ISSN 2619-0605

Вестник

Керченского государственного морского технологического университета

ВЫПУСК 2
2023

16+

Рецензируемый научный журнал «Вестник Керченского государственного морского технологического университета» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации Эл № ФС77-78328 от 15.05.2020 г.
Журнал «Вестник КГМТУ» включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по научным специальностям (отраслям науки): 1.5.13 – Ихтиология (биологические науки) с 01.02.2022 г.; 1.5.15 – Экология (биологические науки) с 01.02.2022 г.; 4.3.3 – Пищевые системы (технические науки) с 27.04.2022 г.; 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика (экономические науки) с 21.02.2023 г.

Редакционный Совет журнала

Главный редактор: Логунова Наталья Анатольевна – д-р экон. наук, доцент, проректор по научной работе
Заместитель главного редактора:
Ушаков Владислав Валериевич – канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономики и гуманитарных дисциплин

Редакционная коллегия журнала

Биологические науки	**Технические науки**		**Экономические науки**
Губанов Е.П.	Доровской В.А.	Алексанян И.Ю.	Бутова Т.Г.
Золотницкий А.П.	Емельянов В.А.	Антипов С.Т.	Гришкина С.Н.
Миноранский В.А.	Ныркова А.П.	Гукасян А.В.	Исраилов М.В.
Москул Г.А.	Олейников А.М.	Донченко Л.В.	Котенев А.Д.
Тарасенко В.С.	Жуков В.А.	Косачев В.С.	Мнацаканян А.Г.
Тюрин В.В.	Каторин Ю.Ф.	Максименко Ю.А.	Пискун Е.И.
Чебанов М.С.	Авдеев Б.А.	Нугманов А.Х.-Х.	Подсолонко В.А.
Шибаев С.В.	Горбенко А.Н.	Соколов С.А.	Сметанко А.В.
Булли Л.И.	Конюков В.Л.	Панфилов В.А.	Труба А.С.
Кулиш А.В.	Титов И.Л.	Фалько А.Л.	Яркина Н.Н.
Пашков А.Н.		Битютская О.Е.	
Тылик К.В.		Яшонков А.А.	
Сытник Н.А.			
Шляхов В.А.			

Серёгин С.С. – ответственный секретарь
Уманец В.А. – технический редактор
Бобарыкин О.В. – компьютерная верстка

Статьи в журнале издаются на русском и английском языках.
Позиция автора публикаций может не совпадать с точкой зрения редакционного совета и редакционной коллегии журнала.

Издается по решению НТС ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», протокол № 6 от 17.06.2023 г.

Адрес: 298309, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
E-mail: vestnik@ejkgmtu.ru
Web: http://www.ejkgmtu.ru/

Редакционная коллегия журнала

Биологические науки

Научная специальность 1.5.13 «Ихтиология»

1. Губанов Евгений Павлович – д-р биол. наук, профессор, старший научный сотрудник
2. Золотницкий Александр Петрович – д-р биол. наук, профессор, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АзНИИРХ»), главный научный сотрудник
3. Миноранский Виктор Аркадьевич – д-р с.-х. наук, Южный федеральный университет, профессор кафедры зоологии, председатель Ассоциации по сохранению и восстановлению редких и исчезающих животных «Живая природа степи»
4. Москул Георгий Алексеевич – д-р биол. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», профессор кафедры водных биоресурсов и аквакультуры
5. Тарасенко Виктор Сергеевич – д-р г.-м. наук, профессор, председатель Крымской республиканской ассоциации «Экология и мир», действительный член (академик) Крымской Академии Наук, Президент Крымской Академии Наук
6. Тюрин Владислав Викторович – д-р биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», заведующий кафедрой генетики, микробиологии и биотехнологии
7. Чебанов Михаил Степанович – д-р биол. наук, профессор, директор ГКУ КК «Кубаньбиоресурсы»
8. Шибаев Сергей Вадимович – д-р биол. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», заведующий кафедрой ихтиологии и экологии
9. Булли Любовь Ивановна – канд. биол. наук, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», доцент кафедры водных биоресурсов и марикультуры
10. Кулиш Андрей Викторович – канд. биол. наук, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», доцент кафедры водных биоресурсов и марикультуры
11. Пашков Андрей Николаевич – канд. биол. наук, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АзНИИРХ»), заместитель руководителя Краснодарского отделения
12. Тылик Константин Владимирович – канд. биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», декан факультета биоресурсов и природопользования
13. Сытник Наталья Александровна – канд. биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», заведующий кафедрой экологии моря
14. Шляхов Владислав Алексеевич – канд. биол. наук, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АзНИИРХ»), старший научный сотрудник

