институт биологического приборостроения

(125424, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 75, корп. 1; e-mail: niibp@dol.ru)

Николайкин Николай Иванович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры безопасности
полётов и жизнедеятельности (БП и ЖД)

Московский государственный технический университет гражданской авиации

(125993, Россия, г. Москва, Кронштадтский бул., 20; e-mail: n.nikolaykin@mstuca.aero)

Романова Мария Викторовна, аспирант

Московская государственная академия водного транспорта (МГАВТ) –

*филиал Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова
(117105, Россия, г. Москва, Новоданиловская наб., 2, корп.1; e-mail: mvromanova82@mail.ru)*

Аннотация. Изложено наличие проблемы при транспортных перевозках на судах водного транспорта, связанной с необходимостью выполнения международных и национальных требований по экологически безопасной зачистке грузовых танков и очистке поверхностей судов, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Показано, что проблема в будущем может только усугубиться в связи с перспективами перевода авиации и автотранспорта на альтернативные (не ископаемые) виды топлива, такие как «биодизель». Со временем происходит изменение состава отложений на внутренних стенках ёмкостей за счет "вымывания" легких фракций, окисления и осмоления нефти, перехода асфальтенов и смол в другое качество, а также из-за попадания дополнительных механических примесей органического и неорганического происхождения. Устойчивость к разрушению образующихся многокомпонентных дисперсных систем значительно возрастает, поэтому удаление отложений и последующая утилизация превращаются в актуальную и сложную проблему. Существуют разработки, предусматривающие для ускорения процесса пропарки и промывки применение технических моющих средств, содержащих в своём составе кислотные, щелочные и содохромпиковые составные реагенты, отрицательно воздействующие на металлические поверхности и имеющие ограничения по экологическим показателям. Кроме того, должна осуществляться обязательная утилизация отработанных растворов. На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований предложено моющее техническое средство на основе солей пептидов, аминокислот, комплексонов и пептидных производных комплексонов, позволяющее решать проблему создания эффективных моющих средств для очистки поверхностей, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Показаны возможные пути её технической реализации и направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: транспорт, нефть, нефтепродукты, очистка, техническое моющее средство, загрязнение окружающей среды, экологическая безопасность.

ECOLOGICAL SAFETY ENSURING WHEN OIL AND OIL PRODUCTS TANKS CLEANING

© 2018

Novikov Vasily Konstantinovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Estestvennonauchnye and Mathematical Disciplines" (ENMD)

*Moscow State Academy of Water Transport (MSAWT) – The Branch of State University of Marine and River Fleet
named by Admiral S.O. Makarov*

(117105, Russia, Moscow, Novodanilovskaya Emb, 2, building 1; e-mail: VKNovikov@yandex.ru)

Fridman Alexander Yakovlevich, Doctor of Chemistry, Professor, leading researcher

*Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry named by A. N. Frumkin of the Russian Academy of Sciences
(119991, Russia, Moscow, SSP-1, Leninsky Avenue, 31; e-mail: tsiv@phyche.ac.ru)*

Novikov Sergey Vasilyevich, Doctor of Chemistry, Associate Professor, Deputy Director

State Research Institute of Biological Instrument-making

(125424, Russia, Moscow, Volokolamskoye Highway, 75, building 1; e-mail: niibp@dol.ru)

Nikolaykin Nikolay Ivanovich, Doctor of Engineering, Associate Professor, Professor of Life and Fights Safety Chair (LFC)

Moscow State Technical University of Civil Aviation

(125993, Russia, Moscow, Kronshtadtsky Blvd., 20; e-mail: n.nikolaykin@mstuca.aero)

Romanova Maria Viktorovna, postgraduate

*Moscow State Academy of Water Transport (MSAWT) – The Branch of State University of Marine and River Fleet
named by Admiral S.O. Makarov*

(117105, Russia, Moscow, Novodanilovskaya Emb, 2, building 1; e-mail: mvromanova82@mail.ru)

Abstract. Existence of the problem at transport transportations in courts of a water transport connected with need of the international and national requirements implementation for ecologically safe cargo tanks cleaning and surfaces cleaning of the courts polluted by oil and oil products is stated. It is shown, that the problem may be aggravated only in connection with prospects of the aircraft and motor transport translation on alternative (not minerals) types of fuel, such as "biodiesel". Over time there is a deposits structure change on capacities internal walls of due to "washing away" of easy fractions, oxidation and an oil asphaltization, asfalten transition and pitches in other quality, and also because of hit of an organic and inorganic origin additional mechanical impurity. Resistance to destruction of the formed multicomponent disperse systems considerably increases therefore removal of deposits and the subsequent utilization turn into an actual and complex problem. There is development-providing use of the technical detergents containing the acid, alkaline and sodobichromate compound reagents, which are negatively influencing metal surfaces and having restrictions on ecological indicators in the structure for acceleration of steaming and washing process. Besides, obligatory utilization of the fulfilled solutions has to be carried out. On the basis of the oretical and pilot studies results the washing technical tool on the basis of peptides salts, amino acids, complexons and peptide derivative complexons allowing to solve a problem of effective detergents creation or the surfaces polluted by oil and oil products cleaning is offered. Possible ways of its technical realization and the direction of further researches are shown.

Keywords: transport, oil, oil products, cleaning, technical detergent, environmental pollution, ecological safety.

При перевозке нефти и нефтепродуктов водным транспортом, как и другими видами транспорта, не удастся избежать негативных явлений, связанных с загрязнением не только атмосферного воздуха отработавшими газами двигателей, работающих на традиционном топливе, но и внутренних поверхностей разнообразных ёмкостей (грузовых танков и цистерн на железнодорожном, водном и автомобильном транспорте), поверхностей топливных ёмкостей (на авиационном и иных видах транспорта) нефтью и нефтепродуктами. Это создаёт определённые техногенные экологические проблемы, дополнительные к глобальным проблемам современности [1, 2, 28-30]. Особенно в связи с намеченными на недалекое будущее перспективами перевода отдельных видов транспорта (в частности, авиации, автотранспорта) [3] на альтернативные (не ископаемые, но аналогичные им) виды топлива, такие как, например, «биодизельное» топливо [4], а также расширяет перечень рисков транспортных процессов [5] и препятствует эффективному управлению опасностями производственной среды [6,31].

Образующиеся в процессе перевозки нефтепродуктов в ёмкостях (грузовых танках судов водного транспорта, железнодорожных и автомобильных цистернах) осадочные отложения по своему составу чрезвычайно разнообразны и представляют собой сложные системы, состоящие из нефтепродуктов, воды и механических примесей. Постепенно происходит изменение состава этих отложений за счет "вымывания" легких фракций, окисления и осмоления нефти, перехода асфальтенов и смол в другое качество, попадания дополнительных механических примесей органического и неорганического происхождения. Устойчивость к разрушению таких сложных образующихся многокомпонентных дисперсных систем значительно возрастает, а удаление их и последующая утилизация превращаются в актуальную и сложную проблему, в том числе с позиции необходимости обеспечения экологической безопасности техносферы [1, 7, 8], в частности при решении природоохранительных задач на территории промышленно-транспортных и энергетических узлов [9]. Важной проблемой решение соответствующей

задачи становится при аварийно-залповом загрязнении территории в результате аварий и катастроф на транспорте [10], особенно при рассмотрении проблем загрязнения окружающей среды с учётом полного жизненного цикла оказания транспортных услуг [11].

Для решения этой проблемы в настоящее время используют различные технические моющие средства (ТМС) и технологии, которые являются достаточно трудоемкими, дорогостоящими, низкоэкологичными. При этом зачастую используются легко воспламеняющиеся жидкости (ацетон, керосин, бензин, различные растворители), приводящие к пожароопасной ситуации при проведении процесса очистки. Поэтому в большинстве случаев стали переходить на использование водорастворимых ТМС (каустическая и кальцинированная содаи т.п.). Понижив таким образом, высокую пожароопасность, и стремясь к обеспечению необходимой чистоты отмываемых поверхностей, исполнители столкнулись с необходимостью перехода на высокотемпературные режимы обработки, что, в свою очередь, привело к значительному увеличению тепло энергопотребления и выделению вредных испарений. При этом основная экологическая проблема - необходимость сброса отработанных моющих растворов на очистные сооружения, осталась нерешенной. Все это обусловило необходимость замены традиционных ТМС и технологий их применения на более экономичные и экологически безопасные, повышающие качество очистки отмываемых поверхностей [12, 13].

Представляется, что именно таким образом можно решить проблему снижения загрязнения ОС при зачистке поверхностей, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, избежать строительство новых и реконструкцию действующих очистных сооружений, а также значительно снизить энерго- и водопотребление.

Определённым положительным достижением в этом направлении являются разработки вариантов технологий, с применением самоочищающихся ТМС, например, семейства безотходных ингибирующих самоочищающихся отмывателей ("О-БИС"), что удешевляет процесс зачистки и снимает некоторые экологические проблемы, но не устраняет их полностью [14].

Существенным недостатком этих разработок является применение для ускорения процесса пропарки и промывки ТМС, содержащих в своём составе кислотные, щелочные и содохромпиковые составные реагенты, отрицательно воздействующие на металлические поверхности и имеющие ограничения по экологическим показателям. При этом должна осуществляться обязательная последующая утилизация отработанных растворов.

Другим положительным достижением явилась разработка универсального ТМС УПТС2002 «РАЛ-МИКС» с использованием биологически разлагаемых компонентов [15]. Экспериментально эта рецептура была апробирована на железнодорожных цистернах, загрязнённых нефтепродуктами, но практического внедрения, по имеющимся данным, пока не получила.

В целом анализ последних исследований и публикаций показывает на наличие экологической проблемы, связанной с загрязнением техники различных видов транспорта нефтью и нефтепродуктами, и отсутствием экологически безопасных рецептур для практического применения по ликвидации этого загрязнения.

Таким образом, изложенное позволяет сделать вывод, что применяемые традиционные технологические процессы обработки поверхностей, загрязнённых нефтью и нефтепродуктами, экологически достаточно опасны, длительны по времени, дорогостоящи, что обуславливает необходимость поиска универсального экологически безопасного ТМС.

Целью настоящего исследования является разработка ТМС, обеспечивающего повышение экологически безопасного проведения работ по очистке поверхностей техники, загрязнённых нефтью и нефтепродуктами.

Требования к выполнению работ по очистке поверхностей. В соответствии с требованиями, например, Кодекса внутреннего водного транспорта (ст. 81) судно, осуществляющее перевозку грузов, в том числе нефти и нефтепродуктов, по окончании выгрузки груза должно быть очищено. Технологически процесс очистки должен проводиться с учетом требований Международной Конвенции [16] и национальных Технических регламентов о безопасности объектов внутреннего водного транспорта и морского транспорта в части сброса за борт образующихся при этом нефтесодержащих вод и отработанных растворов [17, 18].

Обеспечить выполнение этого требования можно только при наличии экологически практически безопасного ТМС с соответствующей технологией его применения, отвечающего следующим основным требованиям. Оно должно быть биологически разлагаемым и позволять сливать отработанный раствор в канализационную систему; не оказывать раздражающего воздействия на кожу человека; не вызывать коррозию промываемых поверхностей; не создавать взрывоопасную ситуацию при работе; допускать возможность использования полученных в результате зачистки смывов, как вторичное сырьё.

Теоретические основы разработки ТМС. В качестве одного из возможных ТМС, отвечающего изложен-

ным требованиям, предлагается ТМС на основе аминокислот, пептидов и их производных, которое имеет положительное санитарно-эпидемиологическое заключение и применялось при выполнении Международной конвенции по уничтожению старых запасов химического оружия для решения подобных задач [19 – 21].

В Институте физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН были проведены экспериментальные исследования на модельных образцах с использованием предлагаемого ТМС. Для испытаний были выбраны три варианта ТМС, отличающиеся друг от друга молярным содержанием пептидов и солей аминокислот. В качестве объекта использовались стальные пластины длиной 40 мм, шириной 40 мм и толщиной 2 мм.

В качестве компонентов для составления предлагаемой ТМС были выбраны следующие реагенты:

Концентрат НС – 14А, состоящий из жидких гидратов натриевых солей аланина, валина, глицина, лейцина, изолейцина, пролина, фенилаланина, оксипролина, серина, тирозина, треонина, аргинина, гистидина, лизина, оксализина, цистеина, цистина, метионина, аспарагиновой кислоты и глютаминовой кислоты. Применяется как комплексообразующий и маскирующий реагент;

Концентрат НС – 35П, состоящий из гидратов натриевых солей низкомолекулярных пептидов; взаимодействует с кислотами. Применяется как реагент для комплексообразования и маскирования;

Концентрат «Хелатан – Н-КЖ», состоящий из жидких гидратов натриевых солей поликомплексонов. Применяется в качестве комплексообразующего реагента, буфера, смягчителя воды и реагента для растворения накипи и солей жесткости;

Концентрат «Пептахелатан – Н-КЖ», состоящий из жидких гидратов натриевых солей поликомплексонов с пептидными группами. Применяется в качестве смачивателя и поверхностно – активного вещества.

Экспериментальные исследования. На основе предложенных компонентов были рассчитаны концентрации солей аминокислот и пептидов трех вариантов, наиболее разбавленных ТМС, и составлены растворы с рассчитанными концентрациями и с концентрациями в 1.5; 2; 2.5 и 3 раза больше минимальных. В каждом растворе находилась композиция хелатан НКЖ в количестве соответствующему 0.02 г/экв трилона Б, и композиция пептахелатан НКЖ в количестве соответствующему 0.036 г/экв трилона Б.

Перед нанесением нефтепродукта пластины предварительно отмывались и обезжиривались путем мойки в растворе ТМС «Клир-У» и промывались дистиллированной водой. Контроль чистоты поверхности оценивался методом ИК-Фурье и КР-Фурье спектроскопии. Пластины считались чистыми, если в спектре поверхности отсутствовали полосы. Отмытые и высушенные пластины выдерживались в сырой нефти в течение суток, извлекались, подвешивались и выдерживались в данном состоянии до прекращения стекания нефти с поверхности.

Процесс зачистки пластин и отработка режима его осуществления проводились на моечной машине фир-

мы «Сименс». Испытуемый раствор ТМС загружался в камеру машины. Обработка проводилась в одностороннем режиме. После обработки одной стороны пластины переворачивались, и обрабатывались их вторые стороны, после чего пластины отмывались водой и сушились.

Каждым вариантом ТМС обрабатывалось 4 пластины. Две, из которых использовались для первичной оценки эффективности отмывки путем обтирания поверхности, отбеленной бязью. Поверхность считалась чистой, если на бязи не появляются темные или жировые пятна. Для партий, прошедших первичные испытания, проводилась съемка ИК- и КР-спектров поверхности, оставшихся двух пластин. Полученные результаты в обобщенном виде приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты экспериментов

№ п/п	Вариант I		Вариант II		Вариант III	
	первичная оценка	спектральная оценка	первичная оценка	спектральная оценка	первичная оценка	спектральная оценка
1	пятна	-	пятна	-	пятна	-
2	на	-	пятна	-	отсут.	загр.
3	пятна	загр.	отсут.	загр.	отсут.	следы
4	на	следы	сут.	отсут.	отсут.	отсут.
5	отсут.	отсут.	отсут.	сут.	отсут.	отсут.
	отсут.	отсут.	отсут.	отсут.	отсут.	отсут.
	отсут.		отсут.	отсут.	отсут.	
	отсут.		отсут.	отсут.	отсут.	
	отсут.		отсут.	отсут.	отсут.	

Анализ приведенных в таблице 1 результатов экспериментальных исследований показывает, что растворы 4-II, 4-III, 5-I, 5-II и 5-III обеспечивают практически полную (близкую к 100 %) отмывку поверхности от загрязнения нефтью.

Обсуждение результатов исследований. Анализ полученных результатов экспериментальных исследований показал, что растворы всех трех предложенных групп обеспечивают практически близкую к 100 % отмывку поверхности от загрязнения её нефтью.

В образующемся после отмывки промывочном растворе наблюдается разделение его на фракции. В верхней фракции находится желтоватая жидкость с запахом бензина, на поверхности которой плавают белесые кристаллики парафинов. На дне находятся плотные маслянистые сгустки черного цвета.

Верхнюю, парафиновую, фракцию промывочного раствора можно использовать для получения топлив. Нижняя фракция, асфальтены, является сырьем для получения гудрона, применяемого в дорожном строительстве. Из средней, водной, фракции можно выделить масла, представляющие собой сырье для производства мазута, а оставшийся раствор является разбавленным раствором ТМС, который после концентрирования можно использовать повторно для отмывки.

Таким образом, полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований показали, что на основе солей пептидов, аминокислот, комплексонов и пептидных производных комплексонов возможно создание эффективных ТМС для очистки поверхностей, загрязненных нефтью и нефтепродуктами.

Результаты проведенных исследований докладывались на Международных и Всероссийских конференциях [22 – 25], где были обсуждены и одобрены.

Возможные способы практического применения ТМС. Возможны несколько вариантов технологии реализации предлагаемого ТМС. Один из них – использование имеющегося оборудования для очистки поверхностей техники, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, с учетом особенностей предлагаемого ТМС. Второй – разработка специального малогабаритного устройства с соответствующим оборудованием для очистки поверхностей техники, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, при его комплексном обслуживании или ликвидации последствий аварийных ситуаций с разливом нефти или нефтепродуктов.

Выводы. Таким образом, из изложенного следуют следующие выводы и рекомендации

1. Оптимальными ТМС, отвечающими требованиям по полноте зачистки, экологической безопасности являются сложные водные растворы со свойствами смачивателей, диспергирующих и фракционирующих систем. Плотность раствора должна быть больше плотности отложения, а в состав рецептуры должны входить различные вещества, имеющие большее сродство с металлическими поверхностями в сравнении с нефтью, проявлять свойства универсальных комплексообразующих реагентов; обладать обезжиривающими свойствами.

2. К числу веществ, обладающих перечисленными свойствами, относятся: композиции натриевых солей аминокислот; композиции солей комплексонов и композиции солей пептидокомплексонов; триполифосфат, соли оксэтилидендифосфоновой кислоты, триэтаноламин; соли низкомолекулярных пептидов, соли пептидокомплексонов и соли некоторых аминокислот с углеводородными радикалами и с радикалами с гидроксильной группой.

3. На основе предложенных компонентов рассчитаны концентрации солей аминокислот и пептидов трех вариантов предложенного ТМС, экспериментально показано, что растворы всех трех предложенных групп обеспечивают практически 100 % отмывку поверхности от загрязнения ее нефтью и нефтепродуктами.

