

XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего *плюс*

Основан в 2011 г.

18+

Том 7 № 2 (42) 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:

Аканова Наталья Ивановна, доктор биологических наук, профессор 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 Богланов Андрей Владимирович, доктор технических наук, профессор Бурахта Вера Алексеевна, доктор химических наук, профессор Васенев Иван Иванович, доктор биологических наук, профессор Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор Громов Юрий Юрьевич, доктор технических наук, профессор Дворецкий Станислав Иванович, 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 Пащенко 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 Сычев Виктор Гаврилович, академик Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор Таранцева Клара Рустемовна, доктор технических наук, профессор

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 09.04.2018. Выход в свет 12.04.2018. Формат 60Х84 1/8 Печать ризография. Усл. печ. л. 8,25. Тираж 100 экз. Заказ № 1352.

Ответственный секретарь

Жарова Олеся Сергеевна, кандидат философских наук

жарова Олеся Сергсевна, кандидат философских наук

Типография «Копи-Ризо», 440000, г. Пенза, ул. Каляева, 7 В. Тел. (841-2) 56-25-09. Цена свободная

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

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:

Аканова Наталья Ивановна, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник (ФГУП «НИЦ Экобезопасность», г. Москва, Россия)

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 пишевых 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)

Дворецкий Станислав Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств»

(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)

Пащенко 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) Сычев Виктор Гаврилович, академик Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор ГНУ ВНИИ Агрохимии

(ГНУ ВНИИ Агрохимии, г. Москва, Россия)

Таранцева Клара Рустемовна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Биотехнология и техносферная безопасность»

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

Тихомирова Елена Ивановна, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экология» (Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов, Россия)

Фатыхов Юрий Адгамович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Пищевых и холодильных машин»

(Калининградский 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

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ	
Пащенко Дмитрий Владимирович, Трокоз Дмитрий Анатольевич, Синёв Михаил Петрович, Мартышкин Алексей Иванович, Кормишина Валерия Владимировна, Малинин Дмитрий Денисович	6
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСОБЕННОСТЕЙ ВЕЙВЛЕТОВ РАЗЛИЧНЫХ СЕМЕЙСТВ Хеин Мин 30	10
ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРИ ОПИСАНИИ АДАПТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ВИРТУАЛИЗАЦИЕЙ РЕСУРСОВ Мартышкин Алексей Иванович	15
РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО CASE СРЕДСТВА «DBR» ПО ПОДБОРУ СУБД Амер Исмаил Ф.О., Бурнашев Рустам Арифович, Еникеев Арслан Ильясович	22
технология продовольственных продуктов	
КОНСЕРВИРОВАННАЯ ОВОЩНАЯ ПРОДУКЦИЯ КАК ИСТОЧНИК АНТИОКСИДАНТОВ Белокурова Елена Сергеевна, Панкина Илона Анатольевна, Кулакова Мария Сергеевна	26
КИНЕТИКА ФОРМИРОВАНИЯ КОАГУЛЯЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ СЛИВОЧНО-МОРКОВНОЙ КОМПОЗИЦИИ Доценко Сергей Михайлович, Гужель Юлия Александровна, Гончарук Оксана Валентиновна, Доронин Сергей Владимирович	30
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕМЯН ЧЕЧЕВИЦЫ ПРИ СОЗДАНИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ДИЕТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ Панкина Илона Анатольевна, Белокурова Елена Сергеевна, Ерзикова Маргарита Олеговна	34
ПРИМЕНЕНИЕ ПШЕННОЙ МУКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО БИСКВИТА Баженова Татьяна Сергеевна, Баженова Ирина Анатольевна, Барсукова Наталья Валерьевна	39
безопасность деятельности человека	
ФОРМИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ БРИГАД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	
Иванов Александр Иванович, Николайкин Николай Иванович	43
АНАЛИЗ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ И ВЛИЯНИЕ ЕЕ НА ТРУДОВУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РАБОТНИКОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА	
Королева Анна Михайловна, Пономарев Валентин Михайлович, Вильк Михаил Франкович, Юдаева Оксана Сергеевна, Филиппов Виктор Николаевич	50
ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВОВ КОМПОЗИТНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ КАРСТОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ Панфилова Марина Ивановна, Зубрев Николай Иванович, Новоселова Ольга Викторовна, Панфилова Ирина Сергеевна	54
КЛАССИФИКАЦИЯ ТЯЖЕСТИ ТРУДА И ЕЕ ФАКТОРЫ Парменов Анатолий Александрович, Морозов Сергей Дмитриевич, Исаева Оксана Сергеевна	59
МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА Перятинский Алексей Юрьевич, Свиридова Татьяна Валерьевна, Боброва Ольга Борисовна	64

CONTENT

Information Science, Computing Devices and Controling

MODELING OF THE AUTOMATED INFORMATION SYSTEM OF STATE SERVICES Pashchenko Dmitrii Vladimirovich, Trokoz Dmitrii Anatolevich, Sinev Mihail Petrovich, Martyshkin Alexey Ivanovich
COMPARATIVE CHARECTERISTICS OF SPECIFICS OF WAVELETS OF DIFFERENT FAMILIES Hein Min Zo
APPLICATION OF THE APPARATUS OF QUEUING THEORY IN THE DESCRIPTION OF ADAPTIVE MODELS OF COMPUTING SYSTEMS WITH RESOURCES VIRTUALIZATION Martyshkin Alexey Ivanovich
DEVELOPMENT OF SPECIALIZED CASE TOOL «DBR» ON SELECTING DBMS Amer Ismail F.O., Burnashev Rustam Arifovich, Enikeev Arslan Ilyasovitch
Food Technology
CANNED VEGETABLE PRODUCTION AS A SOURCE OF ANTIOXIDANTS Belokurova Elena Sergeevna, Pankina Ilona Anatolevna, Kulakova Maria Sergeevna
KINETICS OF FORMATION OF THE COAGULATION STRUCTURE BASED ON THE CREAM AND CARROT COMPOSITION Dotsenko Sergey Mikhailovich, Guzhel Julia Alexandrovna, Goncharuk Oksana Valentinovna, Doronin Sergey Vladimirovich
THE USAGE OF LENTILS IN FOOD PRODUCTION FOR DIETARY NUTRITION Pankina Ilona Anatolevna, Belokurova Elena Sergeevna, Erzikova Margarita Olegovna
USE OF MILLET FLOUR FOR PRODUCTION GLUTEN-FREE BISCUIT Bazhenova Tatjana Sergeevna, Bazhenova Irina Anatoljevna, Barsukova Natalia Valerjevna
Human Activity Safety
PRODUCTION TEAMS FORMATION FOR ECOLOGICAL SAFETY INCREASE Nikolaykin Nikolay Ivanovich, Ivanov Alexander Ivanovich
ANALYSIS AND EVALUATION OF PASSENGER CARS COMFORT AND ITS INFLUENCE ON THE LABOR ACTIVITY OF RAILWAY COMPLEX WORKERS Koroleva Anna Mikhailovna, Ponomarev Valentin Mikhaylovich, Wilk Michael Francovich, Yudaeva Oksana Sergeevna, Filippov Victor Nikolaevich
IMPROVING COMPOSITION OF COMPOSITE SOLUTIONS FOR CAVERNS REINFORCEMENT Panfilova Marina Ivanovna, Zubrev Nikolay Ivanovich, Novoselova Olga Viktorovna Panfilova Irina Sergeevna
CLASSIFICATION OF WORK HARDNESS AND ITS FACTORS Parmenov Anatoly Alexandrovich, Morozov Sergey Dmitrievich, Issaeva Oksana Sergeevna
THE MODELLING OF WORK SAFETY SYSTEM Pervatinsky Alexey Yurievich, Sviridova Tatyana Valeryevna, Bobrova Olga Borisovna

УДК 004.942

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ

© 2018

Пащенко Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Вычислительная техника»

Пензенский государственный университет

(440026, Россия, Пенза, улица Красная, 40, e-mail: dmitry.pashcenko@gmail.com)

Трокоз Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Вычислительная техника» Пензенский государственный университет

(440026, Россия, Пенза, улица Красная, 40, e-mail: dmitriy.trokoz@gmail.com)

Синёв Михаил Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Вычислительная техника» Пензенский государственный университет

(440026, Россия, Пенза, улица Красная, 40, e-mail: mix.sinev@gmail.com)

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

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1a/11, e-mail: alexey314@yandex.ru)

Кормишина Валерия Владимировна, магистрант кафедры «Вычислительная техника»

Пензенский государственный университет

(440026, Россия, Пенза, улица Красная, 40, e-mail: lera.2695@bk.ru)

Малинин Дмитрий Денисович, аспирант кафедры «Вычислительная техника»

Пензенский государственный университет

(440026, Россия, Пенза, улица Красная, 40, e-mail: dmt.malin@gmail.com)

Аннотация. Рассматривается автоматизированная информационная система и проводится моделирование процесса её работы как многоканальной системы массового обслуживания с очередью. Цель, которая определена в этой статье — нахождение оптимального количества каналов (серверов) для обеспечения стабильной загрузки описываемой системы. Актуальность поставленной в статье задачи обусловлена тем, что в реальной жизни процедура тестирования требует много времени и материальных затрат.

Моделируется входящий (поступающий) поток заявок и процесс их дальнейшей обработки. Исходные параметры системы изменяются, пока нагрузка и время ее работы не станут оптимальными. В качестве инструмента моделирования выбран язык *GPSS World*, позволяющий получать необходимые характеристики. Для исследования применена одноименная программа.

В результате разработана и предложена компьютерная модель, позволяющая оценить поведение автоматизированной информационной системы при изменении количества обслуживающих каналов (серверов). Предложено использовать 25 серверов, при этом система будет работать безотказно, и все поступающие заявки будут обработаны.

Показано, что большее количество серверов уменьшают время обработки заявок, и, как следствие, система в целом будет работать гораздо быстрее и эффективнее. Таким образом, это позволит избежать трудностей во время установки системы и дальнейшего ее функционирования.

Ключевые слова: автоматизированная информационная система, система массового обслуживания, распределение Рэлея, математическое ожидание, экспоненциальное распределение, дисперсия, плотность распределение, функция распределения, случайный процесс, имитационное моделирование.

MODELING OF THE AUTOMATED INFORMATION SYSTEM OF STATE SERVICES

© 2018

Pashchenko Dmitrii Vladimirovich, Doctor of engineering sciences, professor,

head of sub-department «Computer engineering»

Penza State University

(440026, Russia, Penza, Krasnaya Street, 40, e-mail: dmitry.pashcenko@gmail.com)

Trokoz Dmitrii Anatolevich, candidate of technical Sciences, associate Professor,

associate Professor of sub-department «Computer engineering»

Penza State University

(440026, Russia, Penza, Krasnaya Street, 40, e-mail: dmitriy.trokoz@gmail.com)

Sinev Mihail Petrovich, candidate of technical Sciences,

associate Professor of sub-department «Computer engineering»

Penza State University

(440026, Russia, Penza, Krasnaya Street, 40, e-mail: mix.sinev@gmail.com)

Martyshkin Alexey Ivanovich, candidate of technical Sciences, 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)

Kormishina Valeriya Vladimirovna, graduate student of sub-department «Computer engineering» Penza State University

(440026, Russia, Penza, Krasnaya Street, 40, e-mail: lera.2695@bk.ru)

Malinin Dmitrii Denisovich, postgraduate student of sub-department «Computer engineering»

Penza State University

(440026, Russia, Penza, Krasnaya Street, 40, e-mail: dmt.malin@gmail.com)

Abstract. The automated information system is considered and the modeling of its operation as a multichannel Queuing system is carried out. The goal that is defined in this article is to find the optimal number of channels (servers) to ensure a stable load of the described system. The relevance of the task set in the article is due to the fact that in real life the testing procedure requires a lot of time and material costs.

The incoming flow of applications and the process of its further processing are modeled. The initial parameters of the system change when the load and the time of its operation will not be optimal. The GPSS World language, which allows to obtain the necessary characteristics, is chosen as a modeling tool. The eponymous program was used for the study.

As a result, a computer model has been developed and proposed to assess the behavior of an automated information system when the number of servicing channels (servers) changes. It is proposed to use 25 servers, and the system will work smoothly, and all incoming applications will be processed.

It is shown that a greater number of servers reduce the processing time of applications, and, as a result, the system as a whole will work much faster and more efficiently. Thus, it will allow to avoid difficulties during installation of the system and its further functioning.

Keywords: automated information system, queuing system, Rayleigh distribution, expectation, exponential distribution, dispersion, density distribution, distribution function, random process, simulation.

В современном мире широкое применение получили информационные системы — системы, предназначенные для хранения, поиска и обработки информации, и соответствующие организационные ресурсы, которые обеспечивают и распространяют данные. Чтобы своевременно обеспечить людей надлежащей информацией и затратить меньше времени, создают информационные системы с использованием возможностей компьютера. Такие автоматизированные информационные системы (АИС) применяются практически во всех сферах человеческой деятельности: в управлении предприятием, учреждением, производством; при организации научных исследований; в библиотечном деле, в обучении, при выполнении конструкторских и проектных работ.

Для исследования механизмов функционирования сложных систем применяются методы теории случайных процессов [1–3], теории вероятностей и математической статистики [4–7]. Все эти методы используются в области прикладной математики — теории массового обслуживания [8–11]. Целью исследований в данной области является выбор оптимальных рабочих параметров системы обслуживания на основе изучения входящих потоков требований на обслуживание и выходящей длины очередей.

В статье рассматривается автоматизированная информационная система, предназначенная для автоматизации процессов, связанных с оказанием государственных услуг в г. Москве. Приём документов осуществляют операторы многофункциональных центров (МФЦ). В систему объединяются данные из 127 МФЦ, общее количество персональных компьютеров (ПК), обрабатывающих первичные данные, составляет 200 единиц [12].

АИС представляет собой многоканальную систему с очередью. За 8-ми часовой рабочий день поступают заявления на зачисление, причем заявки приходят в систему по закону распределения Рэлея [13]. Рас-

сматриваемая система является технической, и распределение Рэлея позволяет максимально точно оценить надежность системы. Заявления обрабатываются на ПК и отправляются на серверы для дальнейшей обработки и внесения в базу данных системы.

Для того чтобы система функционировала без перебоев и отказов, необходимо понять, какое количество обслуживающих каналов (серверов) считать оптимальным. Рассматривая входной поток требований (поступающие заявки на обслуживание), необходимо отметить их характеристики. Все заявки поступают в систему последовательно, одна за другой. Это свойство входящего потока называется ординарностью.

Среднее число заявок, взятое, например, за месяц, остается одинаковым, однако это не означает, что в каждый час или какой-либо определенный день стоит ожидать фиксированное число заявлений. Это свидетельствует о стационарности входного потока. И наконец, количество поступивших заявок в прошлом никак не влияет на количество требований в настоящем и будущем. Это показывает отсутствие памяти входного потока требований, называемое последействием.

Методы теории массового обслуживания работают лишь в том случае, когда выполняются все три отмеченных свойства входного потока заявлений. Поток, обладающий этими свойствами, называется пуассоновским [14]. Именно таким и является поток заявок в рассматриваемой АИС.

Основные характеристики многоканальной СМО состоят в определении числа каналов обслуживания (s), числа мест в очереди (n), интенсивности потока заявок (λ) , интенсивности обслуживания заявки (μ) , интенсивности нагрузки (ρ) . Граф состояний для анализа СМО представлен на рисунке 1, где S – число каналов обслуживания, n – число мест в очереди, λ – интенсивность потока заявок, μ – интен-

сивность обслуживания заявки, ρ – интенсивность нагрузки, k – номер итерации.

системы массового обслуживания с очередью

Как было сказано выше, заявления приходят в систему по закону распределения Рэлея

$$F_{\xi}(x,\lambda) = \int_{-\infty}^{x} f_{\xi}(x,\lambda) dx = \begin{cases} 0, x < 0, \\ 1 - \frac{[1 + (1 + \lambda x)^{2}]}{2} e^{-\lambda x}, x \ge 0 \end{cases}, (1)$$

представленному графически на рисунке 2.

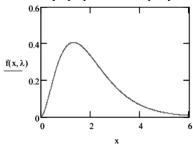


Рисунок 2 – Распределение Рэлея

На рисунке: $f(x, \lambda)$ – плотность распределения (функция); $\lambda = \{0, 0.2, 0.4, 0.6\}$ – интенсивность потока заявок; x — случайная величина, принимающая значения $x = \{0, 2, 4, 6\}.$

В свою очередь, поступившие на обработку в АИС персональными компьютерами, а далее серверами заявления задерживаются там согласно экспоненциальному закону с интенсивностью входного потока заявок λ , не зависящей от времени t [15, 16]. Экспоненциальное распределение выбрано в связи с тем, что оно моделирует время между двумя последовательными свершениями одного и того же события [17, 18]. Промежуток времени между обработкой заявок ξ есть непрерывная случайная величина, имеющая показательное распределение с параметром $\lambda > 0$, ξ принимает только неотрицательные значения, а её плотность $f\xi(x)$ и функция распределения $F\xi(x)$ имеют вид:

$$f_{\xi}(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, x \ge 0, \\ 0, x < 0; \end{cases}$$

$$F_{\xi}(x) = \begin{cases} 0, x \le 0, \\ 1 - e^{-\lambda x}, x > 0, \end{cases}$$
(2)

где λ — интенсивность входного потока, заяв/ч.

$$M_{\xi} = \frac{1}{\lambda} \,, \tag{3}$$

где M_{ε} – математическое ожидание случайной величины ξ.

$$D_{\xi} = \frac{1}{\lambda^2} \,, \tag{4}$$

$$\lambda = \frac{1}{M_{\rm F}}.\tag{5}$$

Для того чтобы определить, какое количество серверов нужно для успешной обработки всех заявлений, был использован язык моделирования GPSS World, который применяется для имитационного моделирования различных систем [19, 20].

Количество компьютеров, которые обрабатывают заявления и отправляют их на серверы, остается неизменным на протяжении всего моделирования, и равно 200. Количество серверов будем изменять, пока не получим удовлетворительного результата: независимо от длины очереди, ни одно заявление не должно быть утеряно, т.е. система должна работать безотказно. Выберем количество серверов, равное 5, и проведем анализ работы системы. Текст программы представлен на рисунке 3.

Comp STORAGE 200	; 200 компьютеров
Server STORAGE 5	; количество серверов
GENERATE (WEIBULL(1,0,28.8,2))	; приход заявок, распределение Рэлея
QUEUE OchComp	; очередь на компьютеры
ENTER Comp	; заявка занимает один компьютер
DEPART OchComp	; выход заявки из очереди
ADVANCE (Exponential (2,0,300))	; обработка заявки на компьютере
LEAVE Comp	; освобождение компьютера
QUEUE OSer	; очередь к серверам
ENTER Server	; заявка занимает один сервер
DEPART OSer	; выход из очереди
ADVANCE (Exponential (3,0,600))	; обработка на сервере
LEAVE Server	; освобождение сервера
TERMINATE	; выход
GENERATE 28800	; моделирование занимает 8 часов или 2880 секунд
TERMINATE 1	; завершение
START 1	; старт

Рисунок 3 – Программа моделирования системы

Результаты работы программы представлены в таблице 1. Как видно из собранной статистики, количество компьютеров является оптимальным, а серверов недостаточно, образуется достаточно большая очередь.

Таблииа 1 – Результаты моделирования

Tuosuiga 1 Tesystomamoi modestapodantist								
Вычис-	Кол-	Мак-	Сред-	Сред-	Коэф-			
литель-	во,	си-	няя	нее	фици-			
ные	ед.	маль	дли-	время	ент			
средства		ная	на	пребы-	исполь			
		дли-	оче-	вания	поль-			
		на	реди	тран-	зова-			
		оче-		зактов	ния			
		реди,		в оче-	обо-			
		ед.		реди,	рудо-			
				c.	вания,			
					%			
ПК	200	1	0	0	6			
Сервер	5	852	427,602	11134,658	99,4			

Для нахождения оптимального числа серверов направленно изменялось их количество. Результаты поиска представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Результаты моделирования при различном количестве серверов

		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
Кол-	Макси-	Средняя	Среднее	Коэф-
во	сималь	длина	время	фициент
серве	маль-	очереди	пребыва-	исполь-
ве-	ная		ния тран-	зования
ров,	длина		зактов	обору-
ед.	очере-		в очереди,	дования,
	ди, ед.		c.	%
5	852	427,602	11134,658	99,4
10	615	299,892	7809,125	98,9
15	369	180,517	4700,630	98
20	150	67,903	1768,184	97,2

На рисунке 4 приведен график зависимости среднего времени пребывания транзактов в очереди от количества серверов. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод: при использовании небольшого количества серверов система будет перегружена и длина очереди будет слишком большой, вследствие чего могут возникнуть неполадки и сбои в работе. Оптимальное время обработки и пребывания в очереди будет достигаться при количестве серверов, равном 25-ти.

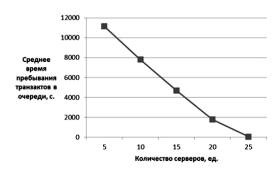


Рисунок 4 — Зависимость среднего времени пребывания транзактов в очереди от количества серверов

Таким образом, с помощью языка моделирования GPSS World оценена эффективность системы при определенных параметрах, а также определено оптимальное количество обслуживающих устройств. На практике это поможет построить достаточно быстродействующую работающую без отказов систему. Некоторые результаты исследования были использованы в портале госуслуг Москвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1. Янке Е., Эмде Ф., Леш Ф. Специальные функции: Пер. с нем. / Е. Янке, Ф. Эмде, Ф. Леш. М.: Наука-Физмат, 1968. 344 с.
- 2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов / Е. С. Вентцель. 6-е изд. стер. М.: Высшая школа, 1999. 576 с.
- 3. Вентцель Е. С. Введение в исследование операций. М.: "ЁЁ Медиа", $2012.-390\ c.$
- 4. Клейнрок Л. "Вычислительные системы с очередями", М.: "Мир", 1979. 600 с.

- 5. Бронштейн О. И., Духовный И. М. Модели приоритетного обслуживания в информационновычислительных системах. М.: Наука, 1976. 220 с.
- 6. Алиев, Т.И. Основы моделирования дискретных систем. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. 363 с.
- 7. 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.
- 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. Матвеев В. Ф., Ушаков В. Г. Системы массового обслуживания. М.: Изд-во МГУ, 1984. 240 с.
- 11. Бочаров П. П., Печинкин А. В. Теория массового обслуживания: учебник. Изд-во РУДН, 1995. 529 с.
- 12. Центры государственных услуг г. Москвы «Мои документы» / Портал госуслуг Москвы [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.mos.ru/pgu/ru/md/. Центры государственных услуг г. Москвы «Мои документы». (Дата обращения: 17/01/2018).
- 13. Попов, В. А. Теория вероятностей. Часть 2. Случайные величины. Казань: Казанский университет, 2013. 45 с.
- 14. Ивченко Г. И., Каштанов В. А., Коваленко И. Н. Теория массового обслуживания. М.: Высшая школа, 1982.-256 с.
- 15. Дуплякин В. М., Княжева Ю. В. Выбор закона распределения входного потока заявок при моделировании системы массового обслуживания торгового предприятия // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета ББК 65.422 № 6 (37) 2012. С. 102–109.
- 16. Пустовойтов П. Е. Управляемая Марковская цепь модель корпоративной компьютерной сети / П. Е. Пустовойтов, Са'ди Ахмад Абдельхамид Саед Ахмад, Эль Саед Абделаал Эль Саед Мохамед // Вестник НТУ «ХПИ». 2005. № 55. С. 167—171.
- 17. Томашевский В. Л. Многоканальные приоритетные системы массового обслуживания: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: МГУ, 1986. 14 с.
- 18. Рыжиков Ю. И. Средние времена ожидания и пребывания в многоканальных приоритетных системах / Ю. И. Рыжиков // Информационные управляющие системы. СПб. 2006. №6(25). С. 43–49.
- 19. Рыжиков Ю. И. Имитационное моделирование в обосновании методик расчета многоканальных приоритетных систем / Ю. И. Рыжиков // ИММОД-2003: Сборник статей Всероссийской научно-технической конференции. Санкт-Петербург. 2003. С. 161—165.
- 20. Кудрявцев Е. М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. М.: ДМК Пресс, 2004. 320 с.

Статья поступила в редакцию 13.02.2018 Статья принята к публикации 02.04.2018 УДК 681.3.067

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСОБЕННОСТЕЙ ВЕЙВЛЕТОВ РАЗЛИЧНЫХ СЕМЕЙСТВ

© 2018

Хеин Мин Зо, аспирант

Курский государственный университет

(305000, Российская Федерация, г. Курск, ул. Радищева, 33, heinminzo@yandex.ru)

Аннотация. Статья посвящена проблеме анализа и обработки речевых сигналов и изображений на основе вейвлет-преобразования. Выделены основные достоинства, которые имеет данный метод, и его отличия от других имеющихся методов. В статье приводится классификация и описание основных семейств вейвлетов, а также характеризуется специфика обработки речевых сигналов с помощью вейвлетов разных семейств, анализируются отличия различных семейств друг от друга, что непосредственно влияет на сферы применения вейвлетов того или иного семейства на практике и выбор специалистом определенного его типа для обработки и анализа каждого конкретного речевого сигнала или изображения. Основные особенности вейвлетов, их сходства и различия приводятся в сравнительной таблице.

Ключевые слова: интеллектуальные системы, речевые технологии, системы распознавания речи, анализ и обработка речевых сигналов, вейвлет-анализ речевых сигналов, семейства вейвлетов.

COMPARATIVE CHARECTERISTICS OF SPECIFICS OF WAVELETS OF DIFFERENT FAMILIES

© 2018

Hein Min Zo, post-graduate student *Kursk State University*

(305000, Russia, Kursk, Radisheva Street, 33, heinminzo@yandex.ru)

Abstract. The article is devoted to the analysis and processing of speech signals based on wavelet transform. The basic advantages of the method and its differences from other existing methods are shown. The article provides a classification and description of the major families of wavelets, and specific character of speech signals processing with wavelets of different families is described. Dissimilarities of different families of wavelets are examined, which directly affects the scope of application of different wavelets, together with specialists' selecting a certain type of wavelets for processing and analysis of each individual speech signal. The main features of wavelets, their similarities and differences are given in the comparative table.

Keywords: intelligent systems, speech technology, speech recognition system, analysis and processing of speech signals, wavelet analysis of speech signals of the wavelet family.

В течение долгих лет ученые пытались создать метод представления различных функций в большей или меньшей степени единообразном и простом виде. В XX веке данным вопросом активно занимались ученые в области радиотехники, связи и средств телекоммуникаций. На пути к решению этой проблемы следует отметить такие значимые события, как разложение произвольных функций в ряд Тейлора, рациональную и полиномиальную аппроксимации и в особенности отображение функций и сигналов с помощью рядов Фурье [1].

Однако в последнее время исследователи пришли к однозначному выводу о том, что традиционный способ изображения произвольных сигналов и функций в виде рядов Фурье является крайне неэффективным, если речь идет о функциях, имеющих локальные особенности, такие, как, например, импульсные и цифровые сигналы, а также изображения, получившие в настоящее время широкое распространение. Данный факт объясняется тем, что базисная функция фурье-представлений является синусоидой, гладкой по своей природе. Она представляет собой строго периодическую функцию. Очевидно, что функция такого рода на практике не может применяться для описания произвольных сигналов и функций [2].

Итак, проблема заключалась в том, что известные на тот момент методы отображения сигналов и функций на практике сталкивались с принципиальными теоретическими ограничениями. Таким образом, было невозможным с уверенностью говорить о том, что проблема представления различного рода сложных функций и сигналов (в особенности нестационарных) в относительно простом и единообразном виде решена, так как даже открытие метода Фурье-преобразований не смогло способствовать решению данной проблемы.

Создание метода вейвлет-преобразования способствовало решению данной крайне важной и актуальной научно-практической проблемы. В основе ее решения лежит разработка качественно нового типа функций, используемых для сжатия, декомпозиции, анализа и реконструкции разного рода сигналов, в особенности нестационарных. Немного позднее создания такого рода функций были созданы специальные программы для реализации принципиально нового представления сигналов и функций.

В первую очередь следует отметить, что вейвлеты по сути представляют собой новые математические понятия и объекты, с помощью которых можно представить любую функцию или сигнал. Отсюда следует вывод, что вейвлеты крайне перспективны в плане решения разного рода математических задач, целью

которых является приближение (интерполяция, аппроксимация, регрессия и т.п.) функций, изображений и сигналов. К основным достоинствам вейвлетобработки речевых сигналов можно отнести фильтрацию сигналов, кроме того, способность весьма эффективного сжатия такого рода сигналов, а также их последующего восстановления, что немаловажно, с крайне незначительными потерями информации [3].

Вейвлет-спектрограммы являются более информативными по сравнению с обычными фурьеспектрограммами, а также помогают определить мельчайшие локальные специфические черты функций, изображений и речевых сигналов, относя их к определенному временному промежутку или не теряя координат пространства. Данная особенность крайне важна в процессе решения задач, целью которых является идентификация образов и сигналов в картографии, при поиске полезных ископаемых, в медицине и в судебном делопроизводстве. Примечательно то, что в числе первых применений вейвлет-преобразования была компрессия изображений отпечатков пальцев без значимых потерь информации [4].

Очень широки возможности вейвлет-преобразования в процессе обработки сигналов и изображений, например, для публикации в Интернете, где есть существенные ограничения пропускной способности каналов передачи информации, а также при необходимости минимизации размера аудио- и видеофайлов. Новый популярный стандарт представления изображений JPEG 2000 и многие графические программные средства, к примеру, Corel Draw 9/10 активно применяют метод вейвлетобработки изображений [5].

Основные работы по теории вейвлет-преобразования принадлежат классикам математической науки: А.Н. Колмогорову, А. Лебегу, А. Хаару, К. Шеннону и др. Одни из первых работ по теории вейвлетов были написаны А. Хааром в начале XX в [6]. Расцвет теории и практического использования метода вейвлет-преобразования относится к 80–90-ым годам XX столетия. Этот период был ознаменован получением законченных научно-практических результатов вейвлет-преобразования сигналов, а также разработ-кой методологии их применения [7].

В России теория вейвлетов получила свое развитие на 8–10 лет позднее. Первые работы на русском по теории вейвлет-преобразования появились в 1999 г., лишь в 2001 г. на русский язык была переведена работа И. Добеши «Десять лекций по вейвлетам», примерно в это же время появился перевод работы «Введения в вейвлеты» Чарльза К. Чуи. Первым русским исследователем, заинтересовавшимся данной проблемой, был С.Б. Стечкин. Он возглавлял группу ученых, работавших над теорией вейвлет-преобразования, позднее к этой группе присоединились математики из Новосибирска и Петербурга.

К настоящему моменту существует огромное количество работ, посвященных теории вейвлетов. Растущая актуальность данной проблемы стала причиной разработки различных программ и инструментальных средств, предназначенных для практического применения вейвлет-преобразования разного рода сигналов, что позволило в значительной степени упростить прикладные расчеты. Особо следует отметить программные комплексы Mathcad, Matlab и Mathematica как обладающие наиболее широким функционалом.

Разработано множество вейвлетов различных видов, 15 наиболее часто применяемых на практике семейств вейвлетов входят в пакет расширения Wavelet, поддерживаемым СКМ Matlab. Данные семейства принято делить на 5 основных групп:

- грубые;
- 2) ортогональные;
- 3) биортогональные;
- 4) регулярные на бесконечности;
- комплексные [8].

Вейвлеты в вышеназванном пакете Wavelet Toolbox СКМ Matlab классифицируют по типу и особенностям образующей функции $\psi_0(t)$, а также по имени исследователя, который впервые предложил данный вид вейвлета. Ниже приведен список 15 основных видов вейвлетов, входящих в состав пакета Wavelet Toolbox, слева даны краткие обозначения того или иного вейвлета:

- 'haar' Xaapa;
- 'db' Добеши;
- 'sym' Симлета;
- 'coif' Койфлета;
- 'bior' биортогональный;
- 'rbio' обратный биортогональный;
- 'meyr' Мейера;
- 'dmey' дискретная аппроксимация вейвлета Мейера;
 - 'gaus' Γaycca;
 - 'mexh' мексиканская шляпа;
 - 'morl' Морле;
 - 'cgau' комплексный Гаусса (гауссиана);
 - 'shan' Шенона;
 - 'fbsp' частотный В-сплайновый [9].

В настоящее время выбор вейвлетов достаточно широк. Как было отмечено выше, только лишь в пакет Wavelet Toolbox 2.0/2.1/2.2 входит 15 основных типов вейвлетов, кроме того, он включает и множество вариантов данных базовых типов. Однако бессистемное применение того или иного типа вейвлета без учета его основных особенностей не всегда может дать хороший результат анализа. Разумеется, при решении серьезных задач в области обработки сигналов и изображений необходимо применение хотя бы нескольких типов вейвлетов с последующим сравнением результатов и выбором наилучших из них [10].