Технические науки

Научная специальность 4.3.3 «Пищевые системы (технические науки)»

1. Алексанян Игорь Юрьевич – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», профессор кафедры «Технологические машины и оборудование»
2. Антипов Сергей Тихонович – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств

3. Гукасян Александр Валерьевич – д-р техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», директор института механики, робототехники, инженерии транспортных и техн. систем (ИМРИТТС), заведующий кафедрой технологического оборудования и систем жизнеобеспечения
4. Донченко Людмила Владимировна – д-р техн. наук, профессор, директор НИИ Биотехнологии и сертификации пищевой продукции Кубанского государственного аграрного университета
5. Косачев Вячеслав Степанович – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», профессор кафедры технологического оборудования и систем жизнеобеспечения Института механики, робототехники, инженерии транспортных и техн. систем (ИМРИТТС)
6. Максименко Юрий Александрович – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», проректор по научной работе и инновациям, заведующий кафедрой «Технологические машины и оборудование»
7. Нугманов Альберт Хамед-Харисович – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», профессор кафедры «Технологические машины и оборудование»
8. Панфилов Виктор Александрович – д-р техн. наук, профессор, академик РАН, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет − МСХА им. К.А. Тимирязева», профессор кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств
9. Соколов Сергей Анатольевич – д-р техн. наук, профессор, ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган- Барановского», заведующий кафедрой общеинженерных дисциплин
10. Фалько Александр Леонидович – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств
11. Битютская Ольга Евгеньевна – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», заведующий кафедрой технологии продуктов питания
12. Яшонков Александр Анатольевич – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств

Научная специальность 05.08.05 «Судовые энергетические установки (главные и вспомогательные)»

1. Доровской Владимир Алексеевич – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», профессор кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства
2. Емельянов Виталий Александрович – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», профессор кафедры бизнес-информатики
3. Жуков Владимир Анатольевич – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», заведующий кафедрой теории и конструкции судовых двигателей внутреннего сгорания
4. Каторин Юрий Федорович – д-р воен. наук, профессор ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», профессор кафедры комплексного обеспечения информационной безопасности
5. Ныркov Анатолий Павлович – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», профессор кафедры комплексного обеспечения информационной безопасности
6. Олейников Александр Михайлович – д-р техн. наук, профессор, ФГУП

«13 Судоремонтный завод Черноморского флота» Министерства обороны РФ, руководитель группы по развитию и новым технологиям

7. Авдеев Борис Александрович – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», доцент кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства
8. Горбенко Александр Николаевич – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», доцент кафедры судовых энергетических установок
9. Конюков Вячеслав Леонтьевич – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», доцент кафедры судовых энергетических установок
10. Титов Иван Леонидович – канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», доцент кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства

Экономические науки

Научная специальность 5.2.3 «Региональная и отраслевая экономика»