4. Практическое применение предложенного ТМС для зачистки загрязненных поверхностей может быть реализовано как на применяемом в настоящее время для этих целей различного оборудования, так и на усовершенствованном оборудовании, позволяющем пофракционное разделение образующегося промывочного раствора для последующего целевого применения, в том числе и для повторного использования для очистки поверхностей ёмкостей техники, загрязненных нефтью и нефтепродуктами.

Перспектива дальнейших изысканий, направленных на повышение экологической безопасности очистки по-

верхностей от загрязнения нефтью моющего и нефтепродуктами, заключается в экспериментальных исследованиях предложенного технического средства на реальных образцах различных видов транспортной целесообразно использовать соответствующие результаты при доработке и совершенствовании техники. В последствии, системы управления рисками [26] на экологически опасных производственных объектах, в частности для снижения эколого-экономического воздействия [27] аварий и катастроф на транспорте и в иных отраслях экономики страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Павлова Е.И., Новиков В.К. Экология транспорта. Учебник и практикум для бакалавров. М.: Издательство Юрайт, 2014. – 479 с.
2. Николайкин Н.И. Экология: учебник. Сер. Высшее образование: Бакалавриат (изд. 9-е, перераб. и доп.) // Н.И. Николайкин, Н.Е. Николайкина, О.П. Мелехова. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 615 с.
3. Николайкина Н.Е. Промышленная экология. Инженерная защита биосферы от воздействия воздушного транспорта: учеб. пособие для студентов вузов / Н.Е. Николайкина, Н.И. Николайкин, А.М. Матягина. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 239 с.
4. Николайкин Н.И. Перевод на альтернативные виды топлива как способ повышения энергетической и экологической эффективности транспорта / Н.И. Николайкин, Б.Н. Мельников, Ю.А. Большунов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2010. – № 162. – С. 12–21.
5. Худяков Ю.Г. Вид рисков и особенности их проявления в авиатранспортной услуге, предоставляемой авиакомпаниями / Ю.Г. Худяков, Н.И. Николайкин // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2009. – № 149. – С. 7–13.
6. Худяков Ю.Г. Управление опасностями производственной среды: монография / Ю.Г. Худяков, Н.И. Николайкин, В.Э. Андрусов. – М.: Проспект, 2017. – 128 с.
7. Владимиров В.С., Корсун Д.С., Карпунин И.А., Мойзис С.Е. Переработка и утилизация нефтешламов резервуарного типа // Нефтепереработка в России: анализ текущего состояния и прогноз развития. – М.: Наука, 2005. – 192 с.
8. Сенник Е.В., Воропаева А.А., Таранов Р.А., Козодаев А.С., Ксенофонтов Б.С., Виноградов М.С. Проблемы и методы переработки шламов // Безопасность в техносфере. 2016. – №6 – С. 24–29.
9. Николайкин Н.И. Управление экологической безопасностью промышленно-транспортных и энергетических узлов: монография. – М.: Московский гос. ун-т инженерной экологии, 2007.
10. Николайкин Н.И. Оценка экологической опасности авиационных событий на воздушном транспорте // Н.И. Николайкин, Е.Ю. Старков. Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2015. – № 218 (8). С. 17–23.
11. Николайкин Н.И. Экологическая оценка полного жизненного цикла деятельности эксплуатационных авиапредприятий гражданской авиации / Н.И. Николайкин // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2006. – № 108. – С. 73–79.
12. Исследование по разработке экологически безопасных рецептур для зачистки (отмывки) поверхностей, емкостей, загрязненных нефтью и нефтепродуктами: отчет о НИР (заключительный). 229/ФГОУ МГАВТ; рук. В.К. Новиков, исп. А.Я. Фридман [и др.]. – М.: Альтаир – МГАВТ, 2009, 70 с.
13. Научно-методические основы повышения безопасности для окружающей среды перевозок нефти водным транспортом / Новиков В.К., Минаева И.А., Кожин Д. Г. // Речной транспорт (XXI век). 2016. – № 1 (77). – С. 38–41.
14. Техническое моющее средство "О-БИС" Технические условия ТУ 2381- 001- 00205357-99[Электронный ресурс]. Режим доступа: http://koapp.narod.ru/pay/ty/ty/ty_2381_001_00205357_99.htm.
15. Промывка и обезжиривание. Универсальное промывочное техническое средство УПТС2002 «РАЛМИКС» промывка и обезжиривание. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ralmix.ru/files/opis.doc>.
16. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1972 г., измененная Протоколом 1978 г. к ней – МК МАРПОЛ–73/78.
17. Постановление Правительства РФ от 12 августа 2010 г. №623 «Об утверждении технического регламента о безопасности объектов внутреннего водного транспорта».
18. Постановление Правительства РФ от 12 августа 2010 г. N 620 «Об утверждении технического регламента о безопасности объектов морского транспорта».
19. Шемякина Е.В., Хакимов Ф.И., Фридман А.Я. Перспективы использования белоксодержащих отходов в качестве возобновляемого сырья для производства экологически безопасной продукции // Экология и промышленность России. 2008. – N 8. – С. 20–23.
20. Фридман А.Я., Шемякина Е.В., Ким Ю.Н. Детоксикация иприта натриевыми солями аминокислот в растворах // Научно-технический сборник «Боеприпасы». 2004. – №1. – С. 47–49.
21. Разработка экологически безопасных рецептур для зачистки внутренней поверхности реактора СКГО-10-ЭЭТ от хлорсодержащих примесей и тяжелых металлов / Григорьев В.С., Володина А.А., Новиков В.К., Кожин Д.Г., Фридман А.Я. // Труды ГОСНИТИ, 2015. – Том 118 – С. 47–49.
22. Новиков В.К., Кожин Д.Г., Фридман А.Я. Экологически безопасное моющее средство для удаления остатков нефти и нефтепродуктов с поверхностей // 7-е Луканинские чтения. Решение энергетических проблем в автотранспортном комплексе. Международная научно-техническая конференция: сборник докладов. – М.: МАДИ, 2015. – С. 139–141.

23. Новиков В.К., Романова М.В. Загрязнение емкостей и поверхностей нефтеналивных судов водного транспорта нефтью и возможные пути их зачистки // Девятая всероссийская конференция молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России»: сборник докладов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – С. 519–522.

24. Новиков В.К., Романова М.В. Физико-химические основы отмывки, загрязненных нефтепродуктами поверхностей, с применением композиции экологически безопасных ПАВ // Десятая всероссийская конференция молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России»: сборник докладов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – С. 408–412.

25. Новиков В.К., Романова М.В. Обеспечение экологической и пожарной безопасности зачистки загрязненных нефтью поверхностей // Материалы двадцать шестой международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2017». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. – С.253–257.

26. Николайкин Н.И. / Моделирование системы управления рисками при эксплуатации опасных производственных объектов // Н.И. Николайкин, Ю.Г. Худяков. Химическое и нефтегазовое машиностроение – 2012. – № 10. – С. 35.

27. Николайкин Н. Модель эколого-экономического воздействия авиационных происшествий / Н. Николайкин, Е. Старков // Предпринимательство. – 2016. – № 7. – С. 38.

28. Шаркова С.Ю. Изменение химических характеристик почвы под действием нефтезагрязнения // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2011. № 25. С. 610–613.

29. Ефремова С.Ю., Шарков Т.А., Лукьянец О.В. Экологический мониторинг загрязнения почв // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2011. № 25. С. 568–571.

30. Шаркова С.Ю., Надежкина Е.В. Агрехимические свойства серых лесных почв при загрязнении их нефтью // Плодородие. 2008. № 4. С. 45.

31. Ефремова С.Ю., Шарков Т.А., Лукьянец О.В. Аспекты создания эффективной системы управления антропогенным воздействием на окружающую среду на предприятии // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2011. № 25. С. 572–574.

Статья поступила в редакцию 26.04.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 504.75.05

СНИЖЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЫЛЕВОГО ФАКТОРА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ НА ТОННЕЛЬНЫХ РАБОЧИХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТРОПОЛИТЕНА

© 2018

Матвеева Тамара Владимировна, старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность»
Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ)), Российская открытая академия транспорта
(125190, Россия, г. Москва, Часовая ул., 22/2, e-mail: naeri88@mail.ru)

Зубрев Николай Иванович, кандидат технических наук; профессор кафедры «Техносферная безопасность»
Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ)), Российская открытая академия транспорта
(125190, Россия, г. Москва, Часовая ул., 22/2, e-mail: nZubrev@mail.ru)

Устинова Марина Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность»
Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ)), Российская открытая академия транспорта
(125190, Россия, г. Москва, Часовая ул., 22/2, e-mail: mellstar@mail.ru)

Сачкова Оксана Сергеевна, Ведущий научный сотрудник лаборатории Коммунальной гигиены и
эпидемиологии ФГУП ВНИИЖГ Роспотребнадзора, руководитель ИЦ «Экологической сертификации», д.т.н.
профессор кафедры «Техносферная безопасность»

Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ)), Российская открытая академия транспорта
(125190, Россия, г. Москва, Часовая ул., 22/2, e-mail: vniijg@yandex.ru)

Новоселова Ольга Викторовна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики и
строительной аэродинамики

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)
(129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, e-mail: 012340@mail.ru)

Аннотация. Строительство подземных сооружений, сопровождается высоким уровнем запыленности производственной среды и возможностью возникновения общих и профессиональных заболеваний. Для закрепления грунтов при строительстве тоннелей с применением проходки щитовым методом готовят композитные растворы, которые состоят из цемента и бентонита. В работе предложено для замены части цемента использовать золу от сжигания мазута, которая в настоящее время не утилизируется. При приготовлении композитного раствора обычно в предварительно замоченную суспензию бентонита вводят золу, после чего при перемешивании вносят рассчитанное количество цемента и для сокращения сроков схватывания смеси добавляют жидкое стекло. При введении компонентов композитного раствора происходит сильное запыление рабочего помещения, в результате чего частицы попадают в дыхательную систему работников, вызывая заболевания верхних дыхательных путей, приводящие к возникновению профессиональных заболеваний легких.

В статье приводится химический и гранулометрический состав компонентов композитного раствора и их фитотоксичность. Установлено, что по степени токсичности исследуемые вещества располагаются в ряд: зола мазутная > цемент > бентонит. Предложен новый способ приготовления композитного раствора, по которому предварительно готовили при сухом перемешивании смесь, перемешивали её с водой и затем добавляли жидкое стекло. При загрузке компонентов достигается снижение содержания пыли в рабочем помещении. Определена фитотоксичность тампонажных систем с заменой 40% цемента мазутной золой при различном смешивании компонентов и сравнивали с композитным образцом без добавок. Установлено, что токсичность образца с 40% заменой цемента мазутной золой практически не отличается от контрольного образца без добавок, что доказывает его экологическую безопасность для окружающей среды и для работников осуществляющих строительство и ремонт подземных строительных конструкций.

Ключевые слова: Пылевой фактор, тоннельные рабочие, химический, гранулометрический состав мазутной золы, бентонита, цемента, фитотоксичность, новый способ получения композитных растворов, экологическая безопасность.

REDUCING THE IMPACT OF DUST FACTOR WORKING ENVIRONMENT FOR TUNNEL WORKERS IN THE SUBWAY CONSTRUCTION

© 2018

Matveeva Tamara Vladimirovna, senior teacher of the chair «Technosphere safety»
Russian University of transport (root (Meet)) Russian open Academy of transport
(125315, Russia, Moscow, Chasovaya Street, 22/2, e-mail: naeri88@mail.ru)

Zubrev Nikolay Ivanovich, candidate of technical Sciences; Professor of the chair «Technosphere safety»
Russian University of transport (root (Meet)) Russian open Academy of transport
(125315, Russia, Moscow, Chasovaya Street, 22/2, e-mail: nZubrev@mail.ru)

Ustinova Marina Vladimirovna, candidate of technical Sciences, associate Professor of the chair
«Technosphere safety»

Russian University of transport (root (Meet)) Russian open Academy of transport
(125315, Russia, Moscow, Chasovaya Street, 22/2, e-mail: mellstar@mail.ru)

Sachkova Oksana Sergeevna, Leading researcher at the laboratory of Municipal hygiene and epidemiology of FSUE vniizhg Rospotrebnadzor, head of EC «Environmental certification», doctor of technical-scientific research Professor of the chair «Technosphere safety»

*Russian University of transport (root (Meet)) Russian open Academy of transport
(125315, Russia, Moscow, Chasovaya Street, 22/2, e-mail: vniihg@yandex.ru)*

Novoselova Olga Viktorovna, candidate of physical and mathematical Sciences, associate Professor the Department of physics and building aerodynamics,

*National islets Moscow State University of civil engineering (NIU MGSU)
(129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, e-mail: 012340@mail.ru)*

Abstract. Construction of underground facilities is accompanied by a high level of dust production environment and the possibility of general and occupational diseases. To consolidate the soil in the construction of tunnels using shield tunneling method prepare composite solutions, which consist of cement and bentonite. It is proposed to use ash from fuel oil burning, which is not currently utilized, to replace a part of cement in the work. When preparing a composite solution, ash is usually introduced into the pre-soaked suspension of bentonite, after which the calculated amount of cement is introduced with stirring and liquid glass is added to reduce the setting time of the mixture. When the components of the composite solution are introduced, there is a strong dusty of the work space, as a result of which the particles enter the respiratory system of workers, causing upper respiratory tract diseases that lead to occupational lung diseases.

The article presents the chemical and granulometric composition of the components of the composite solution and their phytotoxicity. It was found that the degree of toxicity of the studied substances are arranged in a row: fuel oil ash > cement > bentonite. A new method of preparation of a composite solution is proposed, according to which the mixture was pre-prepared with dry stirring, mixed with water and then added a liquid glass. When loading components, the dust content in the work space is reduced. Phytotoxicity of plugging systems with replacement of 40% of cement of fuel-oil ash at various mixing of components is defined and compared with a composite sample without additives. It was found that the toxicity of the sample with 40% replacement of cement with fuel oil ash is almost identical to the control sample without additives, which proves its environmental safety for the environment and for workers engaged in the construction and repair of underground building structures.

Keywords: Dust factor, tunnel workers, chemical, granulometric composition of fuel oil ash, bentonite, cement, phytotoxicity, a new method of producing composite solutions, environmental safety.

Строительство подземных сооружений, сопровождаются высокими уровнями запыленности производственной среды и возможности возникновения общих и профессиональных заболеваний [1-6]. Все это требует обеспечение безопасности как производственной, так и экологической в общей системе управления [21,22].

Для укрепления грунтов при строительстве тоннелей с применением проходки щитовым методом готовят композитные растворы, которые могут состоять из цемента и бентонита. В последнее время для замены части цемента используют золу от сжигания угля [7-10]. Однако их применение носит ограниченный характер, обусловленный непостоянным составом золы от сжигания угля, так как он зависит от вида и качества добываемого сырья.

На тепловых электростанциях и котельных наряду с другими видами топлива используется топочный мазут, при этом образуется летучая зола, опасная для окружающей среды, которая в настоящее время не утилизируется.

Предыдущими исследованиями доказана возможность замены 40% цемента золой, образующейся при сжигании топочного мазута [11,12].

При приготовлении композитного раствора обычно в предварительно замоченную 5%-ную суспензию бентонита вводят золу, после чего при перемешивании вносят рассчитанное количество цемента и для сокращения сроков схватывания смеси добавляют жидкое стекло. При введении таких компонентов композитного раствора как зола и цемент происходит сильное запыление рабочего помещения, в результате чего частицы попадают в дыхательную систему ра-

ботников, вызывая аллергические реакции и заболевания верхних дыхательных путей, и возможность возникновения профессиональных заболеваний легких.

В работе использовали золу от сжигания топочного мазута 100, IV вида, зольный, с температурой застывания 25°C (42°C), портландцемент марки М500 и бентонит марки П2Т2А Зырянского месторождения.

Рентгенофлуоресцентным методом был определен химический состав золы от сжигания мазута, цемента и бентонита. Установлено что в состав золы в основном входят мг/кг: Cu – 590; Zn – 148; Pb – 131; Cr – 216; As – 11; Sr – 23; Ni – 6997; MgO – 2200; K₂O – 600; Fe₂O₃ – 512300; CaO – 7100; SiO₂ – 14900; Al₂O₃ – 4800 и; S – 143100. Расчетным методом установлено, что зола от сжигания мазута относится к четвертому классу для окружающей среды и к третьему для здоровья человека.

Другим опасным компонентом для здоровья тоннельных рабочих является цементная пыль. В химическом составе цемента содержатся оксиды и тяжелые металлы, мг/кг: SiO₂ – 421480; TiO₂ – 4157,6; Al₂O₃ – 74762; Fe₂O₃ – 24650; MnO – 1139,6; MgO – 39626; K₂O – 12186.

Химический состав бентонита состоит в основном из оксидов мг/кг: SiO₂–533000; Al₂O₃–181000; Fe₂O₃–28000; CaO–11260; MgO–20300.

На возможность проникновения частиц пыли золы и цемента оказывает влияние распределение размеров частиц, которые проводили методом лазерной дифракции согласно ISO 13320-1:2009.

При подготовке проб для анализа применялся ультразвуковой режим диспергирования анализируемых

образцов. Для каждого образца проводилось несколько испытаний для контроля повторяемости получаемых результатов. Выходные данные результатов измерений представлены в виде таблиц, интегральных и дифференциальных кривых распределения частиц по размерам.

Для исследования гранулометрического состава образец «зола мазутная» предварительно отсеивалась на сите с ячейкой 315 мкм. Через сито прошло 40,04 % по массе. В дальнейшем, прошедший через сито остаток анализировался методом лазерной дифракции.

На основе интегральных и дифференциальных распределений определен средний размер частиц компонентов композитного раствора и удельная поверхность (таблице 1).

Таблица 1 – Гранулометрический состав частиц компонентов композитного раствора

Образец	Максимальный размер частиц d_{95} , мкм	Средний размер частиц d_{50} , мкм	Частиц меньше 2 мкм, % по массе	Удельная поверхность S (m^2/g)
Цемент	56,828	15,061	12,95	13504
Бентонит	12,270	2,969	34,23	29218
Зола	115,984	42,187	4,28	5002

Наименьший средний размер имеют частицы бентонита, а наибольший зола, соответственно изменяется и их удельная поверхность частиц.

По данным авторов [13] установлено, что при эксплуатации ТЭС в атмосферный воздух с летучей золой поступает порядка 10% тяжелых металлов. Частицы такого размера проникают в растения, организмы животных и человека, распределяются по органам и тканям, растворяются в биожидкостях, достигая мишеней биологического действия.

Наночастицы, входящие в состав летучей золы, обладают высокой биологической активностью, легко проникают в организм живых систем, разносятся по всем органам и тканям.