Описанию свойств вейвлетов и сфер их применения посвящено огромное количество работ, однако данные исследования, как правило, носят фрагментарный характер, так как в них рассматривается конкретное свойство вейвлета или пример его использования. Это не позволяет составить максимально полное и точное представление о сходствах и различиях всех известных на данный момент вейвлетов, что немаловажно с научнопрактической точки зрения, так как наиболее детальное

и наглядное отражение особенностей вейвлетов всех типов помогает исследователю выбрать наиболее подходящий для определенного исследования. Целью данной статьи является обобщение свойств вейвлетов различных типов и отображение их сходств и различий в виде таблицы. Поэтому ниже (таблица 1) приведены основные свойства вейвлетов 5 различных типов. Их учет позволяет подбирать наиболее подходящие типы для решения определенных задач обработки сигналов и изображений.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика основных типов вейвлетов

Основные характери- стики	Семейства вейвлетов						
	грубые	бесконечные регу- лярные	ортогональные с компактным носите- лем	биортогональные парные	комплексные		
1.Наличие функции phi	нет	Да	Да	Да	Нет		
2.Ортого- нальность	нет	Да	Да	Нет	Нет		
3.Наличие компакт- ного носителя функции psi	нет	Нет	Да	Да	Нет		
4.Возможность реконструкции	нет	Да	Да	Да	Нет		
5.Непрерывность декомпозиции	Да	Да	Да	Да	Да		
6.Быстрые алгорит- мы преобразования	нет	Нет	Да	Да	Нет		
7.Явное определение функций phi и psi	Да	Нет	Нет	Нет	Нет		
8.Сим- метрич- ность	Да	Да	да/нет	Да	да/нет		
9.Регуляр- ность	нет	Да	да/нет	Да	Нет		

- Итак, как видно из данной таблицы, функция phi имеется у бесконечных регулярных вейвлетов, ортогональных с компактным носителем и биортогональных парных, у грубых и комплексных же она отсутствует.
- Ортогональность свойственна бесконечным регулярным вейвлетам и ортогональным с компактным носителем. Следует отметить, что для вейвлетов второго из приведенных семейств свойственна биортогональность.
- Функция psi имеет компактный носитель только у ортогональных вейвлетов с компактным носителем (что следует из названия типа), а также биортогональных парных.
- Возможность реконструкции для грубых вейвлетов не гарантирована, для комплексных невозможна, имеет место для вейвлетов других семейств. Для ортогональных вейвлетов с компактным носителем обеспечивается принципиальная возможность реконструкции сигналов и функций.
- Непрерывная декомпозиция возможна для вейвлетов всех семейств, а для комплексных имеет место комплексная декомпозиция. Для ортогональных вейвлетов с комплексным носителем возможны непрерывные преобразования и дискретные преобразования с применением быстрого вейвлет-преобразования.
- 6. Быстрые алгоритмы преобразования невозможны для грубых вейвлетов, бесконечных регулярных и комплексных.
- Функции phi и psi определены явно для грубых 7. вейвлетов.
- Симметричность свойственна для грубых 8. вейвлетов, бесконечных регулярных и биортогональных парных. Что касается ортогональных вейвлетов с компактным носителем, то необходимо отметить следующие особенности: вейвлеты Добеши и Койфлета несимметричны, а вейвлеты Симлета близки с симметричным.
- Регулярность характерна для бесконечных регулярных и биортогональных парных вейвлетов [11].

Обратимся к более подробному рассмотрению свойств вейвлетов каждого типа. Первый тип вейвлетов – так называемые «грубые» вейвлеты. К ним относят вейлеты «мексиканской шляпы» (mexihat), Гауссова типа (gaus) и Морле (morlet). Данные вейвлеты имеют тот минимум свойств, которыми обязаны обладать вейвлеты, способные наиболее быстро и эффективно преобразовывать сигналы на практике [12].

К семейству бесконечных регулярных вейвлетов относятся вейвлеты Мейера (meyr). Функции phi и psi для данного типа вейвлета определены в частотной области. Следует заметить, что вейвлет Мейера во многом напоминает грубые вейвлеты, однако он имеет большие возможности. Одной из основных особенностей этого вейвлета является то, что он допускает дискретную декомпозицию [13].

Еще один вид - ортогональные вейвлеты с компактным носителем. К этой группе вейвлетов относятся Симлета (symN), вейвлеты Добеши (dbN) и Койфлета (coifN). Их функции обладают определенным числом моментов исчезновения. Все вейвлеты группы являются дискретными. Самый простой и первый из ортогональных вейвлетов Хаара совпадает с вейвлетом Добеши db1. Немаловажно то, что для вейвлетов семейства Добеши (кроме вышеупомянутого db1=haar) не имеется регулярных выражений. Стоит отметить, что обработка данных с помощью вейвлетов семейства Добеши осуществляется с помощью КИХ фильтров, их коэффициенты определяют итерационной процедурой по полиному Лагранжа, имеющему коэффициенты, которые задаются специальной формулой. Вейвлеты Симлета представляют собой модификацию вейвлетов Добеши, однако их форма является более симметричной [14].

Обратимся к рассмотрению особенностей следующего типа - биортогональных парных вейвлетов с компактным носителем, к ним относят В-сплайновые биортогональные вейвлеты (biorNr.Nd и rbioNr. Nd). В числе наиболее существенных достоинств вейвлетов данного семейства симметрия с фильтрами, разделение желаемых свойств для разложения и восстановления, а также возможность их хорошего распределения. В данную группу входят две пары (прямая и инверсная) В-сплайн биортогональных вейвлетов. Пара вейвлетов используется для обеспечения точной реконструкции сигнала в процессе работы с КИХ фильтрами. При этом один вейвлет из пары используется для декомпозиции, второй для реконструкции. Порядок пары задают в формате Nr.Nd (где Nr – для декомпозиции, Nd – для реконструкции). Nr.Nd можно выбрать из списка комбинаций, которые приводятся в таблице. Инверсная пара является порождением прямой пары вейвлетов [15].

К следующему типу – комплексным вейвлетам относят достаточно большую группу вейвлетов: Морле (cmorFb-Fc), Гаусса (cgauN), Шенона (shanFb-Fc) и частотные В-сплайновые вейвлеты (fbspM-Fb-Fc) [16].

Итак, нами рассмотрены различные вейвлеты, входящие в пакет расширения Wavelet Toolbox системы Matlab версии 6.0/6.1/6.5. Данные вейвлеты также включаются в состав пакетов расширений других программных комплексов, к примеру, Mathcad или Mathematica. Большое количество типов вейвлетов и широкий круг возможностей их практических реализаций дает возможность выбрать наиболее подходящий тип вейвлета для решения конкретной практической задачи. Так как выбор вейвлетов достаточно велик, можно говорить о том, что создание качественно нового типа вейвлетов рационально только для решения совершенно новой и очень специфической задачи, если для ее решения не удалось подобрать ни один из существующих типов вейвлетов [17].

С целью сравнения свойств компонентов конкретного семейства вейвлетов предпочтительнее одновременно видеть особенности масштабирующей функции phi и функции psi для отобранных компонентов семейства вейвлетов. В этом случае графики одного компонента следует расположить в подокнах строк окна с одинаковыми номерами [18]. Входные параметры программы представлены именем семейства вейвлетов, количество наблюдаемых компонентов, а также их номера в семействе. Пример применения программы Matlab для сравнения вейвлетов семейств Добеши даны ниже (рисунок 1).

Как видно из данной иллюстрации, при повышении номера вейвлета семейств Добеши увеличивается его периодичность, именно это делает его образ Psi_FT более компактным [19].

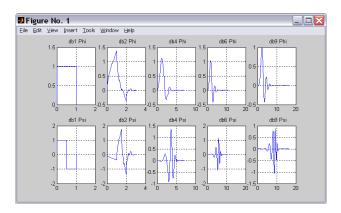


Рисунок 1 – Сравнение вейвлетов семейств Добеши

Чтобы сравнить свойства вейвлетов различных семейств желательно одновременно увидеть функции рѕі сравниваемых вейвлетов. При этом графики схожих вейвлетов расположены в подокнах строк окна, имеющих одинаковые номера. Входные параметры программы представляют собой названия семейств, а также число наблюдаемых компонентов и их номера. Ниже (рисунок 2) представлен пример использования программы для сравнения вейвлетов семейств Симлета и Добеши [20].

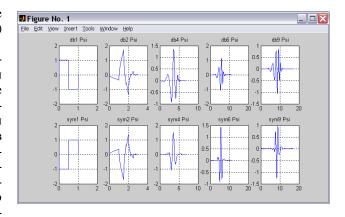


Рисунок 2 – Сравнение вейвлетов семейств Добеши и Симлета

Как было отмечено выше, вейвлет-анализ успешно применяется для обработки разного рода информации, в частности, изображений и речевых сигналов; существует большое количество вейвлетов, каждый из которых имеет свои отличия. Выбор того или иного типа специалистом в процессе анализа обусловлен спецификой каждого конкретного обрабатываемого сигнала или изображения, а также целью и задачами проводимого исследования. Отметим основное условие выбора наиболее оптимального типа вейвлета: при обработке и анализе, в частности, речевого сигнала с помощью метода вейвлет-преобразования выбирают такой тип,

график которого визуально схож с изображением обрабатываемого сигнала.

Итак, можно сделать вывод о том, что открытие вейвлет-анализа сигналов и изображений является одной из важнейших вех в развитии современной науки в силу неоспоримой практической ценности и очевидных преимуществ по сравнению с «классическим» способом анализа Фурье. На данный момент используются вейвлеты 15 семейств, каждое из которых объединяет вейвлеты, имеющие набор схожих особенностей, которые были проанализированы в данной статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1. Жуков А.И. Метод Фурье в вычислительной математике / А.И. Жуков. М.: Наука, 1992. 174 с.
- 2. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике / Дьяконов В.П. – М.: СОЛОН-Пресс, 2010. – 400 с.
- 3. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов / Малла С. М: Мир, 2005. 671 с.
- 4. Штарк Г. Применение вейвлетов для ЦОС / Штарк Г. М: Техносфера, 2007. 192 с.
- 5. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. / Смоленцев Н.К. М.: ДМК-Пресс, 2005. 304 с.
- 6. Воробьев В.И. Теория и практика вейвлет-преобразований / Воробьев В.И., Грибунин В.Г. С.-Пб.: ВУС, 1999. 269 с.
- 7. Дремин И.М. Вейвлеты и их использование. Успехи физических наук / Дремин И.М., Иванов О.В., Нечитайло В.А. Вейвлеты – М.: Наука, 2001. – С.67–78.
- 8. Дьяконов В.П. Mathcad 2001. Специальный справочник / Дьяконов В.П. С.-Пб.: Питер, 2002. 832 с.
- 9. Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / Марпл С.Л. М.: Мир, 1990. 296 с.
- 10. Новиков Л.В. Основы вейвлет-анализа сигналов / Новиков Л.В. С.-Пб: МОДУС+, 1999. 151 с.
- 11. Дьяконов В.П. Энциклопедия применения Mathcad 2001i/11 / Дьяконов В.П. М.: Солон-Пресс, 2004. 321 с.
- 12. Думский Д.В. Применение вейвлет-анализа в задачах исследования структуры сигналов: Дисс. на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук. Саратов, 2005. 189 с.
- 13. Горшков Ю.Г., Кузин А.Ю. Применение Wavelet-преобразования при решении задач анализа речевого сигнала // Материалы X Всероссийской научной конференции «Проблемы информационной безопасности в системе высшей школы». Сборник научных трудов. М.: Издательство МИФИ, 2003. С. 46-59.
- 14. Рабинер JI. Теория и применение цифровой обработки сигналов / Рабинер JI. М.: Мир, 1978. 286 с.
- 15. Столниц Э. Вейвлеты в компьютерной графике. Теория и приложения / Столниц Э., ДеРоуз Т., Салезин Д.Н. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. 129 с.
- 16. Смоленцев Н.К. Введение в теорию вейвлетов / Смоленцев Н.К. Ижевск: РХД, 2010. 292 с.

- 17. Петухов А.П. Введение в теорию базисов всплесков / Петухов А.П. С.-Пб: СПбГТУ, 1999 132 с.
- 18. Оппенгейм А. Цифровая обработка сигналов / Оппенгейм А. М.: Техносфера, 2007. 175 с.
- 19. Короновский А.А. Анализ фазовой хаотической синхронизации с помощью непрерывного вейвлетного преобразования / Короновский А.А. М.: Письма в ЖТФ, 2004. Т. 30. Вып. 14. С.29-36.
- 20. Дьяконов В.П. МАТLAВ 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5 в математике и моделировании / Дьяконов В.П. М.: Солон-Пресс, 2003. 271 с.

Статья поступила в редакцию 12.02.2018 Статья принята к публикации 02.04.2018

УЛК 519.872

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРИ ОПИСАНИИ АДАПТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ВИРТУАЛИЗАЦИЕЙ РЕСУРСОВ © 2018

Мартышкин Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Вычислительные машины и системы»

Пензенский государственный технологический университет

(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1a/11, e-mail: alexey314@yandex.ru)

Аннотация. В статье рассматривается процесс подготовки математических моделей вычислительных систем (ВС) с виртуализацией. На сегодняшний день технологии виртуализации и виртуальных машин являются одними из наиболее эффективных подходов к повышению загрузки вычислительных ресурсов. Виртуализация возможна на нескольких уровнях: на аппаратно-микропрограммном и на программном (уровне операционной системы (ОС)). 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 компонентов, что гораздо эффективнее. Существующие модели нельзя применить к ВС с виртуализацией, они не позволяют провести комплексный анализ для определения наиболее эффективного варианта реализации начального распределения ресурсов и проведения его оптимизации под конкретную сферу использования и конкретную задачу в процессе работы ВС. Эффективность использования аппаратных ресурсов зависит не только от архитектуры ВС, но и от архитектуры программной системы, специфики алгоритмов, а также согласованности и поддержки всевозможных аппаратных свойств на уровне ОС.

В работе в качестве математического аппарата для расчетов используются замкнутые сети массового обслуживания (ЗСеМО). Экспериментально получены простые модели для анализа различных систем, в которых предполагается выполнение задач различной степени важности и требующих различных групп ресурсов для эффективного решения поставленных задач. Для реализации свойств адаптивности в моделях применены триггеры, отслеживающие и корректирующие мощность канала обработки в отдельно взятых систем массового обслуживания (СМО) в зависимости от заданных условий, которые задаются непосредственно перед расчетом модели, путем назначения диапазона изменений и события срабатывания.

Ключевые слова: математическое моделирование, аналитическая модель, имитационная модель, замкнутая сеть массового обслуживания, вычислительная система, виртуализация ресурсов, адаптивная модель, виртуальный сервер, вычислительный процесс, время реакции системы, процессор, ресурс, эффективность.

APPLICATION OF THE APPARATUS OF QUEUING THEORY IN THE DESCRIPTION OF ADAPTIVE MODELS OF COMPUTING SYSTEMS WITH RESOURCES VIRTUALIZATION ©~2018

Martyshkin Alexey Ivanovich, candidate of technical Sciences, 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 preparing mathematical models of computer systems (CS) with virtualization. Today virtualization technologies and virtual machines are one of the most effective approaches to increase the load of computing resources. Virtualization is possible on several levels: hardware-firmware and software (operating system (OS)). 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. Existing models cannot be applied to CS with virtualization, its do not allow to carry out the complex analysis for determination of the most effective variant of realization of initial distribution of resources and carrying out its optimization under the concrete sphere of use and the concrete task in the course of work of CS. The efficiency of the use of hardware resources depends not only on the architecture of the CS, but also on the architecture of the software system, the specifics of algorithms, as well as the consistency and support of various hardware properties at the OS level.

In work for calculations the method of the closed queueing networks (CQN) which mathematical apparatus is rather well described is used. Simple models for the analysis of various systems in which accomplishment of tasks of varying degree of importance and demanding various groups of resources for the effective solution of objectives is supposed are experimentally received. The presented model allows analyzing different variants of the CS with virtualized resources. For the implementation of the properties of adaptability in the models applied to the tracking triggers and corrective capacity of the channel processing in a particular queueing system depending on specified conditions that are set immediately before the calculation of the model, by assigning a range of changes and events operation.

Keywords: mathematical modeling, analytical model, simulation model, closed queuing network, computer system, virtualization of resources, adaptive model, virtual server, computing process, system response time, processor, resource, efficiency.

Инфраструктура хранения и обработки данных является одной из важнейших и перспективных составляющих корпоративных ІТ-систем, эффективная работа которой является основой успешной деятельности в условиях динамичного рынка и конкуренции, поэтому сегодня вычислительные системы (ВС) и системы хранения данных вынуждены удовлетворять высоким требованиям: возможность адаптации к стремительно меняющимся условиям и задачам; возможность обеспечения четко определенного уровня мощности и производительности приложений; способность обеспечивать требуемый уровень масштабируемости (наращивания мощностей и ресурсов), причем наращивание ресурсов должно происходить без остановки сервисов и с минимумом простоев, вызванных сбоями или необходимостью профилактики; легкость эксплуатации и сопровождения. Сегодня самым наиболее продуктивным путем удовлетворения таким требованиям является применение ВС с возможностью виртуализациии, 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 и др.

Основными задачами, решаемыми в статье, являются: подготовка описания и исходных данных моделей ВС с виртуализацией под разные классы задач; адаптация широко применяемых элементов теории массового обслуживания для проведения исследования и расчета математических моделей ВС с виртуализацией ресурсов. Методы исследования, применяемые в работе, базируются на теории массового обслуживания и математической статистике.

Под термином «виртуализация» понимают определенные методы, необходимые для абстрагирования от различных реальных (физических) вычислительных ресурсов (ВР). Средствами виртуализации можно один физический ресурс представлять в форме конечного множества раздельных логически независимых ресурсов (логических серверов) с целью изоляции приложений друг от друга. Также можно объединять несколько отдельных физических ресурсов в рамках гетерогенной структуры (серверов, накопителей) в единый логический ресурс. Теоретическая возможность виртуализации ЦП обосновывается тезисом Черча-Тьюринга [1-4]. Его суть - возможность моделирования и исследования на ЭВМ машины Тьюринга (абстрактную вычислительную машину), таким образом, делаем из отмеченного высказывания вывод о том, что с точки зрения потенциала как инструмента для решения алгоритмических проблем все ЭВМ, вне зависимости от их исполнения, равноценны. Однако эти утверждения нельзя назвать постулатами: упомянутый тезис Черча-Тьюринга отнюдь не доказанная теорема, но все же он позволяет утверждать, что любая вычислительная система (среда) может быть промоделирована какой-то другой системой. Важные теоретические исследования относительно возможности виртуализации ЦП были проведены Джералдом Попеком и Робертом Гольдбергом в виде трех критериев виртуализации [5]: эквивалентность; полнота управления; эффективность.

Эффект от применения серверов, в частности на х86- платформе, очень низок: известно, что он колеблется на уровне 5-15%. Причем это в большей степени зависит от уровня согласованности архитектуры ЦП и серверов с операционной системой. Если эта согласованность удачна, тогда серверы могут использоваться с эффективностью 25-30% и выше [6-10]. Виртуализация имеет возможность поднять этот показатель до отметки 85% и выше, и при этом заметно увеличить надежность, масштабируемость и некоторые другие основные характеристики, имеющие важность для центров концентрирования и обработки данных. Более того, это позволяет сэкономить на стоимости аппаратуры, технической поддержке и администрировании.

Существующие модели нельзя применить к ВС с виртуализацией, они не позволяют провести комплексный анализ для определения наиболее эффективного варианта реализации начального распределения ресурсов и проведения его оптимизации под конкретную сферу использования и конкретную задачу в процессе работы ВС.

Сегодня широкое распространение получил класс имитационных моделей, где во времени воспроизводится поведение реальной системы внесением в создаваемую модель конкретных реальных условий и временных задержек, определяющих последовательность действий и переходов компонентов системы при переходе из одного состояния в другое. Пожалуй, одним из основных преимуществ имитационных моделей перед аналитическими, является потенциальная возможность приблизить ее введением дополнительных усложнений к моделируемому объекту. Однако при этом нужно учитывать, что сложные имитационные модели требуют для своей реализации больших ВР, поэтому применение таких имитационных моделей целесообразно в тех случаях, когда аналитические методы непригодны для этого.

Анализ существующих сегодня публикаций говорит о том, что в мировой и отечественной практике для решения задач проектирования, как правило, применяют аналитические методы, которые требуют для реализации меньше ВР и позволяющие решать задачи анализа и оптимизации параметров. Для оценки вероятностно-временных характеристик ВС используются методы теории массового обслуживания. Аналитические методы требуют для вывода расчетных соотношений, составляющих математические модели, введения ограничений и допущений, в значительной степени сужающие область их использования. Так в моделях, предложенных Л. Клейнроком и М. Шварцем [11, 12], рассматривается сеть связи с коммутацией сообщений, имеющая M каналов и N узлов коммутации. При построении математической модели принимаются допущения: все каналы и все узлы коммутации являются бесшумными и абсолютно надежными; время обработки в узлах коммутации равно нулю; на передающей стороне канала могут организовываться очереди из сообщений, размещаемых в памяти неограниченной емкости; трафик, поступающий в сеть передачи из внешних источников (например, из хостмашин) образует пуассоновский процесс; во многих аналитических соотношениях для каждой пары источникполучатель известен единственный путь, а в некоторых задачах вводится вероятность p(j,k) перехода из j-го узла в к-й; длины сообщений независимы и распределены по показательному закону. Введенные ограничения и допущения обеспечивают решение задач анализа, позволяющих определять: время t_i пребывания сообщений в сети передачи данных, коэффициенты r(r,v) загрузки каналов связи, длины l_i очередей, а также решать задачи эффективного проектирования. Л. Клейнрок в [11] основное внимание уделяет трем задачам: выбора пропускных способностей каналов, распределения потоков в каналах, выбор топологического варианта сети. Задачи рассматриваются как однокритериальные, минимизирующие среднюю задержку сообщений в сети передачи данных при выполнении ограничений на затраты. В методах, разработанных и обобщенных Г.П. Захаровым в [13], рассматриваются сети передачи данных с коммутацией пакетов, которые исследуются как двухполюсные многофазовые системы массового обслуживания. Для этих методов приняты следующие допущения и ограничения: законы распределения всех случайных величин принимаются экспоненциальными, кроме третьей фазы системы массового обслуживания, для которой закон распределения времени обслуживания принимается регулярным; удельная абонентская нагрузка в абонентских пунктах и компьютерах принимается равномерно распределенной по всей сети передачи данных; порядок обслуживания сообщений - прямой; время установления логического соединения включено во время коммутации; система массового обслуживания неприоритетная; сообщения при передаче по сети передачи данных стареют с заданной интенсивностью. Основными критериями оценки сети передачи данных служат, как правило, вероятность своевременной доставки сообщений и среднее время доставки сообщений.

Однако, исходя из глубокой и достаточно детальной разработки подходов, доведенных до инженерных методик, существующие математические модели обладают существенным недостатком: отсутствие возможности комплексно исследовать не только информационные потоки потоки внутри модели, но и принимать во внимание при этом изменения в составе компонентов самой математической модели в зависимости как от случайных факторов, например, аппаратные сбоев, так и описанных схем реконфигурирования ВС, что характерно для систем с естественной виртуализацией.

Рассмотрим математическую основу - метод расчета с помощью ЗСеМО [14-19], который выбран потому, что подобные сети используются для представления

процессов, протекающих в ВС с ограниченным числом задач, что связано с наличием ограниченного числа, в данном случае, ЦП в ВС. Примерами таких ВС являются многопроцессорные системы (МПС), допускающих подключение ограниченного числа ЦП к общей шине. В случае виртуализации имеем пул ЦП, ОП, адаптеров ввода-вывода. С другой стороны, примером СеМО, является простейшая мультипрограммная ЭВМ, где конечное число N программ, соответствующих уровню мультипрограммирования, в соответствии с вероятностями $P_i(i=\overline{1,M})$ одна за одной обращаются к любому из M ЦП, т.е. обрабатываются в M ЦП. Математический аппарат 3СеМО проанализирован и кратко представлен ниже. При работе каждый из М ЦП выставляет запрос к гипервизору на доступ к ресурсу, т.е. ОП, внешнему запоминающему устройству (ВЗУ), адаптеру ВВ. В процессе того, как гипервизор выдаст разрешение какому-либо ЦП, другие обрабатывают данные из своего КЭШа, локальной ОП или ожидают аналогичного разрешения на доступ, таким образом, не генерируют новые запросы к гипервизору до тех пор, пока работающий ЦП не освободит ресурс, востребованный другим ЦП, в случае с разделением времени, пока не закончится выделенный работающему ЦП такт. Общий вид модели информационных потоков в виртуальном сервере с ограниченным числом задач представлен на рисунке 1. Источником потока задач в замкнутой модели будем считать систему S_0 , содержащую M каналов $T_1,...,T_M$ и отображающую процессы работы ЦП в МПС. Параметр \mathcal{G}_0 модели равен среднему времени «обдумывания» ЦП результатов обработки своей предшествующей задачи [20-22].

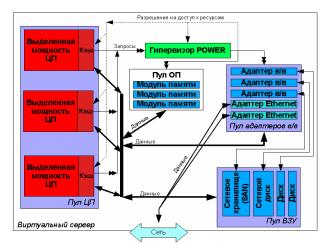


Рисунок 1 – Модель информационных потоков в сервере с виртуализацией

В модели число задач, находящихся в сети, соответствует числу каналов в СМО S_0 , поэтому очереди к этой системе попросту не возникает. Интенсивность λ_0 поступления задач из СМО S_0 в другие СМО $S_1,...,S_n$ сети напрямую зависит от числа задач, находящихся в СМО S_0

$$\lambda_0 = \left(M - \sum_{j=1}^n M_j\right) / \mathcal{G}_0 , \qquad (1)$$

где M_i – число задач, находящихся в j-й СМО сети.

Учитывая равенство интенсивностей входящего и выходящего потоков задач в системе S_0 интенсивность λ_0 определяет производительность моделируемой МПС, т. е. среднее число запросов ЦП, обрабатываемых гипервизором в единицу времени. Будем рассматривать 3Се-МО с экспоненциальным распределением времени обслуживания задач в каждой из ее S_{i} (j=1,...,n). Пусть для каждой системы сети определены параметры K_j – число каналов; θ_j – среднее время обслуживания задач одним каналом; α_j – коэффициент передачи. Пусть также известно число задач М , циркулирующих в сети. Параметры K_i , θ_i , α_i и Mявляются исходными данными для расчета характеристик стационарного режима сети и в первую очередь вероятностей ее состояний, через которые выражаются все другие характеристики [23].

Получим выражение для загрузок ρ_i систем S_i . Для одноканальной СМО загрузка определяется как разность между единицей и вероятностью того, что данная СМО не занята обслуживанием задач. Вероятность того, что в системе S_i находится ровно r задач, а задачи по другим системам распределяются любыми возможными сочетаниями, $\Pr(M_j = r) = \sum_{M_i = r} \Pr(M_1, ..., M_n)$. Тогда вероятность,

что одноканальная система не занята обслуживанием задач, определяется в виде

$$\Pr\left(\boldsymbol{M}_{j}=0\right)=\sum_{\boldsymbol{M}_{j}=0}\Pr\left(\boldsymbol{M}_{1},...,\boldsymbol{M}_{n}\right).$$
 Следовательно

$$\rho_j = 1 - \Pr(M_j = 0) = 1 - \sum_{M_j = 0} \Pr(M_1, ..., M_n).$$
 (2)

Для нахождения загрузки канала в многоканальной системе определим вначале среднее число, простаивающих каналов

$$K_j - k_j = \sum_{r=0}^{K_j - 1} (K_j - r) \Pr(M_j = r),$$
 (3)

где K_{i} – число каналов в системе; k_{i} – среднее число используемых каналов; $\Pr(M_i = r)$ – суммарная вероятность всех состояний из множества A(M,n), для которых $M_i = r$.

Загрузка каждого канала многоканальной СМО S_i определяется разностью между единицей и средним числом простаивающих каналов, отнесенным к обще-

$$\rho_{j} = 1 - \frac{K_{j} - k_{j}}{K_{j}} = 1 - \sum_{r=0}^{K_{j} - 1} \frac{K_{j} - r}{K_{j}} \Pr(M_{j} = r).$$
 (4)

Из (3) найдем среднее число занятых каналов в системе S_i .

$$k_j = K_j - \sum_{r=0}^{K_j - 1} (K_j - r) \Pr(M_j = r)$$
 (5)

Очевидно также, что $\rho_{j} = k_{j}/K_{j}$. Учитывая, что для многоканальной СМО $k_i = \lambda_i \theta_i$, получим выражение для расчета интенсивности потока, входящего в систему

$$\lambda_i = k_i / \theta_i . ag{6}$$

Для расчета среднего числа задач m_i и среднего числа задач l_i , соответственно пребывающих и ожидающих в системе S_i , используются выражения

$$m_j = \sum_{r=0}^{M} r \operatorname{Pr}(M_j = r); \tag{7}$$

$$l_{j} = \sum_{r=K_{i}+1}^{M} \left(r - K_{j}\right) \Pr\left(M_{j} = r\right). \tag{8}$$

Средние времена пребывания u_i и ожидания ω_i задач в системах $S_{i}(j=1,...,n)$ равны соответственно $u_i = m_i/\lambda_i$ и $\omega_i = l_i/\lambda_i$, где λ_i , m_i и l_i определяются из (6) - (8).

Назовем среднюю длину промежутка времени между двумя последовательными выходами одной и той же задачи из системы S_i временем цикла данной системы. Среднее время пребывания задачи в системе S_{i} , приходящееся на один промежуток времени ее пребывания в системе S_i , равно $(\lambda_i/\lambda_i)u_i$. Среднее время цикла U определяется суммированием этих значений по всем системам сети $U_j = \sum_{i=1}^{n} (\lambda_i/\lambda_j)u_j$

Учитывая, что среднее время пребывания задачи в системе S_i $u_i = m_i/\lambda_i$, получим

$$U_{j} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\lambda_{i}}{\lambda_{j}} \cdot \frac{m_{i}}{\lambda_{i}} = \frac{1}{\lambda_{j}} \sum_{i=1}^{n} m_{i} = \frac{M}{\lambda_{j}}.$$
 (9)

Учитывая то, что предполагается построение моделей ВС с виртуализацией, можно сказать что, полученные модели будут зависеть от нагрузки, более того, будут самоадаптироваться к нагрузке, на основе заданных правил, а также информации поступающей в процессе расчета модели. Можно также отметить зависимость средней длины очереди и производительности от быстроты обслуживания в СМО. Средняя длина очереди является монотонно убывающей / возрастающей, а производительность - монотонно возрастающей / убывающей функциями интенсивности обслуживания.

Описание исходных данных для моделей. Начальное число каналов в СМО задается в предположении о количестве выделенных или общих виртуальных

устройств для конкретного виртуального сервера. Здесь понятие число каналов в СМО заменяется понятием выделенная мощность обработки в процентах или долях от целого канала обработки или ЦП. Например, для ЦП можно задать 2 канала, что будет означать – два виртуальных ЦП в виртуальном сервере, если в модели задается две СМО-ЦП – это значит, что виртуальному серверу выделено два ЦП, в каждом из которых можно задать разделение на виртуальные ЦП в виде каналов. С другой стороны, в СМО ЦП можно задать выделенную мощность обработки, начиная от 0,1 с шагом в 0,01, что соответствует аналогичным свойствам виртуализации. Остальные устройства задаются в модели аналогичным образом, т.е. когда устройство ввода-вывода не является выделенным только для конкретного виртуального сервера, или, когда виртуальный сервер использует общедоступное устройство, которое предоставляется сервером виртуального ввода-вывода. Такими устройствами могут быть сетевые адаптеры, адаптеры ввода-вывода для доступа к ВЗУ различного типа. Прежде чем строить модели для исследования, рассмотрим структурную схему хост-платформы, представленную на рисунке 2, на которой создаются виртуальные сервера. Здесь можно увидеть все составляющие будущих виртуальных серверов, незадействованные ресурсы располагаются в пулах, таких как, пул ЦП, пул оперативной памяти, пул ВЗУ и т.д., кроме того основную составляющую виртуализации ресурсов, гипервизор POWER, а также укрупненные схемы примерных виртуальных серверов.

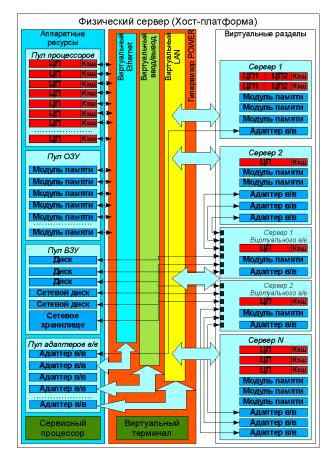


Рисунок 2 – Структурная схема хост-платформы

На рисунке 3 представлена детализированная часть схемы рисунка 2 (виртуальные сервера), а также сервера виртуального ввода-вывода, с указанием распределения ЦП и логических связей между компонентами системы.

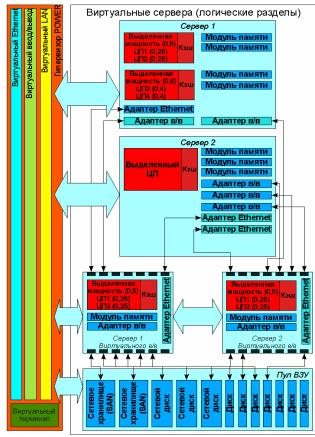


Рисунок 3 – Структурная схема логических разделов

Схема МПС без виртуализации функционально аналогична, за исключением того, что вместо пулов ресурсов используется фиксированное число аппаратных ресурсов. Изменение конфигурации сервера с фиксированным числом аппаратных ресурсов как минимум требует остановки сервера и всех выполняемых на нем задач с приостановкой всех сервисов, кроме того может также потребоваться определенная реконфигурация среды выполнения задач, ОС или сервера приложений.