1. Бутова Татьяна Георгиевна – д-р экон. наук, профессор, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», профессор кафедры международной и управленческой экономики
2. Гришкина Светлана Николаевна – д-р экон. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», профессор Департамента учета, анализа и аудита
3. Исраилов Магамед Вахаевич – д-р экон. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет» профессор кафедры менеджмента и государственного и муниципального управления
4. Котенев Александр Дмитриевич – д-р экон. наук, доцент, Краснодарский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации (Ставропольский филиал), начальник кафедры социально-экономических и гуманитарных дисциплин
5. Мнацаканян Альберт Гургенович – д-р экон. наук, профессор, Директор института отраслевой экономики и управления, заведующий кафедрой отраслевых и корпоративных финансов ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»
6. Пискун Елена Ивановна – д-р экон. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», заведующий кафедрой туризма, сервиса и гостиничного бизнеса
7. Подсолонко Владимир Андреевич – д-р экон. наук, профессор, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», профессор кафедры государственного и муниципального управления Института экономики и управления (структурное подразделение)
8. Сметанко Александр Васильевич – д-р экон. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», заведующий кафедрой учета, анализа и аудита Института экономики и управления (структурное подразделение)
9. Труба Анатолий Сергеевич – д-р экон. наук, профессор, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», главный научный сотрудник, консультант по экономическим вопросам Управления перспективного развития
10. Яркина Наталья Николаевна – д-р экон. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», профессор кафедры экономики и гуманитарных дисциплин

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ.
Научная специальность 1.5.13 «Ихтиология»

Саенко Е.М., Жукова С.В., Косенко Ю.В., Трушков А.В., Баскакова Т.Е., Карманов В. Г., Бурлачко Д.С., Лутынская Л.А., Подмарева Т.И. ОЦЕНКА СРЕДЫ ПОПУЛЯЦИИ РАКОВ В БАССЕЙНЕ Р. САЛ В СОВРЕМЕННЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ 8

Научная специальность 1.5.15 «Экология»

Гамаюнов О.А. СТРАТЕГИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА 23

Гринев В.Ф. ФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ 32

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
Научная специальность 05.08.05 «Судовые энергетические установки (главные и вспомогательные)»

Клименко Н.П., Чернуха В.С. НОРМИРОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СУДОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ 44

Конюков В.Л. АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ СУДОВОГО ЧЕТЫРЕХТАКТНОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ВИНТОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ 54

Научная специальность 4.3.3 «Пищевые системы»

Декань А.А., Соколов С.А., Яшонков А.А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ КОМПРЕССИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖИДКОГО ЯИЧНОГО МЕЛАНЖА 64

Климов В.А., Никифоров-Никишин Д.Л., Кочетков Н.И., Смородинская С.В. ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОЛУЧАЕМОЙ РЫБОПРОДУКЦИИ ИЗ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (ONCORHYNCHUS MYKISS) ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ КОРМОВ С ХЕЛАТНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И КАРОТИНОИДОВ 76

Логунова Н.А. Яшонков А.А. Кураш М.А. ОБРАЩЕНИЕ С ПИЩЕВЫМИ ОТХОДАМИ И ПЕРЕРАБОТКА ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ 87

Мазалова Н.Ф., Бабич В.В., Битютская О.Е. ПАЛОЧКИ ХОЛОДНОГО КОПЧЕНИЯ ИЗ АКУЛЫ КАТРАН С ПРИМЕНЕНИЕМ КОПТИЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ 97

Олейникова Р.Е., Гукасян А.В., Степанов Д.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО СПОСОБА РАЗДЕЛКИ МЕЛКОЙ РЫБЫ 108

Подольская О.Г. ПРОГРАММНЫЙ РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ЛИНЕЙНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 119

Соколов С.А., Красногрудов А.В., Севаторов Н.Н. СРАВНЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВАРЕНЫХ КОЛБАС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ 127

Уколов А. И., Малько С. В., Семенова А. Д. ВЛИЯНИЕ ГИДРОКАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ БАЛЛАСТНОЙ МОРСКОЙ ВОДЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ 137

Фалько А.Л. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЁТА ВИБРОТРАНСПОРТИРУЮЩИХ КОНВЕЙЕРОВ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПРИВОДОМ 147