Так, 80% частиц диаметром 0,5-5 мкм проникает в дыхательные отделы легких и, поглощаясь альвеолярными макрофагами, поступает в кровь и ткани организма, при длительной экспозиции способствуя возникновению ряда заболеваний. Более крупные частицы (>5 мкм) задерживаются в полости носа, более мелкие (<0,5 мкм) в дыхательных путях не оседают, человек их выдыхает. Считается, что основная масса частиц летучей золы попадает в организм через верхние дыхательные пути. Частицы диаметром до 0,1 мкм могут проникать через кожный покров, попадать в капилляры и разноситься кровотоком по органам и тканям [14].

При контакте с цементной пылью страдают кожа, глаза и дыхательные пути человека. На коже часто появляется сухость и как следствие могут появиться микротрещины, которые будут являться «входными воротами» для инфекции, часто возникают дерматиты (воспаление кожи), так же может происходить, закупорка сальных протоков, и как следствие будут возникать гнойничковые заболевания кожи. Глаза страдают от раздражения, сухости и как следствие часто возникает конъюнктивит, отек и воспаление слизистой глаза. При вдыхании цементной пыли будет раздражение

слизистой дыхательного тракта. Осложнение – это легочные заболевания, часто бронхиты [15,16].

Компоненты композитного раствора были проверены на фитотоксичность на проростках редиса *Raphanus sativus* [17,18].

Для определения фитотоксичности образцов готовили специальную вытяжку. Для этого образцы цемента, золы и бентонита просеивали, заливали дистиллированной водой и встряхивали суспензию в течение 1 часа. После отстаивания и фильтрации в полученный водный экстракт высевали семена редиса. В качестве контроля проводили высевок семян в дистиллированной воде.

Через 72 часа после постановки проб проводили подсчет проросших семян и измеряли длину корня проростков. Число повторности в эксперименте три для каждого варианта.

По степени токсичности исследуемые вещества располагаются в ряд: зола мазутная > цемент > бентонит. Причем, токсичность золы и цемента оказалась практически сходной, что может быть обусловлено их химическим составом, а именно, наличием в них широкого спектра тяжелых металлов. Результаты всхожести показывают, что цемент не только в высокой степени ингибируют рост и развитие растений, но и отрицательно сказываются на всхожести семян, а зола приводит к полной гибели растений. Наименее токсичным из других компонентов композитного раствора оказался бентонит (коэффициент токсичности – 56,5%), а зола является самым опасным веществом (коэффициент токсичности – 100%) [19].

Предложен новый способ приготовления тампонажного композитного раствора по которому предварительно готовили при сухом перемешивании смесь, перемешивали её 20 минут с водой и затем добавляли 5% к общей смеси жидкое стекло [17]. При этом достигается ликвидация такого отрицательно свойства золы как слеживаемость и уменьшение содержания пыли в рабочем помещении при загрузке компонентов в емкость для приготовления композитного раствора.

Для этого изучали фитотоксичность тампонажных систем с заменой 40% цемента мазутной золы при различном смешивании компонентов и сравнивали с композитным образцом без добавок.

Установлено, что композитный раствор, приготовленный по новой технологии, имел токсичность меньшую, чем образец, приготовленный без добавок.

Необходимо отметить, что токсичность образца с 40% заменой цемента мазутной золой незначительно отличается от контрольного бентонито-цементного образца без добавок, что доказывает его экологическую безопасность для окружающей среды и для работников осуществляющих строительство и ремонт подземных строительных конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Бацукова, Н.Л. Профилактика профессиональной заболеваемости работников метрополитена / Н.Л. Бацукова [Электронный ресурс] // Белорус. гос. мед. инст. – Режим доступа: <http://www.bsmu.by/files/category12/201/> (дата обращения 10.05.2015).

2. Сазонова, А.М. Особенности охраны труда при работах на подземных объектах / А.М. Сазонова // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2015. – № 1 (42). – С. 109–114.
3. Ковшило, В.Е. Гигиена труда при строительстве метрополитена / В.Е.Ковшило // Материалы 1-ой Всесоюзной конференции по гигиене труда в строительстве. – Л., 1966. – С.52–53.
4. Конова, Л.Н. Технологическая безопасность при сооружении тоннелей метрополитена: дис. ... канд. тех. наук: 05.26.01 / Конова Любовь Николаевна. – М., 1999 – С. 28.
5. Оценка условий труда, профессионального риска, состояния профессиональной заболеваемости и производственного травматизма рабочих угольной промышленности / Н.П. Головова, А.Г.Чеботарёв, Н.О. Каледина, Н.А. Хелковский-Сергеев // Сборник статей Горного информационно-аналитического бюллетеня. – 2011. – N 7. – С. 9-40.
6. Сазонова, А.М. Исследования пылевого фактора производственной среды метрополитена А.М. Сазонова// Современные подходы к обеспечению гигиенической, санитарно-эпидемиологической и экологической безопасности на железнодорожном транспорте: сборник трудов ученых и специалистов транспортной отрасли, II выпуск – М.: ВНИИЖГ, 2016. – С. 79-85.
7. Белякова Е.А., Калашников В.И., Москвин Р.Н., Белякова В.С. Техносферная безопасность утилизации зол-уноса ТЭЦ в бетонах Вестник ПГУАС: Строительство, Наука и Образование № 1 (2) 2016 с.11–16.
8. Ляпидевский Б.В., Никитин А.В., Родина Г.П., Бадамшин С.О. Инъекционные составы для заблочного и затрубного пространства коллекторных тоннелей. – М.: Сборник технической информации «Наука – московскому строительству». №2, 2008. – 35–45с.
9. Чулкова И.Л. Обоснование использования золы при производстве бетонных работ / И.Л. Чулкова, СМ. Кузнецов // Транспортное строительство. – 2009. – № 8. – С. 21–25.
10. Новые направления использования зол ТЭЦ в порошково-активированных бетонах нового поколения / В.И. Калашников, О.В. Тараканов, Е.А. Белякова, М.Н. Мороз // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – №3(17). – С. 22–27.
11. Матвеева Т.В. Использование золы от сжигания мазута в композитных растворах для строительства / Т.В. Матвеева, Н.И. Зубрев, М.В. Устинова // Международный научно-исследовательский журнал / Екатеринбург, 2015. – № 9(40) часть 2. – С. 61–64.
12. Зубрев Н.И., Матвеева Т.В., Устинова М.В., Леонова Д.А. Изменение структурообразование композитных растворов при выщелачивании серы из золы от сжигания мазута / Научное обозрение №8, 2016. С.19–22.
13. Кизильштейн Л.Я., Левченко С.В. Элементы примеси и экологические проблемы угольной энергетики // Теплоэнергетика. – 2003. – № 12. – С. 14–19.
14. Глущенко Н.Н., Луценко Н.Н. Ольховская И.П. Экологическая безопасность энергетики. Свойства частиц летучей золы ТЭС, работающих на угле. Известия академии наук. Энергетика №1, 2014.
15. Ибраев С.А., Отаров Е.Ж., Жарылкасын Ж.Ж., Мухалиева Ж.Ж. Гигиеническая оценка условий труда рабочих цементного производства // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 3–1. – С. 66–68.
16. Семенов А.С., Попов Е.Н., Малахов Д.Ю. Влияние цементной пыли на организм человека. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований / Выпуск № 2 / 2012. С. 93–94.
17. П.Ю. Галицкая, С.Ю. Селивановская, Р.Х. Гумерова, Тестирование отходов, почв, материалов с использованием живых систем. Казанский университет, Казань, 2011. 47 с.
18. Бурак В.Е. Результаты эколого-биологической оценки золы Белобережской ТЭЦ на пригодность к применению в качестве компонента строительных материалов // Проблемы природообустройства и экологической безопасности. – Брянск: БГСХА, 1997. – С. 46–50.
19. Крошечкина И.Ю., Зубрев Н.И., Матвеева Т.В., Локтионова Е.В. Биологическая диагностика строительных композитов с использованием живых систем Сборник материалов VIII международной научно- практической конференции Актуальные проблемы социально-экономической и экологической безопасности Поволожского региона Казань: Издательский дом « Мир без границ» 2016 – С. 65–68.
20. Зубрев Н.И., Аксенов В.А., Устинова М.В., Матвеева Т.В., Буц В.П. Патент на изобретение № 2645691. Способ получения тампонажного раствора 2018 г.
21. Шарков Т.А., Ефремова С.Ю. Управление экологической безопасностью в области снижения образования отходов производства // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2012. № 29. С. 405–407.
22. Ефремова С.Ю., Шарков Т.А., Лукьянец О.В. Аспекты создания эффективной системы управления антропогенным воздействием на окружающую среду на предприятии // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2011. № 25. С. 572–574.

Статья поступила в редакцию 11.05.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 658.345

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛА
ПОД ДЕЙСТВИЕМ МЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И КОРРОЗИИ
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГАЗОВЫХ БАЛЛОНОВ**

© 2018

Тразанов Александр Викторович, начальник цеха

ООО «Новоуренгойский газохимический комплекс»

(629305, Россия, г. Новый Уренгой, ул. Южная, 2-А, e-mail: alex05tn588@yandex.ru)

Таранцева Клара Рустемовна, доктор технических наук

профессор кафедры «Биотехнологии и техносферная безопасность»

Пензенский государственный технологический университет

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

Красная Елена Геннадьевна, кандидат технических наук

доцент кафедры «Биотехнологии и техносферная безопасность»

Пензенский государственный технологический университет

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

Полянскова Екатерина Александровна, кандидат биологических наук

Доцент кафедры «Биотехнологии и техносферная безопасность»

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова / ул. Гагарина, 1а / 11, e-mail: polyanka05@mail.ru)

Аннотация. Исследованы закономерности и критерии оценки разрушения материала газовых баллонов от действия механических нагрузок и коррозии. Показано, что баллоны для сжиженных газов являются источником повышенной техногенной и экологической опасности, при этом наибольшую опасность представляет мгновенное нарушение герметичности, вызываемое механическим или коррозионным повреждением, а также изнашиванием материала как наружных, так и внутренних стенок баллона. Поэтому для обеспечения надежности газовых баллонов в течение заданного срока службы необходимо обеспечить высокие эксплуатационные свойства изделия, что в первую очередь определяется корректным выбором материала, точностью расчетов при проектировании и соблюдением основных требований при эксплуатации сосуда и его поверках. Кроме того, необходимо корректное определение состояния баллона в процессе его эксплуатации и технического обслуживания, поскольку недостоверная оценка остаточного ресурса изделия приводит к авариям и возникновению нештатных ситуаций. Показано, что качество прогнозирования и достоверность оценки остаточного ресурса материала во многом зависит от применяемых методов исследования и контроля структуры, способов определения физико-механических и эксплуатационных свойств материала, а также качества контроля состояния диагностируемой поверхности. Проведена оценка степени их изнашивания газовых баллонов в процессе освидетельствования и методика исследования.

Ключевые слова: закономерности, критерии, материал, структура, изнашивание, коррозии.

**INVESTIGATION OF REGULARITIES AND CRITERIA FOR EVALUATING THE DESTRUCTION
OF MATERIAL FROM THE ACTION OF MECHANICAL LOADS AND CORROSION
TO PROVIDE THE SAFETY OF GAS CYLINDERS**

© 2018

Trazanov Alexander Viktorovich, head of the shop

Novourengoye Gas and Chemical Complex LLC

(629305, Russia, Novy Urengoy, Yuzhnaya Street, 2-A, e-mail: alex05tn588@yandex.ru)

Tarantseva Klara Rustemovna, Doctor of Technical Sciences

Professor of the Department of Biotechnology and Technospheric Security

Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baidukova Avenue / Gagarina Street, 1a / 11, e-mail: krtar@bk.ru)

Krasnaya Elena Gennadievna, Candidate of Technical Sciences

Assistant Professor of the Department of Biotechnology and Technospheric Security

Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baidukova Avenue / Gagarina Street, 1a / 11, e-mail: krasna-elena@mail.ru)

Polyanskova Ekaterina Aleksandrovna, Candidate of Biological Sciences

Assistant Professor of the Department of Biotechnology and Technospheric Security

Penza State Technological University

(440039, Russia, Penza, Baidukova Avenue / Gagarina Street, 1a / 11, e-mail: polyanka05@mail.ru)

Abstract. The regularities and criteria for estimating the destruction of the material of gas cylinders from the action of mechanical loads and corrosion are investigated. It has been shown that cylinders for liquefied gases are a source of increased man-made and environmental hazards, with the greatest danger being the instantaneous leakage failure caused by mechanical or corrosion damage, as well as the wear of the material of both the outer and inner walls of the cylinder. Therefore, to ensure the reliability of gas cylinders during a given service life, it is necessary to ensure high perfor-

mance properties of the product, which is primarily determined by the correct material selection, the accuracy of calculations during design and compliance with the basic requirements for the operation of the vessel and its verifications. In addition, it is necessary to correctly determine the state of the balloon during its operation and maintenance, since an unreliable evaluation of the residual life of the product leads to accidents and the occurrence of abnormal situations. It is shown that the quality of forecasting and the reliability of the evaluation of the residual life of a material largely depends on the methods used to study and control the structure, the methods for determining the physic-mechanical and operational properties of the material, and also the quality of monitoring the condition of the surface being diagnosed. The degree of their wear in gas cylinders during the survey and the method of investigation were evaluated.

Key words: regularities, criteria, material, structure, wear, corrosion.

Газовые баллоны являются источником повышенной техногенной и экологической опасности [1-3, 16-20]. Более половины аварий газовых баллонов вызваны потерей герметичности из-за нарушения механической прочности материала. Наибольшую опасность представляет мгновенное нарушение герметичности, вызываемое механическим или коррозионным повреждением, а также изнашиванием материала как наружных, так и внутренних стенок баллона. При разгерметизации баллона вследствие неконтролируемого выброса газа находящегося под избыточным давлением, образуется пожароопасная смесь горючего газа с воздухом, возгорание которой сопровождается образованием факелов горения или единичным взрывом с непредсказуемыми последствиями. Эти разрушения могут быть вызваны, в том числе некорректным определением остаточного ресурса материала газовых баллонов в процессе диагностирования их предельного состояния. Недостовверная оценка остаточного ресурса изделия приводит к авариям и возникновению нештатных ситуаций.

Качество прогнозирования и достоверность оценки остаточного ресурса материала во многом зависит от применяемых методов исследования и контроля структуры, способов определения физико-механических и эксплуатационных свойств материала, а также качества контроля состояния диагностируемой поверхности.

Срок службы и частота отказов (аварий) при работе с конкретным баллоном зависит от множества факторов: химического состава материала баллона, условий его эксплуатации, транспортируемой жидкости или газа и ряда других факторов, одни из которых остаются постоянными (химический состав материала баллона, транспортируемой жидкости или газа), другие меняются в пределах диапазонов их возможных значений [4-9, 11, 17].

Для обеспечения надежности газовых баллонов в течение заданного срока службы необходимо обеспечить высокие эксплуатационные свойства изделия, а это в первую очередь определяется корректным выбором материала, точностью расчетов при проектировании и соблюдением основных требованиях при эксплуатации сосуда и его поверках.

При выборе материалов для изготовления газовых баллонов необходимо учитывать: расчетное давление, минимальную и максимальную температуру стенки, химические характеристики среды, коррозионную стойкость материалов, его технологические свойства.

Для изготовления корпуса металлического газового баллона используют легированную или малоуглеродистую сталь. Материал баллона должен соответствовать температурным условиям эксплуатации. При средней

температуре воздуха наиболее холодной пятидневки, C не ниже $30^{\circ}C$ применяются стали марок – СтЗпсЗ, СтЗспЗ, СтГпсЗ, 15К-3, 16К-3, 18К-3, 20К-3; от $-31^{\circ}C$ до $-40^{\circ}C$ стали марок СтЗпс4, СтЗсп4, СтЗГпс4, 15К-5, 16К-5, 18К-5, 20К-5, 16ГС-3, 09Г2С-3, 10Г2С1; от $-41^{\circ}C$ до $-60^{\circ}C$ стали марок 09Г2С-8, 10Г2С1-8. Стали для изготовления газовых баллонов не должны быть кипящими, они не должны подвергаться старению и должны быть полностью раскисленными. Они должны иметь достаточное химическое сопротивление к агрессивным или охрупчивающим газам.

В процессе технического диагностирования баллона проводится его наружный и внутренний осмотры; измерение внутреннего или наружного диаметра, толщины стенки; выявление коррозионных и эрозийных повреждений, трещин и др., измерение твердости, гидравлические испытания и прогнозирование на основании анализа полученных результатов остаточного его ресурса.

Параметрами технического состояния газовых баллонов являются такие характеристики материалов как предел текучести, временное сопротивление, предел выносливости и др.; результаты гидравлических или пневматических испытаний.

Данная работа посвящена оценке степени изнашивания газовых баллонов в процессе их освидетельствования для оценки их остаточного ресурса. Объектами исследования являются баллоны стальные среднего объема (от 12 до 55 л.) для газов ГОСТ 949, находящиеся в процессе эксплуатации, материал корпуса - сталь углеродистая СтЗГпс4.

Измерения шероховатости поверхности проводились прибором «Сейтроник ПШ8-4 (С.С.)». Осмотр внутренней поверхности производился с применением гибкого управляемого видеоскопа jProbe FX с артикуляцией (поворотом конца зонда). Измерения твердости проводились портативным твердомером «ТЭМП-4».

В настоящее время для оценки степени изнашивания стенок газового баллона используют величины: абсолютный массовый износ образца ΔI , мг; интенсивность изнашивания - отношение абсолютного массового износа образца к количеству абразивного материала, вызвавшего этот износ, $\Delta I/Q$, г/кг.

Количество абразивного материала Q , вызвавшего износ, определяется как:

$$Q = Q_1 \cdot F/F_p \cdot \sin \alpha$$

где Q_1 – масса израсходованного за время опыта абразивного материала (для нашего случая количество дробы воздействующей на поверхность за один цикл обработки); F - площадь изнашиваемой поверхности

образца (для нашего случая площадь внутренней поверхности баллона); F_p - площадь сечения рабочей камеры (площадь внутреннего сечения баллона); α - угол атаки.

Параметры газообразного потока внутри баллона рассчитывается как:

Массовый расход воздуха

$$Q_{m.z.} = a \varepsilon F_0 (2 \rho_l \Delta p')^2,$$

где a - коэффициент расхода; ε - поправочный коэффициент на расширение воздуха; F_0 - площадь сужающего отверстия штуцера, м²; ρ_l - плотность воздуха, кг/м³; $\Delta p'$ - перепад давления в штуцере, н/м².

$$\Delta p' = 12,54 h_{20} q,$$

где h_{20} - разность столбов уравнивающей жидкости, мм.

Плотность потока ρ_n (кг/м³), при $T_n = 293K$; $\rho_n = 1,033 \text{ кг/м}^3$; $\varphi = 0 \%$:

$$\rho_n = \rho_n p_n T_n / p_n T,$$

где, p_n и p_n - абсолютное и нормальное давление потока, кгс/см².