В схеме с виртуализацией, ресурсы могут добавляться или удаляться из общей конфигурации прямо во время работы. Для того чтобы смоделировать такие условия работы с помощью выбранного способа расчета моделей существует два варианта использования или корректировки используемого метода:

использовать многоканальные СМО с возможностью изменять число каналов в процессе моделирования; это не совсем подходит для случая процентного распределения мощности ЦП, когда число каналов K_i и число занятых каналов k_i в многоканальной СМО должно быть дробным числом;

в процессе моделирования динамически добавлять или удалять СМО; это повлечет за собой полное перестроение матрицы вероятностей передач и перерасчет всей собранной ранее статистики, что практически неприемлемо.

Более рациональным и реализуемым является первый вариант, но некоторые формулы необходимо модифицировать, например, формула для определения среднего числа занятых каналов в СМО, так как в данном случае мощность ЦП может распределяться, начиная от 0,1 мощности целого блока ЦП

$$\beta_{j} = \lambda_{j} \vartheta_{j} = \begin{cases} \rho_{j} & npu \quad K_{j} = 1\\ k_{j} & npu \quad K_{j} > 1 \end{cases}$$
(10)

где загрузка многоканальной системы определяется в виде $\rho_i = k_i/K_i = \lambda_i \vartheta_i/K_i$.

И еще одна формула, где используется факториал, применяемый, в общем случае, только для целых чисел

$$R_{j}\left(M_{j}\right) = \begin{cases} 1/M_{j}! & npu \quad M_{j} \leq K_{j} \\ 1/\left(K_{j}!K_{j}^{M_{j}-K_{j}}\right) & npu \quad M_{j} > K_{j} \end{cases}. \tag{11}$$

Проблему вычисления факториала дробного числа можно решить путем применения асимптотической формулы для вычисления факториала (формула Стирлинга), позволяющую приближенно вычислять фактори-

$$n! = \sqrt{2\pi n} \left(\frac{n}{e}\right)^n \left(1 + \frac{1}{12n} + \frac{1}{288n^2} - \frac{139}{51840n^3} + O(n^{-4})\right), (12)$$

где «О» большое – математические обозначения для сравнения асимптотического поведения (асимптотики) функций. Под асимптотикой понимается характер изменения функции при её стремлении к определённой точке. Суть указанного термина «О большое» зависит от его области применения, но всегда O(f) растёт не быстрее, чем f .

В ряде случаев для приближенного значения факториала можно рассматривать только главный член формулы Стирлинга

$$n! \approx \sqrt{2\pi n} \left(\frac{n}{e}\right)^n. \tag{13}$$

При этом можно сказать, что
$$\sqrt{2\pi n} \left(\frac{n}{e}\right)^n < n! < \sqrt{2\pi n} \left(\frac{n}{e}\right)^n e^{1/(12n)} \,. \tag{14}$$

Необходимо иметь возможность задавать случайные события, для создания условия случайных сбоев в модели ВС. Вероятность сбоя задается в виде триггера псевдослучайных сбоев, позволяющего моделировать отказ тех или иных устройств в модели ВС. Триггер сбоев создает события времени выполнения модели. В процессе работы модели данные события проявляются, как резкое сокращение мощности канала обработки в какой-либо СМО до минимального значения равного 0,1. Совсем ликвидировать СМО, где произошел сбой,

из модели не представляется возможным, ввиду того, что это влечет за собой изменение размера матрицы передач и может в свою очередь исказит всю собранную до момента сбоя статистику. Таким образом, после сбоя модель может восстановить мощность обработки, с условием использования пула свободных виртуальных ресурсов. Технологии агрегирования сетевых каналов и резервирование каналов ввода-вывода также можно моделировать с помощью нескольких промежуточных СМО. На основе собираемых результатов расчета моделей предполагается получать подтверждение эффективности использования ВР и сбалансированности моделируемых ВС с виртуализацией, по сравнению с обычными, не имеющими возможности динамически выделять ресурсы.

Таким образом, с учетом вышеописанных триггеров модели получают свойства адаптивности – другими словами получаем возможность создавать адаптивные модели, в данном контексте нужно понимать математические модели, используемые в сочетании с заданными оператором динамическими характеристиками - машинными процедурами принятия решений относительно изменения состава ресурсов в модели.

Экспериментально получены простые модели для анализа различных систем, где предполагается выполнение задач различной степени важности и требующих различных групп ресурсов для наиболее эффективного решения поставленных задач. Предложенные модели позволяют анализировать различные варианты ВС с виртуализированными ресурсами с введенными выше ограничениями.

Касательно виртуальных серверов на практике, то аутсорсинг IT-инфраструктуры становится все более популярным, т.к. данная возможность исключает необходимость покупки дорогостоящих серверов, для которых также необходима поддержка ПО и аппаратной части.

Таким образом, на данный момент имеется два отдельных продукта для управления ресурсами и нагрузкой, это вызывает неудобства и трудности их настройки, для получения комплексной системы, учитывающей как загрузку ресурсов, так и важность каждого приложения одновременно.

Следовательно, рационально и удобно разработать один интегрированный механизм для управления ресурсами на основе, как загруженности ресурсов, так и важности выполняемых задач в каждом из разделов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Church Alonzo (1936). «An Unsolvable Problem of Elementary Number Theory». American Journal of Mathematics no. (58).345-363. pp. DOI:10.2307/2371045.
- Church Alonzo (1936). «A Note on the Entscheidungsproblem». Journal of Symbolic Logic (1). pp. 40–41.
- Turing A. M. On Computable Numbers, with an 3. Application to the Entscheidungsproblem // Proceedings of the London Mathematical Society - London Mathematical Society, 1937. vol. 42. pp. 230-265. ISSN 0024-6115; 1460-244X - doi:10.1112/PLMS/S2-42.1.230.

- Turing A. M. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. A Correction // Proceedings of the London Mathematical Society – London Mathematical Society, 1938. vol. s2-43, iss. 6. P. 544-546. -ISSN 0024-6115; 1460-244X - doi:10.1112/PLMS/S2-43.6.544.
- 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.
- Черняк Л. Ренессанс виртуализации вдогонку за паровозом // Открытые системы, №02, 2007 - C. 26-35.
- Vagmo M., Wustefeld P. Advanced POWER Vir-7. tualization on IBM System p5: Introduction and Configuration, 2007. 488 p.
- Tulloch M. Understanding Microsoft Virtualization Solutions, Microsoft Press, 2010. 464 p. (Second Edition)
- 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-
- 10. VIRTUALIZATION FOR PROCESS AUTOMA-TION SYSTEMS. Rockwell Automation Publication: PRO-CES-WP007A-EN-P January 2013: [Электронный ресурс].
- http://www.ab.com/onecontact/process/whitepaper/get/PRO CES-WP007A-EN-P.pdf (Дата обращения: 11.03.2018).
- 11. Клейнрок Л. "Вычислительные системы с очередями", М.: Мир, 1979. – 600 с.
- 12. Шварц М. Сети связи: протоколы, моделирование и анализ: В 2-х ч. – М: Наука, 1992. – 336 с.
- 13. Захаров Г.П. Методы исследования сетей передачи данных. – М.: Радио и связь, 1982. – 208 с.
- 14. Ивченко, Г. И., Каштанов В. А., Коваленко И. Н. Теория массового обслуживания. М.: Высшая школа, 1982. - 256 c.
- 15. Бочаров П. П., Печинкин А. В. Теория массового обслуживания: учебник. Изд-во РУДН, 1995. – 529 с.
- 16. Кирпичников А.П. Прикладная теория массового обслуживания. - Казань: Изд-во Казанск. гос. унта, 2008. – 118 с.
- 17. Алиев, Т.И. Основы моделирования дискретных систем. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
- 18. Маталыцкий М.А., Тихоненко О.М., Колузаева Е.В. Системы и сети массового обслуживания: анализ и применения: монография. Гродно: ГрГУ, 2011. -816 c.
- 19. Ложковский А.Г. Теория массового обслуживания в телекоммуникациях: учебник. Одесса: ОНАС им. А. С. Попова, 2012. – 112 с.
- 20. Валова О.О., Мартышкин А.И. Разработка, исследование и применение моделей вычислительных систем с виртуализацией // Современные информационные технологии. – 2014. – № 20. – С. 50–57.

- 21. 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–
- 22. Валова О.О., Мартышкин А.И. Разработка и применение математических моделей вычислительных систем с виртуализацией // Международный студенческий научный вестник. - 2015. - № 3-2. - С. 268-
- 23. Шелухин О.И. Моделирование информационных систем. Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия-Телеком, 2012. – 516 c.

Статья поступила в редакцию 10.02.2018 Статья принята к публикации 02.04.2018

УДК 519.6

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО CASE СРЕДСТВА «DBR» ПО ПОДБОРУ СУБД 2018

Амер Исмаил Ф.О., аспирант, Институт вычислительной математики и информационных технологий *Казанский (Приволжский) федеральный университет*

(420010, Россия, Казань, улица Деревня универсиады, 9, e-mail: safadi79@mail.ru)

Бурнашев Рустам Арифович, аспирант, Институт вычислительной математики и информационных технологий

Казанский (Приволжский) федеральный университет

(420010, Россия, Казань, улица Деревня универсиады, 9, e-mail: r.burnashev@inbox.ru)

Еникеев Арслан Ильясович, к.ф-м.н, доцент, заведующий кафедрой «технологий программирования»

Институт вычислительной математики и информационных технологий

Казанский (Приволжский) федеральный университет

(420008, Россия, Казань, улица Кремлёвская, 35, e-mail: a_eniki@inbox.ru)

Аннотация. В статье представлено одно из реализованных CASE средств, суть которого состоит в выявлении необходимых свойств базы данных и предоставлении клиентам наилучшего варианта, наиболее удовлетворяющего их запросам. Подбор базы данных осуществляется путем выбора заказчиком необходимых ему параметров (например, таких как кроссплатформенность, ограничение на использование RAM, GB, ограничение на размер БД и другие). На этой основе приложение позволяет подобрать идеальный вариант для клиента, что в итоге окажет помощь разработчикам, так как выбор подходящего СУБД играет важную роль в успешной реализации их проектов. С этой целью было проведено исследование характеристик систем управления базами данных. Новизна CASE средства заключается также в том, что оно обеспечивает совместимость SWI-PROLOG и СУБД PostgreSQL в рамках единой интегрированной среды разработки. В будущем это будет применимо к разработке различных экспертных систем. В результате исследования выявлены самые необходимые и важные параметры баз данных, влияющие на предпочтения разработчиков в выборе соответствующей задаче БД при разработке информационных систем и обеспечении совместимости программного обеспечения.

Ключевые слова: CASE средства, системы управления базами данных, экспертная система, совместимость программного обеспечения

DEVELOPMENT OF SPECIALIZED CASE TOOL «DBR» ON SELECTING DBMS

© 2018

Amer Ismail F.O., PhD student, Institute of Computational Mathematics and Information Technologies

Kazan Federal University

(420010, Kazan, 9 Derevnya Universiadi Street, e-mail: safadi79@mail.ru)

Burnashev Rustam Arifovich, PhD student, Institute of Computational Mathematics and Information Technologies *Kazan Federal University*

(420010, Kazan, 9 Derevnya Universiadi Street, e-mail: r.burnashev@inbox.ru)

Enikeev Arslan Ilyasovitch, associate-professor, Head of Department of programming technique, Institute of Computational Mathematics and Information Technologies

Kazan Federal University

(420008, Kazan, 35 Kremlyovskaya Street, e-mail: a_eniki@inbox.ru)

Abstract. The article is devoted to one of the existing CASE tools that was designed to search for necessary properties of the database and to provide customers with the option that meets their needs best of all. Selection of a database is carried out by selecting the parameters needed for the customer (for example, such as cross-platform property, limitation of the use of RAM, GB, limitation of the size of the database, PB, etc.). Thus, the application permits to select an ideal variant for the client and, as a result, it helps the developers, since the choice of an appropriate DBMS plays an important role in the successful implementation of their projects. To do this, we conducted a study of different characteristics of database management systems. Also, the novelty of the new CASE tool presented is that it ensures the compatibility of SWI-PROLOG and DBMS PostgreSQL within the framework of a single integrated development environment. In the future this will be applicable to the development of various expert systems. In the presented work the most necessary and important parameters of databases influencing the developer's preferences in choosing the suitable database were identified.

Keywords: CASE tools, database management system, expert system, software compatibility.

Интеллектуальные информационные системы и технологии — одна из наиболее перспективных и быстро развивающихся научных и прикладных областей информатики. Она оказывает существенное влияние на все научные и технологические направления, связанные с использованием компьютеров, и уже се-

годня дает обществу то, что оно ждет от науки – практически значимые результаты, многие из которых способствуют кардинальным изменениям в сферах их применения [1]. Особое место в разработке и использовании интеллектуальных информационных систем занимают экспертные системы [2].

Разработанная система, предназначена для информационной поддержки принятия решений при проектировании информационных систем с использованием современных информационных технологий. В системе используется общая методика принятия решений с использованием дифференциальной серии и метода аналогии. Были проанализированы основные проблемы области создания экспертных систем, и с их помощью получен практический принцип программной части системы. Среда разработки CASE средства, была реализована в Visual Studio 2015 язык программирования С # и JAVA, а также с набором графических инструментов Windows Forms и системой управления базами данных PosgreSQL.

Одно из главных назначений экспертных систем (ЭС) заключается в решении достаточно трудоёмких для экспертов задач на основе накапливаемой базы знаний, отражающий профессиональный опыт и квалификацию эксперта в конкретной области [7], [9], [10]. Например, компьютерные технологии в медицине, предназначенные для классификации, диагностики, оценки состояния, анализа взаимодействия регуляторных и терапевтических процессов, отбора, оценки и коррекции лечебных мероприятий [8].

Применение ЭС даёт возможность принятия решений в уникальных ситуациях, для которых алгоритм заранее не известен и формируется по исходным данным в виде цепочки рассуждений (правил принятия решений) из базы знаний. Причем решение задач предполагается осуществлять в условиях неполноты, недостоверности, многозначности исходной информации и качественных оценок процессов [3].

Специализированное CASE средство предназначено для помощи разработчикам в выборе системы управления базами данных (СУБД) при разработке программного продукта. Однако сама задача выбора СУБД под каждый конкретный проект далеко не тривиальна [12]. Сложность заключается в большом количестве особенностей, присущей каждой СУБД. При этом для получения знаний об этих особенностях необходимо уделить немалое количество времени на изучение литературы и освоить на практике каждую базу. К тому же данная сфера динамична, и знания должны сохранять актуальность.

Процессы разработки и внедрения сложных информационных систем, а также различного рода программных комплексов, должны находиться под правильно организованным управленческим контролем на протяжении всего жизненного цикла ПО. Однако на сегодняшний день в большинстве случаев вне пределов контроля оказываются наиболее необходимые характеристики программных продуктов, что влечет за собой появление различных рисков (затрата времени, ресурсы, и др.), связанных с разработкой и внедрением систем.

Систему баз данных можно рассматривать как систему, где осуществлено распределение процесса выполнения по принципу взаимодействия двух программных процессов, один из которых в этой модели называется «клиентом», а другой, обслуживающий

клиента, – сервером (машина, хранящая базы данных). Клиентский процесс запрашивает некоторые услуги, а серверный процесс обеспечивает их выполнение. При этом предполагается, что один серверный процесс может обслужить множество клиентских процессов [4].

Для выбора СУБД необходимо определиться с двумя важнейшими составляющими, которые влияют на результативность их эксплуатации в качестве продуктивного хранилища данных:

- 1) число пользователей, которые могут работать одновременно;
- 2) объем информации, которая ежедневно будет пополнять базу данных.

В стандартной ситуации одни пользователи проводят операции текущего дня, в то время как остальные желают получить отчеты за минувший период, при этом используются данные одних и тех же таблиц. При выборе СУБД для многопользовательского применения предпочтение следует отдавать СУБД, которые никак не заблокируют соседние записи при вставке и изменении данных.

Полученный в результате проведенного исследования прототип выглядит следующим образом. База знаний реализует приведенную выше структуру взаимодействия факторов выбранного для прототипа раздела «модель данных СУБД и исходящие из нее свойства».

Фрагмент, который определяет, подходит ли искомый запрос определённому значению параметра

foreach(KeyValuePair<String, List<Object>> k in dictionary)

```
Buttonbutton = newButton();
   button.Location = newPoint(xPos, yPos);
   button.Text = k.Key;
   ProgressBarpb = newProgressBar();
   pb.Size = newSize(100, 20);
   pb.Location = newPoint(xPos+100, yPos);
   Labellabel = newLabel();
   label.Location = newPoint(xPos + 210, yPos);
   label.AutoSize = true;
   yPos += 35;
   int matches = 0;
   int step = 100 / critCount;
   int index = 0;
   foreach(KeyValuePair<object, Com-
boBox>kvincritDict)
   if (Con-
vert.ToString(kv.Value.SelectedItem).Equals(Convert.To
String(k.Value[index])))
   matches += step;
   index++;
   label. Text = matches + "%";
   pb.Value = matches;
   button.Click += newEventHandler(this.infoF);
   this.panel1.Controls.Add(button);
   this.panel1.Controls.Add(pb);
   this.panel1.Controls.Add(label);
   pbList.Add(pb);
          }
```

Если пользователь нажимает на кнопку «попросить помощь экспертов», на сервер опять отправляется массив поисковых запросов, а также количество баллов, которые бы устраивали пользователя. Поисковый запрос сохраняется в специальную таблицу данных (рисунок 1), которая доступна экспертам для просмотра. Анализируя запросы пользователей, эксперты должны будут пытаться найти такие объекты, которые бы устраивали пользователей. В случае, если такие объекты будут найдены, пользователю отправляется информация об этом, и ожидается их ответ — удовлетворены ли они им. Если они удовлетворены, запрос удаляется из базы данных, если нет — помещается в отдельную таблицу.

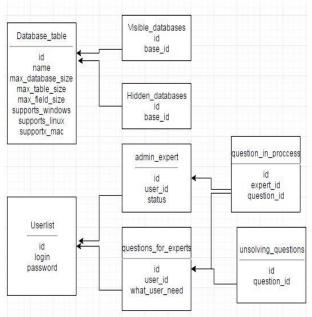


Рисунок 1 – Диаграмма связей таблиц

Главной функцией для пользователей является поиск. Интерфейс поиска состоит из форм (рисунок 2), которые позволяют пользователю сообщить, какие значения параметров ему нужны.

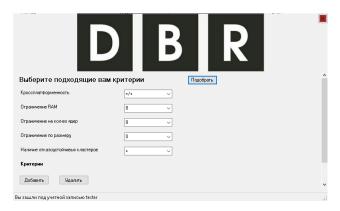


Рисунок 2 – Фрагмент поисковых форм

Далее он должен нажать кнопку «Подобрать», после чего произойдёт запрос на сервер, и когда сервер вернёт пользователю поисковую выдачу, пользователь увидит её в таком виде (рисунок 3).



Рисунок 3 – Пример выдачи результатов поиска

Современный уровень развития информационных систем позволяет разрабатывать не только программы, решающие однотипные прикладные задачи. Разрабатываемая экспертная система решает проблему чрезмерного количества информации, сложности и трудоемкости анализа ее связанности.

Обеспечение целостности БД составляет необходимое условие успешного функционирования БД, особенно для случая использования БД в сетях. Целостность БД, есть свойство базы данных, означающее, что в ней содержится полная, непротиворечивая и адекватно отражающая предметную область информация.

Поддержание целостности БД включает проверку целостности и ее восстановление в случае обнаружения противоречий в базе данных. Целостное состояние БД описывается с помощью ограничений целостности в виде условий, которым должны удовлетворять хранимые в базе данные. Примером таких условий может служить ограничение диапазонов возможных значений атрибутов объектов, сведения о которых хранятся в БД, или отсутствие повторяющихся записей в таблицах реляционных БД.

Одним из главных вопросов также является обеспечение безопасности знаний хранящихся в базе знаний, который достигается в системе управления базами данных с применением шифрования прикладных программ, данных, защитой данных паролем, поддержкой уровней доступа к экспертной системе, а также к отдельным ее элементам.

XPCE — независимый от платформы инструмент для SWI-PROLOG, Lisp и других функциональных и логических языков программирования. Эта структура получила наибольшую популярность в Prolog'e.

Чтобы взаимодействовать и управлять объектами XPCE из среды ядра SWI-PROLOG, в программу добавляются необходимые предикаты, такие как:

- new (? Reference, + Class (... Arg ...))
- send (+ Reference, + Method (... Arg ...))
- get (+ Reference, + Method (... Arg ...), -Result)
- free (+ Reference)

Система управления базами знаний (содержащая в себе факты и правила) реализованная на языке SWI

Prolog, реализует доступ к знаниям, хранящимся в системе управления базами данных PostgreSQL посредством интерфейса связи ODBC (Open Database Connectivity). Данный пример доступа является из немногих случаев, когда такой проект в основном реализован на языке PROLOG, благодаря чему позволяет во много раз ускорить обработку данных в базе знаний.

Отличительной чертой экспертной системы является то, что работающий с базой знаний специалист может не только получить нужный ему ответ, но и получить доступ ко всем знаниям из базы знаний, задав необходимые вопросы к экспертной системе. Методы основаны на получении информации о характеристиках программного обеспечения с использованием специализированных программных средств, обеспечивающих автоматизацию.

Количество информации в данной сфере, таким образом, весьма велико, и одному человеку, да и команде экспертов очень сложно собрать её для принятия решения по конкретному проекту. В результате чаще всего СУБД для программного продукта выбирается из нескольких известных экспертам вариантов и может быть неоптимальной. Поэтому создание подобной экспертной системы и соответствующие исследования являются весьма актуальными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1. Тоискин В.С. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие. Ставрополь: Издво СГПИ, 2009. Часть 1. С. 3.
- 2. Буров К. Обнаружение знаний в хранилищах данных. // Открытые системы. 1999. № 5-6. С. 67—77.
- 3. Тельнов Ю.Ф. Интеллектуальные информационные системы / Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права. М., 2004. С. 11.
- 4. П.В. Бураков, В.Ю. Петров Введение в системы баз данных, Санкт-Петербург 2010. С. 21.
- 5. Hausi A. Muller ,Ronald J. Norman, Jacob Slonim: Computer Aided Software Engineering, Springer US,1996
- 6. К. Дейт Введение в системы баз данных. Москва Санкт-Петербург, 2005. С. 25–30.
- 7. Burnashev R. A., Yalkaev N. S., Enikeev A. I., DATA STRUCTURING AND DATA PROCESSING FOR THE INFORMATION INTELLECTUAL APPLICATIONS // JOURNAL OF FUNDAMENTAL AND APPLIED SCIENCES. 2017. Vol.9, Is.. P.1403-1416.
- 8. Kamalov A.M, Burnashev R.A., Development of the expert system prototype «medexpert» for differential disease diagnostics // Astra Salvensis. 2017. Vol.2017, Is.. P.55–64.
- 9. Бурнашев Р.А., Георгиев В.О., Еникеев А.И., Ларионов Г.В. Исследование и практическая реализация вопросов использования языков высокого уровня для разработки прототипа экспертной системы SMIT 2017 IX Научная Конференция по математическому моделированию и информационным технологиям. SMIT 2017. Секция «Математическое моделирование». С. 14–15.

- 10. Ялкаев Н.С., Бурнашев Р.А. Практическое применение результатов исследования структуризации и первичной обработки документов MS Word IX Студенческая конференция по математическому моделированию и информационным технологиям. SMIT 2017. Секция «Математическое моделирование». С. 17.
- 11. Камалов А., Бурнашев Р. Разработка прототипа экспертной системы «Med-expert» дифференциальной диагностики заболеваний IX Студенческая конференция по математическому моделированию и информационным технологиям. SMIT 2017. Секция «Математическое моделирование». С. 12.
- 12. Р.А. Бурнашев, А. Губайдуллин Решение проблемы совместимости между логическим языком программирования PROLOG и СУБД POSTGRESQL / Новые информационные технологии в научных исследованиях (НИТ 2017): материалы XXII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Рязань 2017. С. 180–182.
- 13. Burnashev R., Yalkaev N., Georgiev V. Data structuring and data processing for the information intellectual applications // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2017): Материалы XVI Международной конференции имени А.Ф. Терпугова. Томск: Изд-во НТЛ, 2017. Ч. 2. С. 145—151.
- 14. Горин С.В., Тандоев А.Ю. Применение CASEсредства Erwin 2.0 для информационного моделирования в системах обработки данных. "СУБД", 1995, №3. – С. 1-11.
- 15. Горин С.В., Тандоев А.Ю. CASE-средство S-Designor 4.2 для разработки структуры базы данных. "СУБД", 1996, №1. С. 19.
- 16. Петров Ю.К. JAM инструментальное средство разработки приложений в информационных системах архитектуры "клиент/сервер", построенных на базе РСУБД. "СУБД", 1995, №3.
- 17. Полат Е.С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования: учеб. пособие для студ. вузов / Полат Е.С.; Бухаркина М.Ю. 2-е изд., стер. М: Академия, 2008. С. 368.
- 18. Пожитнева В.В. Кейс-технологии для развития одаренности // Химия в школе. — 2008. — №4. — С. 13—17.
- 19. Полат Е. С. Организация дистанционного обучения в Российской Федерации // Информатика и образование. -2005. -№ 4. C. 25-33.
- 20. Брусакова И.А., Мамаева С.О. Система управления базами измерительных знаний // Управление базами знаний. 2006. № 5. С.93–97.

Статья поступила в редакцию 29.01.2018 Статья принята к публикации 02.04.2018 УДК 664.84

КОНСЕРВИРОВАННАЯ ОВОЩНАЯ ПРОДУКЦИЯ КАК ИСТОЧНИК АНТИОКСИДАНТОВ 2018

Белокурова Елена Сергеевна, кандидат технических наук, доцент Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (194021, Россия, Санкт-Петербург, улица Новороссийская, 48, e-mail: oldseadog@inbox.ru)
Панкина Илона Анатольевна, кандидат технических наук, доцент Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (194021, Россия, Санкт-Петербург, улица Новороссийская, 48, e-mail: pankina_ilona@mail.ru) Кулакова Мария Сергеевна, студент Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (194021, Россия, Санкт-Петербург, улица Новороссийская, 48, e-mail: masha.3.92@yandex.ru)

Аннотация. Статья посвящена исследованию количественного содержания витамина С в консервированной овощной продукции, предназначенной для длительного хранения. Для профилактики различных заболеваний человек должен потреблять необходимое количество питательных: белков, жиров, углеводов и биологически-активных веществ: ферментов, витаминов. Для предупреждения старения организма необходимо уменьшать количество свободных радикалов. Аскорбиновая кислота обладает хорошей антиоксидантной активностью. Употребление в пищу продуктов с высоким содержанием витамина С способствует уменьшению вредного воздействия свободных радикалов на жизненно важные системы живого организма. Свежие овощи содержат большое количество аскорбиновой кислоты. Её количество снижается при хранении. Свежие овощи плохо сохраняются. Для использования в зимнее время их подвергают консервированию. При консервировании овощной продукции на различных этапах технологического процесса происходит потеря значительного количества витамина С. В переработанной продукции аскорбиновой кислоты значительно меньше, чем в свежих овощах. По результатам исследований показано, что наибольшее количество аскорбиновой кислоты содержится в маринованном перце, а в квашеной капусте почти в 5 раз меньше. Для обеспечения организма человека данным витамином в зимний период времени нужно употреблять 200–300 граммов квашеной капусты в день или 70–100 г консервированного перца.

Ключевые слова: консервирование, антиоксиданты, свободные радикалы, аскорбиновая кислота

CANNED VEGETABLE PRODUCTION AS A SOURCE OF ANTIOXIDANTS

© 2018

Belokurova Elena Sergeevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
High School of Biotechnology and Food Technologies

Saint-Petersburg Polytechnic University named after Peter the Great
(194021, Russia, St. Petersburg, Novorossiyskaya Street, 48, e-mail: oldseadog@inbox.ru)

Pankina Ilona Anatolevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, High School of Biotechnology

Saint-Petersburg Polytechnic University named after Peter the Great (194021, Russia, St. Petersburg, Novorossiyskaya Street, 48, e-mail: pankina_ilona@mail.ru) Kulakova Maria Sergeevna, student, High School of Biotechnology and Food Technologies Saint-Petersburg Polytechnic University named after Peter the Great (194021, Russia, St. Petersburg, Novorossiyskaya Street, 48, e-mail: masha.3.92@yandex.ru)

and Food Technologies

Annotation. The article is devoted to the study of the quantitative content of vitamin C in canned vegetable products, intended for long-term storage. Every man must consume the necessary amount of nutrients: proteins, fats, carbohydrates and biologically active substances: enzymes, vitamins for the prevention of various diseases. Every man need to reduce the amount of free radicals to prevent aging. Ascorbic acid has good antioxidant activity. Eating foods high in vitamin C helps reduce the harmful effects of free radicals on the vital systems of a living organism. Fresh vegetables contain a large amount of ascorbic acid. The quantity of ascorbic acid decreases during storage. Fresh vegetables are poorly preserve. They are subjected to conservation for use in the winter. A significant amount of vitamin C is lost when processing vegetables at various stages of the tecnology process. The processed vegetables contain inside the ascorbic acid significantly less than fresh vegetables. By results of researches it is shown, that the greatest quantity of ascorbic acid is contained in pickled pepper, and in sauerkraut almost 5 times less. To ensure the human body with this vitamin in the winter, you need to consume 200-300 grams of sauerkraut per day or 70-100 g of canned pepper.

Keywords: canning, antioxidants, free radicals, ascorbic acid

На сегодняшний день уровень развития перерабатывающей промышленности России и многих высокоразвитых стран мира позволяет выпускать овощную и пло-

доовощную продукцию с длительным сроком хранения [1]. Достигается такой результат с помощью различных способов консервирования, например термической

обработки (пастеризация, стерилизация) или биологическими методами (с помощью микроорганизмов) и другими способами. Консервированные продукты хорошо хранятся и переносят транспортировку на большие расстояния, поэтому количество такой продукции в последние годы увеличивается [2]. Ассортимент такой продукции постоянно расширяется [3, 4].

Консервированная овощная продукция, приготовленная с применением термических методов при всех своих видимых преимуществах имеет важный недостаток, т.к. содержит значительно меньше биологически-активных веществ, чем исходное сырьё, из которого она была изготовлена. Потери различных функциональных ингредиентов происходят на всех стадиях технологического процесса, многие биологически-активные вещества теряют свои свойства при термообработке.

Современные медицинские исследования свидетельствуют о наличии различных заболеваний, связанных с иррациональным питанием. С пищевыми продуктами человек должен получать необходимые для поддержания жизненных функций питательные вещества: белки, жиры, углеводы, ферменты, витамины, минеральные вещества [5].

С возрастом, а также под влиянием неблагоприятных факторов внешней среды в организме человека накапливаются свободные радикалы такие как супероксидный анион-радикал, гидропероксидный радикал, пероксид водорода, гидроксил-радикал и др. Повышенному содержанию свободных радикалов способствуют как факторы внешней среды. В этой связи актуальными являются разработки специалистов, связанные с экологизацией выращивания различных овощных культур [6]. Неправильный образ жизни человека также сказывается на процессах накопления свободных радикалов в организме. Считается, что накопление свободных радикалов свидетельствует о старении организма. Чем успешнее человек борется со свободными радикалами, тем позже начинается у него возраст начала возрастных изменений.

Для уменьшения вредного воздействия свободных радикалов на жизненно важные системы живого организма рекомендуется употреблять пищевые продукты, в том числе безалкогольные напитки, содержащие природные антиоксиданты. Это в первую очередь витамины – антиоксиданты: аскорбиновая кислота, токоферолы. Из провитаминов высокой антиоксидантной активностью обладают каротиноиды: β-каротин, ликопин, лютеин [7]. Из прочих органических соединений хорошую способность к связыванию свободных радикалов имеют полифенолы - феруловая, кумариновая кислоты, катехин, антоцианидины и др. Эти соединения отдают неполноценным молекулам свои электроны, не теряя при этом своей стабильности и активности. Прекращается негативный процесс разрушения молекул, не происходит разрушения клеток, не возникают реакции окисления.

Как было отмечено выше, многие продукты длительного срока хранения, обработанные различными термическими способами, теряют значительную часть биологически-активных веществ. Для более щадящего воздействия на сырьё кроме

термического консервирования плодов и овощей широко используют другие способы увеличения сроков хранения, например, биологическое консервирование с применением микроорганизмов [8-11]. Таким способом в России заготавливают капусту белокочанную. Очень важно при этом обращать на качество и безопасность сырья [12-14].

Цель исследования заключалась в определении количественного содержания витамина С в консервированной овощной продукции.

Методы исследования. Массовую долю аскорбиновой кислоты определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 24556-81. В основу количественного определения аскорбиновой кислоты положены её редуцирующие свойства. При количественном определении витамина С раствор 2,6-дихлорфенолиндофенола, имеющего синюю окраску, обесцвечивается экстрактами растений, содержащими аскорбиновую кислоту (АК).

Объекты исследования. В качестве объектов исследования были выбраны наиболее распространённые в Российской Федерации консервированные овощи: маринованные огурцы, маринованный перец, капуста квашеная. Все исследованные образцы широко представлены на потребительском рынке города Санкт-Петербурга. Описание объектов исследования представлено в таблице 1.