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ
Научная специальность 5.2.3 «Региональная и отраслевая экономика»

Алексахина Л.В. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ И РАЗВИТИЕМ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА И ЛОГИСТИКИ РЕГИОНА 160

Верна В.В., Хойна М.Н. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К АДАПТАЦИИ ПЕРСОНАЛА ОРГАНИЗАЦИЙ: ОПЫТ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ 170

Войтюк В.Н. УНИФИКАЦИЯ ПРОЦЕДУР АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ РИСКОВ ИНВЕСТИЦИОННОГО ЭТАПА ПРОЕКТОВ ПО СОЗДАНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ 179

Дедюх В.И, Гармашова Е.П. ТЕНДЕНЦИИ И ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА ТРУДА ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЬ 189

Дивиза Н.А., Уманец В.А., Логунов Н.С. ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЖИЗНЬ ОБЩЕСТВА 200

Иванов А.В., Коваленко О.А. РЕГИОНАЛЬНЫЙ ВЗГЛЯД НА ОБОСНОВАННОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ МОДЕЛЕЙ ГЧП В РЫБНОЙ ОТРАСЛИ 208

Кирильчук С.П., Симченко Н.А. ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ НА РЫНКЕ ТРУДА 218

Яркина Н.Н., Якубова Э.С. ДЕКЛАРИРОВАНИЕ И СЕРТИФИКАЦИЯ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ КАК ИНСТРУМЕНТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ 224

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

Иванова О.А., Кузьмина А.В., Родькина А.В. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЭЛЕМЕНТОВ НАБОРА КОРПУСА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОНСТРУКЦИИ КОРПУСА СУДНА 235

Ильин Б.В. О ПОДХОДЕ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БАЗ ДАННЫХ 246

Максимов А.Б., Кузьменко С.Н. ВЛИЯНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ДИСЛОКАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛИ 255

УДК 639.2.053.1:556:595.3(28) **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.001**

Саенко Е.М., Жукова С.В., Косенко Ю.В., Трушков А.В., Баскакова Т.Е., Карманов В.Г., Бурлачко Д.С., Лутынская Л.А., Подмарева Т.И.

ОЦЕНКА СРЕДЫ ПОПУЛЯЦИИ РАКОВ В БАССЕЙНЕ Р. САЛ В СОВРЕМЕННЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. Приведен обзор литературных источников и результаты исследований современного состояния условий среды обитания раков в бассейне р. Сал в границах Ростовской области. В период летней межени 2022 г. формирование гидрологического режима происходило по сценарию лет с пониженной водностью. Отдельные участки русла исследуемых водных объектов отличались обмелением, снижением скоростей течения, что является признаками возможного пересыхания. Гидрохимические показатели в бассейне р. Сал (кислородный режим, величина pH, уровень биогенных элементов, концентрации главных солеобразующих ионов и общая минерализация воды) характеризовали водную среду как благоприятную для жизнедеятельности раков. Раки в водоемах бассейна р. Сал встречались на большинстве станций за исключением участков с наибольшей динамичностью 0,35-0,50 м/с (на глубине 0,0-0,8 м). Распределение раков на участках с поверхностной скоростью течения 0,05-0,21 м/с и придонной – в пределах 0,02-0,12 м/с варьировало в пределах 900-5067 экз./га. Раки были представлены почти всеми размерными группами. Популяция раков по размерным и продукционным характеристикам оценена как среднепродуктивная (10-20 кг/га) и высокопродуктивная (свыше 20 кг/га).

Ключевые слова: бассейн р. Сал, раки, скорость течения, степень зарастаемости, кислородный режим, общая минерализация воды, биогенные вещества.

Saenko E.M., Zhukova S.V., Kosenko Yu.V., Trushkov A.V., Baskakova T.E., Karmanov V.G., Burlachko D.S., Lutynskaya L.A., Podmareva T.I.