Скорость газообразного потока v_n (м/с) внутри баллона:

$$v_n = Q_{m.z.} / \rho_2 \cdot F_{p.k.},$$

где ρ_2 - плотность потока перед входом в баллон, кг/м³.

Испытания проводились способом дробеструйной очистки пульсирующим потоком дроби в кипящем слое проводились на двух типоразмерах баллонов объемом 50 и 10л, ГОСТ 949 [1-6].

Исходя из анализа и рекомендаций предыдущих исследователей (Р.С. Губер, Б.В. Овчинский) было выбрано время опыта 9 минут, так как данная продолжительность обеспечивает повторяемость результатов испытаний, коэффициент вариации не будет превышать 5% [11]. Количество повторных опытов, для точности экспериментальных исследований в 95%, составляло три опыта, в качестве конечного результата принималось среднее арифметическое значение.

Так как с увеличением массового расхода абразива скорость изнашивания возрастает линейно, а интенсивность изнашивания не изменяется, то для проведения экспериментальных исследований было принято значение массового расхода равное 1,36 кг/м²с [11].

Полученные результаты согласуются с классическими теориями о данных взаимодействиях [12]. Выявлено, что на скорость обработки оказало большое влияние создание вихревых потоков внутри сосуда, что позволило увеличить площадь контакта и снизить угол атаки газообразного потока на поверхность, а следовательно повысить производительность и интенсивность изнашивания в процессе очистки [9,10, 12, 17,18].

Функция изменения параметра шероховатости в течении времени при дробеструйной обработке предлагаемым методом представлена в виде уравнения регрессии

$$y = 2,5 \exp(-0,1x)$$

с коэффициентом детерминации 0,77.

Функция зависимости толщины коррозионного слоя от шероховатости внутренней поверхности

сосуда представлена в виде уравнения регрессии:

$$y = 2,75x^2 - 19,37x + 26,81$$

с коэффициентом детерминации 0,78.

Получена зависимость толщины коррозионного слоя от длительности времени очистки сосуда при давлении воздуха на входе 0,8 МПа, массе дроби - 100гр., определенным в соответствии с зависимостями представленными выше, для баллонов диаметром (Ø) 140 мм, длиной до 1060 мм (1), и Ø219 мм, длиной от 730 до 2000 мм (2) (рисунок 1).

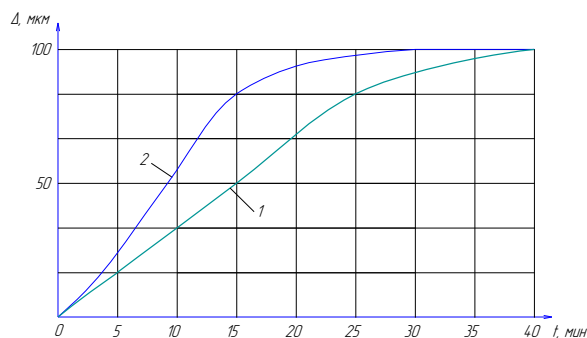


Рисунок 1 – Зависимость толщины коррозионного слоя от длительности времени очистки сосуда для баллонов диаметром Ø140 мм, длиной до 1060 мм (1), и диаметром Ø219 мм, длиной от 730 до 2000 мм (2)

Обработка полученных результатов позволила получить функции зависимости толщины коррозионного слоя от длительности времени очистки сосуда для:

баллонов диаметром 140 мм, длиной до 1060 мм
 $y = 48,91 \ln(x) - 11,13$

с коэффициентом детерминации 0,85,

баллонов диаметром 219 мм, длиной от 730 до 2000 мм

$$y = 50,72 \ln(x) - 0,36$$

с коэффициентом детерминации 0,84.

Полученные данные позволяют с достаточной точностью определять время очистки внутренней поверхности пульсирующим потоком дроби в кипящем слое в зависимости от толщины коррозионного слоя. Установленная зависимость позволяет дать рекомендации по целесообразной работе устройства, для сосудов диаметром 140 мм, длиной до 1060 мм – 30 мин, а для Ø219 мм, длиной от 730 до 2000 мм – 40 мин.

На рисунке 2 представлена зависимость толщины коррозионного слоя от длительности времени очистки сосуда, соответственно для горловины и дна сосуда, при давлении воздуха на входе 0,8 МПа, массе дроби – 100 гр.

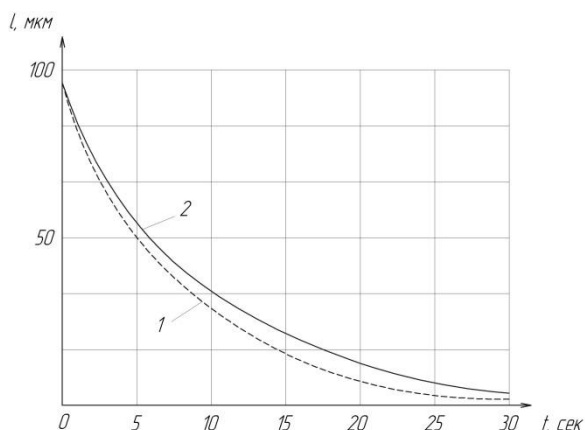


Рисунок 2 – Зависимость толщины коррозионного слоя от длительности времени очистки сосуда 10-200У ГОСТ 949-73 (объем $V=10$ л, $\Phi 140$ мм, $L=900$ мм) для горловины (1) и дна (2) сосуда

Функции зависимости толщины коррозионного слоя от длительности времени очистки сосуда 10-200У ГОСТ 949-73 ($V=10$ л, $\Phi 140$ мм, $L=900$ мм):

для горловины сосуда

$$y=290,18 \exp(-1,12x)$$

с коэффициентом детерминации 0,8

для дна сосуда

$$y=402,4 \exp(-1,47x)$$

с коэффициентом детерминации 0,8.

Таким образом, совершенствование методов исследования структуры внутренней поверхности газовых баллонов за счет внедрения технологии очистки материала пульсирующим потоком дробы в кипящем слое, позволяет установить закономерности и критерии оценки разрушения материала внутренней поверхности от действия механических нагрузок и коррозии и проводить надежное прогнозирование его остаточного ресурса [9,10,17].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Таранцева К.Р., Ветошкин А.Г. Анализ и оценка техногенной безопасности // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2003. № 1. С. 47.
2. Таранцева К.Р., Ветошкин А.Г. Техногенный риск и безопасность: учебное пособие. М., 2015.
3. Таранцева К.Р., Логвина О.А. Расчет рисков по причине коррозии в системе трубопроводного транспорта // Коррозия: материалы, защита. 2009. № 8. С. 17–21.
4. Таранцева К.Р., Пахомов В.В. Критерий питтингостойкости коррозионно-стойких сталей // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2009. №6. С.45–47.
5. Таранцева К.Р., Пахомов В.В. Влияние состава стали на питтингостойкость // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2003. №4. С. 38–40.
6. Таранцева К.Р., Пахомов В.В. Питтинговая коррозия нержавеющей сталей: теория и практика защиты. – Пенза: Пенз. гос. технол. акад., 2006. – 134 с.
7. Таранцева К.Р., Пахомов В.В. Влияние состава среды и температуры на потенциал образования солевой пленки //Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2006. № 12. С. 40–44.
8. Таранцева К.Р., Пахомов В.В. К вопросу выбора критерия питтингостойкости нержавеющей сталей// Физикохимия поверхности и защита материалов. 2010. Т. 46. № 3. С. 301–307.
9. Таранцева К.Р., Логвина О.А., Тразанов А.В. Прогнозирование остаточного ресурса и оценка рисков при использовании газовых баллонов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2016. № 5. С. 45–48.
10. Таранцева К.Р., Логвина О.А. Выбор экстраполирующей функции для оценки глубины коррозионных повреждений // Коррозия: материалы, защита. 2009. № 7. С. 43–47.
11. Бирюков В.И. Абразивное изнашивание газопромышленного оборудования / Бирюков В.И., Виноградов В.Н., Мартиросян М.М., Михайлычев В.Н. – М.:Недра, 1977. – 207 с.
12. Веллинггер Е., Уетц Г. Изнашивание струей абразивного материала. – В кн.: Переводы и обзоры иностранной периодической литературы. М., 1956, №2 (32), 52 с.
13. Кальнер В.Д. Контроль качества термической обработки стальных полуфабрикатов и деталей: Справочник. – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с.
14. Дунин-Барковский И.В., Карташова А.Н. Измерения и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности. – М.: Машиностроение, 1978. – 232 с.
15. Конт-Белло Ж. Турбулентное течение в канале с параллельными стенками. – М.: МИР. – 1968. – 176 с.
16. Будиллов И.Н. Оценка прочности оборудования с учетом локальных дефектов // Нефтепереработка и нефтехимия. 2000. – №1. – С.34–38.
17. Маннапов Р.Г. Прогнозирование ресурса оборудования по изменению параметров технического состояния // Химическое и нефтяное машиностроение, №3 1992.
18. Зайнуллин Р.С. Обеспечение работоспособности оборудования в условиях механохимической повреждаемости. – Уфа: Изд-во Госсообрания РБ. – 1997. – 426 с.
19. Тененбаум М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию. М., «Машиностроение», 1976. 271 с.
20. Розенштейн И.М. Аварии и надежность стальных резервуаров. М.: Недра, 1995. – 253 с.

Статья поступила в редакцию 28.05.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 504.75.05

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОЗДОРОВЛЕНИЮ УСЛОВИЙ ТРУДА ТОННЕЛЬНЫХ РАБОЧИХ

© 2018

Сачкова Оксана Сергеевна, ведущий научный сотрудник лаборатории Коммунальной гигиены и эпидемиологии ФГУП ВНИИЖГ Роспотребнадзора, руководитель ИЦ «Экологической сертификации», д.т.н. профессор кафедры «Техносферная безопасность»

Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ)), Российская открытая академия транспорта (125190, Россия, г. Москва, Часовая улица, 22/2, e-mail: vniihg@yandex.ru)

Матвеева Тамара Владимировна, старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность» *Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ)), Российская открытая академия транспорта (125190, Россия, г. Москва, Часовая улица, 22/2, e-mail: naeri88@mail.ru)*

Зубрев Николай Иванович, кандидат технических наук; профессор кафедры «Техносферная безопасность» *Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ)), Российская открытая академия транспорта (125190, Россия, г. Москва, Часовая улица, 22/2, e-mail: nZubrev@mail.ru)*

Устинова Марина Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность» *Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ)), Российская открытая академия транспорта (125190, Россия, г. Москва, Часовая улица, 22/2, e-mail: mellstar@mail.ru)*

Кашинцева Валентина Львовна, кандидат физико-математических наук; доцент кафедры физики и строительной аэродинамики,

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ) (129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, e-mail: kashintseva_v@mail.ru)

Аннотация. В большинстве крупных городов основным видом общественного транспорта является метрополитен. В связи с этим все больше расширяются объемы его строительства, а так же увеличивается число тоннельных рабочих и поэтому все большее значение приобретает проблема оптимизации условий их труда. Основной профессиональной группой строителей метро являются тоннельные рабочие. Строительство тоннелей и метрополитенов относится к наиболее сложным видам строительного производства. Разработана технология проходческих работ в зависимости от гидрогеологических особенностей и особенностей застройки города. Проходка может вестись двумя способами, открытым способом с привлечением различной современной техники и закрытым способом, при котором степень механизации значительно ниже. Более совершенным способом проходки подземных тоннелей является щитовой с использованием горнопроходческих комплексов. Проходческая бригада, кроме обслуживания щита, занята укладкой стеновых колец тоннеля, нагнетанием композитного раствора за поставленные кольца, наращиванием путей и другими технологическими операциями. На проходчика практически при всех видах проходки воздействует комплекс неблагоприятных факторов условий труда, таких как шум, вибрация, пыль, токсические вещества в воздушной среде, неудовлетворительный микроклимат, плохая освещенность рабочих мест и ряд других факторов. Для закрепления грунтов при строительстве тоннелей с применением проходки щитовым методом готовят композитные растворы, которые состоят из цемента, золы и бентонита. При приготовлении композитного раствора происходит сильное запыление рабочего помещения, в результате чего частицы попадают в дыхательную систему работников, вызывая заболевания верхних дыхательных путей, приводящие к возникновению профессиональных заболеваний легких. В статье предложен новый способ приготовления композитного раствора, по которому предварительно готовили при сухом перемешивании смесь из цемента, золы и бентонита. При загрузке компонентов в виде сухой смеси достигается снижение содержания пыли в рабочем помещении. Кроме того в статье приводится анализ влияния комплекса неблагоприятных факторов на состояние здоровья проходчиков. Оценка проводилась по показателям состояния их иммунологического статуса при изучении заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

Ключевые слова: Условия труда, тоннельные рабочие, неблагоприятные факторы, композитные растворы, запыленность, заболеваемость с временной утратой трудоспособности.

DEVELOPMENT OF MEASURES FOR IMPROVING THE WORKING CONDITIONS OF TUNNEL WORK

© 2018

Sachkova Oksana Sergeevna, Leading researcher at the laboratory of Municipal hygiene and epidemiology of FSUE vniihg Rospotrebnadzor, head of EC «Environmental certification», doctor of technical-scientific research Professor of the chair «Technosphere safety»

Russian University of transport (root (Meet)) Russian open Academy of transport (125315, Russia, Moscow, Chasovaya Street, 22/2, e-mail: vniihg@yandex.ru)

Matveeva Tamara Vladimirovna, senior teacher of the chair «Technosphere safety» *Russian University of transport (root (Meet)) Russian open Academy of transport (125315, Russia, Moscow, Chasovaya Street, 22/2, e-mail: naeri88@mail.ru)*

Zubrev Nikolay Ivanovich, candidate of technical Sciences; Professor of the chair «Technosphere safety» *Russian University of transport (root (Meet)) Russian open Academy of transport (125315, Russia, Moscow, Chasovaya Street, 22/2, e-mail: nZubrev@mail.ru)*

Ustinova Marina Vladimirovna, candidate of technical Sciences, associate Professor of the chair «Technosphere safety»

*Russian University of transport (root (Meet)) Russian open Academy of transport
(125315, Russia, Moscow, Chasovaya Street, 22/2, e-mail: mellstar@mail.ru)*

Kashintseva Valentina Lvovna, candidate of physical and mathematical Sciences; associate Professor the Department of physics and building aerodynamics,

*National islets Moscow State University of civil engineering (NIU MGSU)
(129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, e-mail: kashintseva_v@mail.ru)*

Abstract. In most major cities, the main mode of public transport is the metro. In this regard, the volume of its construction is increasing, as well as the number of tunnel workers, and therefore the problem of optimizing their working conditions is becoming more and more important. The main professional group of builders of the subway is tunnel workers. The construction of tunnels and subways is one of the most complex types of construction production. The technology of tunneling works depending on the hydrogeological features and features of the city. Sinking can be carried out in two ways, an open way with the involvement of various modern technology and a closed way, in which the degree of mechanization is much lower. More perfect way of underground tunnel excavation is a shield method with the use of mining complexes. In addition to the maintenance of the shield heading team is busy by laying the wall rings of the tunnel, Plenum composite solution for the supplied rings, build paths and other technological operations. In almost all types of sinking, the sinker is affected by a complex of adverse factors of working conditions, such as noise, vibration, dust, toxic substances in the air, poor microclimate, poor lighting of workplaces and a number of other factors. To consolidate the soil in the construction of tunnels using shield method of penetration prepare composite solutions, which consist of cement, ash and bentonite. When preparing a composite solution, there is a strong dusting of the work space as a result of which the particles enter the respiratory system of workers, causing diseases of the upper respiratory tract, leading to occupational diseases of the lungs. The article proposes a new method for preparing a composite solution, which was previously prepared with dry stirring a mixture of cement, ash and bentonite. When loading components in the form of a dry mixture, the dust content in the work space is reduced. In addition, the article provides an analysis of the impact of a set of adverse factors on the health of the sinkers. The assessment was carried out in terms of their immunological status in the study of morbidity with temporary disability.

Keywords: working Conditions, tunnel workers, adverse factors, composite solutions, dustiness, morbidity with temporary disability.

В большинстве крупных городов основным видом общественного транспорта является метрополитен. В связи с этим все больше расширяются объемы строительства метрополитена, а так же увеличивается число тоннельных рабочих и все большее значение приобретает проблема оптимизации их условий труда. Основной профессиональной группой строителей метро являются тоннельные рабочие. Технология проходческих работ в зависимости от гидрогеологических особенностей и особенностей застройки города значительно изменяется. Проходка может вестись двумя способами, открытым способом с привлечением различной современной техники и закрытым способом, при котором степень механизации значительно ниже. Более совершенным способом проходки подземных тоннелей является щитовой с использованием горнопроходческих комплексов. Проходческая бригада, кроме обслуживания щита, занята укладкой стеновых колец тоннеля, нагнетанием композитного раствора за поставленные кольца, наращиванием путей и другими технологическими операциями. На проходчика практически при всех видах проходки воздействует комплекс неблагоприятных факторов, таких как шум, вибрация, пыль, токсические вещества в воздушной среде, неудовлетворительный микроклимат, плохая освещенность рабочих мест и ряд других факторов [1]. Обеспечение безопасности при проведении данных работ, является актуальной проблемой управления безопасностью [19,20].

Состояние воздушной среды подземных выработок зависит от геологических особенностей трассы и способа проходки. Так при взрывных работах находят в

воздухе большое количество окиси углерода и окислов азота. Многолетними исследованиями специалистов ФГУП ВНИИЖГ Роспотребнадзора показано, что при проходке механизированными щитами наиболее существенное загрязнение воздушной среды происходит масляным аэрозолям.

Известно, что при всех работах, связанных с разработкой грунта в воздух попадает большое количество пыли. Пылеобразование при строительстве тоннелей обуславливается главным образом характером грунта, способом производства работ и уровнем механизации. При проходке щитами во влажных породах пыль в забое превышает ПДК в 1,3-1,6 раза, а при проходке в сухих грунтах в 10-20 раз. При буровзрывных работах во влажных породах количество пыли в воздухе превышает ПДК до 4 раз, а в сухих грунтах до 2 раз. Существующая вентиляция, как правило, недостаточно эффективна, так как воздухозаборные устройства находятся от мест пылеобразования на значительном расстоянии.

Для закрепления грунтов при строительстве тоннелей с применением проходки щитовым методом готовят композитные растворы, которые состоят из цемента, золы и бентонита [2,3,4]. При введении компонентов композитного раствора происходит сильное запыление рабочего помещения, в результате чего частицы попадают в дыхательную систему работников, вызывая заболевания верхних дыхательных путей, приводящие к возникновению профессиональных заболеваний легких [5,6,7]. По данным авторов [8] установлено, что при эксплуатации ТЭС в атмосферный воздух с летучей золой поступает порядка 10% тяжелых металлов. Частицы такого размера, проникая в организм человека, распределяются по органам и тканям, рас-

творяются в биожидкостях, достигая мишеней биологического действия.