Анализ данных таблицы 1, показывает, что маринованные огурцы и перец в розничной торговой сети представлены как отечественными, так и европейскими производителями. А квашеная капуста только отечественных производителей, но это и понятно: капуста белокочанная хорошо произрастает во многих регионах Российской Федерации, в том числе и в северных широтах, хорошо хранится. А белокочанная капуста, консервированная методом квашения - это традиционно русский продукт, который заготавливается в нашей стране и в домашних условиях, и в промышленных масштабах. Немаловажная деталь, которая делает квашеную капусту очень популярным продуктом - это её относительно низкая цена, поэтому этот продукт в осенне-зимний период пользуется большим спросом у населения.

Такие овощи, как огурцы и перец, отличаются повышенным содержанием ряда витаминов, различных макро- и микронутриентов [15]. При изготовлении огурцов и перца основными консервирующими агентами, увеличивающими их сроки хранения, выступают повышенная температура и повышенная кислотность среды, которая достигается экзогенным введением уксусной кислоты. Приготовленные таким способом продукты могут храниться при комнатной температуре [16].

При изготовлении квашеной капусты основным консервирующим агентом выступает молочная кислота эндогенного происхождения, накапливающаяся при молочнокислом брожении. Квашеная капуста должна храниться в условиях холодильного хранения (+2-+4 0 C) [17, 18].

Таблица 1 – Описание объектов исследования

	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,			
Наиме нова- ние образ- цов	Сырье, из кото- рого изготов- лены консер- вы	Способ заготовки	Торговая марка	Страна- произво- дитель
Обра- зец 1	Огурцы	Термическое консервирование	Шамб	Армения
Обра- зец 2	Огурцы	Термическое консервирование	Бархат- ный сезон	Россия
Обра- зец 3	Огурцы	Термическое консервирование	Lorado	Индия
Обра- зец 4	Огурцы	Термическое консервирование	Unamel	Польша
Обра- зец 5	Перец сладкий	Термическое консервирование	Марис	Молдова
Обра- зец 6	Перец сладкий	Термическое консервирование	Green Ray	Венгрия
Обра- зец 7	Перец сладкий	Термическое консервирование	От души	Россия
Обра- зец 8	Капуста белоко- чанная	Биологическое консервирование (квашение)	«Фабри- ка До- машних Соле- ний»	Россия
Обра- зец 9	Капуста белоко- чанная	Биологическое консервирование (квашение)	«Рецепты, проверенные временем» ООО «Рант»	Россия
Обра- зец 10	Капуста белоко- чанная	Биологическое консервирование (квашение)	«ТД «Аль- янс»	Россия
Обра- зец 11	Капуста белоко- чанная	Биологическое консервирование (квашение)	«Рецепты, проверенные временем ИП Гудимов А.С.	Россия
Обра- зец 12	Капуста белоко- чанная	Биологическое консервирование (квашение)	Захаров- ская»	Россия

Результаты и их обсуждение. Результаты определения массовой доли витамина С в исследованных образцах консервированной овощной продукции представлены в таблице 2. Для сравнения приведены данные на содержание витамина С для огурцов и перца, взятые из ГОСТ Р 53972-2010 Овощи соленые и квашеные. Общие технические условия [19]. Нормы, приведённые в ГОСТ носят скорее рекомендательный характер. А для капусты квашеной нормативные данные по содержанию витамина С взяты из литературных источников.

Таблица 2 — Содержание витамина С в консервированной овощной продукции

ровинной овощной	пробукции	T
Наименование образцов	Массовая доля витамина С, мг/ 100 г (фактиче- ская)	Массовая доля витамина С, мг/ 100 г, не менее (в соответствии с НТД)
Образец 1	10,0	5,5 (ΓΟСТ P 53972-2010)
Образец 2	10,0	5,5 (ΓΟСТ P 53972-2010)
Образец 3	8,0	5,5 (ΓΟСТ P 53972-2010)
Образец 4	9,5	5,5 (ΓΟСТ P 53972-2010)
Образец 5	120,0	138 (ГОСТ Р 53972-2010)
Образец 6	144,0	138 (ГОСТ Р 53972-2010)
Образец 7	102,0	138 (ГОСТ Р 53972-2010)
Образец 8	25,8	30,0
Образец 9	24,9	30,0
Образец 10	14,8	30,0
Образец 11	30,8	30,0
Образец 12	29,1	30,0

Анализируя результаты исследований можно сделать следующие выводы:

- по количественному содержанию аскорбиновой кислоты по сравнению с другими овощными культурами доминирует перец сладкий (болгарский). Несмотря на то, что это консервированная продукция, прошла термообработку, имели место потери витамина С на разных стадиях технологического процесса, однако ещё достаточно много аскорбиновой кислоты осталось;
- не все образцы перца сладкого по содержанию аскорбиновой кислоты отвечают требованиям действующего ГОСТ Р 53972-2010 «Овощи солёные и квашеные. Общие технические условия». Между содержанием аскорбиновой кислоты в различных образцах перца имеется разброс от 102,0 до 140,0 мг/ 100 г. Такие колебания витамина С в аналогичной овощной продукции можно объяснить как сортовыми особенностями, агротехническими приёмами выращивания, так и тем фактом, что на накопление аскорбиновой кислоты влияют и климатические условия, так и время, которое проходит со дня сбора урожая до приготовления продукции. Чем меньше перец хранился с момента сбора урожая до переработки, тем выше его качество;
- в квашеной капусте содержится аскорбиновой кислоты в среднем в 5-6 раз меньше, чем в перце. В образцах капусты также имеются колебания от 14,8 до 30,8 мг/ $100~\Gamma$;
- наименьшее содержание витамина С среди исследованных образцов оказалось в маринованных огурцах, что не расходится с литературными данными и требованиями нормативно-технической документации.

Согласно методическим рекомендациям по потреблению биологически активных веществ [20] для

витамина С адекватный уровень потребления составляет 70 мг, а верхний допустимый — 700 мг в сути. Поэтому для обеспечения организма человека данным витамином в зимний период времени нужно употреблять 200-300 граммов квашеной капусты в день или 70-100 г консервированного перца.

Полученные данные необходимо использовать при планировании рациона питания различных групп населения Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1. Севастьянова А.В., Белокурова Е.С., Панкина И.А. Влияние технологии на пищевую ценность яблочного сока. Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации»: материалы Инновационного конвента / Сиб. гос. индустр. ун-т. Кемерово; Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. С. 182—185.
- 2. Шобингер У. Фруктовые и овощные соки: научные основы и технологии/пер. с нем. под общ. науч. ред. А.Ю. Колеснова, Н.Ф. Берестеня и А.В. Орещенко. СПб.: Профессия, 2004. 640 с.
- 3. Панкина И.А., Дзино Н.А. Исследование физико-химических свойств соковой продукции. Материалы международной научной конференции «Инновации в технологии продуктов здорового питания». Калининград 26 мая 2016 г. С. 290–292.
- 4. И.А. Панкина, Н.А. Дзино. Физикохимические исследования плодово-ягодных напитков. Материалы IV международной научной конференции «Пищевые инновации и биотехнологии». / под общ. ред. М.П. Кирсанова; ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)». – Кемерово, 2016, С. 278–280.
- 5. Хасанова Г.М. Рациональная диетотерапия в пожилом возрасте. Уфа: РИЦ БашГУ. 2012. 60 с.
- 6. Надежкина Е.В., Шаркова С.Ю. Содержание микроэлементов в зерне яровой пшеницы в зависимости от различных систем/ Зерновое хозяйство. 2006. №8. С. 24–25.
- 7. Старостенко И.Э., Белокурова Е.С. Антиоксиданты в плодоовощных консервах для детского питания. Потребительский рынок Евразии: современное состояние, теория и практика в условиях Евразийского экономического союза и ВТО. Сборник статей ІІІ Международной научно-практической конференции. Екатеринбург, 2015. С. 140–145.
- 8. Белокурова Е.С, Борисова Л.М., Панкина И.А. Овощные ферментированные напитки. // Научный журнал НИУ ИТМО Серия: процессы и аппараты пищевых производств. 2015, №1. С.173–179.
- 9. Белокурова Е.С, Борисова Л.М., Панкина И.А. Ферментация традиционного растительного сырья для получения функциональных пищевых продуктов // Актуальная биотехнология. 2015 №1 (12), с.13-17.

- 10. Куткина М.Н., Котова Н.П., Елисеева С.А. Совершенствование технологии универсальных овощных полуфабрикатов для предприятий индустрии питания // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. -2016. -№ 2 (68). С. 153-157.
- 11. Куткина М.Н., Елисеева С.А. Совершенствование технологии универсальных овощных полуфабрикатов для предприятий индустрии питания// Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2014. № 2-3. С. 66–69.
- 12. Ильин В.Е., Гончаренко В.Е., Ткач Л.А. Нитраты и качество продуктов растениеводства. М.: Колос, 1995. 196 с.
- 13. Городний, Н.М., Плодоовощные ресурсы и их медико-биологическая оценка / Н. М. Городний, М. Я. Городняя, В. В. Волкодав, и. др. К.: Алефа, 2002. 468 с.
- 14. Войцеховский В. И., Слободяник Г. Я., Ребезов М. Б. Современная технология хранения капусты белокочанной // Молодой ученый. 2015. №14. С. 678—682.
- 15. Скорикова Ю.Г., Андреева Л.П., Тлеуж С.М. Пектиновые вещества огурцов//Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. КубГТУ: Краснодар. № 3-4. 1996. С. 35–36.
- 16. Экспертиза специализированных пищевых продуктов. Качество и безопасность. Под общей редакцией заслуженного деятеля науки РФ, профессора В. М. Позняковского, Авторы: Л. А. Маюрникова, В. М. Позняковский, Б. П. Суханов, Г. А. Гореликова Санкт-Петербург ГИОРД 2012, 448 с.
- 17. Белокурова Е.С., Старостенко И.Э., Борисова Л.М. Исследование качества белокочанной капусты, консервированной методом ацидоценоанабиоза //Актуальная биотехнология, №2, 2016 год, с.8-14.
- 18. Шаркова С.Ю. Качество томатов и белокочанной капусты, выращенных в условиях различной техногенной нагрузки. Картофель и овощи. 2008. № 8. С. 15.
- 19. ГОСТ Р 53972-2010 Овощи соленые и квашеные. Общие технические условия
- 20. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологии / А.Ф. Доронин [и др.]. М.: ДеЛи принт, 2009. 288 с.

Статья поступила в редакцию 10.02.2018 Статья принята к публикации 02.04.2018

УДК 637.31 (075.8)

КИНЕТИКА ФОРМИРОВАНИЯ КОАГУЛЯЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ СЛИВОЧНО-МОРКОВНОЙ КОМПОЗИЦИИ

© 2018

Доценко Сергей Михайлович, доктор технических наук, профессор

кафедры «Сервисных технологий и общетехнических дисциплин»

Амурский государственный университет

(675000, Россия, г. Благовещенск, ул. Игнатьевское шоссе, 21)

Гужель Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Химии и естествознания» *Амурский государственный университет*

(675000, Россия, г. Благовещенск, ул. Игнатьевское шоссе, 21, e-mail: G-Yuliy-85@mail.ru)

Гончарук Оксана Валентиновна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Экономики и финансов АПК» Дальневосточный государственный аграрный университет

(675000, Россия, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, e-mail: goncha-oksana@yandex.ru)

Доронин Сергей Владимирович, аспирант

Дальневосточный государственный аграрныйуниверситет (675000, Россия, г. Благовешенск, ул. Политехническая, 86)

Аннотация. Установлено что за последние годы, в результате изменения структуры потребления пищевых продуктов заметно улучшилось состояния питания населения, в частности, благодаря новым видам пищевых продуктов, обогащённых микронутриентами. Выявлено снижение распространённости дефицита ряда витаминов. Однако проблема адекватной обеспеченности населения микронутриенами остаётся нерешённой, о чём свидетельствуют результаты массовых обследований различных групп населения. Статья посвящена актуальной теме — разработке продуктов питания, обладающих свойствами функциональной направленности. В результате проведенных исследований обоснован нанотехнологический подход и разработан инновационный способ формирования белково-липидно-липидных коагуляционных структур на основе сливочно-морковных композиций. Методом корреляционно-регрессионного анализа экспериментальных данных получены математические модели, характеризующие кинетику процесса структурного формирования белково-витаминного коагулята. Разработана технологическая схема производства белково-витаминного коагулята, в виде творожной массы, содержащегоβ-каротин, а также водорастворимые витамины С и Р, который может быть использован как молокосодержащий продукт в функциональных пищевых системах.

Ключевые слова: здоровое питание, концентрация, пищевая технология, система, схема, модель, коагуляция, кинетика процесса, продукты функциональной направленности, сливочно-морковная композиция, белково-витаминный коагулят.

KINETICS OF FORMATION OF THE COAGULATION STRUCTURE BASED ON THE CREAM AND CARROT COMPOSITION

© 2018

Dotsenko Sergey Mikhailovich, Doctor of Technical Sciences, Professor Department of "Service Technologies and General Technical Disciplines"

Amur State University

(675000, Russia, Blagoveshchensk, Ignatievskoe shosse Street, 21)

Guzhel Julia Alexandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Department of "Chemistry and Natural Sciences"

Amur State University

(675000, Russia, Blagoveshchensk, Ignatievskoe shosse Street, 21, e-mail: G-Yuliy-85@mail.ru)

Goncharuk Oksana Valentinovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Department of Economics and Finance of the AIC

Far Eastern State Agrarian University

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

Doronin Sergey Vladimirovich, graduate student

Far Eastern State Agrarian University

(675000, Russia, Blagoveshchensk, Polytechnic Street, 86)

Annotation. It has been established that in recent years, as a result of changes in the structure of food consumption, the nutritional status of the population has improved markedly, in particular, thanks to new types of foods enriched with micronutrients. A decrease of some vitamins shortage was detected. However, the problem of the population adequate provision with micronutrients remains unsolved, as evidenced by the results of mass surveys of various population groups. The article is devoted to a topical issue: the development of food products with functional properties. As a result of the studies, a nano-technological approach was substantiated and an innovative method for the formation of protein-lipid-lipid coagulation structures based on creamy-carrot compositions was developed. The mathematical models characterizing the kinetics of the process of structural formation of the

30

protein-vitamin coagulate were obtained by the method of correlation-regression analysis of experimental data. A technological scheme for production of protein-vitamin coagulum, in the form of a curd mass containing β -carotene, as well as water-soluble vitamins C and P, which can be used as a milk-containing product in functional food systems is developed.

Keywords: healthy nutrition, concentration, food technology, system, scheme, model, coagulation, process kinetics, products of functional orientation, cream-carrot composition, protein-vitamin coagulate.

Современные представления о количественных и качественных потребностях человека в пищевых веществах, отраженные в концепциях сбалансированного и адекватного питания показывают, что в процессе нормальной деятельности человек нуждается в определенных количествах энергии и комплексах пищевых веществ: белках, аминокислотах, минеральных солях, микроэлементах, витаминах, причем, многие из них являются незаменимыми, т.е. не вырабатываются в организме, но необходимы ему для биологического развития [1–3].

При этом, доктриной продовольственной безопасности [2], в рамках формирования здорового типа питания, предусмотрено внедрение инновационных технологий, включающих био- и нанотехнологии, а также наращивание производства новых обогащенных диетических и функциональных пищевых продуктов.

В связи сизложенным вопрос разработки и создания инновационных продуктов питания является важнейшей народно-хозяйственной проблемой, требующей своего решения.

Целью исследований является установление кинетических основ, характеризующих получение коагуляционных структур в белково-липидно-витаминных композициях (БЛВК).

Задачи исследований:

- обосновать нанотехнологический подход к формированию белково-липидно-липидных коагуляционных структур на основе сливочно-морковных композиций (СМК);
- получить математические модели, характеризующие кинетику структурного формирования белкововитаминного коагулята функциональной направленности;
- разработать технологическую схему получения белково-липидно-витаминной композиции для ее использования в приготовлении продуктов питания функциональной направленности.

Как показывает анализ литературных источников [4,5] в настоящее время одним из основных направлений в пищевой технологии является получение концентрированных форм питательных веществ с заданным составом и свойствами.

Получение данных форм пищевых систем связано, прежде всего, с правильным выбором видов исходного сырья, а также компонентов, приводящих к количественной модификации их состава и трансформации свойством [6-7].

При формировании необходимой структуры молокосодержащей пищевой системы нами использован нанотехнологический подход, заключающийся в получении белково-липидно-витаминного коагулята на основе сливочно-морковной композиции с содержанием жира 10%, 15% и 20%.

На основе априорного ранжирования были выделены основные факторы: содержание сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), рН среды, температура процесса. При этом значения сухого обезжиренного молочного остатка варьировали в пределах от 9% до 15%. Изменение активной кислотности рН среды обеспечивалось в пределах 4-5 ед. посредством использования водного раствора аскорутина. Температурный режим среды изменялся в пределах t =35-45° С.

В качестве критерия оптимизации принят показатель t_{κ} , ${}^{o}C$, характеризующий кинетику формирования коагуляционной структуры комплекса питательных веществ сливочно-морковной композиции.

Значения факторов и уровней варьирования представлены в таблице 1.

Таблица 1– Факторы и их уровни варьирования

Уровни	Факторы			
	$X_1/$	X_2 /	X_3/t , ${}^{\circ}C$	
	рН,ед.	сомо,	°C	
		%		
Верхний уровень (+)	5,0	15,0	55,0	
Основной уровень (о)	4,5	12,0	45,0	
Нижний уровень (-)	4,0	9,0	35,0	
Интервал варьирования	0,5	3,0	10,0	
(E)				

На основе проведенной математической обработки получены следующие математические модели, характеризующие процесс формирования коагуляционной структуры в кодированной форме:

$$Y_{1} = 41,5 - 5,7 \cdot X_{1} - 9,04 \cdot X_{2} - 10,4 \cdot X_{3} + 11,9 \cdot X_{1} \cdot X_{3} + 5,6 \cdot X_{2} \cdot X_{3} + 52,5 \cdot X_{1}^{2} + 34,8 \cdot X_{2}^{2} + 27,9 \cdot X_{3}^{2} \rightarrow opt$$

$$Y_{2} = 48,9 + 13,4 \cdot X_{1} - 26,2 \cdot X_{2} + 6,9 \cdot X_{3} + 20 \cdot X_{1} \cdot X_{2} - 9 \cdot X_{1} \cdot X_{3} + 25,5 \cdot X_{2} \cdot X_{3} + (2) + 37,5 \cdot X_{1}^{2} + 36,9 \cdot X_{2}^{2} + 16,8 \cdot X_{3}^{2} \rightarrow opt$$

$$Y_{3} = 42,9 - 4,3 \cdot X_{1} - 8,8 \cdot X_{2} - 8,4 \cdot X_{3} + 9,6 \cdot X_{1} \cdot X_{3} + 55,1 \cdot X_{1}^{2} + 47,6 \cdot X_{2}^{2} + 26,5 \cdot X_{3}^{2} \rightarrow opt$$

$$(3)$$

Перейдя от кодированных значений факторов к натуральным, получили следующие математические модели в их в раскодированной форме:

$$t_{kl} = 6159,6 - 2014,9 \cdot pH - 106,2 \cdot como - 39,1 \cdot t + 2,4 \cdot pH \cdot t + 0,2 \cdot como \cdot t + 210,2 \cdot pH^2 + 3,9 \cdot como^2 + 0,3 \cdot t^2 \rightarrow opt$$

$$t_{\kappa_2} = 4782.8 - 1401.5 \cdot pH - 205.3 \cdot como - 16.5 \cdot t + 13.3 \cdot pH \cdot como - 1.8 \cdot pH \cdot t + \\ + 0.8 \cdot como \cdot t + 150 \cdot pH^2 + 4.1 \cdot como^2 + 0.2 \cdot t^2 \rightarrow opt$$

(5)
$$t_{\kappa 3} = 6171.8 - 2072.3 \cdot pH - 105.8 \cdot como - 34.5 \cdot t + 1.9 \cdot pH \cdot t + 220.2 \cdot pH^2 + 4.2 \cdot como^2 + 0.3 \cdot t^2 \rightarrow opt$$
 (6)

Таблица 2 - Pегрессионный анализ зависимости <math>Y1-3=f(X1,X2,X3)

	$(1,\Lambda 2,\Lambda 3)$	_	70 1	_	_
Кри-	Стан-	R-	Коэф-	F-	Значи-
терий	дарт-	корре-	эффи-	кри-	мость
	ное	ляции	фи-	терий	F-
	откло-		циент		крите-
	нение		детер		рия (р)
			терми		
			ми-		
			нации		
			\mathbb{R}^2		
$Y_1 \rightarrow$	22,63	0,95	0,90	5,17	0,04
opt					
$Y_2 \rightarrow$	26,16	0,95	0,90	5,19	0,04
opt					
$Y_3 \rightarrow$	24,28	0,92	0,89	4,6	0,05
opt					

Анализ данных таблицы 2 позволил сделать заключение об адекватности и значимости данных моделей, так как расчетный критерий Фишера FRбольше табличного (3,79). При этом коэффициенты корреляции соответственно равны R1,2 = 0,95 и R3= 0,92. Коэффициент детерминации (R2), характеризующий степень точности описания моделью процесса находится в пределах больших, чем 0,8-0,95. Что позволяет говорить о высокой точности аппроксимации (модель хорошо описывает явление).

Таблица 3 – Результаты регрессионного анализа

	тиол	uyu 5	- 1 C	зулс	mam	ы рег	pec	Cuc	ππυε	o ur	шлиз	u
ерий .											Закличение об адек- ватно сти	e
Критерий	a ₀	a_1	a ₂	a ₃	a ₁₂	a ₁₃	a ₂₃	a_{11}		a ₃₃	$F_{ m R}$	${\rm F_T}$
\mathbf{Y}_1	41,5	-5,7	-9,04	-10,4		11,9	5,6	52,5	34,8	27,9	5,17	3,59
Y_2	42,9	-4,3	-8,8	-8,4	-	9,6	-	55,1	37,6	26,5	4,6	3,59
Y_3	48,9	13,4	-26,2	6,9	20	6-	25,5	37,5	36,9	16,8	5,19	3,59

В таблице 4 представлены результаты по обоснованию области экстремальных значений факторов X_1 , X_2 и X_3 .

Таблица 4 – Области экстремальных значений

1 di Ostility di 1	o ortaemii ortemperitarionoisi orta terititi							
Критерий	X_1/pH	Х ₂ / сомо	X_3/t	$\mathbf{y}_2 / \mathbf{t}_{\kappa}$				
$Y_I \rightarrow opt$	0,36/4,5	0,56/12	0,59/43	60/75				
$Y_2 \rightarrow opt$	0,23/4,7	0,38/12	0,5/45	62/62				
$Y_3 \rightarrow opt$	0,36/4,5	0,58/13	0,65/43	65/78				

На основании проведенных исследований разработана технологическая схема получения белково-липидновитаминной композиции в виде творожной массы (рисунок 1), которая включает следующие операции: термокислотную коагуляцию сливок, полученных на основе молочной белково-липидно-витаминной дисперсной системы раствором аскорутина (аскорбиной кислоты и т.д.); получение сыворотки витаминизированной и коагулята белково-липидно-витаминного; получение белково-витаминного продукта, используемого при производстве продуктов питания, обладающих функциональной направленностью.

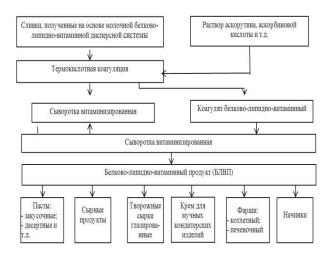


Рисунок 1 — Технологическая схема получения белково-липидно-витаминной композиции для производства продуктов питания функциональной направленности

Таким образом, применение нанотехнологического подхода при получении коагуляционной структуры на основе сливочно-морковной композиции содержащей жир 10-20%, путем применения раствора аскорутина в качестве каогулянта, позволяет сформировать коагуляционную структуру — творожную массу, имеющую функциональную направленность. Полученная творожная масса может найти свое применение в производствах следующих продуктов питания: закусочные и десертные пасты, сыр домашний, глазированныетворожные сырки, крем и начинки для мучных кондитерских изделий и пр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Основы государственной политики РФ в области здорового питания населения на период до 2020 г. (утверждены Распоряжением Правительства РФ от 25.10.2010 г. №1873-р).
- Доктрина продовольственной безопасности РФ (утверждена Указом Президента РФ от 30.01.2010 г. №120).
- 3. ГОСТ Р 52349–2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2005. 20 с.
- 4. Байланд Г. Технология производства молочных продуктов. Справочник М.: Изд-во ЗАО «Тетра Пак АО», 1995. 439 с.
- 5. Церсовски Г. Производство молочных продуктов. Качество и эффективность Изд-во пищевая промышленность (СССР), Москва, Изд-во СНТЛ (ЧССР) и Изд-во фахбухферлаг (ГДР), 1979. 288 с.

- Батурин А. К., Мендельсон Г. И. Питание и здоровье: проблемы XXI // Пищевая промышленность, 2005. – № 5. – С. 105 – 107.
- 7. Богатырев А. Н., Макеева И. А. Проблемы и перспективы в производстве натуральных продуктов питания// Пищевая промышленность, 2014. № 21. С. 8–10.
- Ребезов Н.Б., Наумова Н.Л., Хайруллин М.Ф., Альхамова Г.К., Лукин А.А. Изучение отношения потребителей к обогащенным продуктам питания // Пищевая промышленность, 2011. – № 5. – С. 13–15.
- 9. Шишков Ю. И. Некоторые аспекты продуктов функционального питания // Пищевая промышленность, $2007. \mathbb{N} 1. C. 10-11.$
- Шатнюк Л.Н. Инновационные ингредиенты для обогащения хлебобулочных изделий // Кондитерское и хлебопекарное производство, 2016. № 7–8. С. 8-12.
- 11. Резниченко И.Ю., Егорова Е.Ю. Теоретические аспекты разработки и классификации кондитерских изделий специализированного назначения // Техника и технология пищевых производств, 2013.- № 3.- C. 133-138.
- 12. Доценко С.М., Агафонов И.В., Гужель Ю.А., Ковалева Л.А., Волков С.П. Обоснование технологии и оборудования с целью получения соевого компонента для пищевых систем различного назначения // Вестник КрасГАУ, 2016. № 1 (112). С. 84–91.

Статья поступила в редакцию 13.02.2018 Статья принята к публикации 02.04.2018

УДК 664.68

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕМЯН ЧЕЧЕВИЦЫ ПРИ СОЗДАНИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ДИЕТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ

© 2018

Панкина Илона Анатольевна, кандидат технических наук, доцент Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (194021, Россия, Санкт-Петербург, улица Новороссийская, 48, e-mail: pankina_ilona@mail.ru) Белокурова Елена Сергеевна, кандидат технических наук, доцент Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (194021, Россия, Санкт-Петербург, улица Новороссийская, 48, e-mail: oldseadog@inbox.ru) **Ерзикова Маргарита Олеговна**, магистрант Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

(194021, Россия, Санкт-Петербург, улица Новороссийская, 48, e-mail: rita.erzikova@bk.ru)

Аннотация. Согласно Концепции государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации особо важное значение имеет обеспечение населения полноценными пищевыми продуктами диетического и лечебно-профилактического питания. В условиях возрастающей потребности населения в обеспеченности пищевыми продуктами, богатыми макро- и микронутриентами остается актуальным создание и внедрение новых разработок специалистов в области пищевых технологий с использованием источников растительного сырья. В этом аспекте определенный интерес представляют зернобобовая культура — чечевица. Ее по праву считают перспективным сырьем, содержащим важные микро- и макронутриенты.

В статье представлены результаты исследований физико-химических показателей наиболее перспективных сортов чечевицы. В настоящей работе также предложена технология мучных кондитерских изделий с использованием семян чечевицы. Приведены результаты исследования некоторых органолептических и физико-химических свойств экспериментальных образцов. Показано, что полная замена традиционного сырья в рецептурах бисквитных полуфабрикатов смесью чечевичной муки и рисовой муки в соотношении 1:1 приводит к улучшению органолептических показателей разрабатываемых полуфабрикатов. Вместе с тем полученные мучные кондитерские изделия рекомендуется использовать в диетическом питании.

Ключевые слова: зернобобовые культуры, чечевица, мучные кондитерские изделия, бисквитный полуфабрикат.

THE USAGE OF LENTILS IN FOOD PRODUCTION FOR DIETARY NUTRITION

© 2018

Pankina Ilona Anatolevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, High School of Biotechnology and Food Technologies

Saint-Petersburg Polytechnic University named after Peter the Great (194021, Russia, St. Petersburg, Novorossiyskaya Street, 48, e-mail: pankina ilona@mail.ru)

Belokurova Elena Sergeevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, High School of Biotechnology and Food Technologies

Saint-Petersburg Polytechnic University named after Peter the Great

(194021, Russia, St. Petersburg, Novorossiyskaya Street, 48, e-mail: oldseadog@inbox.ru)

Erzikova Margarita Olegovna, graduate student, High School of Biotechnology and Food Technologies Saint-Petersburg Polytechnic University named after Peter the Great

(194021, Russia, St. Petersburg, Novorossiyskaya Street, 48, e-mail: rita.erzikova@bk.ru)

Abstract. According to the Concept of State Policy in the Field of Healthy Nutrition of the Population of the Russian Federation, it is especially important to provide the population with high-grade food products of dietary and therapeutic-preventive nutrition. In the conditions of the growing demand of the population for food products which are rich in macro- and micronutrients, it is important to create and introduce new developments of specialists in the field of food technologies using sources of plant raw materials. In this aspect, a certain interest is represented by legumes - lentils. It is rightfully considered to be a promising raw material containing important micro- and macronutrients.

The article presents the results of the studies of physicochemical parameters of the most promising varieties of lentils. In this paper, we also propose a technology for flour confectionery products using lentil seeds. The results of an investigation of some organoleptic and physical and chemical properties of experimental samples are presented. It is shown that a complete replacement of traditional raw materials in recipes of biscuit semi-finished products with a mixture of lentil flour and rice flour in a ratio of 1: 1 leads to the improvement in organoleptic characteristics of the semi-finished products being developed. Moreover, these flour confectionery products are recommended for using in dietary nutrition.

Keywords: legume crops, lentils, flour confectionery, biscuit semi-finished products.

На данный момент среди научного сообщества являются актуальными поиск и изучение новых нетрадиционных источников, которые в то же время являются экологически безопасными. Помимо исследования сырья особенно важными являются задачи по совершенствованию традиционных и по разработке инновационных технологий производства пищевых продуктов различного назначения.

На основании принятой правительством РФ государственной программы по развитию сельского хозяйства и регулированию рынков продукции сельского хозяйства, сырья и продовольствия на период 2013—2020 годы продовольственное обеспечение населения России, прежде всего, связано с решением проблемы белкового питания. В связи с ухудшением в последние годы структуры питания населения и дефицитом белковой пищи необходимы научные поиски и исследования новых источников пищевого белка.

В настоящее время как в России, так и за рубежом актуальными являются разработки, направленные на использование нетрадиционных источников растительного сырья для создания пищевых продуктов диетического и лечебно-профилактического назначения [1, 2]. При создании таких пищевых продуктов в последние годы наблюдается тенденция использования зернобобовых культур (фасоли, нута, гороха, люпина, сои и др.).

Зернобобовые культуры — важная ресурсосберегающая сельскохозяйственная культура [3-5]. Их семена содержат протеины, углеводы (крахмал и клетчатку), минералы. Кроме того, семена этих культур содержат витамины группы А, В1, В2, С, Д, Е, РР, поэтому зернобобовые растения являются ценными продовольственными и кормовыми культурами [6].

Большинство зернобобовых культур характеризуются небольшим количеством жиров и отсутствием холестерина. Бобовые являются важным источником полифенолов и обладают антиоксидантными свойствами. Кроме того, у них низкий гликемический индекс, а вариативность продуктов с гликемическим индексом очень важна в диетах при диабете для увеличения насыщения и контроля потребления пищи. Вместе с тем бобовые играют важную роль в метаболизме глюкозы и липидов. Данные преимущества связаны с низкой усваиваемостью крахмала и пищевых волокон бобовых. Низкая перевариваемость крахмала, присутствующего в бобовых, связана с высоким содержанием амилозы по сравнению с зерновыми, это приводит к быстрой биодеградации при действии тепловой обработки в процессе приготовления.

В связи с особенностями химического строения, бобовые культуры имеют терапевтический эффект и предотвращают развитие различных видов заболеваний, например, ожирения, диабета, сердечно-сосудистых и некоторых видов онкологических заболеваний, а также положительно влияют на здоровье костей [7,8]. Многие организации по охране здоровья человека, в том числе Всемирная организация здравоохранения, поощряют ежедневное потребление зернобобовых культур.

Понимание важности всех аспектов возделывания и использования в пищевых технологиях зернобобовых культур определило тот факт, что в последние десятилетия в мире, особенно в странах Евросоюза, Канаде и Австралии, внимание к ним значительно возросло [9]. Об этом свидетельствуют многократное увеличение их производства, мощные селекционные программы, создание целой сети международных научно-исследовательских проектов, направленных на совершенствование культур, значительно большее разнообразие направлений их использования с применением новых технологий обработки, введение в культуру новых видов [10,11].

Благодаря уникальному химическому составу и широкому ареалу возделывания особенный интерес во всем мире вызывает культура чечевицы. Основными странами-производителями чечевицы являются: Канада, Индия, Турция, США, Непал, Австралия.