ASSESSMENT OF THE CRAYFISH POPULATION HABITAT IN THE SAL RIVER BASIN UNDER MODERN HYDROLOGICAL CONDITIONS

Abstract. We present a review of research literature and the results of our studies bearing on the current state of the living conditions of crayfish in the basin of the Sal river within the boundaries of the Rostov region. In the summer and autumn of 2022, the hydrological regime developed according to the scenario of the years with reduced water content. Some sections of the riverbeds were characterized by shallowing and decreased flow velocities that are manifestation of incipient drying-up processes. Hydrochemical parameters in the basin of the Sal river (oxygen regime, pH value, level of nutrients, concentrations of the main salt-forming ions and total mineralization of water) indicated the suitability of the aquatic environment for the vital activity of the crayfish. In the water bodies of the Sal river basin, the crayfish were found at most sample stations, except the areas 0.35-0.50 m/s (at a depth of 0.0-0.8 m). The distribution of crayfish in the areas with a surface flow velocity of 0.05-0.21 m/s and near-bottom flow velocity within 0.02-0.12 m/s varied within 900-5067 specimens/ha. Crayfish were represented by almost all size groups. By their size and production characteristics the populations of crayfish were estimated as medium-productive (10-20 kg/ha) and highly productive (over 20 kg/ha) ones.

Keywords: the basin of the Sal river, crayfish, flow velocity, degree of overgrowth, oxygen regime, total mineralization of water, biogenic substances.

Введение. Речные раки являются эврибионтными животными, обладающими высокой экологической пластичностью, и могут успешно существовать в таких условиях, когда популяции других видов раков угнетены или полностью исчезают [1]. Они заселяют водоемы с различным типом грунта – песчаным, илисто-песчаным, илистым и твердым грунтом, за исключением сильно заиленных. Предпочитают мелководные пресноводные водоемы с

глубинами до 6 м, но способны образовывать популяции с высокой численностью и биомассой в морях на глубинах до 20-30 м и соленостью до 5-8 ‰ [2-5]. Оптимальными для них являются не заиленные, слабопроточные, умеренно заросшие (особенно богатыми кальцием харовыми водорослями, роголистником, элодеей), хорошо прогреваемые, неглубокие, с глинисто-илистым или илисто-песчаным дном водоемы. Таким характеристикам соответствуют водные объекты бассейна р. Сал в границах Ростовской области. В бассейне р. Сал обитают длиннопалые раки рода *Pontastacus* (кубанский рак *Pontastacus cubanicus* Birst. et Win.) [6]. Это эвритермный вид, предпочитающий стенотопные водоемы различной минерализации воды: от пресной и солоноватоводной до соленой.

В результате происходящих климатических изменений и наступления маловодной фазы в формировании речного стока в Донском бассейне [7] на водотоках бассейна р. Сал отмечаются повышение содержания сульфатов в речной воде за счет влияния глубокозалегающих межпластовых подземных вод и увеличение концентрации сульфатов и хлоридов в грунтах луговых и лугово-степных солонцов, распространенные в бассейне р. Сал [8].

Зарегулирование водной системы бассейна, наряду с климатическими изменениями (снижение речного стока и рост испарения с водной поверхности), безвозвратным изъятием пресной воды на различные хозяйственные нужды способствуют изменению гидрохимических характеристик водных объектов, что может иметь негативные последствия для обитания популяции раков в бассейне р. Сал.

Цель исследования – оценка современного состояния условий обитания раков в бассейне р. Сал в наблюдаемых условиях климатических изменений в водных объектах Юга России на рубеже XX–XXI вв.

Материалы и методы исследования. Экспедиционные исследования р. Сал и притоков проводились в летний период с 14 по 23 июля 2022 г. В процессе полевых работ были обследованы 12 станций, включающих реку Сал (7 станций) и притоки: Большая и Малая Куберле, Кара-Сал, Акшибай и Джурак-Сал (рис. 1).