Входящие в состав летучей золы наночастицы, обладают высокой биологической активностью, легко проникают в организм живых систем, разносятся по всем органам и тканям [9].

При контакте с цементной пылью страдают кожа, глаза и дыхательные пути человека. На коже часто появляется сухость и как следствие могут появиться микротрещины, часто возникают дерматиты (воспаление кожи), так же может происходить закупорка саленных протоков, и как следствие будут возникать гнойничковые заболевания кожи. Глаза страдают от раздражения, сухости и как следствие часто возникает конъюнктивит, отек и воспаление слизистой глаза. При вдыхании цементной пыли будет раздражение слизистой дыхательного тракта. Осложнение – это легочные заболевания, часто бронхиты [10,11,12].

Для снижения запыленности предлагается использовать новый способ приготовления композитного раствора путем введения компонентов (цемента, золы и бентонита) в сухом состоянии.

Актуальной проблемой при строительстве метрополитенов остается также борьба с шумом. Шум создает почти все рабочее оборудование. Несмотря на проведение различных мероприятий по шумопоглощению вентиляционная система является одним из существенных и постоянных источников шума. Звуковое давление на расстоянии 1,5 м от вентилятора превышает допустимые уровни на отдельных частотах до 11 дБ.

На механизированных комплексах несколько источников шума. На рабочих местах проходческой бригады широкополосный шум превышает норму на 12-14 дБ. Более неблагоприятная обстановка наблюдается при использовании ручного механизированного инструмента. Шум, создаваемый пневматическими молотками и перфораторами широкополосный. При работе молотков наибольшее превышение норм на 16-19 дБ имеет место на частотах 500-2000 Гц. Более высокие уровни звукового давления создаются при работе перфораторов, когда превышение допустимых уровней достигает 20-24 дБ.

Не менее важной проблемой является борьба с вибрацией при работе с ручным вибрационным инструментом. Уровни вибрации на рукоятках большинства применяемого вибрационного инструмента не соответствуют санитарным нормам. Так, на рукоятках большинства пневматических молотков уровни вибрации выше нормируемых величин в 2,5-4 раза, а на рукоятках перфораторов в 2-6 раз. Пневмоподдержки практически не применяются, средства индивидуальной защиты недостаточны.

Установлено неблагоприятное влияние параметров микроклимата на тоннельных рабочих. Температура воздуха в тоннелях при обычных способах проходки незначительно колеблется по сезонам года и в среднем составляет от +10 до +12 °С, относительная влажность воздуха колеблется от 65 до 99 %. Наиболее неблагоприятные микроклиматические условия отмечены при проходке тоннелей в целиком замороженных грунтах. При этом температура воздуха в произ-

бойной зоне составляла от +5 до +8°С, а температура породы была около -5°С [13].

Недостаточное внимание при строительстве метрополитенов уделяется созданию оптимального освещения на рабочих местах, а это имеет немаловажное значение при данном виде труда. Рабочие постоянно находятся в условиях, лишенных естественного света, и их работа связана с повышенной опасностью травматизма.

Из факторов, неблагоприятно влияющих на работников, следует отметить в большинстве случаев тяжелый физический труд и сменную работу, включая ночные смены.

Влияние этого комплекса неблагоприятных факторов на состояние здоровья тоннельных рабочих оценивалось по показателям состояния их иммунологического статуса и анализа их заболеваемости с временной утратой трудоспособности [14- 19].

Оценку и анализ состояния общей иммунологической реактивности организма проводили специалисты ФГУП ВНИИЖГ Роспотребнадзора по показателям глубокой аутофлоры кожи, бактерицидной активности слюны, бактерицидной активности кожи. Установлено нарушение иммунологической реактивности по ряду показателей, которые приведены в таблице 1, особенно оно выражено по показателям бактерицидной активности кожи, у 45,9 % тоннельных рабочих в холодный период и у 33,7% в теплый период года.

Таблица 1 – Состояние иммунологического статуса тоннельных рабочих Московского метрополитена

Наименование иммунологического показателя	Сезоны исследований					
	Холодный период года			Теплый период года		
	Количество обследованных лиц	Число лиц с отклонениями	%	Количество обследованных лиц	Число лиц с отклонениями	%
Глубокая аутофлора кожи предплечья	90	16	17,7	96	3	3,1
Бактерицидная активность кожи	73	42	57,7	37	17	45,9
Бактерицидная активность слюны	80	27	33,7	95	23	24,2

Заболеваемость с временной утратой трудоспособности тоннельных рабочих изучалась в динамике за 3 года путем экспертизы больничных листов лиц, проработавших в данной профессии не менее одного года. Объем исследования составил 100% «круглогодных» работающих. Проведенное распределение тоннельных рабочих по возрасту показало преобладание среди работающих лиц молодого возраста до 30 лет (45%) и числа работающих со стажем до 5 лет (62%).

При анализе динамических рядов числа дней и случаев нетрудоспособности на 100 «круглогодных» ра-

бочих обращает на себя внимание рост этих показателей в течение изучаемого периода. Полученные показатели свидетельствуют об уровне заболеваемости «выше среднего» рабочих изучаемых профессий. Был проведен анализ изменения уровня и структуры заболеваемости с временной утратой трудоспособности тоннельных рабочих в разрезе отдельных классов и нозологических форм болезней приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Структура заболеваемости с временной утратой трудоспособности тоннельных рабочих Московского метрополитена

Заболевания	случаи	дни
Болезни органов дыхания (в том числе грипп)	59,14	46,5
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	13,03	15,21
Несчастные случаи, отравления и травмы	9,9	13,2
Болезни органов пищеварения	5,7	8,0
Болезни кожи и подкожной клетчатки	5,26	4,46
Прочие болезни	6,93	12,63
Итого	100,0	100,0

По числу случаев и дней нетрудоспособности тоннельных рабочих ведущее место занимают болезни органов дыхания. При этом среди них наибольший удельный вес по случаям и дням нетрудоспособности составили респираторные заболевания. Указанный факт согласуется с известными данными о ведущей роли респираторных заболеваний в общей структуре временной нетрудоспособности рабочих промышленных предприятий.

На втором месте находятся болезни костно-мышечной и соединительной ткани [20]. Они в основном представлены радикулитами, миозитами, артритами, которые в сумме класса болезней костно-мышечной составили 75,9% случаев. Такие производственные факторы в изучаемой профессиональной группе, как сырость, охлаждение, вибрация, подъем тяжестей, вынужденное положение тела, могут способствовать заболеваемости костей, суставов, мышц и сухожилий.

Высок удельный вес в общей структуре заболеваемости числа случаев и дней нетрудоспособности, связанных с травмами и несчастными случаями. Среди причин потери трудоспособности по рассматриваемому классу заболеваний наиболее часто встречались случаи переломов, вывихов и ушибов конечностей.

Все еще велика доля болезней органов пищеварения в общей доле заболеваемости – третье место по случаям и четвертое по дням нетрудоспособности на 100 работающих. На большинстве участков это зависит от отсутствия возможности получать горячую пищу во время обеденного перерыва.

Таким образом, ведущие неблагоприятные факторы внешней среды оказывают существенное влияние на развитие заболеваемости тоннельных рабочих, ко-

торая находится на уровне «выше среднего». Охлаждающий микроклимат и большое количество пыли в воздухе ведут к повышению уровня респираторных заболеваний. Охлаждение, вибрация и тяжелый физический труд к увеличению болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани. Нерациональная организация рабочих мест, низкие уровни освещенности и тяжелый физический труд к увеличению несчастных случаев. А воздействие масел и частые микротравмы способствуют развитию болезней кожи и подкожной клетчатки.

С целью разработки рекомендаций по оздоровлению труда было проведено анкетирование тоннельных рабочих. Результаты социологического опроса выявили, что наиболее неблагоприятными производственными факторами проходчики считают труд в ночные смены, не всегда удовлетворительную организацию труда, тяжелый физический труд, неблагоприятный микроклимат, вибрацию, шум, запыленность, и др. Большинство опрошенных отметили воздействие не одного, а комплекса неблагоприятных факторов.

Так как при каждом виде проходки, разных технологических процессах преобладают те или иные вредные факторы производственной среды, то рекомендуется внедрять профилактические мероприятия, направленные на оздоровление условий труда. Кроме того, предлагается для снижения запыленности производственных помещений, где готовится тампонажный раствор, использовать современную технологию интегрирования компонентов композитного раствора (бентонит, зола и цемент) в виде предварительно смешанной сухой смеси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Куренкова И.Н. Гигиена труда в железнодорожных тоннелях восточной сибиря // Автореферат. – Иркутск 2013г.
2. Матвеева Т.В. Использование золы от сжигания мазута в композитных растворах для строительства / Т.В. Матвеева, Н.И. Зубрев, М.В. Устинова // Международный научно-исследовательский журнал. – Екатеринбург, 2015. – № 9(40) часть 2. – С. 61–64.
3. Зубрев Н.И., Матвеева Т.В., Устинова М.В., Леонова Д.А. Изменение структурообразование композитных растворов при выщелачивании серы из золы от сжигания мазута / Научное обозрение №8, 2016. С. 19–22.
4. Зубрев Н.И., Аксенов В.А., Устинова М.В., Матвеева Т.В., Буц В.П. Патент на изобретение № 2645691. Способ получения тампонажного раствора 2018 г.
5. Бацукова, Н.Л. Профилактика профессиональной заболеваемости работников метрополитена / Н.Л. Бацукова [Электронный ресурс] // Белорус. гос.мед. инст. – Режим доступа: <http://www.bsmu.by/files/category12/201/> (дата обращения 10.05.2015).
6. Сазонова, А.М. Особенности охраны труда при работах на подземных объектах // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2015. – № 1 (42). – С. 109–114.

7. Ковшило, В.Е. Гигиена труда при строительстве метрополитена / В.Е.Ковшило // Материалы 1-ой Всесоюзной конференции по гигиене труда в строительстве. – Л., 1966. – С.52–53.
8. Кизильштейн Л.Я., Левченко С.В. Элементы примеси и экологические проблемы угольной энергетики // Теплоэнергетика. – 2003. – № 12. – С. 14–19.
9. Глушенко Н.Н., Луценко Н.Н. Ольховская И.П. Экологическая безопасность энергетики. Свойства частиц летучей золы ТЭС, работающих на угле. Известия академии наук. Энергетика №1, 2014.
10. Ибраев С.А., Отаров Е.Ж., Жарылкасын Ж.Ж., Мухалиева Ж.Ж. Гигиеническая оценка условий труда рабочих цементного производства // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 3–1. – С. 66–68.
11. Семиненко А.С., Попов Е.Н., Малахов Д.Ю. Влияние цементной пыли на организм человека // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований / Выпуск № 2 / 2012. С. 93–94.
12. Коди́нец И.Н. Клинико-функциональные особенности патологии органов дыхания у тоннельных рабочих / Е.В. Катаманова, Е.А.Абрамцев, И.Н. Коди́нец и др. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 1 (1). – С. 44-49.
13. Куренкова Г.В. Заболеваемость с временной утратой трудоспособности подземных рабочих Северо-Муйского тоннеля / Г.В. Куренкова, Т.Ю. Ячменева, Е.К. Семенова // Итоги, проблемы и перспективы государственной санитарно-эпидемиологической службы Иркутской области: сб. материалов межрегиональной научно-практической конференции. – Иркутск, 2007. – С. 107–110.
14. Куренкова Г.В. Гигиеническая оценка условий труда подземных рабочих тоннелей БАМа / Г.В. Куренкова, Н.И. Павлова, Л.Ф. Шевченко // Актуальные вопросы обеспечения радиационной безопасности на территории Российской Федерации: сб. докладов и тезисов научно-практической конференции. – М., 2007. – С. 52–53.
15. Куренкова Г.В., Павлова Н.И., Борейко А.Н., Лемешевская Е.П. Гигиеническая оценка факторов производственной среды и трудового процесса рабочих, обслуживающих подземную часть Северомуйского тоннеля // Сибирский медицинский журнал, 2009, № 2. С 83–85.
16. Коди́нец И.Н. Результаты клинического обследования тоннельных работников, подвергающихся комплексному воздействию производственных факторов. – М.: ООО «Реинфо», 2013. – С. 248–250.
17. Коди́нец И.Н. Заболеваемость тоннельных работников, подвергающихся комплексному воздействию неблагоприятных производственных факторов // Современные проблемы охраны окружающей среды и здоровья человека: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию з.д.н. РФ, академика РАЕН, профессора Т.В. Селюжицкий / под редакцией Л.А. Аликбаевой, Л.В. Воробьевой. – СПб.: СЗГМУ им. Мечникова. ОАО «Информационно-издательский центр Правительства Санкт-Петербурга, Петербург», 2012. – С.146–148.
18. Коди́нец И.Н. Особенности нарушения здоровья у работников железнодорожного тоннеля // Автореферат. – Иркутск – 2015 г.
19. Шарков Т.А., Ефремова С.Ю. Управление экологической безопасностью в области снижения образования отходов производства // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2012. № 29. С. 405–407.
20. Ефремова С.Ю., Шарков Т.А., Лукьянец О.В. Аспекты создания эффективной системы управления антропогенным воздействием на окружающую среду на предприятии // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2011. № 25. С. 572–574.

Статья поступила в редакцию 21.05.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 331.45(571.122)

**ИНСТИТУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕГИОНА
(НА ПРИМЕРЕ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА-ЮГРЫ)**

© 2018

Мартынова Дина Юрьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Безопасности жизнедеятельности»

*Сургутский государственный университет
(628406, Россия, г. Сургут, ХМАО, улица Ленина, 1, e-mail: martinova@inbox.ru)*

Исаков Алексей Константинович, кандидат экономических наук,
доцент кафедры «Строительные технологии и конструкции»

*Сургутский государственный университет
(628406, Россия, г. Сургут, ХМАО, улица Ленина, 1, e-mail: akim.1956@mail.ru)*

Аннотация. Описаны тенденции комплексного развития системы охраны труда на предприятиях региона. Предложено определение понятия «институализация системы охраны труда». Указана роль разработки концептуальных нормативно-правовых документов в институализации системы охраны труда региона. В качестве факторов институализации системы охраны труда предложены четыре группы факторов, характеризующих трансформацию деятельности по охране труда в систему устойчивых институтов: функционирование служб, обеспечиваемых компетентными специалистами; функционирование системы обучения и проверки знаний требований охраны труда; системность работы по профилактике рабочих мест; наличие системы управления охраной труда, деятельность профсоюзных организаций по охране труда. Проанализированы перспективы дальнейшего развития системы охраны на предприятиях региона. Сделан вывод о зависимости эффективности профилактики производственного травматизма и профессиональной заболеваемости на предприятиях от степени институализации системы охраны труда.

Ключевые слова: охрана труда, безопасность труда, производственная безопасность, производственные отношения, производственный травматизм, профессиональные заболевания, производственный риск.

**INSTITIALIZATION OF LABOUR PROTECTION SYSTEM AT THE REGIONAL ENTERPRISES
(AT THE EXAMPLE OF KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS OKRUG – UGRA)**

© 2018

Martynova Dina Yurievna, Ph.D in Engineering Sciences, Associate Professor, Department of Life Safety
Surgut State University

(628406, Russia, Surgut, KhMAO, Lenin Street, 1, e-mail: martinova@inbox.ru)

Isakov Alexey Konstantinovich, Ph.D. in Economics, Associate Professor, Department of Building Technologies
& Constructions

Surgut State University

(628406, Russia, Surgut, KhMAO, Lenin Street, 1, e-mail: akim.1956@mail.ru)

Abstract. The article highlights the complex development tendencies of the labour protection system at regional enterprises. The concept definition of "institutionalization of labour protection system" is proposed. It specifies the role of the conceptual normative-legal documents' development in the institutionalization of the regional labour protection system. There are four groups of factors characterizing the labour protection transformation into the sustainable institutions' system, which include: functioning of the services provided by the competent specialists; functioning of the training and examining system for checking the labour protection requirements' knowledge and skills; systematic work at the workplaces' admission; existence of the labor protection system's management; the trade union organization's activity for labour protection. The article analyzes the further perspective for the occupational safety system development at regional enterprises. The authors make a conclusion saying that the efficiency of the industrial traumatism and occupational diseases' prevention at regional enterprises depends on the labour protection system institutionalization's development.

Keywords: labour protection, safe working conditions, industrial security, industrial relations, industrial accidents, occupational diseases, industrial risk.

В условиях современного производства, охрана труда постепенно превращается в самостоятельную и исключительно важную подсистему в структуре организационно-технологических отношений. Представления о содержании охраны труда, как регламента специализированных мероприятий обеспечению приемлемого уровня риска в процессе трудовой деятельности, изменяются в сторону трактовки его как комплексной деятельности технического, управленческого, экономического, юридического характера, образующей специфическую сферу в системе общественного производства. Необходимость именно комплексного

подхода отмечается в последнее время рядом отечественных исследователей (М.О. Буянова [1], Е.В. Гвоздев [2], О.В. Зонова [3], А.В. Тимашов [4], С.С. Тимофеева [5], Г.З. Файнберг [6]). Особое внимание обращается на способы оценки эффективности такого подхода (Б.Г. Збышко, И.А. Кабанов [7], С.С., Тимофеева, С.П. Какаулин [8]).

Необходимость комплексного подхода к изучению проблем обеспечения жизни и здоровья людей на производстве связана с исключительно сложным характером самой подсистемы охраны труда, как специфической формы организационно-технологических отно-

шений. Известный исследователь Г.З. Файнберг объясняя эту сложность подчеркивает «системность и двойственность большинства явлений в сфере охраны труда, связанных с двойственностью природы человека как биологического существа и как субъекта социальной деятельности, выступающего в сфере социально-трудовых отношений и как субъект живого труда, и как субъект права (работающий), а также двойственностью характера труда, являющегося и целенаправленной деятельностью по созданию новых продуктов или услуг, и социальным правоотношением по поводу труда между работающим и организатором производства» [6, с.12]. Автор совершенно справедливо, на наш взгляд, подчеркивает, что в рамках господствующего «инженерного» подхода к пониманию охраны труда как «техники безопасности» реализовать в полной мере «приоритет жизни и здоровья работника перед целями производства» невозможно. Это можно сделать только в рамках институционализации охраны труда как социально-экономического института, реализующего минимизацию социально приемлемого риска в сфере экономической деятельности общества» [6, с.12].

Значительным шагом на пути такой институциональной деятельности по охране труда в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре, стало принятие «Концепции улучшения условий и охраны труда в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре до 2030 года», принятой постановлением Правительства автономного округа в июне 2014 г. (далее – Концепция).