В России, как показывают исследования аналитиков, в период с 2001 г. по 2015 г. наблюдается нестабильная динамика валового сбора чечевицы (рисунок 1). По данным Росстата по отношению к 2010 г посевные площади под чечевицу в 2016 выросли на 559% (с 10,9 тыс. га до 61,0 тыс. га), количество урожая — на 1215 % (с 5,3 тыс. т до 65,3 тыс. т) [12].

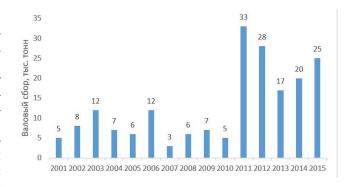


Рисунок I — Валовый сбор чечевицы (тыс. тонн) в Российской Федерации за период 2001—2015 гг.

Как было отмечено ранее, зернобобовые культуры отличаются высоким содержанием белка, и часто используются при создании продуктов с его повышенным содержанием. Такие продукты необходимо использовать в питании лиц, страдающих рядом заболеваний, спортсменов и др. Недостаточное поступление с пищей белков нарушает динамическое равновесие метаболических белковых процессов, что приводит в конечном итоге к истощению организма.

Важной функцией белков, является их участие в регуляторных механизмах организма, которые управляют работой эндокринных органов, желудочнокишечного тракта, печени, костного мозга.

В процессе пищеварения белки под влиянием ферментов расщепляются до α -аминокислот, которые и усваиваются организмом. Пищевая ценность белков зависит от количественного содержания различных аминокислот.

Пища, даже содержащая значительное количество белков, может быть неполноценной, если в этих белках нет необходимого набора незаменимых аминокислот. Если пища бедна даже одной какой-нибудь незаменимой аминокислотой, то целый рях остальных аминокислот не может быть ассимилирован в полном объеме. В этом случае все они превращаются в жиры, осуществляя функцию обеспечения энергетических потребностей организма.

Пища, даже содержащая значительное количество белков, может быть неполноценной, если в этих белках нет необходимого набора незаменимых аминокислот. Если пища бедна даже одной какой-нибудь незаменимой аминокислотой, то целый ряд остальных аминокислот не может быть ассимилирован в полном объеме. В этом случае все они превращаются в жиры, осуществляя функцию обеспечения энергетических потребностей организма. Аминокислоты обладают антиоксидантными свойствами, являются эндогенными сорбентами и формируют субстрат-связывающие белки, которые осуществляют непосредственный транспорт большинства активных соединений (минералов, витаминов, гормонов и т.д.).

При создании диет сбалансированного питания часто вводят в рацион комбинированные пищевые продукты. Так, например, добавление бобовых к продуктам на основе злаковых может способствовать увеличению потребления таких комбинированных продуктов.

Белки бобовых культур богаты лизином, но характеризуются недостатком серосодержащих аминокислот в то время, как белки злаковых культур обеднены лизином, но в достаточном количестве содержат белки серосодержащих аминокислот. Комбинация белков злаковых и бобовых культур способствует сбалансированному общему составу незаменимых аминокислот, что очень важно для сбалансированных диет. Данный эффект актуален для вегетарианских диет в связи с отсутствием белков животного происхождения.

В отечественной и зарубежной практике имеется немало разработок комбинированных пищевых продуктов [13-16]. В особую группу можно выделить хлебобулочные и мучные кондитерские изделия. В настоящее время наблюдается сокращение производства хлебобулочных изделий недлительного хранения. Это обусловлено предпочтением потребителей вести здоровый образ жизни, что приводит к увеличению спроса на продукцию с улучшенными характеристиками.

В результате проведенного опроса было выявлено, что целевая аудитория отдает предпочтение таким кондитерским изделиям, как торты, пирожные, кексы, которые обладают полезным ингредиентным составом и доступной ценой, а наиболее предпочтительным видом теста является бисквитное (рисунок 2). Из начинок наиболее предпочтительными являлись джемы, кремы на основе взбитых сливок, начинки из сухофруктов [17].

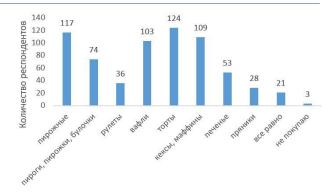


Рисунок 2 — Диаграмма результатов опроса респондентов о предпочтениях потребления различных видов кондитерских изделий

В связи с вышесказанным, целью настоящей работы является разработка технологии производства нового вида бисквитного полуфабриката на основе семян зернобобовых культур, а именно чечевицы, способствующей улучшению пищевой ценности и снижению калорийности изделия.

Чечевица — перспективное сырье, содержащее важные микро- и макронутриенты: кальций, калий, фосфор, железо, марганец, медь, молибден, бор, йод, кобальт, цинк. Кроме того, в семенах чечевицы содержится достаточное количество витаминов группы В, РР и А. На 100 г продукта приходится, в зависимости от сорта, до 24 г белков, около 2 г жиров, до 50 г углеводов и до 12 г пищевых волокон.

Актуальность научной работы обоснована необходимостью разработки производства новых видов мучных кондитерских изделий (МКИ), которые обладают качественными сырьевыми показателями и приготовлены с использованием современных технологий.

На данный момент на отечественном рынке представлен широкий ассортимент сортов чечевицы. Различия сортов заключаются в цвете, размере и технологических показателях. С потребительской точки зрения, наиболее привлекательными физико-химическими показателями и цветом для создания бисквитных полуфабрикатов обладают сорта «Персидская» и «Турецкая».

Нами изучены физические и технологические свойства семян чечевицы исследуемых сортов, а также муки, изготовленной из этих сортов чечевицы. Вместе с тем определяли органолептические и физико-химические свойства бисквитных полуфабрикатов.

Определение всех показателей изучаемых объектов проводили стандартными методами исследования, разработанными отечественными специалистами и разрешёнными к применению в России.

В настоящей работе впервые определены геометрические характеристики семян чечевицы исследуемых сортов, представляющие интерес для выбора режимов ее хранения и переработки. Было выявлено, что семена исследуемых сортов чечевицы по размерам очень близки. Длина зерна варьирует в пределах от 4 мм до 5 мм, ширина – от 4 до 5 мм, толщина – от 1 до 2 мм.

Другим важнейшим показателем качества, характеризующим потребительскую ценность зерна, является физическая плотность зерна р (г/см³). Плотность рассматривается как комплексная характеристика, суммарно отражающая такие показатели, как структура, химический состав, масса 1000 зерен. У хорошо налившегося зерна плотность более высокая, чем у недозревшего [18]. На плотность зерна оказывают влияние влажность, температура и другие факторы. Так, под воздействием влаги и температуры происходит снижение плотности зерна, т.е. увеличение его удельного объема, а структура зерна разрыхляется. Проведенные исследования показали, что наибольшей плотностью обладают семена чечевицы сорта «Турецкая» (1,4210 ± $0,1209 \text{ г/см}^3$), а наименьшей – «Персидская» (1,3247 ± 0.1624 r/cm^3).

Одним из важнейших для вида и сорта является показатель массы 1000 зерен, так как с ним связаны их посевные и товарные качества. Этот показатель увеличивается с возрастанием крупности зерна, его плотности, и уменьшается с увеличением содержания семенных оболочек. При определении массы 1000 семян было выявлено, что наибольшим значением обладают семена чечевицы сорта «Персидская» $(1,40\pm0,02\ г)$, а наименьшим — семена чечевицы сорта «Турецкая» $(1,25\pm0,02)$. Все проведенные исследования хорошо согласуются с проведенными ранее [19].

В зависимости от сорта чечевица в разной степени влияет на цвет и структуру теста, но общее влияние характеризуется как положительное: введение измельченных до состояния муки зерен чечевицы увеличивает упругость и пористость, а также ускоряет подъем теста [14, 20]. Цвет теста и готовых бисквитных полуфабрикатов приобретает привлекательный оттенок, характерный для различных семян чечевицы. Семена сорта «Персидская» имеют оранжевую окраску, а сорта «Турецкая» – желтую.

Исследованиями органолептических показателей экспериментальных образов было выявлено, что образцы 1 и 2 с использованием семян чечевицы сорта «Турецкая» характеризуются наличием желтоватого оттенка и вкраплений желтого цвета, в то время как образцы 3 и 4 — рыжим оттенком и наличием вкраплений оранжевого цвета. Запах всех образцов сладкий, без бобовых нот, также отмечается хорошая упругость у всех бисквитов. В ходе определения физикохимических свойств бисквитных полуфабрикатов выяснилось, что наибольшей влажностью обладают образцы 1 и 2, а у полуфабрикатов с заменой пшеничной муки на смесь рисовой и чечевичной в соотношении 1:1 щелочность существенно выше, чем у полуфабрикатов с 50% заменой пшеничной муки на чечевичную.

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- анализ литературных источников показал, что создание новых кондитерских изделий с использованием муки из зернобобовых культур является актуальным не только в России, но и за рубежом;
- выявлено, что при введении в рецептуру чечевичной и рисовой муки увеличивается воздушность

полуфабриката, изделие обладает более привлекательным цветом по сравнению с контрольным образцом; за счет введения исследуемых видов сырья взамен традиционного происходит обогащение изделий важнейшими макро- и микронутриентами, что позволяет рекомендовать разработанные полуфабрикаты в диетическом и профилактическом питании, в том числе и для больных глютеновой энтеропатией;

- разработана технология производства полуфабриката с использованием муки из семян чечевицы отечественных производителей, что является особенно актуальным в условиях политики замещения импорта, реализуемой в настоящее время в России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1. Белокурова Е.С., Кулакова М.С. Проростки пшеницы как источник эссенциальных микронутриентов при создании комбинированных пищевых продуктов // Материалы VI Международной научно-практической конференции молодых учёных, посвящённой году экологии в России «Перспективы развития науки и образования в современных экологических условиях». с. Соленое Займище. 2017. С. 571–575.
- 2. Елисеева С.А., Гусейнова Э.Ф., Фрайс А.А. Использование нетрадиционного растительного сырья для мучных кондитерских изделий // материалы VI Международной научно-практической конференции: Региональный рынок потребительских товаров: перспективы развития, качество и безопасность товаров, особенности подготовки кадров. Тюмень. 2016. С. 47–50.
- 3. Шаркова С.Ю., Надежкина Е.В., Лебедева Т.Б. Способы повышения качества зерна в условиях антропогенного загрязнения почв // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. $2008.- N \cdot 4.- C.82-84.$
- 4. Надежкина Е.В., Шаркова С.Ю. Содержание микроэлементов в зерне яровой пшеницы в зависимости от различных систем/ Зерновое хозяйство. 2006. №8. С. 24–25.
- Елисеева С.А., Котова Н.П., Сорочан Н.С. 5 Ресурсосберегающие в организации технологии лечебно-профлактического питания // материалы III Международной (заочной) научно-практической конференции «Инновационные технологии промышленности основа повышения качества, конкурентоспособности И безопасности потребительских товаров». - Москва - 2016. С. 100-106.
- 6. Сургутский В.П. Химия пищевых продуктов. Книга 1. Красноярск: Гротеск, 1997. 320 с.
- 7. Хасанова Г.М., Хасанова А.Н. Проблема здорового образа жизни студенческой молодежи // Духовное и физическое оздоровление человека в XXI веке: традиции и новации: материалы научнопрактической конференции с международным участием. Уфа: РИЦ БашГУ. 2015. С. 170–174.
- 8. Хасанова Г.М., Янгуразова З.А. Особенности факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний у лиц пожилого и старческого возраста: монография. Уфа: РИЦ БашГУ. 2005. 99 с.

- 9. Вишнякова М.А. Хозяйственный и селекционный потенциал зерновых бобовых культур // Материалы I Международного конгресса «Зерно и хлеб России» (Санкт-Петербург, 23–25 ноября 2005 г.). СПб., 2005. С. 106.
- 10. Барсукова Н.В. Социальные аспекты организации безглютенового питания в Санкт-Петербурге // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2015. №4 (12). С. 50—56.
- 11. Барсукова Н.В., Решетников Д.А., Красильников В.Н. Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий. Процессы и аппараты пищевых производств. 2011. N = 1. C.51 = 60.
- 12. Информация о социально-экономическом положении России. Январь-июнь 2017 / Федеральная служба государственной статистики. Москва, 2017. С. 14-17.
- 13. Панкина И.А., Борисова Л.М. Перспективные направления использования нетрадиционного растительного сырья для создания функциональных пищевых продуктов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии в производстве функциональные продуктов питания» (г. Мичуринск 16–18 декабря 2014 г). Мичуринск: Изд-во БИС, 2014. С. 149–151.
- 14. Панкина И.А., Борисова Л.М., Белокурова Е.С. Исследование физических и технологических свойств семян зернобобовых культур // Зерновое хозяйство России. 2015. № 2. С. 34–37.
- 15. Dalgetty, D. Fortification of bread with hulls and cotyledon fibers isolated from peas, lentils and chickpeas / D. Dalgetty, D. David, B. Byung-Kee // Cereal Chem. 2006. V.83 (3). P.269–274.
- 16. Глебова, Н.В. Разработка взбивных молочнокрупяных десертов на основе исследования технологических свойств круп H.B. Глебова. // Технология Е.Н. Артемова И товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2011. – №3 (8). – C. 29-33.
- 17. Гришина Е.А., Политаева Н.А., Ломасов В.Н. Изучение влияния радиационной обработки и биополимерного покрытия на качество столовых сортов винограда при хранении/сборник статей международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития науки, образования и общества». Москва, 2017, С. 159–168.
- 18. Егоров Г.А. Управление технологическими свойствами зерна. М.: Издательский комплекс МГУПП, 2005. 292 с.
- 19. А.В. Барсуков, И.А. Панкина, А.В. Лукашова. Исследование морфологических и физических свойств различных сортов чечевицы. Материалы IV международной научной конференции «Пищевые инновации и биотехнологии» / под общ. ред. М.П. Кирсанова; ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)». Кемерово, 2016, С. 335–337.

20. Коршенко Л.О. Влияние чечевицы на качественные характеристики хлеба из пшеничной муки. / Коршенко Л.О. // Известия ДВФУ. Экономика и управление. -2016. -№2. -C. 112-119.

Статья поступила в редакцию 10.02.2018 Статья принята к публикации 02.04.2018

УДК 664.788.4

применение пшенной муки в производстве безглютенового бисквита © 2018

Баженова Татьяна Сергеевна, старший преподаватель Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (194021, Россия, Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 48, e-mail: tatjanabazhenova@mail.ru) Баженова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (194021, Россия, Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 48, e-mail: irinabazhenova@mail.ru Барсукова Наталья Валерьевна, кандидат технических наук, доцент Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

(194021, Россия, Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 48, e-mail: barsukova_nv@spbstu.ru)

Аннотация. Одной из актуальных проблем в области здорового питания является создание продуктов специального назначения для профилактики и лечения алиментарно-зависимых заболеваний, к которым относиться целиакия (глютеновая энтеропатия). В статье представлена разработка одного из видов безглютеновых мучных изделий – бисквитов – на основе пшенной муки и ее комбинаций с рисовой, нутовой и соевой мукой. Теоретически обоснованы и подтверждены на практике оптимальные соотношения разных видов муки из безглютенового сырья, проведена оценка структурно-механических и органолептических показателей качества бисквитов. Рекомендованы для применения следующие комбинированные мучные смеси: мука пшенная и рисовая/соевая в соотношении 75:25; мука пшенная, рисовая и нутовая в соотношении 50:25:25.

Ключевые слова: просо, пшенная мука, комбинирование разных видов муки, безглютеновые продукты, целиакия, бисквитное тесто, рецептуры, мучные кондитерские изделия, вязкость теста, структурно-механические показатели качества.

USE OF MILLET FLOUR FOR PRODUCTION GLUTEN-FREE BISCUIT

© 2018

Bazhenova Tatjana Sergeevna, senior lecturer of The Graduate School of Biotechnology and Food Science Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

(194021, Russia, St. Petersburg, street Novorossiyskaya Street, 48, e-mail: tatjanabazhenova@mail.ru)

Bazhenova Irina Anatoljevna, candidate of technical sciences, assosiate professor of The Graduate School of Biotechnology and Food Science

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

(194021, Russia, St. Petersburg, street Novorossiyskaya Street, 48, e-mail: irinabazhenova@mail.ru)

Barsukova Natalia Valerjevna, candidate of technical sciences, assosiate professor of The Graduate School of Biotechnology and Food Science

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

(194021, Russia, St. Petersburg, street Novorossiyskaya Street, 48, e-mail: barsukova nv@spbstu.ru)

Abstract. One of the actual problem in the field of healthy nutrition is the creation of special-purpose products for the prevention and treatment of alimentary-dependent diseases, which include celiac disease (gluten enteropathy). The article presents the development of one of the types of gluten-free flour products - biscuits - based on millet flour and its combinations with rice, chickpeas and soy flour. The optimal ratios of different types of flour from gluten-free raw materials have been theoretically substantiated and confirmed in practice, the structural-mechanical and organoleptic quality indices of biscuits have been evaluated. It was recommended for use the following combined flour mixtures: rice / soybean flour in a ratio of 75:25; millet, rice and chickpea flour in the ratio of 50:25:25.

Keywords: millet, millet flour, combining different types of flour, gluten free products, celiac, biscuit dough, recipes, flour confectionery products, viscosity of the dough, structural-mechanical indicators of the quality.

Проблема питания включена в число важнейших глобальных проблем, которые выдвинуты ООН перед человечеством наряду с такими проблемами, как охрана окружающей среды, обеспечение энергией и др. В последние десятилетия направление по созданию продуктов здорового питания активно развивается как в России, так и за рубежом. Задача пищевой промышленности на современном этапе — удовлетворить спрос на продукцию здорового питания. Создание инновационных продуктов питания, индивиду-

альный подход к питанию будут способствовать повышению рейтинга страны и взаимовыгодному сотрудничеству России с ЕЭС в рамках ВТО [1, 2].

С целью сохранения здоровья людей все больше внимания уделяется профилактике алиментарнозависимых заболеваний, к которым относится и целиакия (глютеновая энтеропатия) [3, 4].

Рынок низкоглютеновой и безглютеновой продукции российского производства узок и относится к сегменту продукции со стоимостью выше среднего уровня [5].

Поэтому актуален поиск нового безглютенового сырья и разработка продуктов на его основе [6, 7, 8].

Просо – экономически и энергетически выгодная культура универсального использования [9]. Выход муки из проса выше, чем у пшеницы – 77,5–87,3% (73,3) [5]. Достоинствами проса являются: скороспелость, засухоустойчивость, а значит, возможность выращивания в засушливых районах, устойчивость при высоких температурах, устойчивость к полеганию, болезням и вредителям [9]. При высоких урожаях оно обеспечивает доходы хозяйствам, особенно при выращивании ценных сортов [1, 10]. Из пшена – продукта переработки проса – издавна готовили каши, запеканки, биточки, печенье, присутствует оно и в блюдах национальных, региональных кухонь. В некоторых странах известны продукты брожения на основе зерна проса. В Казахстане и Туве из поджаренного пшена готовят тары, содержащие много мальтозоподобных сахаров и декстринов, и хлебные продукты – талкан и жент [11, 12].

Технологические и физико-химические свойства проса и продуктов его переработки позволяют использовать данную культуру для приготовления мучных кондитерских и кулинарных изделий [13, 7]. Близость по содержанию белков пшеничной и просяной муки позволяет использовать последнюю в виде альтернативного продовольственного источника [14, 15], не снижая биологическую ценность готовых изделий. Белки проса не способны формировать клейковину, но это является положительным фактором для производства линейки продукции безглютенового рациона.

Изделия из бисквитного теста являются одними из самых популярных видов мучной кондитерской продукции [16]. Они отличаются легкой, пышной структурой и служат основой для приготовления пирожных и тортов.

Бисквит, выпеченный из муки с очень низким содержанием клейковины (менее 24%) имеет крошащийся мякиш, более развитую пористость, тонкостенную структуру по сравнению с бисквитом, приготовленным из муки с клейковиной средней по силе [17]. При использовании муки с сильной клейковиной структура бисквита уплотняется, клейковина поглощает большее количество воды по сравнению с мукой со слабой клейковиной, что повышает упругость, в результате чего бисквит имеет более жесткую структуру [18].

Целью данной работы было изучение возможности применения пшенной муки в составе смесей, не содержащих глютен, для изготовления бисквита. Смеси комбинировали из муки пшенной, рисовой, нутовой и соевой. Выбор обусловлен тем, что все эти виды муки подходят для рациона людей, страдающих целиакией, имеют разное содержание важных для организма человека пищевых веществ, комбинируя по которым можно определить оптимальные рецептуры для производства изделий.

В ходе эксперимента были изучены шесть образцов бисквитов, приготовленных на основе пшенной муки и мучных смесей (таблица 1). Все образцы бисквитов готовили по следующей технологии: яйца с сахаром-

песком взбивали при малом, а затем при большом числе оборотов до увеличения в объеме в 2,5-3 раза. Перед окончанием взбивания добавляли муку или смесь различных видов муки и перемешивали. Оценку бисквитного теста и готовых изделий проводили в сравнении с контрольным образцом — традиционным бисквитным полуфабрикатом на пшеничной муке.

Таблица 1 – Экспериментальные образцы бисквитов

Tuomingi T Okenepiineimaionole oopusijoi oliekolimoo							
Наиме-	Соотношение видов муки, %						
нование	Кон-	№ 1	№2	No॒	No	No॒	№6
сырья	троль			3	4	5	
Мука	100	-	-	-	-	-	-
пшенич-							
ная							
Мука	-	50	75	75	50	75	100
пшенная							
Мука	-	25	-	-	-	25	-
рисовая							
Мука	-	25	25	-	25	-	-
нутовая							
Мука	-	-	-	25	25	-	-
соевая							



Рисунок 1 – Выпеченный образец бисквита

В ходе исследования для шести экспериментальных образцов был проведен анализ вязкости бисквитного теста. Реологические характеристики проб бисквитного теста, взятых сразу после окончания замеса, определяли на ротационном вискозиметре «Реотест-2». По стандартной методике определяли касательное напряжение Θ в зависимости от постоянных значений скорости сдвига γ при температуре 20 ± 2 0 C. Результаты измерения отражены на рисунке 2.

При увеличении содержания пшенной муки наблюдалось снижение эффективной вязкости, что отражалось и на качестве готовых изделий [19]. Частицы дисперсной фазы (пузырьки воздуха) при выпечке расширялись сильнее, что приводило к увеличению объема и пористости готового изделия.

На структуру теста влияет как химический состав, так и сила контактного взаимодействия его компонентов.

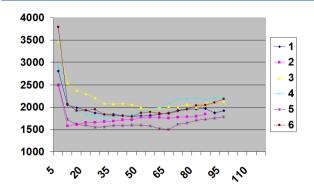


Рисунок 2 — Зависимость вязкости образцов бисквитного теста от скорости сдвига

Органолептическая оценка готовых изделий из бисквитного теста выявила оптимальные варианты комбинирования муки для производства качественной безглютеновой продукции. По мнению экспертов, лучшими признаны бисквиты, выработанные из комбинации пшенной муки с соевой в соотношении 75:25, пшенной и рисовой в соотношении 75:25 и образец, при производстве которого использовалась только пшенная мука. Высокие показатели были отмечены у изделий из смеси пшенной, рисовой и нутовой муки в соотношении 50:25:25.

Для каждого из опытных образцов были проведены измерения пористости, плотности, щелочности и намо-каемости. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Показатели качества образцов бисквита

вити						
Пока- зате- ли каче- ства	№1	№ 2	№ 3	№4	№ 5	№6
Пори- сто- сть, %	75,59	62,89	72,36	63,64	76,34	77,48
Плот- ность, г/см ³	0,48	0,42	0,42	0,45	0,24	0,24
Ще- лоч- ность, град	0,60	0,80	0,80	1,5	0,60	0,60
Намо кае- мость, %	308,90	203,21	221,72	190,53	345,51	332,99

Представленные данные позволяют рекомендовать пшенную муку как самостоятельно, так и в составе мучных смесей (\mathbb{N}_2 1, 3, 5), для создания изделий из бисквитного теста.

Выводы. В ходе работы были теоретически обоснованы и подтверждены на практике оптимальные соотношения разных видов безглютеновой муки в рецептуре бисквитного теста, позволяющие расширить ассорти-

мент мучных кондитерских изделий специализированного назначения, сохранив структурно-механические и органолептические показатели качества традиционных продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1. Баженова И.А., Баженова Т.С. Экономические санкции и вопросы импортозамещения. // Журнал «Актуальные проблемы науки и практики» №1 (002). Март 2016. С. 30–34.
- 2. Покровский В.И., Романенко Г.А., Княжев В.А. и др. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2002. 344 с.
- 3. Базарнова Ю.Г. Теоретические основы методов исследования пищевых продуктов. Учебное пособие. СПб.: Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2014. 134 с.
- 4. Варлахова Л.Н., Варлахов М. Д., Агаркова С.Н., Головина Е.В., Иванова Т.Н. Старинные и новые блюда из зернобобовых и крупяных культур. Орел, ВНИИЗБК, 2001. 282 с.
- 5. Барсукова Н.В., Решетников Д.А, Красильников В.Н. Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий [Электронный ресурс]: Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2011. №1. С. 51–60.
- 6. Баженова Т.С., Баженова И.А. Расширение ассортимента мучных изделий с использованием зерна проса Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий СПб., Изд-во Политехн.ун-та, 2016. С. 59–61
- 7. Баженова И.А. Исследование технологических свойств зерна полбы (TRITICUM DICOCCUM SCHRANK.) и разработка кулинарной продукции с его использованием: дисс. ...канд. техн. наук / Санкт-Петербургский торгово-экономический институт. Санкт-Петербург, 2004.
- 8. Tatiana Bazhenova, Irina Bazhenova. Use of millet flour for production of special purpose goods// 11th International Scientific Conference «Students on their way to science» (undergraduate, graduate, post-graduate students) Latvia 2016.
- 9. Москвичева Е.В., Сафонова Э.Э., Тимошенкова И.А. Использование муки из семян расторопши в производстве безглютеновой продукции. Международный научно-исследовательский журнал № 8, ч. 3 / 2017.
- 10. Справка о научно-практическом применении результатов научной деятельности по просу посевному (Panicum miliaceum L.). Орел, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур», 2014.
- 11. Янова М.А., Колесникова Н.А., Мучкина Е.Я.. Исследование проса и продуктов его переработки. Журнал Вестник Красноярского государственного аграрного университета. Выпуск №11/2015.
- 12. Баженова Т.С., Баженова И.А. Перспективы использования зерна проса, Производство и безопасность

сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности: Материалы III Международной научнопрактической конференции (11-13 февраля 2015 года, Воронеж, Россия). – Ч.ІІ, коллектив авторов. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. – С. 20–23.

- 13. Короткова М.В. Застольные и кулинарные традиции: Энциклопедия. М.: Дрофа-Плюс, 2005. 288 с.
- 14. Галицкая Е.Л. Формирование потребительских свойств и исследование качества бисквитных изделий длительного срока хранения: дисс...канд. техн. наук / Галицкая Елена Леонидовна. СПб., 2003. 187 с.
- 15. Вакар А.Б. Белковый комплекс клейковины. / В кн. Растительные белки и их биосинтез. М.: Наука, 1975.
- 16. Химический состав пищевых продуктов / Под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. М.: Агропромиздат, 1987. 360 с.
- 17. Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания. М.: Экономика, 1986. 295 с.
- 18. Полякова Н.В. Исследование и разработка технологий и рецептур бисквитных полуфабрикатов функционального назначения: дисс...канд. техн. наук: 05.18.15 / Полякова Наталья Викторовна. М., 2005. 148 с.
- 19. Холодова Е.Н. Разработка технологии и оценка потребительских свойств бисквитного полуфабриката с использованием тритикалевой и пшенной муки: дисс...канд. техн. наук: 05.18.15 / Холодова Екатерина Николаевна. Орел, 2010. 195 с.
- 20. Пищевая химия / Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. Под ред. А.П. Нечаева. Издание 3-е, испр. СПб.: ГИОРД, 2004. 640 с.

Статья поступила в редакцию 03.02.2018 Статья принята к публикации 02.04.2018

УДК 629.735

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ БРИГАД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

© 2018

Иванов Александр Иванович, соискатель ученой степени кафедры безопасности полётов и жизнедеятельности

Московский государственный технический университет гражданской авиации (125493, Россия, г. Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20, е-mail: b699mp77@gmail.com) Николайкин Николай Иванович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры безопасности полётов и жизнедеятельности

Московский государственный технический университет гражданской авиации (125493, Россия, г. Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20, e-mail: n.nikolaykin@mstuca.aero)

Аннотация. Показано, что с ростом интенсивности технологических процессов все большее значение имеет снижение опасности производственных процессов и уменьшение количества ошибок, связанных с человеческим фактором. Анализируются основные глобальные вызовы для развития современной мировой гражданской авиации, выделяются экологические проблемы деятельности авиации. Констатируется, что одной из задач обеспечения комплексной безопасности является снижения влияния человеческого фактора на уровень производственного травматизма и аварий, однако подчеркивается, что теоретические аспекты и практические возможности управления человеческим фактором с целью повышения уровня безопасности изучены недостаточно. Рассматривается проблема снижения ошибочных действий производственной бригады, в том числе при техническом обслуживании оборудования. Решение данной проблемы актуально для повышения безопасности производственных процессов во всех отраслях экономики.

Предложена модель, учитывающая степень подготовленности всех работников к выполнению производственного задания. Математическая формализация предлагаемой модели формирования бригад имеет вид квадратичного отображения с двумя параметрами. Численный эксперимент с новой моделью показал существование различных стационарных режимов при взаимодействии участников бригады. Получено, что варьированием параметров можно добиться вывода системы-бригады на заданный режим.

Доказано, что при уменьшении ошибок, ведущих к авариям и катастрофам, негативное воздействие, оцениваемое по международным правилам, на окружающую среду от деятельности авиации в полном жизненном цикле оказания авиатранспортной услуги снизится. Модель апробирована в организации, выпускающей электротехнические изделия широкого назначения и, в частности, используемые в качестве комплектующих в авиации.

Ключевые слова: безопасность, техническое обслуживание, человеческий фактор, коммуникативное воздействие, формирование бригады, организация производства

PRODUCTION TEAMS FORMATION FOR ECOLOGICAL SAFETY INCREASE

© 2018

Ivanov Alexander Ivanovich, degree competitor scientific of Life and Flights Safety (LFS) Chair

Moscow State Technical University of Civil Aviation

(125493, Russia, Moscow, Kronshtadskii boulevard, 20, e-mail: b699mp77@gmail.com)

Nikolaykin Nikolay Ivanovich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor,

Professor of Life and Flights Safety (LFS) Chair

Moscow State Technical University of Civil Aviation

(125493, Russia, Moscow, Kronshtadskii boulevard, 20, e-mail: n.nikolaykin@mstuca.aero)

Annotation. It is shown that with the growth of technological processes intensity decrease in danger of productions and reduction of the mistakes quantity connected with a human factor are becoming of ever increasing value. The main global challenges for the development of modern world civil aviation are analyzed, environmental problems of aircraft activity are allocated. It is noted, that one of ensuring complex safety problems is decrease in a human factor influence on the level of operational injuries and accidents, however it is emphasized that theoretical aspects and practical opportunities of management of a human factor for the purpose of safety level increase are studied insufficiently. The problem of production team wrong actions decrease is considered, including the equipment maintenance. The solution of this problem is topical for productions safety increase in all branches of economy.

The model considering degree of all workers readiness to production target performance is offered. Mathematical formalization of the offered crews' formation model is quadratic map with two parameters. Numerical experiment with the new model showed the existence of various stationary modes of a crew participants' interaction. It is shown, that variation of parameters makes it possible to achieve a conclusion of system crew to the set mode.

It is proved that due to reduction of the mistakes resulting in accidents, the negative impact on environment caused by aircraft activity in full life cycle will decrease as estimated by the international rules. The model is approved in the organization that produces multipurpose electro-technical products some of which are used as accessories in aircraft.

Keywords: safety; maintenance; human factor; communicative influence; crew forming; organization of production.

Неуклонный рост интенсивности технологических процессов на производстве привлекает все большее внимание к проблеме обеспечения качества и снижения опасности производственных процессов [1] и уменьшения числа ошибок, связанных с человеческим фактором (ЧФ). Ошибки ведут к нарушению технологических процессов, авариям, катастрофам [2] и в конце концов к дополнительному аварийно-залповому загрязнению окружающей среды [3], то есть к снижению уровня экологической [4] и комплексной безопасности в целом в полном жизненном цикле авиаперевозок [5]. Одним из основных современных глобальных вызовов для развития мировой гражданской авиации по данным специалистов Национального Исследовательского Центра «Институт имени Н.Е. Жуковского» [6] является «противоречие между прогнозируемым повышением объема авиаперевозок и необходимостью снижения экологического воздействия авиаши на окружающую среду». Традиционные экологические проблемы деятельности авиации [7] в настоящее время признаны в основном преодолёнными и перед воздушным транспортом сформулированы новые задачи по снижению шума [8], переводу на альтернативные вид топлива [9], а также по решению проблем защиты окружающей среды на авиапредприятиях[10].

Сложность проблемы снижения ошибок человека и обеспечения безопасности обусловлена сочетанием многих видов деятельности человека от проектирования техники до её эксплуатации. Безопасная эксплуатация техники обеспечивается, в частности, при техническом обслуживании (ТО), в котором задействованы разные специалисты различного возраста и квалификации. Основная характеристика авиации «безопасность полета» (БП) связана с качеством подготовки авиатехники (АТ) на земле в процессе её ТО – «комплекса производственных процессов, обеспечивающих функционирование воздушного транспорта (ВТ)» [11].

По мнению специалистов Международной организации гражданской авиации (ИКАО), [12] по статистике авиационных происшествий наибольшую потенциальную опасность представляют, ошибки человека [13], а не какие-либо отказы техники. По данным специалистов института машиноведения имени А.А. Благонравова (ИМАШ РАН) [14], в частности, коэффициент значимости человеческого фактора, используемого при определении вероятности аварии в техногенных катастрофах гражданской авиации, равен около а автомобильного - 0,80. Поэтому одной из основных современных задач обеспечения комплексной безопасности в целом, и в частности, безопасности производственной деятельности является снижения влияния человеческого фактора на уровень производственного травматизма и аварий. Теоретические аспекты и практические возможности управления ЧФ для повышения безопасности не изучены в полной мере.

Несмотря на то, что именно ошибки человека, а не отказы техники представляют наибольшую потенциальную опасность, в литературе мало рассматриваются аспекты человеческого фактора при производстве

и обслуживании современной техники, как показано в работе.

Снижение количества ошибок бригады, выполняющей технологический процесс или техническое обслуживание техники, неизбежно ведет к повышению качества и производственной безопасности [1] и безопасности полётов [11, 7], к исключению негативных событий при авиаперевозках, взывающих существенное эколого-экономическое воздействие, модель которого представлена в работе [15]. Виды рисков и особенности их реализации в гражданской авиации подробно рассмотрены в [16], а модель управления рисками на опасных производственных объектах представлена в [17] и, применительно к авиатранспортным процессам в [18].

Актуальность изучения негативного воздействия авиационных аварий и катастроф показана в работе [19], целесообразность предупреждения авиационных инцидентов и происшествий доказана авторами работы [20], а метод снижения интенсивности негативного воздействия предложен в [21].

Анализ существующих систем принятия решений на предприятиях и достижений систем аттестации и специальной оценки рабочих мест позволил предположить, что снижение ошибок человека в производственном процессе и при обслуживании техники возможно, благодаря моделированию взаимодействий и управляющих воздействий в бригаде, начиная с формирования состава производственной бригады. В связи с тем, что современное производство состоит из технологических процессов повышенной сложности с высокими требованиями к качеству выполняемых работ, к строгому соблюдению требований регламентов, требуется специальное методическое обеспечение, алгоритмы, методы и модели для систем поддержки принятия решений руководителей предприятий при организации производственных процессов и технического обслуживания, ориентированных на снижение числа ошибок человека, как показано, например, в работе [22].

В работе [1] обоснована необходимость оценки влияния взаимодействий в бригаде на показатель компетентности всех групп персонала, а в исследовании [23] рассматривается информационно-коммуникативный механизм взаимодействия между членами бригады, где ключевую роль играет передача информации, опыта и иного влияния от одного человека двум другим, а также от двух человек третьему.

Имеющиеся на данный момент примеры изучения сложного поведения производственных бригад носят разнородный и разрозненный характер. Известные экономико-математические модели организационных структур основываются в основном на анализе эмпирических данных, что делает их излишне частными. Задача математической формализации состава производственных бригад с целью оптимизации управленческого воздействия до настоящего времени не решена.

Производственная бригада, представляет собой сложную систему, с элементами в виде членов бригады (работников), между которыми возникают производственные отношения. Ответственность за результат общего труда объединяет участников комплексной бригапроцессе работы между работниками и различными группами персонала происходят разнообразные акты коммуникации. Сущность комплексной бригады возможно представить в виде совокупности производственных взаимоотношений работников. Влияние работников-сотрудников (членов бригады) возникает, например, при разной компетентности, если компетентность сотрудника A выше, чем компетентность сотрудника B, то сотрудник A может оказывать положительное влияние на сотрудника B, а сотрудник B может оказывать отрицательное влияние на сотрудника A.

Целью настоящего исследования является решение научной задачи учёта «человеческого фактора» при формировании состава производственной бригады для снижения числа ошибочных действий человека и повышения безопасности производственных процессов, а, следовательно, повышение комплексной безопасности при авиаперевозках, в целом, и уровня их экологической безопасности.

Рассмотрим комплексную производственную бригаду (комплексная бригада объединяет в себе несколько небольших бригад), которая состоит из Nучастников. Распространение взаимодействия предлагается рассматривать через «треугольники влияния».

Прежде всего принимается допущение, что согласно нормативным документам гражданской авиации для готовности к работе любой работник, имеющий допуск к работе, дополнительно получает некоторое коммуникативное воздействие (например, конкретную информацию или инструктаж), в том числе происходит обмен информацией между работниками. При этом в бригаде всегда имеется некоторое количество людей, которые уже получили такое воздействие извне (прежде всего и преимущественно это руководящий состав, наиболее опытные работники и т.д.).

Разделим рассматриваемую комплексную бригаду на три подгруппы по уровню подготовленности (0, 1, 2) работников к работе на данный момент времени. Будем считать, что один участник подгруппы, наиболее подготовленной к работе (2 уровень), генерирует две единицы коммуникативного воздействия. Выбор такого допущения соответствует оптимальному значению, согласно выводам модели лавины и модели Конгресса, изложенным в работе [24]. Под единицей коммуникативного воздействия, в соответствии с рекомендациями, изложенным в [25], будем рассматривать относительно законченный акт обмена мнениями или действиями.

Для перехода из группы каждого уровня (из 0 в 1 и из 1 в 2) работникам необходимо получить 1 единицу воздействия. Перейти сразу с уровня 0 на уровень 2 нельзя. Эти две единицы воздействия (от одного подготовленного работника) равномерно распределяются между другими (N-1) участниками. Сам на себя работник не воздействует. Т.е. каждый участник из группы уровня 2 (имеющий достаточную подготовку)

оказывает на каждого из остальных участников воздействие (как бы «давление») $\frac{2}{N-1}$ единиц.

Для дальнейшего рассмотрения модели вводим 3 допущения:

- 1) воздействие распространяется, в том числе, и на уже достаточно подготовленных работников (уровень 2), но на них какого-либо влияния уже не оказывается;
- 2) со стороны работников подгруппы уровня 1 никакого воздействия не оказывается, считаем, что они находятся в состоянии неуверенности, что требует повторного воздействия;
- 3) работники нулевого уровня готовности воздействия на других не оказывают.

Проведенные дополнительные исследования для случая снятия первого из этих допущений показали, что это ведет к усложнению уравнений (повышение степени до 3). Такая задачаявляется одним из перспективных направлений дальнейшего развития данного исследования.

Частная модель. Пусть в некоторый момент времени х участников не обладают единицами воздействия (т.е. они находятся на уровне 0 – группа X), а y участников имеют 1 единицу воздействия (находятся на уровне 1 - группа y). Тогда оставшиеся (N-x-y) находятся на уровне 2, то есть уже вошли в группу достаточно подготовленных к работе или находились на данной позиции изначально (см. рисунок1). Все они генерируют M=2(N-x-y) единиц коммуникативного воздействия.

Таким образом, на каждого участника оказывается $\underline{2(N-x-y)}\,$ единиц воздействия. На групп
уX посту-

пает
$$\frac{xM}{N-1}$$
 единиц воздействия, при этом, именно

такое количество участников теперь обладают 1 (одной) единицей воздействия и переходят в группу У (см. рисунок 1). Будем считать, что поглощение воздействия происходит только по одной единице за один шаг. В группе X остается

$$x_{n+1} = x_n - \frac{x_n M}{N-1} = \frac{N-M-1}{N-1} \cdot x_n = \frac{2x_n + 2y_n - N-1}{N-1} \cdot x_n = \frac{2x_n^2}{N-1} + \frac{2x_n y_n}{N-1} - \frac{N+1}{N-1} \cdot x_n$$

 $x_{n+1} = x_n - \frac{x_n M}{N-1} = \frac{N-M-1}{N-1} \cdot x_n = \frac{2x_n + 2y_n - N-1}{N-1} \cdot x_x = \frac{2x_n^2}{N-1} + \frac{2x_n y_n}{N-1} - \frac{N+1}{N-1} \cdot x_n$ На группу Y поступает $\frac{yM}{N-1}$ единиц воздействия,

именно такое количество участников теперь обладают 2 единицами воздействия и переходят в группу уровня 2 (рисунок 1).

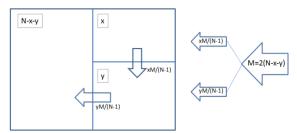


Рисунок I – Схема перемещения работников между подгруппами в результате коммуникативного воздействия

В группе У становится

$$y_{n+1} = y_n - \frac{y_n M}{N-1} + \frac{x_n M}{N-1} = y_n - \frac{M(y_n - x_n)}{N-1} = y_n - \frac{2(N - x_n - y_n)(y_n - x_n)}{N-1} = y_n - \frac{N}{N-1} = y_n - \frac{N}{N-1}$$

$$=y_n\bigg(1-\frac{2N}{N-1}\bigg)+\frac{2N}{N-1}\cdot x_n+\frac{2(y_n^2-x_n^2)}{N-1}=\frac{2y_n^2}{N-1}+y_n\bigg(1-\frac{2N}{N-1}\bigg)-\frac{2x_n^2}{N-1}+\frac{2N}{N-1}\cdot x_n$$
 Обозначим:
$$\frac{2}{N-1}=\alpha\cdot$$

Таким образом, система уравнений принимает вид:

$$x_{n+1} = \alpha x_n^2 + \alpha x_n y_n - (1+\alpha) x_n y_{n+1} = \alpha y_n^2 - (1+\alpha) y_n - \alpha x_n^2 + (2+\alpha) x_n,$$
(1)

где n — номер итерации, являющийся дискретным аналогом времени.

Нормируем уравнения (1) на (N/2) и вводим новые переменные u=2x/N и $\upsilon=2y/N$. Новые переменные принимают значения в интервале от 0 до 2.

Получим новую систему уравнений:

$$u_{n+1} = \frac{\alpha N}{2} u_n^2 + \frac{\alpha N}{2} u_n v_n - (1+\alpha) u_n$$

$$v_{n+1} = \frac{\alpha N}{2} v_n^2 - (1+\alpha) v_n - \frac{\alpha N}{2} u_n^2 + (2+\alpha) u_n, (2)$$

где для исследуемой системы (при N=45) $\alpha \approx 0,045$. Систему (2) можно записать в виде:

$$\begin{cases} u_{n+1} = u_n^2 + u_n v_n - u_n + \frac{\alpha}{2} \left[u_n^2 + u_n v_n - 2u_n \right] \\ v_{n+1} = v_n^2 - u_n^2 - v_n + 2u_n + \frac{\alpha}{2} \left[v_n^2 - u_n^2 - v_n + 2u_n \right] \end{cases}$$

Далее полагаем α малым параметром. Тогда приближенно можно считать:

$$u_{n+1} = u_n^2 + u_n U_n - u_n$$

$$U_{n+1} = U_n^2 - u_n^2 - U_n + 2u_n$$
(3)

Полученные уравнения (3) имеют вид дискретных отображений [27] второй степени.

На рисунках 2, 3, 4 представлены результаты численного эксперимента, проведенного для одного из начальных условий с моделью (3), в соответствии с методикой, изложенной в [23].

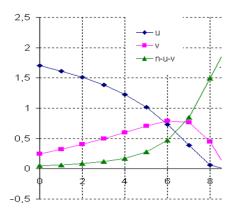


Рисунок 2 — Иллюстрация динамики переходов между подгруппами для начальных условий: u_0 =1,7; v_0 =0,25. Синяя кривая — группа уровня 0, розовая кривая — группа уровня 1,

зеленая кривая – группа уровня 2.

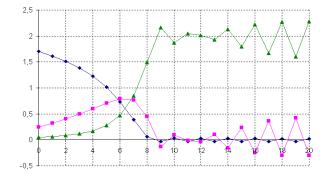


Рисунок 3 — Иллюстрация динамики переходов между подгруппами для начальных условий $u_0=1.7$; $v_0=0.25$

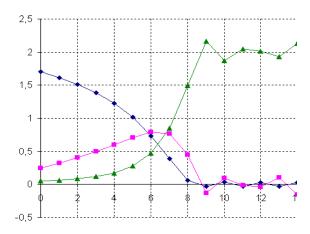


Рисунок 4 — остановка итераций при выходе на требуемое значение численности подготовленных работников

Модель имеет следующие ограничения по физическому смыслу:

$$u_{n+1} \ge 0$$
, $v_{n+1} \ge 0$ (4)

при нарушении условия (4) итерации заканчиваются, задача решена.

На рисунке 2 представлен численный анализ модели с учетом условия (4).

На рисунке 3 (для случая, когда итерации не останавливаются при выходе переменных на нулевые или отрицательные значения) представлен численный анализ модели без учета условия (4), который показывает, что группа уровня 2 не вышла не необходимое значение числа ее участников (=2). Если снять ограничение на постоянство с общего числа группы (комплексной бригады), то есть если допустить, что группа открыта для обмена участниками с внешней средой, тогда полученные для увеличения количества итераций отрицательные значения приобретают следующий физический смысл: отрицательные значения переменных означают, что в систему вливаются новые участники извне (например, из имеющегося кадрового резерва). Такое допущение позволяет полностью сформировать комплексную бригаду необходимого состава, причём работники, которые не смогли выйти на необходимый уровень готовности, к работе не допускаются (заменяются другими).

<u>Примечание</u>. На рисунках 2, 3, 4 приняты следующие цветовые обозначения: синий – группа уровня 0, розовый – группа уровня 1, зеленый – группа уровня 2.

При дальнейшем увеличении числа итераций (см. рисунок 3), численность достаточно подготовленных работников (зеленая кривая) начинает колебаться около значения «2», что может привести как к незначительному увеличению этой подгруппы (что не требуется), так и к ее уменьшению (что ухудшает результат). Поэтому имеет смысл остановиться на таком числе итераций, когда численность подготовленных сотрудников впервые вышла на требуемое значение (рисунок 4: n = 11).

Проведенные численные эксперименты для различных начальных условий позволили выявить следующие ограничения для рассматриваемой модели:

- 1. Существуют некоторое множество особых равновесных начальных условий, для которых состояние системы остается неизменным. Эти условия соответствуют ситуации, при которой группа уровня 2 в начальный момент не имеет членов (сумма нормированных переменных равна 2: (1;1), (1,5;0,5), (0,5;1,5), (0,2;1,8) и т.д.).
- 2. Для начальных условий, не относящихся к первому пункту, обе переменные стремятся к 0 при малом количестве итераций. Однако в модельном варианте при достижении нулевых значений и продолжении итераций переменные подвержены колебаниям около нуля, чего не может быть в реальной ситуации, т.к. по своему физическому смыслу эти переменные (численность групп) не могут быть отрицательными. Если снять ограничение на постоянство общего число работников комплексной бригады, т.е. допустить, что группа открыта для обмена участниками с внешней средой, то полученные для увеличения количества итераций результаты приобретают следующий физический смысл: отрицательные значения переменных означают, что в систему вливаются новые участники извне.

Обсуждения ограничений и допущений частной модели.

- 1. Для готовности к работе согласно нормативным документам любой работник, имеющий допуск к работе, должен дополнительно получить некоторое коммуникативное воздействие (например, конкретную информацию и/или инструктаж), в том числе происходит обмен информацией между работниками. При этом в группе всегда имеется некоторое количество людей, которые уже получили такое воздействие извне (это может быть руководящий состав, наиболее опытные рабочие и т.д.).
- 2. Один участник подгруппы, наиболее подготовленной к работе, генерирует две единицы коммуникативного воздействия.
- 3. Для перехода из группы каждого уровня подготовленности в следующую (из 0 в 1 и из 1 в 2) работникам необходимо получить 1 единицу воздействия, перейти сразу с уровня 0 на уровень 2 нельзя.
- 4. Воздействие распространяется в комплексной бригаде, в том числе, на уже достаточно подготовлен-

ных работников (на более высокий уровень), но уже не оказывает на них какого-либо влияния;

- 5. Со стороны работников подгруппы первого уровня готовности к работе никакого воздействия на других участников не оказывается, принимаем, что они находятся в состоянии неуверенности, и требуется повторное воздействие;
- 6. Работники нулевого уровня готовности на других не оказывают воздействия.
- 7. Отрицательные значения переменных модели (3) не допускаются. Проведенный качественный анализ возможной трактовки отрицательных значений относится к случаю открытой системы, когда число участников может пополняться извне. Далее этот случай не рассматривается.

Общая модель. Для обобщения модели и распространения её на случаи, когда для достижения требуемого уровня подготовленности работников требуется различное число воздействий, а также для произвольного числа воздействий со стороны одного подготовленного работника, примем следующие обозначения и допущения:

- 1) исключим из рассмотрения промежуточную группу уровня 1, оставим две группы: группа достаточно подготовленных и группа недостаточно подготовленных;
- 2) примем за переменную x нормированное значение численности подготовленных работников;
- 3) обозначим через α интенсивность перехода работников из группы неподготовленных в группу подготовленных, а через β интенсивность обратного перехода сотрудников из группы подготовленных в группу неподготовленных. Обратный переход возможен, например, в случае, если самочувствие работника неожиданно ухудшилось, в частности, если он получил из дома (по телефону) некую негативную информацию, или, если он забыл полученную информацию и т.п.

Интенсивность перехода зависит от числа необходимых коммуникативных воздействий для выхода на требуемый уровень готовности и числа промежуточных состояний.

В таком случае численность группы подготовленных на каждом следующем шаге можно найти с помощью выражения:

$$x_{n+1} = x_n - \alpha \cdot 2(N - x_n)x_n + \beta \cdot 2x_n(N - x_n) = x_n (1 - 2\alpha N + 2\beta N) - x_n^2 (2\beta - 2\alpha) = ax_n - bx_n^2$$

или, после введения новых параметров $a=\left(1-2\alpha N+2\beta N\right)$ и $b=\left(2\beta-2\alpha\right)$, с помощью выражения:

$$x_{n+1} = ax_n - bx_n^2 \tag{5}$$

Область применимости модели (5) определяется уравнениями:

$$\alpha \cdot 2(N - x_n) \le 1$$
$$\beta \cdot 2x_n \le 1$$

Таким образом, в общем случае простейшая одномерная (для переменной x) модель комплексной производственной бригады с двумя параметрами a и b

имеет вид (5).Особенности методов анализа моделей типа (5) подробно изложены в [23, 27].

В модели (5) параметр *а* является стабилизационной характеристикой комплексной бригады. Параметр *а*определяется как среднее значение аналогичных характеристик работников бригады.

Параметр b является вариативной (дестабилизирующей) характеристикой комплексной бригады.

Таким образом, решение научной задачи учёта «человеческого фактора» при формировании состава производственной бригады возможно методом моделирования взаимодействий в бригаде на основе квадратичных отображений. Формирование бригады с учетом коммуникаций между работниками позволит снизить число ошибочных действий человека и повысить безопасность производственных процессов.

Модель (5) проверена на примере производственного коллектива организации, выпускающей электротехнические изделия широкого назначения и, в частности, используемые в качестве комплектующих в авиации. Численный эксперимент позволил определить параметры модели, при которых описываемая система выходит на стационарное состояние полной готовности бригады к работе. Выявлена возможность избежать нестабильных состояний.

Предложенный метод моделирования процесса формирования производственных бригад перспективен для снижения числа ошибочных действий при техническом обслуживании авиационной техники. Уменьшения числа ошибок, приводящих к авариям и катастрофам, безусловно позволит снизить негативное воздействие на окружающую среду от деятельности авиации и, в целом, повысить уровень экологической безопасности в отрасли, оцениваемый по международным правилам в полном жизненном цикле [5] оказания авиатранспортной услуги.

В перспективе продолжения настоящего исследования предлагается перейти от простого усреднения характеристик отдельных членов бригады к их сложению по методу векторных диаграмм, с учетом фазовых сдвигов. В дальнейших исследованиях целесообразно дополнительно предложить и обосновать шкалу соответствия между параметрами модели и квалификационными характеристиками работников. В перспективе следует учесть степень влияния различных факторов на готовность отдельных работников и бригады в целом к выполнению производственной задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1. Худяков Ю.Г. Управление опасностями производственной среды: монография / Ю.Г. Худяков, Н.И. Николайкин, В.Э. Андрусов. М.: Проспект, 2017. 128 с.
- 2. Николайкин Н.И. / Чрезвычайные ситуации последних лет на территории России // Н.И. Николайкин, А.Л. Рыбалкина. Безопасность в техносфере. $2009. \mathbb{N} 2. \mathbb{C}.41-46.$
- 3. Николайкин Н.И. / Оценка экологической опасности авиационных событий на воздушном транспорте // Н.И. Николайкин, Е.Ю. Старков. Научный вест-

- ник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2015. N 218 (8). С. 17—23.
- 4. 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.
- 5. 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.
- 6. Дутов А.В. «Большие вызовы» для авиации, авиастроения и развития авиационных технологий / А.В. Дутов, В.В. Клочков, С.М. Рождественская // М.: ФГБУ НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского», 2017. 124 с.
- 7. Николайкин Н.И. Новые приоритеты в сфере защиты окружающей среды от воздействия гражданской авиации / Н.И. Николайкин // Безопасность в техносфере. $-2013.-T.2.-N ext{0} ext{5} ext{(44)}.-C.25-30.$
- 8. Мельников Б.Н. / Перспективы создания малошумных самолетов гражданской авиации // Б.Н. Мельников, Ю.А. Большунов, Н.И. Николайкин. Безопасность в техносфере. 2010. N $\!_{2}$ 2. C. 32–37.
- 9. 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.
- 10. Николайкин Н.И. Уменьшение экологических последствий от воздействия авиационных происшествий / Н.И. Николайкин, Е.Ю. Старков // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2016. № 225. С. 129–136.
- 11. Смирнов Н. Н. Основы теории технической эксплуатации летательных аппаратов / Н. Н. Смирнов, Ю. М. Чинючин. М.: МГТУ ГА, 2015. 579 с.
- 12. Основные принципы учета человеческого фактора в руководстве по техническому обслуживанию воздушных судов: Документ ИКАО Doc 9824-AN/450. ИКАО, 2003. 230 с.
- 13. Роль человеческого фактора при техническом обслуживании и инспекции воздушных судов / Человеческий фактор: сб. материалов № 12. Циркуляр ИКАО № 253- AN/151. Монреаль, Канада: ИКАО, 1995. 55 с. [Электронный ресурс]. URL Дата обращения: 24.02.2018 г.).
- 14. Махутов Н.А. Влияние человеческого фактора на безопасность технических систем / Н.А. Махутов, Р.С. Ахметханов, Е.Ф. Дубинин, В.И. Куксова // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. Науч.-инф. сб. № 3, 2014. -М.: ВИНИТИ, 2014. С. 80–98.
- 15. Николайкин Н. Модель экологоэкономического воздействия авиационных происшествий / Н. Николайкин, Е. Старков // Предпринимательство. – 2016. – № 7. – С. 38.

- 16. Худяков Ю.Г. Вид рисков и особенности их проявления в авиатранспортной услуге, предоставляемой авиакомпанией / Ю.Г. Худяков, Н.И. Николайкин // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2009. N 149. С. 7—13.
- 17. Николайкин Н.И. / Моделирование системы управления рисками при эксплуатации опасных производственных объектов // Н.И. Николайкин, Ю.Г. Худяков. Химическое и нефтегазовое машиностроение $2012.- N \ge 10.- C.35.$
- 18. Николайкин Н.И. Методология оценки влияния условий труда персонала авиапредприятий на риски в авиатранспортных процессах / Н.И. Николайкин, Ю.Г. Худяков // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2013. № 197. С. 115–119.
- 19. Николайкин Н.И. / Актуальность изучения влияния авиационных происшествий на окружающую среду // Н.И. Николайкин, Е.Ю. Старков. В сборнике: Актуальные вопросы развития науки: сборник статей Международной научно-практической конференции: в 6 частях. Ответственный редактор А.А. Сукиасян. 2014. С. 125—132.
- 20. Макаров В.П. Прогнозирование и предупреждение авиационных происшествий как метод снижения экологической опасности авиаперевозок / В.П. Макаров, Н.И. Николайкин // Безопасность в техносфере. -2012. -№ 4. -C. 35–41.
- 21. Николайкин Н.И. Метод снижения экологической опасности при авиационных происшествиях / Н.И. Николайкин, Е.Ю. Старков, П.И. Климов // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2015. N = 3. C. 22 = 34.
- 22. Иванов А.И. Динамика факторов риска производственной среды при наземном обслуживании авиационной техники / А.И. Иванов, Н.И. Николайкин, Ю.Г. Худяков // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. -2014. № 204. -C. 44–49.
- 23. Иванов А.И. Квадратичное отображение как модель динамики малой социальной группы / А.И. Иванов // Актуальные проблемы современной науки. 2013. N 4. C.138—145.
- 24. Simkin M.V., Roychowdhury V.P. Stochastic modeling of Congress. CambridgeUniversityPress, 2009, p. 278–286.
- 25. Пащенко М.А. Выявление единиц коммуникации: коммуникативно-стратегический подход // Вестник ЗабГУ, № 01 (92), 2013, С. 119–124.
- 26. Кузнецов А.П., Савин А.В., Тюрюкина Л.В. Введение в физику нелинейных отображений: Учебное пособие, 2010.
- 27. Иванов А. И. Методика моделирования дискретных нелинейных динамических систем / А. И. Иванов. М.: Изд-во Мархотин. 2013. 92 с.

Статья поступила в редакцию 02.02.2018 Статья принята к публикации 02.04.2018

УДК 331.45 + 613.62

АНАЛИЗ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ И ВЛИЯНИЕ ЕЕ НА ТРУДОВУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РАБОТНИКОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА © 2018

Королева Анна Михайловна, аспирант, старший преподаватель кафедры

«Управление безопасностью в техносфере»

Российский университет транспорта (МИИТ)

(127994, Россия, Москва, улица Образцова, 9, cmp. 9, e-mail: annakoroleva@list.ru)

Пономарев Валентин Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Управление безопасностью в техносфере»

Российский университет транспорта (МИИТ)

(127994, Россия, Москва, улица Образцова, 9, стр. 9)

Вильк Михаил Франкович, доктор медицинских наук, профессор, директор института Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Железнодорожной Гигиены Роспотребнадзора (125438, Россия, Москва, Пакгаузное шоссе, 1, к. 1)

Юдаева Оксана Сергеевна, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Железнодорожной Гигиены Роспотребнадзора (125438, Россия, Москва, Пакгаузное шоссе, 1, к. 1, e-mail: vniijg@yandex.ru)

Филиппов Виктор Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство»

Российский университет транспорта (МИИТ) (127994, Россия, Москва, улица Образцова, д. 9, стр. 9)

Аннотация. В статье проводится анализ основных производственных и психофизиологических факторов, которые оказывают влияние на здоровье и трудовую деятельность работников железнодорожного комплекса и создает комфортабельность проезда. Исследования проведены по данным группы железнодорожных профессий, таких как проводников вагона и начальника поезда. К основным вредным и неблагоприятным факторам производственной среды, присущим данной профессии относятся: вибрация, шум, запыленность, освещенность, химические вещества, неблагоприятная микробиологическая атмосфера, микроклимат пространства. А также рассмотрено влияние таких факторов как внутри вагонное цветовое оформление, не регламентируемый период отдыха и приема пищи. Все перечисленные факторы оказывают негативное влияние на состоянии здоровья и условия труда проводников и начальников поезда. Результатом анализа проведенного исследования является предложения по разработке рекомендаций, которые направленны на минимизацию вредных факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье и трудовую деятельность проводников вагона и начальника поезда. Предложен комплекс мероприятий, который направлен на снижение тяжести и напряженности трудового процесса работников пассажирской железнодорожной службы, таких как здоровье сберегающей программы и внедрение современных технологий.

Ключевые слова: проводник, вредные факторы производства, психофизиологические факторы, цветовое оформление, вибрация, запыленность, комфортабельность.

ANALYSIS OF PASSENGER CARS COMFORT AND ITS INFLUENCE ON THE LABOR ACTIVITY OF RAILWAY COMPLEX WORKERS

© 2018

Koroleva Anna Mikhailovna, postgraduate student, senior lecturer of the department

"Management of safety in technosphere" Russian University of transport (MIIT)

(127994, Russia, Moscow, Obraztsova Street, building 9, p. 9, e-mail: annakoroleva@list.ru)

Ponomarev Valentin Mikhaylovich, doctor of technical Sciences, professor, head of the department "Management of safety in technosphere"

Russian University of transport (MIIT) (127994, Russia, Moscow, Obraztsova Street, building 9, 9)

Wilk Michael Francovich, doctor of medicine scinces, director of Institute

All-Russian Research Institute of Railway Hygiene Rospotrebnadzor

(125438, Russia, Moscow, Pakgauznoe shosse, 1, building 1)

Yudaeva Oksana Sergeevna, doctor of technical sciences, associate professor, leading researcher *All-Russian Research Institute of Railway Hygiene Rospotrebnadzor*

(125438, Russia, Moscow, Pakgauznoe shosse, 1, building 1, e-mail: vniijg@yandex.ru)

Filippov Victor Nikolaevich, doctor of technical Sciences, professor of the department " Cars and carriage economy" Russian University of transport (MIIT)

(127994, Russia, Moscow, Obraztsova Street, building 9, 9)

Abstract. The article provides the analysis of key production and physiological factors that affect health and labor activity of workers of the railway system and make a journey comfortable. Studies were conducted with different

groups of railway professions, such as a car conductor and a train chief. The main harmful and unfavorable factors of the production environment include: vibration, noise, dust, light, chemicals, adverse microbiological atmosphere, microclimate space. And also the influence of such factors as a car interior color scheme, unsociable time for rest and eating is considered. All these factors have a negative impact on the health and working conditions of conductors and train chiefs. As a result of the analysis of the study we offer some recommendations that are aimed at minimizing harmful factors that have a negative impact on the health and work of a car conductor or a train chief. The complex of measures aimed at reducing negative factors of work process of passenger rail services employees was proposed, among them health care programs and modern technologies introduction.

Keywords: conductor, harmful factors of production, psychophysiological factors, color design, vibration, dustiness, comfort..

Проводники пассажирских вагонов представляют наиболее массовую профессию железнодорожной службы. К основным вредным и неблагоприятным факторам производственным факторам, присущим данной профессии, а также профессии начальника поезда относятся: вибрация, шум, запыленность, химические вещества, неблагоприятная микробиологическая атмосфера и др. Факторные особенности условий труда проводников и начальника поезда характеризуются доминирующей ролью в формировании дезадаптационных процессов в их организме, следует отнести, прежде всего, специфические условия формирования микроклимата за счет изменчивой тепловой радиации от оконных проемов [1].

Все перечисленные факторы оказывают негативное влияние на состоянии здоровья и условия труда проводников [2], поэтому целью работы явилось провести их анализ.

Согласно данным ВНИИЖГ, при сравнении состояния здоровья различных производственнопрофессиональных групп железнодорожников оказалось, что наименьшее число здоровых лиц присутствует среди проводников железнодорожных вагонов. Причем среди них оказалось большее число хронических больных по сравнению с отраслевым уровнем, что можно объяснить профессионально-производственными факторами труда на подвижном составе [3].

Следует отметить, что в процессе своей деятельности весь рабочий процесс реализуется именно в пассажирских вагонах и, соответственно, комфортность, цветовое оформление внутри вагонного пространства, освещение и т.д. также оказывают негативное влияние на трудовую деятельность работников железнодорожного комплекса.

Рассмотрим негативные факторы, влияющие на работников железнодорожного комплекса.

1. Вибрация и шум. Влияние вибрации и шума на здоровье проводника и начальника поезда является достаточно изученным явлением. Следует отметить, что значения вибрации во время движения поезда может превышать норму более, чем в 2 раза, а при длительном влиянии на организм работника привести к существенным негативным последствиям, таким как возрастающее нервно-эмоциональное напряжение, вибрационная болезнь [4]. Следует отметить, что гашение вибрационных колебаний осуществляется за счет мягких тканей опорно-двигательного аппарата, но также следует добавить, что с течением времени связки, хрящи и мышцы, находящиеся под постоянным действием вибрации, становятся очень грубыми,

в них появляется плотная, рубцовая ткань (подобно мозолям на ладонях после длительной физической нагрузки) – это негативные последствия. Такие рубцы препятствуют нормальной работе органов: связки становятся менее прочными, легче разрываются при большой нагрузке; движения в суставах затрудняются, здесь появляются боли, припухлость; повышается мышечная усталость, боль, снижается сила мышц, они уменьшаются в размерах, что может привести к их атрофии [5].