Снижение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости работающего населения сегодня, выступает необходимой частью выполнения задачи формирования новой модели экономики, поставленной новой редакцией Стратегии социально-экономического развития Ханты-Мансийского автономного округа – Югры до 2030 года [9]. Ханты-Мансийский автономный округ – Югра – один из стратегических регионов России, обеспечивающий энергетическую безопасность страны и накопление необходимых финансовых ресурсов для осуществления модернизации и инновационного развития России, а потому сохранение его трудового потенциала и обеспечение безаварийности производства являются одними из приоритетных задач устойчивого развития России. При этом численность экономически активного населения автономного округа составляет около миллиона человек [10]. Отметим, также, что, помимо высокого уровня индустриального развития на процессы труда в регионе накладываются сложные природно-климатические условия. Компенсация нервной и физической нагрузки в этих условиях требует значительно больших усилий и затрат.

В качестве одной из причин, делающих необходимым системный подход к охране труда, в Концепции указывается относительно высокий уровень производственного травматизма в Югре. Авторы Концепции отмечают, что уровень смертельного травматизма в автономном округе, хотя и незначительно ниже, чем в Российской Федерации и Уральском федеральном округе, но является выше по сравнению с развитыми

странами Западной Европы и Северной Америки [10]. Поэтому основной задачей в Концепции названа необходимость «на основе фундаментальных принципов обеспечения охраны труда и безопасности производства, наилучшей международной и российской практик, критического анализа состояния условий и охраны труда в Ханты-Мансийском автономном округе - Югре научно обосновать и сформулировать стратегию развития системы государственного регулирования условий и охраны труда в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре» [10].

Реализация Концепции предусматривает механизм управления ее проектами и анализ эффективности их выполнения. Один из разработчиков Концепции Г.З. Файнберг подчеркивая важность аналитической работы, пишет: «Методологическую и методическую основу планирования будущего охраны труда в условиях российской действительности должен составлять ретроспективный анализ трансформирующихся социально-экономических явлений и институтов охраны труда» [6, с.12].

Одним из инструментов анализа развития сферы охраны труда выступает сбор и обработка статистической информации. Данные социологических опросов дополняют картину, предоставляемой статистикой, поскольку, «среди корпораций, предоставляющих нефинансовую отчетность, совсем мало тех, которые относятся к секторам экономики с высоким уровнем смертельного травматизма» [11, с.265]. Необходимо отметить, что в Ханты-Мансийском автономном округе представлены отрасли промышленности, при допуске к работам в которых, к работникам предъявляются повышенные требования безопасности труда [12], например работы на высоте на буровых вышках методом канатного доступа [13,14,15].

Такого рода исследовательскую работу в Ханты-Мансийском автономном округе выполняют, в частности, научные подразделения Сургутского государственного университета. Начиная с 2007 г., каждые пять лет, проводятся исследовательские работы по оценке условий и охраны труда на предприятиях и в организациях автономного округа. Первое такое исследование было проведено в 2007 г, второе – в 2012 г., третье – в 2017 г. Первые два исследования были проведены во взаимодействии с Департаментом труда и социальной защиты населения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Основные выводы по этим исследованиям представлены в работах Мартынова М.Ю. и Мартыновой Д.Ю. [16] и [17]

Целью исследований было получение социологической информации о состоянии условий и охраны труда на предприятиях ХМАО – об организации системы управления охраной труда; о работе служб охраны труда по обеспечению требований безопасности условий труда на предприятиях. Методами исследования выступало анкетирование, обеспечивающее сбор актуальной статистической и социологической информации на предприятиях автономного округа. В ходе исследований, в соответствии с выборкой, опрашивалось около

тысячи респондентов. Среди предприятий и организаций, охваченных опросом, примерно десять процентов составляли государственную собственность, около половины – муниципальную, более сорока процентов – частную. Опрашивались руководители предприятий, профсоюзов, наемные работники предприятий и организаций в различных отраслях хозяйства, разных юридических статусов [18,19].

В данной статье, на материалах данных проведенных исследований, мы рассмотрим зависимость эффективности профилактики производственного травматизма и профессиональной заболеваемости на предприятиях от степени институализации системы охраны труда.

Под институализацией системы охраны труда мы будем понимать превращение деятельности по обеспечению безопасности труда и сохранению здоровья наемных работников во время их профессиональной деятельности в устойчивую форму производственных отношений с установленными правилами и нормами их регуляции.

Зависимыми переменными в нашем исследовании будут выступать четыре группы факторов, характеризующих трансформацию деятельности по охране труда в систему устойчивых институтов. Первая переменная – функционирование служб, обеспечиваемых компетентными специалистами. Вторая переменная – функционирование системы обучения и проверки знаний требований охраны труда. Третья переменная – системность работы по профилактике рабочих мест. Четвертая переменная – наличие системы управления охраной труда - деятельность профсоюзных организаций по охране труда, наличие комитетов (комиссий) по охране труда, наличие коллективного договора. В качестве независимых переменных будут выступать степень травматизма и несчастных случаев на производстве, класс риска, форма собственности предприятий и численность работающих.

Если сравнивать результаты, полученные в ходе исследования 2017 г. с результатами предыдущего опроса, то за пять лет, существенно выросло число предприятий, имеющих свою службу или отдел по охране труда с двумя и более специалистами (27% 2012 г. и 34,6% в 2017 г.). На половине предприятий, среднесписочная численность работников которых составляет более 700 чел., имеется собственная служба охраны труда. Кроме того, на каждом шестом предприятии с численностью работников от 250 до 700 чел., также функционируют отделы по охране труда. Наличие одного специалиста по охране труда характерно для большинства малых предприятий с численностью от 26 до 100 человек и средних – до 250 чел.

Среди должностных лиц, на которых возложены обязанности по организации разработки, внедрения и обеспечения системы управления охраной труда на предприятиях, большинство составляют ведущие, главные инженеры, инженеры ОТи ТБ. Кроме них, эти функции выполняют зам генерального директора по ПБИОТ ГО и ЧС, заместители генерального директора по кадровой политике и даже завхозы. Чаще всего должность специалиста по технике

безопасности носит наименование «инженер по охране труда» или «инженер по охране труда и технике безопасности».

Большинство специалистов проходят регулярные курсы переподготовки. Причем подавляющее большинство прошли переподготовку в течение трех предыдущих лет – 52,9%, еще 23,5% – в прошлом году (2016 г.). Продолжительность курсов, как правило, составляет от 72 до 500 часов (таблица 1).

Таблица 1 – Специальные курсы подготовки, которые прошел специалист по охране труда*

Наименование курсов	% количество
Профессиональная переподготовка (более 500 часов)	17,6
Повышение квалификации (100-500 часов)	38,2
Краткосрочное повышение квалификации (72-100 часов)	2,9
Курсы по охране труда (до 72 часов)	35,3
Обучение за счет средств Фонда социального страхования	2,9
Курсы не прошел	2,9

*для службы охраны труда указывались курсы, которые прошли все специалисты

Большинство опрошенных специалистов считает, что имеющихся у них знаний достаточно. На вопрос: «Имеется ли необходимость в профессиональной переподготовке специалистов по охране труда (программа более 500 часов, вечерняя форма обучения, диплом государственного образца о профессиональной переподготовке специалиста)?», подавляющее большинство – 86,4 % ответило, что такой необходимости нет.

В то же время, следует отметить существенную проблему связанную с текучестью кадров. Несмотря на то, что на большинстве предприятий сами отделы по охране труда функционируют достаточно давно, опрос показал, что в 75% случаев с момента возникновения предприятия, «текучка кадров» в них достаточно велика: 22,4% специалистов по охране труда имеют стаж работы по специальности менее года, 35% специалистов - стаж работы более 5 лет.

Ответственность за организацию, своевременность обучения по охране труда и проверку знаний требований охраны труда работников организаций, несет работодатель, в порядке, установленном законодательством Российской Федерации. Судя по результатам опроса, руководством предприятий автономного округа в подавляющем большинстве случаев – 95,7%, дается положительная оценка эффективности функционирования системы управления охраной труда.

На 91,3% предприятий принят нормативный документ о системе управления охраной труда, политики предприятия в области обеспечения безопасных условий труда. В 61,9% случаев – это приказ по предприятию, а в 28,6% – принятое Положение об организации работы по охране труда.

Как выяснилось по результатам исследования, три четверти предприятий формируют ежегодный план по

обучению в области охраны труда, базирующийся на результатах анализа потребностей в обучении. В восьмидесяти процентах случаев потребность в обучении персонала, формируется на сопоставлении реальных знаний, умений и навыков работника в области охраны труда с профессионально-должностными требованиями.

На подавляющем большинстве предприятий организована подготовка, переподготовка и повышение квалификации персонала и контроль качества обучения в области охраны труда с использованием специально разработанной автоматизированной системы. В специализированном Центре обучения охране труда прошли обучение 61,9% специалистов. На 28,6% предприятий имеется собственная автоматизированная система обучения охране труда. Лишь на 10% предприятий, такую систему не используют.

В целом система охраны труда обеспечивает в полном объеме обучение по охране труда, в соответствии с должностными обязанностями. В то же время, если рассматривать данные в зависимости от класса профессионального риска, то имеются некоторые предприятия с достаточно высоким классом риска (например, классы 4, 18 и 30), где процент работников, прошедших обучение, сдавших экзамены и получивших удостоверение недостаточен.

Вводный инструктаж по охране труда при поступлении на работу проходили 74% опрошенных работников, более половины (55%) проходят инструктаж периодически, раз в полгода, и почти столько же (52%), проходят обучение по охране труда и оказанию медицинской помощи ежегодно. По действующим Правилам, инструктаж обязателен для всех лиц, принимаемых на работу, а также для работников, которые переводятся работодателем на другую работу. Таким образом, на обследованных предприятиях, практически, все работники проходили обучение технике безопасного труда в той или иной форме, однако имеются предприятия, где вводный инструктаж при приеме на работу не в полной мере охватывает работников.

Более половины предприятий (57%) имеют кабинеты охраны труда, на 92% – имеются стенд или уголок, содержащий информацию, разъясняющую работникам их права и обязанности по охране труда.

В Ханты-Мансийском автономном округе – Югре организована системная работа по проведению аттестации рабочих мест по условиям труда. Аттестующие организаций регулярно проходят обязательную переаккредитацию, проводимую Минздравсоцразвития России. Аттестация рабочих мест по условиям труда включает гигиеническую оценку условий труда, оценку травмобезопасности и обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты. Аттестации подлежат все имеющиеся в организации рабочие места.

Согласно результатам опроса, свыше 53% рабочих мест, аттестованных с оптимальными и допустимыми условиями труда, имеют 48% предприятий. На 20% обследуемых предприятий, нет рабочих мест с вредными и опасными условиями труда. На трети предприятий, рабочие места с вредными условиями составляют более 54%. Предприятия, на которых количество рабочих мест с вредными и опасными услови-

ями труда в пределах от 25% до 50% всех рабочих мест, относятся в основном к нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, строительной отрасли.

Правилами внутреннего трудового распорядка предприятий должен быть установлен соответствующий трудовому законодательству режим труда и отдыха работников. В трудовые договоры предприятие обязано включать характеристику условий труда и компенсации работникам за работу в тяжелых, вредных и (или) опасных условиях труда (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнение сумм ежемесячных выплат за работу во вредных условиях труда (в %) по результатам опросов 2012 г. и 2017 г.

Показатели	Опрос 2012 г.	Опрос 2017 г.
нет ответа	35,5	41,7
менее 100 тыс.	37,6	20,8
от 101 до 500 тыс.	11,2	8,3
от 501 до 5000 тыс.	9,6	4,2
свыше 5000 тыс.	6,1	8,3
Дополнительные дни к отпуску	-	16,7

Системность работы профсоюзов на местах обеспечивается их активным межведомственным взаимодействием с отраслевыми профсоюзами, с органами государственного надзора – Государственной инспекцией труда Ханты-Мансийского автономного округа.

На большинстве обследуемых предприятий (76%) действует профсоюзная организация. Однако, процент тех предприятий, на которых нет профсоюза, остается достаточно высоким – 24%.

Тем не менее, коллективный договор не заключили 9% предприятий. Отсутствие заключенных коллективных договоров в основном характерно для микропредприятий с числом работников до 25 человек. В большинстве коллективных договоров (в 90% случаев) содержится раздел, включающий мероприятия по улучшению условий труда. Можно сделать вывод о том, что нормативно-правовая база, регулирующая трудовые отношения в области безопасности и охраны труда, на обследуемых предприятиях создана. На предприятиях, в которых заключены коллективные договоры, уровень организации работы по охране труда и количество выявляемых нарушений в области условий и охраны труда на порядок ниже по сравнению с теми, кто коллективный договор не заключил.

Особую роль в исполнении общественного контроля за безопасностью труда со стороны профсоюза играет уполномоченное (доверенное) лицо по охране труда профессионального союза. Профком, избрав на профсоюзном собрании уполномоченного по охране труда организует его обучение, обеспечивает законодательными и иными актами по охране труда, способствует исполнению им своих функций по защите прав членов профсою-

за на здоровые и безопасные условия труда. При необходимости защищает с участием вышестоящих профсоюзных структур от неправомерных действий работодателя или его представителей, препятствующих исполнению им своих функций.

Из всего числа обследуемых предприятий, уполномоченные от профсоюзной организации в сфере охраны труда, имеются на 74% из них. На 26% предприятий таких уполномоченных нет. Частично, ситуация объясняется тем, что на некоторых предприятиях нет и профсоюзных организаций.

По мнению руководителей, в целом работу профсоюза в сфере охраны труда можно признать удовлетворительной. Степень активности профсоюза высоко оценили 48% руководителей, 46% считают ее «средней». Неудовлетворительных оценок минимальное количество.

Однако, давая удовлетворительную оценку работе профсоюза, работники отмечали те недостатки и проблемы, которые мешают профсоюзам проявлять большую активность в защите прав работников на безопасный труд. Первая и самая распространенная, по мнению работников, причина – это отсутствие финансовой самостоятельности профсоюзов и их зависимость от руководства предприятий. Вторая по важности причина – недостаточно эффективная организация работы профсоюзов: отсутствие освобожденных профсоюзных работников и отсутствие социальных гарантий выборным профсоюзным работникам. Третья категория причин, связана со слабым желанием всех заинтересованных сторон – работников и лидеров профсоюзов – проявлять должную активность, слабая мотивированность работников к вступлению в профсоюз. Некоторые респонденты отметили низкий авторитет профсоюза среди работников (11% опрошенных), обусловленный недостаточной активностью профсоюзных лидеров в защите прав (13%).

В целом, как показал анализ результатов исследования, институализация системы охраны труда в виде - наличие служб по охране труда на предприятиях, квалификация работающих в них специалистов, обучение охране труда наемных работников, своевременная аттестация рабочих мест и эффективная работа профсоюзных организаций, способствует снижению уровня производственного травматизма, профессиональных заболеваний, материального ущерба от несчастных случаев [20, с. 286]. Причем последний, судя по результатам исследования, имеет наибольшую тенденцию к снижению (таблица 3).

Таблица 3 – Суммарный материальный ущерб от несчастных случаев на предприятиях (в %)

Показатели	Опрос 2012 г.	Опрос 2017 г.
нет ответа	58,3	75,0
менее 100 тыс.	12,5	8,3
от 101 до 500 тыс.	8,3	8,3
Ущерб отсутствует	4,2	8,3

В то же время, исследование выявило ряд проблем в процессах институализации системы охраны труда на предприятиях. Наиболее частые из них:

1. Отсутствие специалистов или служб охраны труда, несоблюдение Межотраслевых нормативов численности работников службы охраны труда, кото-

рые чаще всего объясняли это недостатком финансовых средств.

2. Недостатки в нормативно-правовой базе – отсутствие в коллективном договоре раздела по охране труда (10%), отсутствие Положения о системе управления охраной труда (18%) и Плана по улучшению условий труда (10%).

3. Нарушения в организации обучения основам охраны труда – при проведении вводных инструктажей при приеме на работу (только 76% опрошенных работников сказали о том, что проходили вводный инструктаж), в численности работников, проходящих периодическое обучение с проверкой качества знаний и выдачей удостоверений (лишь 60% обследованных предприятий проводят такое обучение с охватом работников более 70%).

4. Нарушения в соблюдении норм и режимов рабочего времени и отдыха – около 60% предприятий не имеют в штате специалистов по нормированию труда. Хотя 90% предприятий ведут учет сверхнормированного рабочего времени и выплачивают компенсации работникам, занятым сверхурочной работой. А также не имеют выявленных нарушений Трудового кодекса Российской Федерации при привлечении работника к работе за пределами продолжительности рабочего времени, тем не менее, 14% работников, занятых сверхурочно, не получают или не всегда получают за это компенсацию.

5. Нарушения в проведении аттестации рабочих – около 10% обследуемых предприятий имеют нарушения в проведении аттестации по срокам.

6. Примерно 25% опрошенных работников не удовлетворены безопасностью технологического оборудования на предприятии, а также условиями труда, особенно те, кто занят на вредных и опасных работах.

7. Всего лишь 14,2% обследуемых предприятий оформили скидки (надбавки) к страховым тарифам на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний.

8. Всего лишь на 35% предприятий медицинскими осмотрами были охвачены 100% работников. На 15% предприятий доля работников, прошедших медицинские осмотры, была меньше половины от общего числа работников. В открытых ответах руководителей звучали предложения к Правительству округа о снижении платы за прохождение медицинских осмотров, так как сейчас их проведение финансово обременительно для предприятий, к тому же часто медицинский осмотр проводится слишком формально.