- Запыленность вагонов является еще одним вредным фактором. А именно, особо опасными являются пылевые клещи, которые могут находиться в постельных принадлежностях, используемых в вагонах. Продукты жизнедеятельности этих клещей представляют серьезную опасность, в связи с тем, что являются возбудителями аллергии. Следует также отметить, что запылённость пассажирских вагонов характеризуется отсутствием нормированного регулирования воздушной среды пассажирского вагона. Это может привести к таким последствиям как бронхиальная астма и другим рецидивирующим хроническим заболеваниям бронхиально-легочной системы (из-за высокого показателя бактериальной загрязненности воздушной среды пассажирских вагонов, а также из-за присутствия в воздухе различных химических соединений и неблагоприятного климата).
- Недостаточная освещенность вагонов оказывает негативное влияние на зрительную работоспособность, психику работника, его эмоциональное состояние. Это может стать причинами усталости центральной нервной системы, которая возникает из-за того, что работник прилагает усилия для того, чтобы опознать четкие или сомнительные сигналы. Дополнительно следует отметить, что кроме зрительного восприятия свет оказывает влияние на такие факторы работника, как нервнооптиковегетативная система, система формирования иммунной защиты, рост и развитие организма и влияет на многие основные процессы жизнедеятельности, способствует регулированию обмена веществ и устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды. В связи с тем, что проводник работает также и в ночное время, когда освещение минимально, работнику приходится напрягать органы зрения, что может привести к усталости глаз, переутомлению и, как следствию, к снижению общей работоспособности. Также следствием недостаточного освещения может явиться головная боль, вызванная из-за пульсации освещения. Соответственно, недостаточное, либо не-

правильное освещение оказывает негативное влияние не только на здоровье, но также и на трудовую деятельность работников пассажирской службы.

- 4. Цветовое оформление внутри вагонного пространства. Известным фактом является то, что цветовое оформление помещения оказывает прямое воздействие на утомляемость работника. Цветовая гамма служебных помещений заключается в выполнении трех основных функций, состоящих из:
- физиологической функции, а именно, воздействии окраски служебных помещений на нервную систему работника;
- психофизиологической функции, а именно, влияние цвета на психологическое состояние работника железнодорожной пассажирской службы;
- эстетической функции, сущность которой является воздействие на гармоничное восприятие помещения

Так, если работа предполагает активное внимание, то целесообразно использовать при цветовом оформлении служебного пространства цвета от голубого до голубозеленного. Если работа в данном помещении будет однообразной, то целесообразно применять в цветовом оформлении яркие бодрящие тона. Техническая эстетика не заканчивается только на правильном выборе цветов для окраски. В ее задачи входит и внутреннее архитектурно-художественное оформление производственных помещений, четкое выделение художественными средствами транспортных проездов, обычных и аварийных проходов; мест складывания материалов, зон отдыха. Все это значительно повышает безопасность труда. Техническая эстетика тесно связана с научной организацией труда (НОТ) и инженерной психологией.

В соответствии с характерной для России значительной протяженности железнодорожных путей и, как следствие, возможности длительного нахождения проводников и начальников поездов вагонов, следует особое внимание уделять как цветовому оформлению, так и повышению комфортабельности вагонов. Правильный подбор цветного оформления потолка, стен, оборудования позволяет обеспечивать благоприятное зрительное их восприятие, повышать трудовую активность, способствовать повышению в производственных помещениях рабочей атмосферы, чистоты и порядка.

Анализируя внутреннюю отделку вагонов, отметим что на сегодняшний день достаточно активно стали применяться пластики, окраска которых характеризуется малонасыщенными цветами средней зоны спектра, включая ахроматическими, светло-серыми цветами. Такое оформление характерно для стен, перегородок, столиков в купе. При этом, цвет окраски вагонов подбирается так, чтобы он гармонично соответствовал применяемому в интерьере пластику. Так, потолки в вагонах покрывают белым пластиком, пол — темнокрасным или зеленым линолеумом. Данное цветовое решение вагонов создает благоприятные условия для глаз и общего состояния организма проводников и начальников поезда железнодорожного комплекса.

Следует также добавить, что проведенные санитарно-химические испытания сотрудниками ВНИИЖГ показали, что:

- в пассажирских вагонах фиксируется повышенное содержание полимерсодержащих материалов;
- из-за используемых полимерсодержащих материалов происходит выделение вредных веществ, которое на сегодняшний день не регламентируется органами железнодорожной гигиены;
- уровень химических веществ негативно сказывающихся на здоровье проводников существенно превышает норму, а именно показатель стирола превышает норму в 200 раз, а показатель формальдегида превышает норму в 30 раз.

Таким образом, можно сделать вывод, что, несмотря на использование верного цветового решения в оформлении пассажирских вагонов, необходимо также учитывать свойства материалов, используемых в оформлении интерьера, а именно, разработать нормированные перечни критериев и показателей, которые должны обеспечить безопасность труда проводников.

- 5. Нерегламентированный период отдыха. В период длительных поездок сон проводников часто выпадает на дневное время, он становится дробным и его период существенно сокращается, а именно, в течение суток проводник может иметь до пяти периодов снов с периодичностью от 1 до 3-х часов. В связи с этим, при возвращении домой у проводников существенно сокращается (более чем 40% проводников) длительность нормального сна, что приводит к субъективной неудовлетворённости качества сна; отсутствию стадии дельта-сна, ответственной за восстановление работоспособности и устранение информационных перегрузок; общему чувству усталости и, как следствие, к ослаблению иммунитета, способном привести к болезни.
- Высокий риск возникновения болезней органов пищеварения. Причина возникновения связана с тем, что в соответствии с исследованиями А.А. Прохорова и В.А. Кудрина [12], в период работы проводники принимают пищу 1-2 раза в сутки, при этом данные приемы не имеют фиксированного времен и осуществляются преимущественно всухомятку и однообразно с использованием крайне ограниченного ассортимента пищевых продуктов. А именно, в рейсах проводники недостаточно употребляют в пищу молочных продуктов, рыбы, фруктов, круп, а, в соответствии с современными представлениями науки о питании, данные продукты должны быть использован в рационе человека ежедневно. Следствием такого питания может явиться развитие болезней органов пищеварения, включающими нозологические формы патологии как гастрит, язва желудка и двенадцатиперстной кишки, холецистит и др. [13].

В соответствии с проведенным анализом комфортабельности пассажирских вагонов и влияние ее на трудовую деятельность работников железнодорожного комплекса, представим разработанный комплекс мероприятий, направленный на снижение тяжести

и напряженности трудового процесса, который должен состоять из:

- внедрения новейших технологий электрифицированного регулирования воздушной среды пассажирского вагона, работающего на обогрев, охлаждение и на ионизацию воздуха;
- разработки нормированных перечней критериев и показателей беспечивающих безопасность труда проводников;
- постоянного и неукоснительного соблюдения правил безопасности;
- внедрения новейших технологий уборки и обслуживания вагонов;
- обеспечения оптимального режима отдыха и питания проводников пассажирской железнодорожной службы;
- внедрения здоровье сберегающей программы для проводников пассажирских вагонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1. Бичкаев Я.И., Горохова Л.М., Мартынова Н.А. Влияние производственных факторов на развитие основных заболеваний у различных профессиональных групп железнодорожников // Экология человека. 2008. №1.
- 2. Юдаева О.С. Анализ условий труда и заболеваемости проводников пассажирских вагонов // Известия Транссиба. 2014. №2 (18).
- 3. Лосавио, Н.Г., Юдаева О.С. Санитарно-химические испытания полимерсодержащих материалов, рекомендованных для использования в пассажирских вагонах // Наука и техника транспорта. 2010. 20
- 4. Юдаева О.С., Гладаренко А.С. Санитарнохимическое состояние воздушной среды современных пассажирских вагонов // Медицина труда: Реализация глобального плана действий по здоровью работающих на 2008–2017 гг.: материалы Всерос. конф. с междунар. участием, посвященной 85–летию ГУ НИИ Медицины труда РАМН. – М.: МГИУ, 2008. – С. 402–404.
- 5. Юдаева О.С., Егорова О.Г., Гладаренко А.С. Аналитический обзор негативного влияния шума и вибрации в пассажирских вагонах на комфортность проезда пассажиров и условия труда обслуживающего персонала // Наука и техника транспорта. 2014. № 2. С.85–88.
- 6. Дмитриева Т.Б. Неврозы: соматоформная дисфункция вегетативной нервной системы у лиц, работающих с психофизическим напряжением. Клинико-организационные аспекты лечения, реабилитации, профилактики. М.: Миклош, 2009. 536 с.
- 7. Пивоваров Ю.П., Королик В.В., Зиневич Л.С. Гигиена и основы экологии человека. Учебник для студ. высш. мед. учеб. заведений. М.: Академия, 2004. 528 с.
- 8. Юдаева О.С., Королева А.М., Козлов А.С. Влияние освещенности в помещениях пассажирских вагонов на условия труда работников пассажирского

- комплекса // Проблемы безопасности российского общества. 2017. № 3. С. 99–100.
- 9. Юдаева О.С., Королева А.М. Влияние цвета в пассажирских вагонах на психофизиологическое состояние пассажиров и проездных бригад // ІХ Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора «Современные проблемы эпидемиологии, микробиологии и гигиены». 2017 Иркутск. С. 164—165.
- 10. Юдаева О.С., Королева А.М., Козлов А.С. Применение цветовых решений в проектировании интерьера пассажирских вагонов // Проблемы безопасности российского общества. 2017. № 3. С. 41–45.
- 11. Ефремова О.С. Опасные и вредные производственные факторы, и средства защиты работающих от них. Практическое пособие. 2-е изд. М.: Альфа-Пресс, 2009. 304 с.
- 12. Трошина М.Ю. Профессиональные факторы и проблемы организации рационального питания работников основных профессий железнодорожного транспорта. Сайт ВНИИЖГ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.vniijg.ru/press-centr/sbornik-statej-k-90-letiyu-vniizhg/#_Toc442355232 (дата обращения 19.01.2018г.)
- 13. Сайт ВНИИЖГ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.vniijg.ru/ (дата обращения 19.01.2018 г.)
- 14. Овечкина Ж.В., Юдаева О.С. Санитарногигиеническая безопасность пассажирских вагонов в условиях эксплуатации // История формирования и развития санитарно-эпидемиологической службы на железнодорожном транспорте России: материалы науч.практич. конф. М.: Изд-во ООО «СПМ–Индустрия», 2015. С. 52–57.
- 15. Соснова Т.Л., Фрид Ю.В., Соколова Е.Г., Лосева Е.И.. Цветовое оформление на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт, 1984. 200 с.
- 16. Санитарно-эпидемиологические правила 2.5.1198-03 «Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте».
- 17. Родерика Мак-Дональд Цвет в промышленности. М.: Логос. 2002, 579 с.
- 18. Хитрова М.А. Влияние цвета на здоровье и психику человека / М.А. Хитрова // Бюллетень медицинских интернет-конференций. -2013. -№11 (т. 3). -ℂ. 1284.
- 19. В.И. Сергеев Эстетика на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт. 1970, 263 с.
- 20. Панченко Л.Л., Спиридонова Н.Э. Профессиональный стресс и отношение к здоровью у проводников пассажирских вагонов / Л.Л. Панченко, Н.Э. Спиридонова // Вестник морского государственного университета 2008. N 29. C. 93-106.

Статья поступила в редакцию 08.02.2018 Статья принята к публикации 02.04.2018

УДК 699.88

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВОВ КОМПОЗИТНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ КАРСТОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

© 2018

Панфилова Марина Ивановна, кандидат химических 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)

Зубрев Николай Иванович, кандидат технических наук; профессор

кафедры «Техносферная безопасность»

Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ)), Российская открытая академия транспорта (125190, Россия, Москва, Часовая ул., 22/2, e-mail: nZubrev@mail.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)

Панфилова Ирина Сергеевна, директор ЦДД Красногорск,

Московский финансово-юридический университет (115191, Россия, г. Москва, Серпуховский вал, 17, корп. 1, e-mail: 012340@mail.ru)

Аннотация. Строительство и эксплуатация тоннелей сопровождается формированием техногенного режима подземных вод и изменением напряженного состояния подработанного массива. При строительстве железных дорог и тоннелей необходимо обеспечение безопасности движения поездов на участках пути, проходящих в закарстованных районах.

В подземных сооружениях с притоком грунтовых вод при укреплении грунтов расходуется дополнительный инъекционный материал (цемент, бентонит, жидкое стекло), превышающий десятки тысяч тонн.

Эти потери можно устранить, используя вспененные растворы, обладающие большой устойчивостью к размыванию водой. Они имеют значительную начальную вязкость и ограниченный радиус распространения раствора, что позволяет значительно экономить цемент.

Изучено влияние добавок пенообразователя на кратность, структурообразование и сроки схватывания вспененных композитных систем. Установлено, что увеличение концентрации пенообразователя приводит к росту кратности вспененного композитного раствора и продолжительности структурообразования. Определена оптимальная концентрация пенообразователя, при которой необходимое время схватывания композитной системы достаточно для транспортировки тампонажного раствора в заполняемую полость. Установлено, что для приготовления вспененного композитного раствора оптимальной концентрацией является 0,22% пенообразователя, что соответствует продолжительности схватывания 40 мин. Увеличение кратности вспененной системы позволяет до 30% экономить расход цемента при сохранении составов с необходимой и достаточной прочностью. Выбор оптимальной концентрации ПАВ позволяет избежать его перерасхода при производстве пенобетона, снизить и оптимизировать затраты конечной продукции и, возможно, стать частью научных основ проектирования и оптимизации составов пенобетонов для обеспечения безопасности строительных конструкций при карстовых образованиях.

Ключевые слова: композитные материалы, структурообразование, прочность композитного раствора, пенообразователь, поверхностно-активное вещество (ПАВ) время схватывания.

IMPROVING COMPOSITION OF COMPOSITE SOLUTIONS FOR CAVERNS REINFORCEMENT $\ @\ 2018$

Panfilova Marina Ivanovna, candidate of chemical 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)

Zubrev Nikolay Ivanovich, candidate of technical Sciences; Professor chair "safety stage"

Russian University of transport (root (Meet)) Russian open Academy of transport

(125315, Russia, Moscow, Chasovaya Street, 22/2, e-mail: nZubrev@mail.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)

54

Panfilova Irina Sergeevna, director of CDD Krasnogorsk,

Moscow University of Finance and law (115191, Russia, Moscow, Serpuhovskii val Street, 17, building 1 e-mail: 012340@mail.ru)

Abstract. The construction and operation of tunnels is accompanied by the formation of technogenic regime of groundwater and changes in the stress state of the array. In the construction of railways and tunnels, it is necessary to ensure the safety of train traffic on the sections of the road passing in the ringed areas.

In underground facilities with groundwater influx reinforcement increases the demand for injection material (cement, bentonite, water glass), the amount of which may exceed tens of thousands of tons.

Financial losses can be eliminated by using foamed solutions that are highly resistant to water erosion. They have a significant initial viscosity and a limited radius of distribution of the solution, which helps save cement significantly.

The influence of foam agent additives on the multiplicity, structure formation and setting time of foamed composite systems is studied. It is found that an increase in the concentration of the foaming agent leads to an increase in the multiplicity of the foamed composite solution and the duration of the structure formation. The optimal concentration of the foaming agent is determined, at which the required time of the composite system setting is enough to transport the grouting solution to the cavity being filled. It was found that the optimal concentration of a foamed composite solution is 0.22 percent of the foaming agent that guarantees 40 min time of setting. Increase in expansion rate of the foam system allows to use up to 30% less cement while maintaining the formulations with the necessary and sufficient strength. The selection of the optimal surfactant concentration allows to prevent excess consumption of foam concrete, to reduce and optimize the cost of the final product and may become a part of the scientific bases for the design and optimization of compositions of foam concrete to ensure the safety of building structures in karst formations.

Keywords: composite materials, structure formation, strength composition solution, foaming agent, strength-active substance (SAS) setting time

Строительство и эксплуатация тоннелей сопровождается формированием техногенного режима подземных вод и изменением напряженного состояния подработанного массива. При строительстве железнодорожных дорог и тоннелей необходимо обеспечение безопасности движения поездов на участках пути, проходящих в закарстованных районах, что особенно актуально, поскольку карст распространен на Горьковской, Куйбышевской, Свердловской, Приволжской, Северной, Восточно-Сибирской, Московской, Юго-Восточной железной дороге [1].

В настоящее время в России и зарубежных странах для закрепления горных пород, структуры грунтов, при ликвидации карстовых образований, в железнодорожном строительстве, в строительстве транспортных и технологических тоннелей, укреплении оснований и фундаментов зданий и сооружений, а также ремонте действующих метрополитенов применяются инъекционное закрепление грунтов и материалов [2].

Для контроля безопасного строительства и эксплуатации тоннелей необходимо выполнение целенаправленных комплексных исследований, включающих организацию и проведение гидрогеологического уплотнения скальных трещиноватых, и в том числе закарстованных пород, которые могут выполняться многими, весьма разнообразными способами, к которым относятся: цементация, глинизация, битумизация, силикатизация, а также замораживание. Иногда эти способы комбинируются. Каждый из способов имеет свои особенности и область применения, зависящую главным образом от природных факторов. Изучение этих факторов необходимо для выбора наиболее эффективного способа уплотнения как в техническом (снижение

водопроницаемости и повышение прочности пород), так и в экономическом отношении (дешевизна, скорость и простота производства работ, дефицитность ингредиентов и т.п.).

В подземных сооружениях с притоком грунтовых вод при укреплении грунтов расходуется дополнительный иньекционный материал (цемент, песок, бентонит, жидкое стекло), превышающий десятки тысяч тонн. Эти потери можно устранить, используя вспененные растворы, обладающие большой устойчивостью к размыванию водой. Они имеют значительную начальную вязкость и ограниченный радиус распространения раствора, что позволяет значительно экономить цемент [3-8].

Целью настоящей работы явилось исследование составов композитных растворов для укрепления карстовых образований.

В качестве исходных материалов использовали портландцемент марки M500, бентонит марки $\Pi2T_2A$ (гранулометрический состав цемента марки M500 и бентонита $\Pi2T_2A$ представлен в таблице 1). Согласно полученным результатам, переработанный цемент M500 с удельной поверхностью 450 см²/г имеет преобладающий размер частиц 1-90 мкм, из них менее 57 мкм -88% и менее 2%-12%. В качестве пенообразователя в работе использовали ОП-10 (смесь моноалкилфениловых эфиров полиэтиленгликоля с общей молекулярной формулой

$C_nH_{2n+1}C_6H_4O(C_2H_4O)_mH$,

где n=8 \div 10, m=10 \div 12 и 5% жидкого стекла с водоцементным соотношением 2:1. Для выбора рецептуры инъекционных растворов на основе 5% суспензии бентонита количество вводимого пенообразователя ОП-10 варьировали в пределах от 0,05 до 0,5%.

Tаблица $1-\Gamma$ ранулометрический состав цемента M500 и бентонита $\Pi 2T_2A$

%, ви	β	Время структурообразования, т, мин							
рап	ľЪ,	15	30	45	60	75	90	105	120
Концентрация, %	Кратность, β	•		Проч	іность,		⁵ МПа		
0,00	1,00	3,52	6,33	10,20	14,33	18,12	23,63	33,21	47,48
0,05	1,05	2,81	4,48	2,35	10,27	13,92	17,89	25,2	36,54
0,10	1,08	2,11	3,53	5,51	7,94	10,52	13,17	18,66	25,20
0,15	1,17	1,68	2,78	4,04	5,47	7,93	10,21	14,36	21,74
0,20	1,35	1,36	2,09	3,12	4,57	6,46	8,85	12,18	18,30
0,30	1,56	1,05	1,58	2,65	3,78	5,35	7,30	9,78	13,60
0,40	1,75	0,75	1,08	2,18	3,35	4,25	5,76	7,38	9,31
0,50	2,1	0,50	69,0	1,70	2,52	3,64	4,86	5,98	7,22

 $S_{y,x}^*-$ значение для расчета удельной поверхности ($S_{y,x}^-=S/Q$), где Q- истинная плотность

Известно, что введение больших концентраций пенообразователя приводит к снижению скорости структурообразования. Поэтому необходимо было подобрать оптимальные значения концентрации ОП-10, обеспечивающие одновременно высокую прочность и пористость [9-19].

Для достижения оптимальной структуры инъекционных растворов готовили 5%-ную суспензию бентонита, добавляли пенообразователь ОП-10 (количество которого варьировали в пределах от 0,05 до 0,5%), перемешивали 3 минуты со скоростью 900 об/мин, а затем добавляли цемент и жидкое стекло. В полученных растворах определяли кратность и прочность в зависимости от концентрации пенообразователя.

Скорость набора прочности композитного раствора, как правило, определяется процессами, происходящими в первые часы после затворения цементного теста водой. Приближенную оценку изменяющихся во времени структурно-механических свойств незатвердевшего цементного теста можно получить с помощью конического пластомера, посредством которого

можно фиксировать изменение пластической прочности состава с момента начала твердения и до окончания схватывания и, таким образом, изучить кинетику его гидратации.

Определение прочности смеси производили через 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 минут на приборе Ребиндера. Образцы помещали в эксикатор с влажностью 100%. В табл. 2 представлены экспериментальные данные по изменению кратности и структурообразованию инъекционного раствора в течение первых двух часов от начала приготовления.

Таблица 2 — Зависимость прочности инъекционного раствора от кратности и структурообразования при различных добавках ОП-10

Образец	Макси- мальный размер частиц d ₉₅ , мкм	Сред- ний размер частиц d ₅₀ , мкм	Частиц меньше 2 мкм, % по массе	S _{уд} *
Цемент M500	56,828	15,061	12,95	13504
Бентонит $\Pi 2 T_2 A$	12,270	2,969	34,23	29218

Результаты лабораторных исследований, приведенных в таблице 2, показывают, что с увеличением величины концентрации поверхностно-активного вещества (ПАВ) происходит возрастание кратности вспенивания.

При введении больших количеств пенообразователя происходит замедление гидратации и уменьшение прочностных характеристик раствора, поэтому необходимо было выбрать оптимальное значение концентрации ОП-10. Изменение прочности инъекционного раствора от концентрации ПАВ в начальный период структурообразования показано на рисунке 1. Установлено, что при увеличении концентрации ПАВ прочность раствора уменьшается и, соответственно, время схватывания раствора увеличивается. Так при значении концентрации ОП-10 0,5% потеря текучести достигается через 1 час. Такой промежуток времени считается неприемлемым для применения инъекционных растворов, особенно при больших водопритоках. Оптимальный период схватывания данных растворов должен быть не менее 40 минут.

В процессе экспериментального исследования установлено, что система теряет текучесть при значении показателя прочности 2,5•10-5МПа. Продолжительность схватывания растворов с различными концентрациями ОП-10 определяли в местах пересечения прямой (2,5•10-5МПа), соответствующей этой прочности, с кривыми прочности путем проведения перпендикуляров на ось абсцисс (рисунок 1).

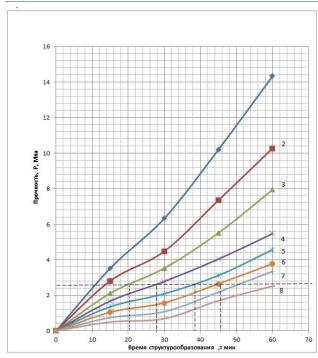


Рисунок 1 — Изменение прочности в начальный период структурообразования инъекционного раствора. Концентрация ПАВ к массе раствора, %: 1-0,00; 2-0,05; 3-0,10; 4-0,15; 5-0,20; 6-0,30; 7-0,40; 8-0,50

На рисунке 2 показана зависимость продолжительности структурообразования вспененной системы с различным содержанием ПАВ при прочности системы 2,5х10-5 МПа.

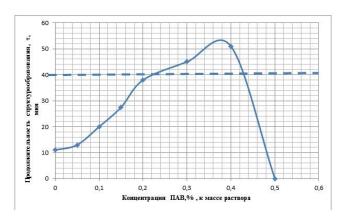


Рисунок 2 — Продолжительность структурообразования от концентрации ПАВ

Установлено, что для приготовления инъекционного раствора оптимальной является концентрация ОП-10 равная 0,22%, что соответствует продолжительности схватывания (40 мин). Увеличение кратности вспененной системы позволяет снизить на 30% расход цемента, при этом прочность раствора остается достаточной.

Такой подход к выбору оптимальной концентрации ПАВ позволяет избежать его перерасхода при производстве пенобетона, снизить и оптимизировать затраты конечной продукции и возможно стать частью научных основ проектирования и оптимизации составов пенобетонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1. Соколов, Д.С. Основные условия развития карста / Д.С. Соколов. М.: Геогеолтехиздат, 1962. 322 с.
- 2. Булатов, А.И. Регулирование технологических показателей тампонажных растворов / А.И. Булатов, Н.А. Мариампольский. М.: Недра, 1988. 352 с.
- 3. Панфилова, М.И. Вспененные инъекционные растворы в строительстве: монография / М.И. Панфилова, Н.И. Зубрев. М.В. Фомина. Москва: МГСУ, 2015.
- 4. Панфилова М.И, Зубрев Н.И., Фомина М.В. Модифицированные композиционные системы // Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2014. N 2 (33). C.9.
- 5. Применение вспененных систем для защиты окружающей среды / М.И. Панфилова, Н.И. Зубрев, И.С. Панфилова, и др. // Естественные и технические науки. -2014. № 11-12 (78). -C. 431-433.
- 6. Голубев А.И. Проектирование бетонных смесей: монография / А.И Голубев. [2-е изд., перераб. и доп.]. Тверь: [б. и.], 2000. 118 с.
- 7. Кирпиченко Б.И., Кучернюк В.Д., Прямов Г.А. Некоторые причины неравномерности формирование цементного камня в скважине // Нефтяное хозяйство. 1983. N 2. C. 25—27.
- 8. Каримов И.Н. Разработка облегченных расширяющих тампонажных цементов для крепления скважин: Дис. ... к.т.н. Уфа, 2004. 175 с.
- 9. Рябова Л.И. Теория и практика направленного регулирования свойств тампонажных систем, обеспечивающих качественное крепление скважин в осложненных геолого-технических условиях, в том числе и агрессивных средах: Автореф... дис. д.т.н. Краснодар: ОАО НПО «Бурение», 2005. 47 с.
- 10. Китайгородский, А.И. Молекулярные кристаллы / А.И. Китайгородский. М.: Наука, 1971. 424 с.
- 11. Блэнкс, Р. Технология цемента и бетона / Р. Блэнкс, Г. Кеннеди / перевод с англ. Б.С. Левмана, С.Б. Шнеерсон / под. ред. С.М. Рояка. М.: Промстройиздат, 1957. 327 с.
- 12. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. / В.Г. Батраков. 2-е изд. М.: Стройиздат, 1998. 768 с.
- 13. Ушеров-Маршак А.В. Добавки в бетон: прогресс и проблемы // Строительные материалы. 2006. N
 dot 10. C. 8 12.
- 14. Ребиндер, П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия. Избранные труды / П.А. Ребиндер. М.: Наука, 1978 368 с.
- 15. Фролов, Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю.Г. Фролов. М.: Альянс, 2009. 464 с.
- 16. Щукин, Е.Д. Коллоидная химия / Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. М.: Юрайт, 2013. 444
- 17. Нестерова Людмила Леонидовна. Морфологические особенности новообразований при гидратации

- вяжущих веществ в различных средах: Дис. ... канд. техн. наук. Белгород, 2005. 141 с.
- 18. Химические и минеральные добавки в бетон / под ред. А.В. Ушерова Маршака. Харьков: Колорит, 2005. 280 с.
- 19. Вовк А.И. Современные представления о механизме пластификации цементных систем // Тр. 2-й Всероссийской конф. «Бетон и железобетон пути развития». М., 2005. Т. 3. С. 740—753.
- 20. Изотов, В.С. Химические добавки для модификации бетона: монография / В.С. Изотов, Ю.А. Соколова. М.: Казанский Государственный архитектурностроительный университет: Палеотип, 2006. 244 с.

Статья поступила в редакцию 29.01.2018 Статья принята к публикации 02.04.2018 УДК 130.3

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЯЖЕСТИ ТРУДА И ЕЕ ФАКТОРЫ

© 2018

Морозов Сергей Дмитриевич, доктор исторических наук, профессор кафедры «История и философия»

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (440000, Россия, Пенза, ул. Германа Титова, 28, e-mail: office@pguas.ru)

Парменов Анатолий Александрович, кандидат философских наук, доцент кафедры

«Философия и социальные коммуникации»

Пензенский государственный университет

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

Исаева Оксана Сергеевна, кандидат философских наук, доцент кафедры «Философия

и социальные коммуникации»

Пензенский государственный университет

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

Аннотация. В статье анализируются проблемы классификации тяжести труда и ее факторы. Тяжесть труда это степень воздействия всех факторов трудового процесса на жизнедеятельность работника, его работоспособность, здоровье. Показано, что тяжесть труда зависит от влияния на организм работающего технологического процесса, средств труда, предмета труда, микроклиматических условий и др. Определяется влияние условий труда на здоровье работника с использованием следующих понятий: «тяжелая работа», требующая большой мышечной нагрузки, «вредная для здоровья работа», например, работа в помещении, воздух которого содержит вредные примеси. Выделяются основные факторы, определяющие определенную степень тяжести труда: степень физического и нервного напряжения, разнообразие рабочих движений, приемов и операций, характер выполняемой работы, опасность производственного травматизма и д.р. Вместе с тем в статье подчеркивается, что факторы условий труда, выступающие в качестве внешнего агента воздействия на организм человека, не могут во всей полноте характеризовать степень тяжести труда. Степень тяжести необходимо изучать, основываясь на тех реакциях и изменениях, которые происходят в организме человека под влиянием условий труда. То есть следует учитывать психофизиологические характеристики человека в процессе трудовой деятельности; воздействие нервно-психических видов нагрузки на его организм, который при определенных условиях труда играют решающую роль. Каждый конкретный труд требует определенных нервно-психических и физических усилий, нервно-эмоционального напряжения, происходит в различных санитарно-гигиенических и климатических условиях. Все это влияет на работника. Задача физиологии и психологии труда – изучать воздействие на организм человека всех сторон труда. В статье подчеркивается, что с помощью научно обоснованной классификации труда, построенной с учетом психофизиологических особенностей организма человека, становится возможным определение критериев равнонапряженного труда.

Ключевые слова: деятельность, оценка, жизнедеятельность, принцип активности, работоспособность, условия труда, тяжесть труда, утомление, физическая нагрузка.

CLASSIFICATION OF WORK HARDNESS AND ITS FACTORS

© 2018

Morozov Sergey Dmitrievich, Doctor of Historical Sciences, Professor Department "History and Philosophy"

Penza State University of Architecture and Construction

(440000, Russia, Penza, 28, Germana Titova Street, e-mail: office@pguas.ru)

Parmenov Anatoly Alexandrovich, PhD in Philosophy, Associate Professor

Department "Philosophy and Social Communications"

Penza State University

(440026, Russia, Penza, 40, Krasnaya Street, e-mail: cnit@pnzgu.ru)

Issaeva Oksana Sergeevna, PhD in Philosophy, Associate Professor Department "Philosophy and Social Communications"

Пензенский государственный университет

(440026, Russia, Penza, 40, Krasnaya Street, e-mail: cnit@pnzgu.ru)

Annotation. The article analyzes the issues of work hardness and its factors. Work hardness is the extent of all the working factors impact on an employee's life, working efficiency and health.

It is shown that work hardness depends on influence that is exerted by technological process, work equipment, work object, microclimate, etc. The dependence of an employee's health on working conditions is defined with the help of the following terms: "hard work" (that requires serious muscular load) and "unhealthful work" (that is done in rooms with air containing harmful impurities). The factors defining the degree of work hardness are level of physical and nervous strain; diversity of labour movement, techniques and operations; nature of the work done; danger of industrial injuries, etc. It is also stated that working factors being external agents that influence an employee cannot fully describe the extent of work hardness. The degree of hardness should be studied taking into account the reactions and changes that a human body shows in the working conditions. In other words, it is necessary to register a person's psychophysical

characteristics in the process of labour; to register the impact of neuropsychic load that at certain labour conditions is of primary importance. Each particular type of work requires certain neuropsychic and physical efforts, certain emotional load; it is performed in different sanitary-hygienic and climatic conditions. All these aspects influence an employee. The aim of physiology and psychology of labour is to study the impact of all labour factors on a human body. The article stresses the idea that it is possible to find criteria of "equally hard" work with the help of scientifically grounded labour classification that takes into account psychophysiological parameters of a human body.

Key words: activity, estimation, life activity, activity principle, work efficiency, conditions of labour, hardness of work, fatigue, physical exertion.

Тяжесть труда — это степень воздействия всех факторов трудового процесса на жизнедеятельность работника, его здоровья и работоспособность. Тяжесть труда зависит от влияния на организм действующего технологического процесса, средств труда, предмета труда, микроклиматических условий труда и др. [15, 50–51]. Однако, указанная классификация отражает лишь характер воздействия на человека вредных агентов окружающей среды.

В настоящее время особенно важно определить и анализировать степень этого вредного воздействия по различным параметрам, что и явилось целью данной работы.

Усложнение технологии производства, увеличение нагрузки на умственную деятельность человека ставит немало задач перед экономической, физиологической науками и другими отраслями знаний, связанными с проблемами тяжести труда [5, 67–68].

Наиболее распространённой была и остается попытка оценивать тяжесть труда по количеству расходуемой человеком энергии. Энергозатраты в ходе трудовой деятельности измеряются напряженностью работы мышц, эмоциональным напряжением, воздействием реальной среды. Для лиц умственной деятельности затраты энергии в течении 24 часов составляют 10–12 МДж; трудящихся в механизированной сфере и обслуживающей — 12,5–13 МДж; для рабочих занятых тяжелой физической работой – 17–25 МДж.

Трудности физической деятельности – труда – 17–25 Мдж, чаще всего, мышечные действия и энергозатраты:

- динамическая физическая нагрузка;
- грузоперемещение определенной массы предметов;
- монотонные движения в разных видах деятельности;
- статистическое положение человеческого тела в процессе труда при соответствующей нагрузке;
 - рабочая поза;
 - пространственное передвижение.

По данным параметрам степень тяжести труда предлагается выражать в израсходованных человеческим организмом калориях и в килограммометрах механической работы (перемещение деталей, готовых изделий, инструментов и т.д.). Сторонники этого метода исходят из предположения, что между величиной энергетических затрат человека и степенью тяжести труда есть прямая зависимость. Причиной такого подхода послужило то обстоятельство, что физический труд до сравнительно недавнего времени сопровождался большими затратами энергии. Между тем с развитием производства энергетические затраты рабочих при выполнении ими операций

уменьшились, что далеко не всегда приводило к облегчению труда [3, 50-51].

Еще в 30-х годах XX века физиологами было установлено, что в некоторых случаях при переходе на конвейерную организацию трудового процесса рабочие затрачивали меньше калорий, меньше производили механической работы, однако утомляемость у них не снижалась, а в некоторых случаях увеличивалась. Физиологи причину этого видели в том, что эта методика не учитывала нервно-психическую нагрузку, которая при определенных условиях труда играла решающую роль [3, 4]. Недостаток этой методики состоит и в том, что она не учитывает такие факторы условий труда, как температура, влажность и чистота воздуха в помещении, шум, вибрация, излучение разного рода и т.д.

Т.е., практическое применение рекомендаций по оценке тяжести труда на основе учет затраты энергии человеком мало дало для научного объяснения дифференциации работ по их тяжести. Часто получалось так, что работа в неблагоприятных условиях относилось к числу легких, и наоборот. Например, если судить по количеству энергии, которую расходуют работницы основных профессий текстильной промышленности, можно сделать вывод, что степень тяжести труда невысокая. Однако их работа довольно сложная, если учитывать большое нервное напряжение, связанная с выполнением коротких и часто повторяющихся операций, требующих быстрых и точных движений; дефекты освещения, недостаточность кубатуры, неблагоприятные воздействия шума и микроклиматических условий, чрезмерное или недостаточная влажность воздуха. Можно выделить следующие серьезные недостатки в оценке тяжести труда:

- 1. Нельзя решать вопрос о тяжести труда, принимая за основание только один показатель, несмотря на его точность.
- 2. Когда объектом оценки тяжести труда являются не условия труда, а профессия. Это может привести к необоснованному отказу работникам льгот и компенсаций. Или к необоснованному представлению их. Вместе с тем надо учитывать, что условия труда не остаются неизменными: они улучшаются по мере совершенствования техники и технологии производства.
- 3. Внедрение в производство новых технологических процессов и материалов, новых источников энергии предопределяет появление новых факторов тяжести труда, которых раньше не было.
- 4. Слабая научная аргументация разделение тех или иных профессий по тяжести труда. Не редко профессию относят к тяжелой или вредной без

достаточного объяснения и указания данных, определяющих ее тяжесть.

5. По данной классификации определяется не уровень тяжести труда, а характер воздействия некоторых неблагоприятных факторов без указания степени вредного влияния их на человеческий организм.

Из сказанного видно, что изучение проблемы тяжести труда нуждается в разработке серьезного, глубокого научного обоснования оценки тяжести труда и объективных критериев, пользуясь которыми администрация, работодатели на предприятиях, фирмах могли бы правильно, эффективно решать вопросы о льготах, компенсациях рабочим и служащим, занятым на работах с неблагоприятными условиями труда [9, 12].

Это отнюдь не означает, что показатели механической работы не должны, приниматься во внимание при изучении условий труда. Важно учитывать и субъективные явления психики в совокупности с физической трудовой деятельностью. Субъективные явления психики проявляются в основном в движениях, мышечных движениях. Это психомоторика. В разных рабочих движениях осуществляются психомоторные действия, которые разделяются на механическую и физиологическую стороны.

Механическая характеристика трудового движения определяется: ТРАЕКТОРИЕЙ, в которой разделяют вид направленности и соответствующий объем движения: СКОРОСТЬЮ, т.е. путь, проходимый в определенное время: ТЕМПОМ, т.е. постоянством циклов одноразовых движений: СИЛОЙ, т.е. соответствующим характеру труда давлением и тягой. Джижение, его скорость измеряется в огромных приделах. В трудовой деятельности колебания измеряются от от 0,01 (тонкая регулировка рук) до 8000 см/с (ручное движение, броски). Движение, в измерении его темпа, может колебаться от 1-2 (качание торса) до 10 действий в секунду (быстрые движения пальцем) [14].

Определив показатели в той или иной деятельности, допустим, физического труда важно изучить и соизмерить их с физиологическими параметрами деятельности человека, эмоциональным и психическим состоянием.

Большая заслуга в этом известного физиолога Н.А. Бернштейна (1896–1966). В его трудах блестяще разработана проблема механизмов организации движений и действий человека [4]. Он предложил новый принцип управления движениями - принцип сенсорных коррекций, имея ввиду коррекции, вносимые в моторные импульсы на основе сенсорной информации о ходе движения. Разработал теорию уровней построения движений и принципа активности. Принцип активности обобщает основные представления о механизмах организации движений. Основной его постулат - определяющая роль внутренней программы в актах жизнедеятельности человека. Принцип активности он противопоставлял принципу реактивности - S-R, согласно которому тот или иной акт - движение, действие - определяются внешним стимулом.

Он предложил иной подход оценки движений — метод чувственных корреляций, учитывая коррекции, как бы вписываемые в двигательные импульсы на базе

чувственной информации о характере определенных движений, принципу активности он противопоставлял иной принцип, противоположный в структуре S-R, в соответствии с которым различные акты рабочих и иных действий детерминируются внешними факторами. Бернштейн использовал иные методы кимоциклографию и циклограмметрию. Применяя их, он анализировал действия конкретной личности в трудовой, спортивной области, при нервных потрясениях и др. На основе полученных результатов он разработал идею, согласно которой получение навыков предопределено не постоянным повтором иннервационных комбинаций, команд, а способностью по-новому осуществлять систему действий. Он придал движению новое содержание, связав его с ПОТРЕБНЫМ БУ-ДУЩЕМ. Исследуя движения человека с разными поражениями НС позволило ему изменить представление о локализации функций в НС и предложить эффективные приемы восстановления нарушенных функций [4].

Он произвел переворот в сфере психофизиологии действий. В наше время все исследования деятельности людей обязательно проводятся с учетом всего, что было сделано Бернштейном в этой области.

Факторы условий труда, которые как внешние агенты воздействуют на организм человека не могут характеризовать тяжесть труда, хотя и являются его причиной. Вероятно, степень тяжести находит свое выражение в тех реакциях и изменениях, которые происходят под влиянием условий труда в организме человека

Реакции и изменения, следующее:

- смена и трансформация физиологических реакций;
- способность восстанавливать функциональные расстройства;
- трудоспособность, динамичность деятельности во время работы;
 - содержание и характер утомления.

Вместе с этими реакциями у работников могут возникнуть и физиологические реакции, которые проявятся в будущем:

- профзаболевания;
- потеря трудоспособности по конкретной специальности;
 - полная потеря трудоспособности;
- воздействие характера труда на продолжительность жизни человека.

Медико-физиологической основой оценки тяжести труда представляется учение о функциональной системе применительно к утомлению. В основе утомления лежит сам труд, но оно может быть вызвано рядом причин, возникших вне производства. Это городской транспорт, алкоголь, курение и другие [7].

Например, дополнительным фактором, повышающим утомление на работе, может быть чрезмерное увлечение спортом. Известно, что для сохранения здоровья, поддержания высокой физической работоспособности и нормального течения окислительно-

обменных процессов человек должен расходовать на двигательную активность 1200-2000 Ккал в сутки сверх основного обмена, которые обычно составляет 1600-1800 Ккал. Степень интенсивности физических нагрузок, их объем должен соответствовать режиму двигательной активности. При расчете энерготрат во время занятий физкультурой следует учитывать соотношение достигаемой при нагрузке ЧСС с энерготратами [7, 139].

Таблица 1 — Ориентировочные энерготраты при

дозированных физических нагрузках

Формы занятий физкультуры	Энерготраты	
	при массе	
	тела 70 кг.,	
	ккал/ч	
Утренняя гигиеническая гимнасти-	45-60	
ка, 15 минут		
Лечебная гимнастика, 30 минут	до 150	
(тренирующий режим)	до 150	
Оздоровительная гимнастика,	до 30	
60 минут (тренирующий режим)	до 30	
Лечебная гимнастика в бассейне,	150 160	
25-30 минут	150-160	
Терренкур (ходьба с углом подъ-		
ема 15 градусов и скоростью	450	
2 км/ч), 60 минут		

Определенный вид физической деятельности контролируется по ЧСС при предварительном тестировании на велоэргометре, где определяется толерантность к физической нагрузке. Достигнутые при пороговой физической нагрузке показатели ЧСС, электрокардиографические показатели, артериальное давление служат исходными данными для дозирования физической нагрузки (ходьба, игры и другие виды физической деятельности) если пороговый импульс фиксируется при появлении неблагоприятных изменений на ЭКГ, то надо обратить внимание на то, чтобы в повседневной и профессиональной работе не перегружаться, не допускать изменений в работе сердца. Дубровский В.И. в своей книге пишет: «Необходимо соблюдать принцип постепенности повышения физической нагрузки с целью адаптации к ней кардиореспираторной системы. Лучшим средством для тренировки кардиореспираторной системы являются упражнение циклического характера (плавание, бег в сочетании с ходьбой, лыжные прогулки и др.)» [7, 141]. При этом важно учитывать, что психогигиенические мероприятия должны быть направлены на облегчение основного и устранение дополнительных факторов наступления утомления.

Различают различные степени утомления: легкое, выраженное и тяжелое. Тяжелое — это уже болезнь. Симптомы утомления непостоянны и разнообразны. В сенсорной сфере под влиянием утомления отмечается падение чувствительности различных анализаторов. В двигательной сфере отмечается ухудшением координации сенсорной, появляются лишние движения, скорость простой и сложных реакций и точность сложных уменьшается. Умственная деятельность

и интенсивность внимания также снижаются; появляются выпадения памяти и затруднение запоминания. Очень характерный симптом утомления — сонливость днем и расстройство сна ночью.

Пока мало изучена и, по сути, противоречива такая проблема тяжести труда как ритмизации работы и микропауз. С одной стороны, ритмизация имеет положительное значение. Но с другой — ведет к состоянию монотонии, а это снижает внимание [18] Для снижения отрицательного влияния монотонии на работоспособность рекомендуются такие мероприятия как объединения очень простых и монотонных операций в более сложные и разнообразные по содержанию; периодическая смена операций, выполняемых каждым работником; периодические изменения ритма работы и др.

Содержанием класса тяжести работы является то качественное состояние организма, которое возникает в результате выполнения определенной специфической нагрузки в конкретных условиях производительной среды. С учетом числа известных качественных состояний организма выделяют три основных класса тяжести работ:

I класс тяжести труда устанавливается тогда, когда в результате выполнения определенной нагрузки и благоприятных внешних условий в организме человека не отмечается отклонений от нормы;

II класс определяется тем, когда в результате высокой нагрузки или не очень благоприятных гигиенических и санитарных условий окружающей среды формируется пограничное состояние (нормой и патологией) качественное состояние организма.

III класс тяжести труда определяется тем, когда под влиянием очень сильной нагрузки и неблагоприятных условий внешнего воздействия возникает патологическое состояние организма.

I класс тяжести труда, когда у человека не наблюдается отклонение от нормы, является одним из самых предпочтительных. При этом не допустимо как постоянное физическое перенапряжение, так и сильное снижение физической активности. В XIX в. и первой половине XX века у каждого человека жизнь сопровождалась значительным физическим напряжением. Этих нагрузок хватало для поддержания функционального состояния человека и его здоровья на соответствующем уровне. Однако во второй половине XX века доля физического труда сильно уменьшилась [1]. Малоподвижный образ жизни отрицательно влияет на состояние здоровья, особенно сердечно-сосудистую систему человека. Особенно негативное влияние на развитие и рост детей и подростков гиподинамия (недостаточное мышечное напряжение). Эта сказывается не только на их физической, но и умственной работоспособности. У людей среднего и пожилого возраста снижение двигательной активности ускоряет развитие атеросклероза, ухудшает регуляцию тонуса сосудов, нарушает сердечное и мозговое кровообращение. Сидячий образ жизни ускоряет процессы старения, повышения АД [7, 205].

Человеческий организм — это целостная биологическая система. Все органы человеческого тела находятся

в постоянном взаимодействии, которое обеспечивает взаимосвязь психики человека, его двигательных и вегетативных функций с внешними условиями. Взаимосвязь между различными системами органов выражается и в согласованном изменении их деятельности. Например, во время физической работы резко возрастает обмен веществ в мышцах, что сильно влияет на деятельность сердечно-сосудистой, дыхательной, выделительной и других систем органов.

Знания строения организма человека, особенностей процессов жизнедеятельности отдельных его органов и систем позволяют разрабатывать методику психофизиологических исследований его работоспособности, классификации тяжести труда, анализа конечных результатов трудовой деятельности исполнителя, обоснование режимов труда и отдыха. Физиологические функции человека в течение суток меняются в строго определенном порядке. Большинство из них (температура тела, мышечная активность, лабильность зрительного анализатора, работа сердца и др.) в дневные часы суток повышается, в ночное понижается. Поэтому в разные отрезки времени организм человека не одинаково реагирует на физическую и нервнопсихическую нагрузку и его работоспособность в течение суток подвержена колебаниям: наивысший уровень работоспособности отмечается в утренние и дневные часы. В области физиологического обоснования режимов труда и отдыха, классификации тяжести труда и ее факторов отечественными физиологами достигнуты определенные успехи. Однако здесь необходима дальнейшая исследовательская работа: изучение закономерности и особенности изменений работоспособности человека в разные смены; поиск мер борьбы с монотонностью труда; разработка средств повышения работоспособности на различных ее фазах в течение рабочего его дня и по многим другим проблемам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1. Бакаева Т.Н. Безопасность жизнедеятельности. Ч. II Безопасность в условиях производства. Учебное пособие. М., 2007.
- 2. Безопасность жизнедеятельности / С.В. Белов, Ф.А. Барбинов и др. М., 1999. 448 с.
- 3. Бехтерева Н.П. нейрофизиологические аспекты психологической деятельности человека. М. 1974. 151 с.
- 4. Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М., 1966.
- 5. Безопасность труда в машиностроении в вопросах и ответах/В.Г. Еремин и др. Старый Оскол, 2009. С. 67–74.
- 6. Выготский Л.С. Собр. соч.; В 6т. ТЗ / Проблемы развития психики. М. 1983. 368 с.
- 7. Дубровский В.И. Экогигиена физической культуры и спорта. М., 2008, 551 с.
- 8. Жбанков О.В. Влияние двигательной активности студентов на эффективность интеллектуальной деятельности посредством информационно-

- методической системы/Спорт для всех. 1999. № 1. С. 10—17.
- 9. Зуев С.Н. Психофизиологические требования к инженерам строительных специальностей. М., 1991, 28 с
- 10. Колокатова Л.Ф. Современные подходы к психофизической подготовке специалистов технического профиля, Пенза, 2003, 175 с.
- 11. Моргунов Е.Б. Человеческие факторы в информационных системах. М., 1994, 272 с.
- 12. Неверкович С.Д. Игровые методы подготовки кадров / под. Ред. Давыдова В.В. М., 1999, 207 с.
- 13. Ноздрачёва А.Д. Начало физиологии: учебник для ВУЗов. 2-е изд. СПБ, 2002, 1088 с.
- 14. Основы производства. Охрана труда / М.С. Петрова, С.Н. Вольхин, Ю.Л. Хотунцев. М., 2007, 208 с.
- 15. Раевский Р.Т. Вопросы профессиональноприкладного производства // Теория и практика физической культуры. — 1975. № 9. С. 50–51.
 - 16. Рубинштейн С.Л. Человек и мир. М., 1997.
- 17. Сентябрев Н.Н. Физиологические аспекты направленной релаксации организма человека при напряженной мышечной деятельности: Автореф. дис. д-ра биол. наук, М, 2004. 48 с.
- 18. Справочная книга по охране труда в машиностроении / Под ред. О.Н. Русака, Л, 1989, 541 с.
- 19. Туник Е.Е. Психодиагностика творческого мышления. Тексты. СПБ, 1997.
- 20. Функциональные системы организации / под ред. Судакова К.В., М., 1987.

Статья поступила в редакцию 29.01.2018 Статья принята к публикации 02.04.2018

УДК 331.452

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

© 2018

Перятинский Алексей Юрьевич, кандидат технических наук,

доцент, заведующий кафедрой «Промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности» Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова (455000, Россия, Магнитогорск, проспект Ленина, 38, e-mail: peralex@inbox.ru)

Свиридова Татьяна Валерьевна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности» Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова (455000, Россия, Магнитогорск, проспект Ленина, 38, e-mail: ntv_3110@mail.ru)

Боброва Ольга Борисовна, старший преподаватель кафедры «Промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности»

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова (455000, Россия, Магнитогорск, проспект Ленина, 38, e-mail: obproshkina@mail.ru)

Аннотация: В статье представлен анализ производственного травматизма в России за период 2005—2015 годов. Обозначена одна из основных причин травматизма — неудовлетворительная организация производства. Выявлены приоритетные задачи в области безопасности и охраны труда. Представлены факторы, характеризующие эффективность системы управления охраной труда, для снижения высокого уровня производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Проведен анализ современного состояния вопроса моделирования системы обеспечения безопасности труда. Существующие методики основаны на теории вероятности, теории надежности и теории информации, но сложность системы учета и анализа снижает возможность использования этих методов на практике. Авторами выделены три основных фактора, оказывающие заметное влияние на производственную безопасность: недостаточная квалификация работников, отсутствие удовлетворительного информационного обеспечения производства, низкая мотивация работников к безопасному труду. Для повышения уровня промышленной безопасности авторы предлагают повысить уровень мотивации работников, которая исследовалась давно и многими авторами с весьма разнообразными подходами. Для этого необходимо сформировать целую систему внешних и внутренних стимулов. В статье разработана модель системы обеспечения безопасности труда. Также представлены закономерности изменения промышленной безопасности и аварийности при различных уровнях компетентности, информированности и мотивации.

Ключевые слова: моделирование, безопасность труда, охрана труда, травматизм, уровень безопасности, безопасные условия труда, несчастные случаи, компетентность, мотивация, информированность.

THE MODELLING OF WORK SAFETY SYSTEM

© 2018

Peryatinsky Alexey Yurievich, candidate of technical sciences, associate professor,

head of department of «Industrial ecology and life safety» Nosov Magnitogorsk State Technical University

(455000, Russia, Magnitogorsk, avenue Lenin, 38, e-mail: peralex@inbox.ru)

Sviridova Tatyana Valeryevna, candidate of technical sciences, assistant professor of the department of «Industrial ecology and life safety»

Nosov Magnitogorsk State Technical University

(455000, Russia, Magnitogorsk, avenue Lenin, 38, e-mail: ntv_3110@mail.ru)

Bobrova Olga Borisovna, senior lecturer of the department of «Industrial ecology and life safety»

Nosov Magnitogorsk State Technical University

(455000, Russia, Magnitogorsk, avenue Lenin, 38, e-mail: obproshkina@mail.ru)

Abstract: The analysis of occupatinal injuries in Russia during 2005-2015 is presented in article. One of the main reasons for traumatism – the unsatisfactory organization of production is designated. Priority tasks in the field of safety and labor protection are identified. The factors characterizing the effectiveness of the occupational safety and health management system are presented to reduce the high level of occupational traumatism and occupational diseases. The analysis of the current state of a question relating to modeling of work safety system is carried out. The existing techniques are based on probability theory, the theory of reliability and the theory of information, but the complexity of the accounting and analysis system reduces the possibility of using these methods in practice. Authors have allocated three major factors exerting noticeable impact on process safety: insufficient workers' qualification, lack of satisfactory information support of production, low motivation of workers to a safe labour. To increase the level of industrial safety, the authors propose to increase the level of motivation of workers, which has been studied for a long time and by many authors with very diverse approaches. Therefore it is necessary to create the whole system of external and internal incentives. In the article the model of work safety system is developed. Regularities of change of industrial safety and accident rate at various levels of competence, informativeness and motivation are presented also.

Keywords: modelling, work safety system, labor protection, traumatism, safety level, safe working conditions, accidents, competence, motivation, informativness.

Проблема управления охраной труда в России является весьма актуальной и социально значимой. В настоящее время, несмотря на ежегодное снижение количества травм (рисунок 1), в том числе и смертельных, общий уровень травматизма остается высоким — 6,2 смертельных несчастных случая на 100000 работающих [1].

Для сравнения в пятнадцати странах с наиболее развитыми экономиками европейского союза средний уровень смертельного травматизма, по данным на 2003 г., составляет — 3,0 на 100000 работающих. А если сравнивать со статистикой Великобритании, то там уровень смертельного травматизм в 10 раз ниже, чем в РФ и в пять раз ниже, чем средние показатели по наиболее развитых Европейских стран [2]. Поэтому работа по снижению количества травм должна приобретать новые формы и неуклонно проводиться на каждом предприятии РФ.

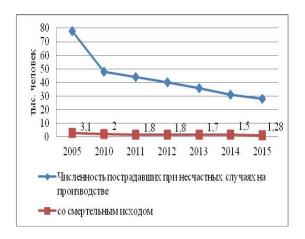


Рисунок 1 — Численность пострадавших в результате несчастных случаев на производстве

Одной из глобальных причин травматизма является низкое качество организации производства. Практически каждое четвертое рабочее место не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям [3].

Все вышесказанное противоречит Законодательству Российской Федерации, которое возложило обязанность по обеспечению безопасных условий и охраны труда на работодателей (Ст. 22 Трудового кодекса Российской Федерации). Человек имеет право на «достойный труд», частью которого является обеспечение безопасными условиями труда [4].

В связи с этим в работе поставлена цель – исследование причины травматизма в системе обеспечения безопасности труда.

На сегодняшний момент Правительство РФ поставило ряд приоритетных задач в области безопасности и охраны труда:

- снижение количества несчастных случаев на производстве и профзаболеваний;
 - повышение качества рабочих мест и условий труда;
 - снижение смертности от предотвратимых причин;

- увеличение продолжительности жизни и улучшение здоровья работающего населения.

Важнейшими факторами, характеризующими эффективность системы управления охраной труда, являются:

1. Повышение производительности труда, а следовательно, и экономических результатов деятельности за счет создания комфортных условий труда, например посредством обеспечения оптимальных параметров микроклимата, освещения и световой среды, учета психофизиологических и эргономических особенностей труда, формирования оптимальных режимов труда и отдыха, проведения лечебно-профилактических мероприятий.

В числе мероприятий по повышению производительности труда можно отметить: совершенствование системы управления охраной труда и безопасностью труда; внедрение системы сертификации организации работ по охране труда и проведение аттестации рабочих мест по условиям труда; приобретение современных средств индивидуальной и коллективной защиты, приборов контроля вредных и опасных веществ в рабочей зоне.

- 2. Увеличение фонда рабочего времени за счет сокращения времени неявки на работу из-за травм и заболеваний, поскольку условия труда значительно влияют не только на профессиональную заболеваемость, но и на возникновение и длительность общих заболеваний. Потери рабочего времени вследствие производственных травм у пострадавших с утратой трудоспособности оказывают существенное влияние на результаты экономической деятельности.
- 3. Экономия расходов на льготы и компенсации за работу в неблагоприятных условиях труда.

Выплачиваемые в России льготы и компенсации работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда, требуют больших денежных средств, а создание условий, соответствующих допустимым нормативным требованиям, позволяет частично или полностью сократить эти расходы.

4. Снижение затрат из-за текучести кадров по условиям труда. Неблагоприятные санитарно-гигиенические условия труда, монотонность работы, тяжелый труд становятся достаточно часто причинами увольнения работников по собственному желанию. Текучесть рабочей силы наносит существенный экономический ущерб организации, т.к. требуются затраты денежных средств на процесс увольнения — приема, процесс обучения, адаптации и стажировки принятого работника вновь на работу [5, 6].

Проведенный анализ современного состояния и вопроса моделирования системы обеспечения безопасности, показал, что существует ряд методик, развивающих подходы к оценке производственной безопасности. Они основаны на теории вероятности, теории надежности и теории информации [7,8,9,10,11]. Однако сложность системы учета и анализа снижает возможность использования этих методов на практике.

В настоящее время от 70 до 90% травм, на производстве, происходит из-за неудовлетворительной организации производства. Причин тому, множество, однако можно выделить три фактора оказывающих заметное влияние на производственную безопасность: недостаточная квалификация работников, отсутствие удовлетворительного информационного обеспечения производства, низкая мотивация работников к безопасному труду [12].

Наиболее описанным фактором, оказывающим влияние на производственную безопасность, является мотивация человека, которая исследовалась давно и многими авторами с весьма разнообразными подходами [13].

Традиционно выделяют внешнюю и внутреннюю мотивацию.

Внешняя мотивация — это побуждение к деятельности посредством сил извне. По сути, деятельность выполняется не ради собственного удовлетворения, а ради других благ [14].

Такая мотивация регулируется внешними материальными и психологическими условиями: подразумевает получение вознаграждения или избежание наказания за выполнение тех или иных действий. Стимулами могут быть деньги, премии, отгулы, штрафы, статус, власть, поощрения для других близких людей и т.д. Побуждение к действию строится на стимулах, которые вытекают из сложившейся ситуации.

В это же время внутренняя мотивация – совершение поступка ради самого поступка. Люди мотивированы изнутри, когда они вовлечены в деятельность без надежды на внешнее вознаграждение. Согласно теории самодетерминации, такая деятельность основывается на чувстве компетентности, автономности и потребности в отношениях [15].

При таком виде побуждения люди понимают, что они являются истинной причиной осуществляемого, и воспринимают себя при взаимодействии с окружением как эффективного агента. То есть в случае с внутренней мотивацией используются потребности, интересы, намерения, цели, желания, уверенность в себе, возможность самореализации, чувство удовлетворения от труда [16].

Однако для опоры на внутреннюю мотивацию необходимо хорошо понимать, что же движет человеком. Знаменитая концепция А. Маслоу описывает потребности дефицита (физиологические потребности – голод, жажда, половое влечение и т.д.; потребности в безопасности - комфорт, постоянство условий жизни; социальные - социальные связи, общение, привязанность, забота о другом и внимание к себе, совместная деятельность; потребности престижа – самоуважение, уважение со стороны других, признание, достижение успеха и высокой оценки, служебный рост), а также потребности бытия, метапотребности (духовные - познание, самоактуализация, самовыражение, самоидентификация, к которым относятся такие категории как красота, цельность, доброта, единство, креативность, справедливость, уникальность, совершенство и др.) [17,18,19,20].

Кроме низкой мотивации работников к безопасному труду нами были изучены такие факторы как недостаточная квалификация работников и отсутствие удовлетворительного информационного обеспечения производства.

Влияние рассмотренных факторов друг на друга можно представить в виде закономерностей представленных на рисунке 2.

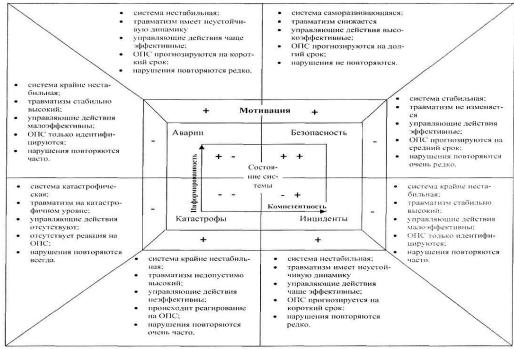


Рисунок 2 — Закономерности изменения промышленной безопасности и аварийности при различных уровнях компетентности, информированности и мотивации

Из рисунка видно, как меняется эффективность системы обеспечения безопасности при наличии или отсутствии компетентности, информированности и мотивации работников. Анализ рисунка 2 показывает, что при наличии у работников компетентности и информированности система становится стабильной и предсказуемой. Наличие при этом, у работников мотивации на безопасный труд, позволяет системе самосовершенствоваться и постоянно снижать уровень производственных рисков. Отсутствие мотивации снижает гибкость системы и приводит к постепенной её деградации. Отсутствие информированности, при наличии компетентности и мотивации приводит к нестабильности системы. Увеличивается количество инцидентов, реже аварий. Наличие достаточного уровня информированности и мотивации, при отсутствии компетентности, приводит к росту аварийных ситуаций различной степени тяжести. Отсутствие у работников компетенций и информации, при наличии мотивации, делает систему обеспечения безопасности катастрофической. Травматизм и аварийность не могут контролироваться самостоятельно, требуется внешнее управление производством. В случае отсутствия всех компонентов можно говорить об отсутствии системы. В такой ситуации работы должны быть прекращены, до полной реорганизации системы.

Для того чтобы систему обеспечения безопасности перевести на новый уровень необходимо провести качественные изменения в структуре управления безопасности. Систему управления необходимо перестраивать, вводя в нее необходимые элементы и наделяя их функциями, в зависимости от того, какой фактор в системе отсутствует или его присутствие незначительно.

Так если в системе не достаточно выражен фактор информированности, то в структуру управления необходимо внести изменения направленные на улучшение информационного обмена между различными уровнями управления производства. Для этого нужно разработать теоретические основы информационного обеспечения промышленной безопасности на предприятии и внести в систему управления безопасностью производства изменения направленные на формирование информационных потоков.

Отсутствие в системе обеспечения безопасности фактора компетентности требует изменений в системе отбора, обучения и переподготовки кадров, пересмотра системы производственного контроля, внесения изменений в регламенты, инструкции и т.д.

Таким образом, для повышения уровня мотивации работников и обеспечения безопасности работ, необходимо сформировать целую систему внешних и внутренних стимулов. При этом исходить нужно из того, что практически любого работника можно мотивировать, т.к. абсолютно ни на что не мотивированных людей нет. Создание системы стимулирования позволит сформировать у людей внутреннюю потребность работать безопасно и сделать разрыв между личными целя-

ми каждого работника и общими целями деятельности предприятия минимальным.

Разработка и применение многофакторной модели прогнозирования позволит повысить эффективность управляющих действий, при решении задачи снижения уровня травматизма и аварийности на производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1. Российский статистический ежегодник 2005-2015 гг. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gks.ru (дата обращения 17.12.16).
- 2. Фролов О.П. Современные проблемы повышения качества системы обучения работников в области охраны труда // Кадры предприятия. 2011. № 7. С. 34–39.
- 3. Свиридова Т.В., Боброва О.Б. Безопасность и охрана труда [Электронный ресурс]: учебное пособие / МГТУ. Магнитогорск: МГТУ, 2017.
- 4. Перятинский А.Ю., Боброва О.Б., Ильина О.Ю., Свиридова Т.В., Сомова Ю.В., Старостина Н.Н., Терентьева Н.Г. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие / МГТУ. Магнитогорск: МГТУ, 2017.
- 5. Свиридова Т.В., Боброва О.Б. Оценка эффективности системы управления охраной труда в России // Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы в XXI веке. Пермь, 2017. С. 83–85.
- 6. Свиридова Т.В., Боброва О.Б., Хазиева Д.С. К вопросу повышения эффективности систем управления и организации охраны труда // Развитие науки и техники: механизм выбора и реализации приоритетов. Уфа, 2017. С. 179–181.
- 7. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. М.: Наука, 1965. 524 с.
- 8. Исаков В.А., Исаков С.В., Родин А.В. Информационное обеспечение производственной безопасности. Екатеринбург, 2003. 114 с.
- 9. Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969.
- 10. Климонтович Ю.Л. Энтропия и информация открытых систем // Успехи физических наук. 1999. Т.169., № 4. С. 443–452.
- 11. Коган И.М. Прикладная теория информации. М.: Радио и связь, 1981. 216с.
- 12. Артемьев В.Б., Галкин В.А., Кравчук И.Л., Макаров А.М., Галкин А.В. Карта боя с опасными производственными ситуациями. Приложение №1 к практическому пособию «Безопасность производства (организационный аспект)». Отдельная статья Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). 2015. № 5 (Специальный выпуск 21). 40 с. М: Издательство «Горная книга». (Библиотека горного инженераруководителя, Вып. 30).
- 13. Зубаха О.Н. Вовлечение сотрудников в охрану труда: новые подходы к проблеме безопасности рабочей среды // Инновационные технологии нового тысячелетия. 2017. С. 78–83.

- человека
- 14. Вербах К., Хантер Д. Вовлекай и властвуй. Игровое мышление на службе бизнеса. - М.: Иванов и Фербер, 2015. – 100 с.
- 15. Березина Е.С. Управление охраной труда в России: проблемы и пути их решения // Основы экономики, управления и права. – Вып. № 1 (7). – 2013. – C. 83-86.
- 16. Асадуллина А.А. Проблемы охраны труда в Российской Федерации и пути их решения // Гуманитарные научные исследования. 2015. № 2 [Электронный pecypc]. URL: http://human.snauka.ru/2015/02/9831/
- 17. Маслоу А. По направлению к психологии бытия. – М.: Эксмо-Пресс, 2002. – 272 с.
- 18. Пинк Д. Драйв: Что нас на самом деле мотивирует. – М.: ООО «Альпина Паблишер», 2015. – 274 с.
- 19. Кравченко А.И Концепции человеческих отношений. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. – 257 с.
- 20. Чиксентмихайи М. Поток: Психология оптимального переживания. - М.: Альпина Нон-фикшн, 2013. - 464 c.

Статья поступила в редакцию 01.02.2018 Статья принята к публикации 02.04.2018