Тем не менее, судя по результатам опроса, исследование 2107 г. показало позитивные изменения в системе охраны труда, в том числе, очевидно обусловленные реализацией задач, сформулированных в Концепции. На большинстве предприятий, создана система управления охраной труда. В основном на всех предприятиях с численностью работников до 700 чел., существуют службы, отделы по охране труда, в среднем число специалистов, работающих в этих отделах, составляет 2-5 специалистов. На большинстве малых и средних предприятий, с численностью до 700 работников, работают штатные специалисты по охране труда. Комиссии или комитеты

по охране труда, в которых ведется совместная работа представителей работодателя, профсоюза и работников, созданы на большинстве предприятий, где есть профсоюзы. Нормативно-правовая база в области охраны труда представлена соответствующими разделами коллективного договора, в которых содержатся нормы безопасности труда, продолжительности рабочего времени и отдыха, а также мероприятия по улучшению труда и оздоровлению работников. Кроме того, на большинстве предприятий принято Положение о системе управления охраной труда. В системе управления охраной труда важнейшую роль в общественном контроле за безопасностью труда играют профсоюзные организации и комитеты. Таким образом, можно говорить об успешном процессе институализации системы охраны труда в автономном округе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Буянова М.О. Понятие охраны труда в России и Германии: сравнительный аспект // *Право. Журнал Высшей школы экономики*. – 2016. – № 4. – С. 198–204.
2. Гвоздев Е.В. Обоснование централизованного управления комплексной безопасностью объектов защиты техносферы // *Охрана труда и промышленная безопасность*. – 2017. – №4. – С.97–107.
3. Зонова О.В. Терминологическая дифференциация дефиниций «качество трудовой деятельности» и «качество трудовой жизни» // *Вестник Томского государственного университета. Экономика*. – 2017. – №38. – С.82–90.
4. Тимашов А.В. Подходы к совершенствованию государственного управления охраной труда с учетом перехода на оценку и управление профессиональными рисками // *Государственное управление. Электронный вестник*. – 2013. – № 40. – С.53–61.
5. Тимофеева С.С. Современные методы оценки профессиональных рисков и их значение в системе управления охраной труда // *Охрана труда и промышленная безопасность*. – 2016. – № 1. – С. 14–24.
6. Файнбург Г.З. Как нам реорганизовать управление охраной труда (размышления на пороге перемен) // *Безопасность труда*. – 2018. – № 1. – С. 11–17.
7. Збышко, Б.Г. Методологические подходы к продлению трудового долголетия, работающих во вредных условиях труда (практика применения в ООО «Кирпичный завод Браер») / Б.Г. Збышко, И.А. Кабанов // *Право и современные государства*. – 2017. – № 1. – С.31–40.
8. Тимофеева С.С. Влияние техногенных и социальных рисков на формирование системы управления охраной труда в Иркутской области / С.С. Тимофеева, С.П. Какаулин // *Охрана труда и промышленная безопасность*. – 2016. – №3. – С.22–34.
9. Стратегия социально-экономического развития Ханты-Мансийского автономного округа – Югры до 2030 года (с изменениями на: 09.06.2017) Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/411709517>. (Дата обращения: 7.05.2018).
10. Концепция улучшения условий и охраны труда в Ханты-Мансийском автономном округе - Югре до 2030 года. Режим доступа: <https://deptrud.admhmao.ru/cotsialno-trudovye-otnosheniya/okhrana-truda/354236/kontseptsiya-uluchsheniya-usloviy-i-okhrany-truda-v-khanty-mansiyskom-avtonomnom-okruge-yugre-do-2030>. (Дата обращения: 7.05.2018).
11. Шевченко И.Л. Безопасность труда на рабочем месте и корпоративная социальная ответственность // *Вестник Кемеровского государственного университета*. – 2014. – Т.2. – № 2 (58). – С.264–266.
12. ГОСТ 12.0.004-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения. Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/1200136072>
13. Букалов Г.К. Организация обучения безопасным методам и приемам выполнения работ на высоте / Г.К. Букалов, Е.В. Кривошеина // *Север России: стратегии и перспективы развития материалы II Всероссийской научно-практической конференции*. – 2016. С. 277–280.
14. Кривошеина Е.В. Особенности преподавания специальных дисциплин на примере лекции «Требования охраны труда при проведении работ на высоте» / Е.В. Кривошеина, Г.К. Букалов // *Сборник трудов IX Международной научно-методической конференции «Роль современного университета в технической и кадровой модернизации российской экономики»*. Костромской технологический университет. – 2015. – С. 121.
15. Кривошеина Е.В. Классификация деталей, контактирующих с текстильными стропами, входящими в состав СИЗ при работе на высоте / Е.В. Кривошеина, Г.К. Букалов, П.Н. Рудовский, А.А. Горюнов // *Москва, «Механизация строительства» № 2*. – 2017. С. 48–52. Режим доступа <http://ms.enjournal.net/article/12821/>
16. Мартынов М.Ю. Реализация правовых основ обеспечения безопасности труда на предприятиях в деятельности профсоюзных организаций / М.Ю. Мартынов, Д.Ю. Мартынова // *Вестник Сургутского государственного университета*. – 2015. №2. – С. 97–102.
17. Мартынова Д.Ю. Об организации работ по охране труда в ХМАО-Югра // «Содружество». – 2016. – №7. – С.83–86.
18. Мартынов М.Ю. Роль профсоюзных организаций в сфере охраны труда на предприятиях (по результатам социологического исследования в Ханты-Мансийском автономном округе) / М.Ю. Мартынов, Д.Ю. Мартынова // в сборнике «Современные концепции научных исследований»: материалы X научно-практической конференции. – М.: ЕСУ, 2015. – №1. – С.131–133.
19. Совершенствование работы профсоюзных организаций в сфере охраны труда на территории ХМАО-Югры: по результатам социологических исследований / А.П. Варлаков, В.А. Снисаренко, Д.С. Дубовец, М.Ю. Мартынов, Д.Ю. Мартынова и др. – Сургут: «Библиографика», 2013. – 143 с.
20. Мартынова Д.Ю. Показатели результативности деятельности компаний в области охраны труда и промышленной безопасности на территории ХМАО-Югра/Д.Ю. Мартынова// в сборнике «Север России:

стратегии и перспективы развития»: материалы II
Всероссийской научно-практической конференции. –
Сургут: ИЦ СурГУ, 2016. – С.285–288.

Статья поступила в редакцию 21.05.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 656.085

**КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ БЕМИТА
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

© 2018

Зубрев Николай Иванович, кандидат технических наук, профессор «Техносферная безопасность»

*Российский Университет Транспорта (МИИТ)
(125190, Россия, Москва, Часовая ул., 22/2, e-mail: nZubrev@mail.ru)*

Панфилова Марина Ивановна, кандидат химических наук, доцент кафедры ФиСА
*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, e-mail: 012340@mail.ru)*

Ефремова Саня Юнусовна, доктор биологических наук, профессор,
профессор кафедры «Биотехнологии и техносферная безопасность»
*Пензенский государственный технологический университет
(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, e-mail: efremova_s15@mail.ru)*

Леонова Данута Амброжьевна, старший преподаватель кафедры ФиСА
*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, e-mail: danuta1960@yandex.ru)*

Леонов Иван Алексеевич, руководитель отдела строительно-технических экспертиз
ООО «Московская проектная компания»

(Россия, г. Москва, Рязанский проспект, 61/4, e-mail: rapsodiy@inbox.ru)

Аннотация. Рассмотрено внедрение ресурсосберегающих технологий, предусматривающих получение долговечных бетонов и подобных композитных материалов посредством расширения использования порошковых активных наполнителей, являющимися отходами. В работе за основу принята идея создания конструкционных материалов для транспортного строительства – тампонажных глиноцементных растворов с применением промышленных отходов. Рассмотрено влияние добавок бемита – отхода производства, на структурообразование бентонито-цементных композитных растворов при длительном сроке хранения. Для выявления токсического действия композитного раствора была исследована фитотоксичность на основе бентонита марки П2Т₂А с добавкой бемита на основании реакции тестовых культур растений. Токсичность композитного раствора с добавками бемита почти в два раза меньше образца без добавок, что доказывает экологическую безопасность модифицированного композита и позволяет рекомендовать его для повышения комплексной безопасности при строительстве.

Ключевые слова: ресурсосберегающие технологии, безопасные композитные материалы, фитотоксичность раствора, кинетика, структурообразование, повышение экологической безопасности, техногенное нанокристаллическое нанодисперсное сырье.

COMPOSITES BASED ON BOEHMITE TO ENHANCE INTEGRATED SAFETY IN CONSTRUCTION

© 2018

Zubrev Nikolai Ivanovich, Ph.D., Professor of the labor safety department

*Russian University of Transport (MIIT)
(127994, Russia, Moscow, Chasovaya Street, 22/2, e-mail: nZubrev@mail.ru)*

Panfilova Marina Ivanovna, Candidate of Chemistry, Associate Professor of the Department of FISA

*National Research Moscow State Building University
(129337, Russia, Moscow, Yaroslavl highway, 26, e-mail: 012340@mail.ru)*

Efremova Sania Junusovna, doctor of biological sciences, Professor,
Professor of the chair "Biotechnologies and technosphere safety»

*Penza State Technological University
(440039, Russia, Penza, Baydukov Proyezd / Gagarin Street, 1a/11, e-mail: efremova_s15@mail.ru)*

Leonova Danuta Ambrozhiyevna, Senior Lecturer of the Department of FISA

*National Research Moscow State Building University
(129337, Russia, Moscow, Yaroslavl highway, 26, e-mail: danuta1960@yandex.ru)*

Leonov Ivan Alekseevich, Head of the Department of Construction and Technical Expertise

*LLC "Moscow Project Company"
(Russia, Moscow, Ryazanskiy Avenue, 61/4, e-mail: rapsodiy@inbox.ru)*

В настоящее время в производстве строительных материалов массовыми являются цементные композиты и на ближайшую перспективу останутся основными. В настоящее время, мировой объем их производства составляет около восьми миллиардов кубометров в год.

В связи с этим разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий получения долговечных бетонов и

композиционных материалов посредством расширения использования порошковых активных наполнителей, остается одной из важнейших задач отрасли.

Проблема получения высококачественных цементных композитов успешно решается оптимизацией их состава, модифицированием структуры материалов комплексными добавками различного функционального

назначения, активацией компонентов растворных и бетонных смесей. Это обусловлено тем, что на строительные материалы и изделия постоянно воздействуют различные климатические факторы и агрессивные среды.

Многообразие конструктивных видов зданий и сооружений, крупная материалоемкость строительного производства обуславливают основные требования к источникам сырья относительно его предполагаемого количества, высокой технологичности и степени соответствия для производства строительных материалов.

Основным из немногих путей удовлетворения потребностей и требований стройиндустрии, касательно видов и качества материалов, является переработка отходов производства металлургической, химической и энергетической промышленности, добываемых продуктов и обогащение отходов переработки, минерального сырья, а также вторичных ресурсов.

Производственные материальные потоки характеризуются образованием большого количества отходов [1-3].

При добыче и переработке минерального сырья их доля в отдельных случаях может достигать 90–95% из-за применения малоэффективных энерго- и ресурсосберегающих технологий. Объем ежегодно образующегося вторичного сырья в России в последнее время составляет почти 1,6 млрд. тонн. После его переработки остается 1,5 млрд. тонн отходов. В условиях роста промышленного производства начало возрастать количество накапливаемых отходов вследствие низкой энерго- и ресурсосберегающей эффективности применяемых технологий. Возрастает и вред, наносимый окружающей среде. К настоящему времени накоплено 30 млрд. тонн отходов, в том числе от переработки железных руд — более 14 миллиардов тонн, а металлургических шламов - 3 миллиарда тонн.

Эффективным инструментом для управления структурообразованием строительных материалов является введение различных модификаторов [4-6]. Широкое применение в этом качестве получили полимерные термоэластопласты, резиновая крошка, отходы химических производств и др. [7-9].

В данной работе за основу принята идея создания конструкционных материалов для транспортного строительства – тампонажных глиноцементных растворов с применением промышленных отходов [1].

Таблица 1 – Структурные характеристики модификаторов

Показатель	Бемит
Активная удельная поверхность (метод БЭТ), м ² /г	55,9
Пористость (метод БЭТ), %	Не более 30
Расчетный размер кристаллитов (FullProf), н	10
Размер частиц (ФЭК), нм	250
Морфоструктурный тип	3D

В качестве модификатора при получении композитного раствора нами была рассмотрено использование бемита, побочного продукта технологии получения водорода способом гидротермального синтеза

(таблица 1). Данное техногенное нанокристаллическое и нанодисперсное сырье на современном этапе является невостребованным для производства строительных материалов [10,11].

По морфоструктурной классификации наносистем бемит относится к 3D-нанокристаллическому типу веществ (3D-НКМ — нанокристаллический модификатор);

Серия экспериментов стандартных образцов по анализу влияния на кинетику изменения прочности цементной системы, нанокристаллического модификатора бемита, позволила установить рациональное значение концентрации наномодификатора-бемита, которая составляет - 0,208% к массе цемента [12,13].

Изменение кинетики синтеза продуктов гидратации цементного камня, связано с использованием корунда, имеющего минералогическое сродство с минералами цементного клинкера, повышает прочность модифицированного вяжущего. Можно предположить, что при введении 3D-НКМ бемита появляются дополнительные очаги роста новообразований.

Для выявления токсического действия композитного раствора на основе бентонита марки П2Т₂А с добавкой бемита, проводили исследование методом биотестирования, основанным на реакции тестовой культуры позволяющей определить токсичное действие растворов.

Оценивая влияние водного экстракта на интенсивность прорастания семян редиса *Raphanussativus* [14-16], проращивали семена и через 72 часа определяли число проросших семян, среднюю длину корней проростков и рассчитывали степень фитотоксичности образцов. У не проросших семян длину корней принимали равной нулю. Повторность – трехкратная.

Среднее арифметическое длины корней проростков в контрольном и опытным варианте и достоверное отклонение длины корней проростков опытного варианта по отношению к контролю, выраженное в процентах (Т, %), определяет уровень фитотоксичности и вычисляется по формуле:

$$T = \frac{\overline{x_{\text{контр}}} - \overline{x_{\text{оп}}}}{\overline{x_{\text{контр}}}} \cdot 100,$$

где $\overline{x_{\text{контр}}}$ - среднее арифметическое длины проростков в контроле, мм;

$\overline{x_{\text{оп}}}$ - среднее арифметическое длинны проростков в опыте, мм.

Было установлено, что по степени токсичности исследуемые образцы строительных композитов располагаются в ряд: цемент > бентонит > бемит (рисунок 1). Наиболее токсичным оказался цемент 93,8%, наименее водная вытяжка из бентонита 28,57%.

Причем, фитотоксичность материалов может быть обусловлена их химическим составом, а именно наличием широкого спектра тяжелых металлов.

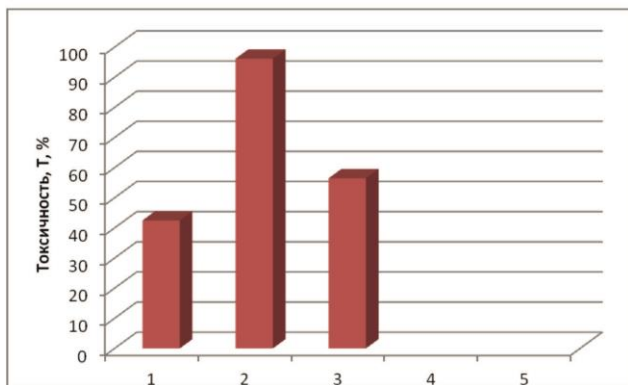


Рисунок 1 – Фитотоксичность компонентов композитного раствора
1-бемит; 2-портландцемент М 500; 3-бентонит марки ПТ2А

Результаты всхожести показывают, что цемент не только в большей степени ингибирует рост и развитие растений, но и губительно сказывается на всхожести семян и приводит к полной гибели растений. Наименее токсичным оказался бемит и бентонит.

На втором этапе изучали фитотоксичность таппонажных систем модифицированных бемитом и сравнивали с композитным образцом без добавок (рисунок 2) [17].

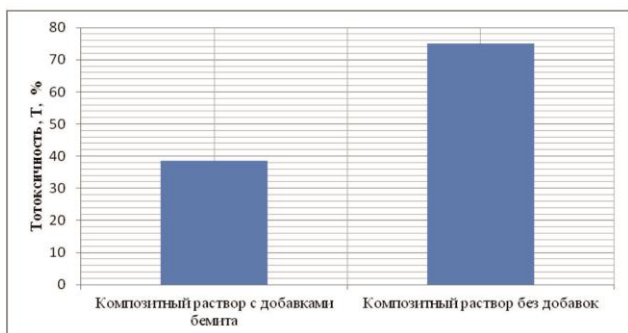


Рисунок 2 – Фитотоксичность композитного раствора

В ходе исследования установлено, что присутствие бемита в пробах ингибирует рост и развитие растений, но незначительно сказывается на всхожести семян.

Из рисунка 2 установлено, что фитотоксичность композитного раствора без добавок примерно в 2 раза выше, чем фитотоксичность композитного раствора с добавками бемита.

Результаты показывают, что токсичность образца модифицированного бемитом значительно отличается от контрольного бентонито-цементного образца без добавок.

Токсичность композитного раствора с добавкой бемита почти в два раза меньше образца без добавок, что доказывает экологическую безопасность модифицированного композита и позволяет рекомендовать его для повышения комплексной безопасности при строительстве и ремонте.

В итоге можно сделать вывод: наноструктурный порошок бемит-оксигидроксид алюминия $AlO(OH)$ - техногенное нанокристаллическое и нанодисперсное сырье, являющееся отходом, можно считать перспективным техногенным сырьем для использования при производстве строительных материалов и изделий, так как это приведет к оптимальной минимизации возможности образования провалов над подземными пустотами и полостями, что обеспечит безопасность деятельности человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Б.В. Ляпидевский, А.В. Никитин, Г.П. Родина, С.О. Бадамшин, В сб. Наука – московскому строительству, №2, Москва, 2008. С. 35–45.
2. Т.В. Матвеева, Н.И. Зубрев, М.В. Устинова. Использование золы от сжигания мазута в композитных растворах для строительства в сб. Международный научно-исследовательский журнал, Ч. 2. №9 (40), Екатеринбург, 2015. С. 61–63.
3. Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления СП 2.1.7.1386-03 (зарегистрированы в Минюсте 19 июня 2003 года № 4755).
4. Староверов В.Д. Структура и свойства наномодифицированного модифицированного камня. Автореф. дис. канд. техн. наук. СПб., 2009. С.19.
5. Яковлев Г.И., Первушин Г.Н., Бурьянов А.Ф., Кодолов В.И., Крутиков В.А., Фишер Ф.Б., Керене Я. Модификация поризованных цементных матриц углеродными нанотрубками // Строительные материалы. 2009. №3. С.99–102.
6. J.N. Coleman, U. Khan, W.J. Blau, Y.K. Gun'ko. Small but strong: A review of the mechanical properties of carbon nanotube-polymer composites. Carbon. 2006. V. 44. № 9. P. 1624–1652.
7. Чумаченко Н.Г., Коренькова С.Ф., Хлыстов А.И. Перспективы развития нанотехнологий в производстве строительных материалов на основе шламовых отходов // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 8. С. 20–21.
8. Сохадзе, В.Ш. Новые возможности битумных материалов // Строительство и недвижимость. – 2001. – №2. – С.25–29.
9. Рекомендации по применению битумно-резиновых композиционных вяжущих материалов для строительства и ремонта покрытий автомобильных дорог. – М.: Росавтодор, – 2003. – 13 с.
10. Строкова В.В., Ерохина И.А., Куртова И.А., Бухало А.Б. Неавтоклавный ячеистый бетон на основе модифицированного вяжущего [Электронный ресурс] Сб. докладов Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь в начале нового столетия». Губкин. 2007.
11. Строкова В.В., Бухало А.Б. Пеногазобетон на нанокристаллическом порообразователе // Строительные материалы. 2008. № 1. С. 38–39.
12. Панфилова М.И., Зубрев Н.И., Фомина М.В. Модифицированные композиционные системы // Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2014, №2(33) С. 9.

13. Панфилова М.И., Зубрев Н.И., Леонова Д.А., Звездкин Б.Е., Панфилова И.С. «Композитные растворы повышенной безопасности для строительства» // Международный научно-исследовательский журнал 2017. № 12 (66). Часть 5. Декабрь. С. 116–119.

14. П.Ю. Галицкая, С.Ю. Селивановская, Р.Х. Гумерова, Тестирование отходов, почв, материалов с использованием живых систем. Казанский университет, Казань, 2011. 47 с.

15. Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления СП 2.1.7.1386-03 (зарегистрированы в Минюсте 19 июня 2003 года № 4755).

16. Экология: транспортное сооружение и окружающая среда: учеб. пособие для студ. Высш. учеб.заведений/, Ю.В. Трофименко, Г.И. Евгеньев; под ред. Ю.В. Трофименко. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 400 с.

17. Ляпидевский Б.В., Никитин А.В., Родина Г.П., Бадамшин С.О. Инъекционные составы для заболоченного и затрубного пространства коллекторных тоннелей. – М.: Сборник технической информации «Наука – московскому строительству». №2, 2008. – С. 35–45.

18. Шарков Т.А., Ефремова С.Ю. Управление экологической безопасностью в области снижения образования отходов производства // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2012. № 29. С. 405–407.

19. Ефремова С.Ю., Шарков Т.А., Лукьянец О.В. Аспекты создания эффективной системы управления антропогенным воздействием на окружающую среду на предприятии // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2011. № 25. С. 572–574.

Статья поступила в редакцию 27.04.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018

УДК 614.8.02

РАЗРАБОТКА ПОДХОДА К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО РИСКА

© 2018

Бызов Антон Прокопьевич, кандидат технических наук, доцент Высшей школы техносферной безопасности

*Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
(195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая улица, 29, e-mail: byzov_ap@spbstu.ru)*

Фомин Александр Владимирович, аспирант

*Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
(195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая улица, 29, e-mail: 6323908@mail.ru)*

Аннотация. Основным подходом к обеспечению безопасности на опасных производственных объектах в настоящее время является риск-ориентированный подход [1, 2]. В целях применения данного подхода на реконструируемых ОПО предлагается способ определения интегрального показателя риска, учитывающего влияние как опасных, так и вредных производственных факторов и позволяющего оценить уровень опасности на рабочем месте, используя технологию пробит-анализа [3, 4].

Темпы роста промышленности в Российской Федерации, после провала в 90-х годах XX века, постоянно растут [5]. Учитывая, необходимость внедрения новых технологий, интенсификации производства, замены устаревшего оборудования и производств растёт количество опасных производственных объектов (ОПО), на которые разрабатываются проекты реконструкции.

Особенностью процесса реконструкции ОПО является тот факт, что зачастую реконструкция осуществляется на действующем опасном производственном объекте. Таким образом, на задействованный персонал действует совокупность вредных и опасных производственных факторов как от самого процесса реконструкции, так и от действующих элементов ОПО. А значит, при оценке риска для рабочих следует учитывать их совокупность [6]. Данная статья посвящена этому вопросу.

Актуальность данного вопроса обуславливается большим количеством реконструируемых ОПО, а также повышенной опасностью данных объектов для задействованного персонала.

Ключевые слова. Риск, риск-ориентированный подход, индивидуальный риск, профессиональный риск, опасный производственный объект, реконструкция.

DEVELOP AN APPROACH TO THE DETERMINATION OF THE COMPLEX INDEX OF INDIVIDUAL RISK

© 2018

Byzov Anton Prokopyevich, candidate of technical Sciences, associate Professor

*Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, Highest School of Occupational Safety
(195251, Russia, Saint-Petersburg, Polytechnicheskaya Street, 29, e-mail: byzov_ap@spbstu.ru)*

Fomin Aleksandr Vladimirovich, post-graduate student

*Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, Highest School of Occupational Safety
(195251, Russia, Saint-Petersburg, Polytechnicheskaya Street, 29, e-mail: 6323908@mail.ru)*

Abstract. The main approach to ensuring safety at hazardous production facilities is currently a risk-oriented approach. In order to apply this approach, the method of determining the integral risk index, taking into account the influence of both hazardous and harmful production factors, and allowing to estimate the level of hazard in the workplace using the technology of probit analysis, is proposed at the reconstructed hazardous facilities.

The pace of industrial growth in the Russian Federation, after the failure in the 90s of the XX century, is constantly growing. Considering the need to introduce new technologies, intensify production, replace obsolete equipment and production, the number of hazardous facilities for which reconstruction projects are being developed is growing.

A feature of the process of reconstruction of the GRO is the fact that often the reconstruction is carried out at the existing hazardous production facility. Thus, a set of harmful and dangerous production factors operate both on the involved personnel, both from the reconstruction process itself and from the existing elements of the GCO. Therefore, when assessing the risk for workers, their totality should be taken into account. This article is devoted to this issue.

The large number of reconstructed hazardous facilities, as well as the increased danger of these facilities determine the urgency of this issue for the personnel involved.

Keywords: occupational risks, individual risks, risk-analysis.

Введение. Основной задачей техносферной безопасности как научного направления становится вопрос разработки действенных методов предупреждения возникновения опасностей и поиска оптимальных мер защиты человека от негативного воздействия окружающей среды [7,8,9].

В техносферной безопасности активно внедряется риск-ориентированный подход, основанный на построении прогностических моделей будущих негативных явлений с учетом вероятностей их возникновения [10, 11]. Основной задачей риск-ориентированного подхода является научно обоснованное планирование и обеспечение экономически оправданных мероприя-

тий по эффективной защите жизни, здоровья персонала и материальных ценностей.

Проведение мероприятий по анализу риска необходимо для выявления наиболее опасных зон на рабочих местах и разработки мер по обеспечению безопасности именно в тех точках пространства, где это требуется в первую очередь.

Целью работы является проверка возможности получения интегрального показателя риска, учитывающего влияние вредных и опасных факторов производственной среды, а также опасных факторов возможных аварий на опасном производственном объекте.

В охране труда широко применяется такое понятие как «профессиональный риск» [12]. Термин «профессиональный риск» по смыслу схож с определением «индивидуального риска» [10], применяемого в промышленной безопасности. И в том, и в другом случае – это вероятность поражения (причинения вреда) конкретному человеку. Однако, профессиональный риск учитывает только вред от воздействия опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте в «штатном режиме» функционирования объекта. В то время как абсолютно не учитывается вероятность гибели или травмирования работника от каких-либо внешних причин, в том числе возникающих на его рабочем месте аварий и ЧС, а ведь, очевидно, что необходимо учитывать эти «нештатные явления» для человека в ходе обеспечения безопасности труда.

Таким образом, существует два независимых показателя степени опасности для работника при исполнении им трудовых обязанностей:

- индивидуальный риск;
- профессиональный риск получения травмы или заболевания в процессе штатной (нормальной) деятельности предприятия.

Поэтому целесообразно использовать «интегральный» показатель степени опасности объекта, как вероятность получения вреда здоровью работника по причинам, связанным как с повседневной производственной деятельностью, так и в нештатных ситуациях (аварий и ЧС). Предлагается интегральный показатель определять, как вероятность утраты здоровья отдельным человеком за определенный промежуток времени, то есть «индивидуальный риск».

По действующим методикам [13,14,15] индивидуальный риск определяется только как частота поражения (смертельного и санитарного) отдельного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности аварий.

Индивидуальный риск для работников объекта оценивается частотой поражения определенного работника объекта опасными факторами в течение года. Таким образом, индивидуальный риск – риск поражения человека, исходя из особенностей пребывания индивидуума в различных точках пространства.

Индивидуальный риск в промышленной безопасности, определяется по следующему соотношению [10]:

где, $R_{п.т.i}$ – потенциальный территориальный риск в конкретной точке пространства, т.е. вероятность поражения человека в этой точке;

$P_{нi}$ – вероятность нахождения человека в этой точке.

Потенциальный риск характеризует распределение риска от аварий на объекте и территории, прилегающей к нему [16, 17]. И если существует возможность определения пространственного распределения риска от аварий, то так же можно определить и распределение риска от вредных и опасных производственных факторов, возникающих в повседневной, штатной работе объекта. В этом случае, по аналогии с уравнением (2) индивидуальный риск при штатном режиме работы объекта можно выразить через следующее выражение:

$$R_{инд(штатн)} = \sum_i R_{п.в.ф.i} \cdot P_{нi} + \sum_i R_{п.о.ф.j} \cdot P_{нi}, \quad (3)$$

где, $R_{п.в.ф.i}$ – потенциальный территориальный риск поражения человека i -м вредным фактором в этой точке;

$R_{п.о.ф.j}$ – потенциальный территориальный риск поражения человека j -м опасным фактором в этой точке;

$P_{нi}$ – вероятность нахождения человека в этой точке.

Вероятность поражения человека по формуле (3) определяет сочетанное воздействие поражающих, вредных и опасных факторов. Индивидуальный риск будет кардинально отличаться для различных профессий, в зависимости от времени нахождения человека в зоне действия поражающих факторов, следовательно, необходимо учитывать характер деятельности человека, время и место его нахождения.

Рассмотрим рабочее место оператора склада ГСМ на аэродроме. Особенность данного рабочего места заключается в том, что, с одной стороны, на персонал действуют вредные факторы аэродрома, в первую очередь шум взлетающих самолётов. В тоже время, персонал подвержен риску поражения от аварийных ситуаций, на самом складе ГСМ. Проведем расчёт величины индивидуального риска поражения персонала склада ГСМ от двух факторов: производственного – повышенного шума и поражающего – теплового излучения.

На рассматриваемом складе ГСМ для хранения авиакеросина оборудована группа резервуаров в количестве 25 единиц ёмкостей типа РГС-50. Пользуясь данными Приказа МЧС РФ от 10 июля 2009 г. N 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» получаем, что вероятность реализации пожара пролива составляет $1,88 \cdot 10^{-5}$ 1/год.

Согласно Методике [14] площадь пролива нефтепродукта составляет 1000 м^2 . В этом случае, график изменения величины теплового излучения имеет следующий вид (рисунок 1):

$$R_{инд} = \sum_i R_{п.т.i} \cdot P_{нi}, \quad (2)$$

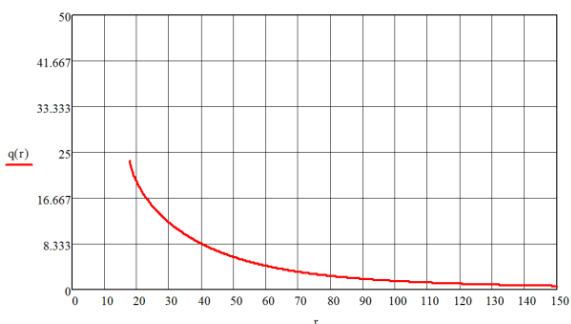


Рисунок 1 – График изменения теплового излучения

Для поражения человека тепловым излучением величина пробит-функции описывается выражением:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^4) \quad (4)$$

где t – эффективное время экспозиции, с;

q – интенсивность теплового излучения, кВт/м²

$$t = t_0 + \frac{x}{u} \quad (5)$$

где, t_0 – характерное время, за которое человек обнаруживает пожар и принимает решение о своих дальнейших действиях, с (может быть принято равным 5);

x – расстояние от места расположения человека до безопасной зоны (зона, где интенсивность теплового излучения меньше 4 кВт/м²);

u – средняя скорость движения человека к безопасной зоне, м/с (принимается равной 5 м/с) [18].

Условная вероятность поражения человека, попавшего в зону непосредственного воздействия пламени пожара пролива, принимается равной 1.

Для человека, работающего на расстоянии 20 метров от резервуаров вероятность поражения составит 61%.

Для оценки вероятности поражения человека от шумового воздействия используются Методические рекомендации МР 2.1.10.0059-12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума» [19].

Экспозиция шума оценивается по результатам анализа хронологии и длительности шумовых событий на изучаемой территории.

Средневзвешенный суточный шум рассчитывается по формуле:

$$\bar{\Xi} = \frac{\Xi'_1 \cdot P_1 + \Xi'_2 \cdot P_2 + \dots + \Xi'_n \cdot P_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n}, \text{ где} \quad (6)$$

Ξ – уровень эквивалентного шума при реализации шумового события в период времени t , измеренный или полученный в результате акустического расчета, дБА.

Взлетающий самолёт издаёт звук величиной 140 дБ. Персонал находится в зоне воздействия такого шумового воздействия в течение 30 секунд. С рассматриваемого аэродрома взлетает в среднем 15 бортов в день.

Фоновый уровень шума в дневное время составляет 65 дБА, в ночное – 55 дБА.

$$\text{Итого, } \Xi = \frac{140 \cdot 0,00521 + 65 \cdot 0,6631 + 55 \cdot 0,3316}{0,00521 + 0,6631 + 0,3316} = 62,07 \text{ дБА.}$$

Расчет вероятности ухудшения слуха в течение года (P) осуществлялся по формулам [20]:

$$Lgm(T) = L_{\text{экв.}} + 10lg \frac{T}{T_0} \quad (7)$$

$$Pr = -8,25 + 0,07Lgm(T) \quad (8)$$

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Pr} e^{-0,5t^2} dt \quad (9)$$

где $Lgm(T)$ – стажевая доза для стажа, соответствующего T лет (в рассматриваемом случае – 10 лет), дБА [21];

$L_{\text{экв.}}$ – средний эквивалентный уровень шума, дБА;

T_0 – 1 год.

По результатам расчётов получаем, что вероятность поражения человека от воздействия шума составляет $6,75 \cdot 10^{-4}$ 1/год.

Величина потенциального территориального риска для рассматриваемых негавтиных воздействий в месте нахождения человека составляет:

$$R_{\text{п.т.}} = 6,75 \cdot 10^{-4} + 1,88 \cdot 10^{-5} \cdot 0,61 = 6,86 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год.}$$

Учитывая, график работы рассматриваемого сотрудника (12 часов день, день через два, отпуск 30 дней) получаем величину индивидуального риска:

$$R_{\text{инд}} = 6,86 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{12}{24} \cdot \frac{10}{30} \cdot \frac{11}{12} = 1,05 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год.}$$

Выводы. Проведенный анализ показал принципиальную возможность использования подхода к оценке индивидуального риска получения травм и профессиональных заболеваний в результате воздействия поражающих факторов аварий и факторов производственной среды на основе моделирования полей потенциального риска и распределения вероятности пребывания персонала в различных областях территории объекта.

Получаемый с помощью описанного подхода показатель риска отражает более полную совокупность опасностей, сопровождающую деятельность персонала опасных производственных объектов в повседневной деятельности и в условиях аварийных ситуаций.

Наиболее существенным вкладом в результирующую величину индивидуального риска, как правило, имеют факторы производственной среды. Однако в зависимости от условий работы персонала в зонах повышенного потенциального риска степень вклада опасностей различной природы может быть различна. Предложенный подход позволяет получить интегральный показатель индивидуального риска работника предприятия, что позволяет учитывать индивидуальные особенности человека при организации и управлении охраной труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Сафонов В.С. Теория и практика анализа риска в газовой промышленности / В.С Сафонов., Г.Э. Одишария, А.А. Швыряев. М.: РАО «Газпром», 1996. 208 с.
2. Елохин А.Н. Анализ и управление риском. Теория и практика. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ООО «ПолиМЕдиа», 2002. – 192 с.

3. Козлитин А.М. Развитие теории и методов оценки рисков для обеспечения промышленной безопасности объектов нефтегазового комплекса [Электронный ресурс]: Дис. д-ра технических наук: 05.26.03 – Саратов: РГБ, 2006. – (Из фондов Российской государственной библиотеки).
4. Платонов А.Г. Дозовая зависимость постлучевой гибели. Расчёт полулетальной дозы ЛД50 методом пробит-анализа: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Платонов А.Г., Ахалая М.Я. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова 2006. 33 с.
5. Барыбин Д.А., Абель Ю.В. Техническое расследование причин аварий на опасных производственных объектах // «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики». 2015. №1-2. – С. 27–30.
6. Колесников Е.Ю. Способы количественной оценки неопределенности параметров техногенного риска / Е.Ю. Колесников // Безопасность труда в промышленности. 2013. №1. – С. 56–67.
7. Русак О. Н. Введение в охрану труда. Лекции. – Л.: ЛТА, 1982. – 56 с.
8. Занько Н.Г., Малаян К.Р., Русак О.Н. Безопасность жизнедеятельности / Под ред. О. Н. Русака. – СПб.: Издательство "Лань", 2017. – 672 с.
9. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 512 с.
10. Бызов А.П. Методический аппарат оценки техногенного риска при взрывах и пожарах на объектах топливно-энергетического комплекса [Электронный ресурс]: Дис. кандидата техн. наук: 05.26.03.
11. Яйли Е.А., Музалевский А.А. Риск: анализ, оценка, управление / Под ред. проф. Карлина Л.Н. – СПб.: РГГМУ, ВВМ, 2005. – 234 с.
12. Трудовой Кодекс Российской Федерации (ТК РФ).
13. Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 № 144 «Об утверждении Руководства по безопасности "Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».
14. Приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (с изменениями на 14 декабря 2010 года)».
15. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда. «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» (утв. и введены в действие Приказом Росстандарта от 27.12.2012 г. № 1971-ст).
16. Бызов А.П. Моделирование процесса формирования полей потенциального риска при авариях на опасных производственных объектах с учетом дрейфа облака топливовоздушной смеси / А.П. Бызов, С.В. Ефремов // Безопасность Жизнедеятельности. 2011. № 8. – С. 43–46.
17. Бызов А.П. Моделирование полей потенциального риска для линейных объектов / А.П. Бызов, С.В. Ефремов // Безопасность в техносфере. 2011. № 6. – С. 7–10.
18. Бызов А.П. Оценка вероятности поражения человека тепловым излучением с учетом перемещения в безопасную зону // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2011. № 3 (130). – С. 247–252.
19. Методические рекомендации МР 2.1.10.0059-12 Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума (утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 23.03.2012 г.).
20. Панаиотти Е.А. Оценка риска влияния физических факторов у работающих в основных цехах тепловых электростанций // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. – 2006. – № 3. – С. 42–47.
21. Большаков А.М. Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения/ А.М. Большаков, В.Н. Крутько, Е.В. Пуцило. – М., 1999. – 252 с.

Статья поступила в редакцию 25.05.2018

Статья принята к публикации 21.06.2018