Рисунок 1 – Карта-схема станций отбора проб в бассейне р. Сал, июль 2022 г.

Для гидрологических исследований применялись рекомендуемые для целей мониторинга гостированные приборы и оборудование, состоящие в реестре Средств измерений.

Рабочее состояние всех приборов и оборудования подтверждено Актами поверки и Свидетельствами о калибровке. Гидрометеорологические исследования проведены на основании Лицензии Росгидромета № Л039-00117-77/00594742 от 03.08.2022 г.

Гидрологические исследования проводили общепринятыми методами [9].

Гидрохимический анализ воды в 2022 г. включал определение биогенных веществ –

аммонийного азота [РД 52.24.383-2018], нитритного азота [РД 52.24.518-2008], нитратного азота [РД 52.24.523-2009], фосфатного фосфора [РД 52.24.382-2019]; главных солеобразующих ионов-сульфатов [РД 52.24.406-2018], хлоридов [РД 52.24.407-2017], кальция [РД 52.24.403-2018], магния [РД 52.24.395-2017], суммы ионов натрия и калия [РД 52.24.514-2009], а также общей минерализации воды [РД 52.24.468-2019]. Определение растворенного кислорода в воде проводили титриметрическим методом Винклера [РД 52.24.419-2019], pH воды – электрометрическим методом [РД 52.24.495-2017].

Астакологические исследования. Для облова раков использовали раколовный сак, в заросших участках водотоков – раколовки. На каждой станции устанавливался порядок из 20–30 раколовок цилиндрической формы с ячеей 16 мм, наличием 2 входов и размером одной раколовки 70 см на расстоянии 10 м друг от друга. Продолжительность постановки раколовок составляла 12 часов. Полученные данные использовали для расчета удельной численность и биомассы раков на 1 га [10].

Обработку уловов проводили по стандартным методикам [11]. Биологический анализ раков включал измерение зоологической длины, определение индивидуальной массы и пола раков, визуальное состояние панциря в зависимости от стадии линьки, весной физиологическую плодовитость самок.

За период исследований проведен биологический анализ 1483 разноразмерных особей раков.

Для характеристики промысловых водоемов по ракопродуктивности (кг/га) применяли следующую градацию: высокопродуктивные выше 20 кг/га), среднепродуктивные (10-20 кг/га) и низкопродуктивные (менее 10 кг/га).

При проведении исследований был использован комплекс методов, в том числе общенаучных: анализа и синтеза, сравнения, системного анализа.

Результаты исследований и их обсуждение

Русла рек, составляющих водный бассейн р. Сал, протекают среди террасовых отложений. Водный бассейн отличается значительной зарегулированностью стока. В прилегающих балках и на участках русла расположено более 200 различных гидротехнических сооружений [12]. Обводненные участки сохранились на небольших по площади межплотинных пространствах и в нижнем течении р. Сал. Питание рек смешанное, в основном снеговое, и в незначительной степени родниковое. Обеспеченность подземными водами рассматриваемого района неравномерно низкая [13]. Роль дождевого питания рек невелика. За год выпадает от 87 мм (1985 г.) до 632 мм (1973 г.) атмосферных осадков, а в среднем за период 1948-2021 гг. годовая сумма осадков составила 416 мм.

Погодные условия в 2022 г. в период исследования рек бассейна Сал характеризовались преобладанием незначительной облачности, маловетрия или западного ветра скоростью 2-3 м/с. Атмосферные осадки в виде моросящего дождя отмечались только в одном случае (на р. Сал в районе станицы Андреевской). Температура воды варьировала от 24,2 °С (р. Большая Куберле х. Веселый) до 26,8 °С (р. Сал - у х. Топилин). Скорости течения воды соответствовали значениям, характерным для меженного периода и составляли в среднем 0,17 м/с.

Температура воздуха в различное время суток изменяясь от 22,5 до 33,0 °С во всех случаях, кроме одного (р. Большая Куберле), превышала показатели температуры водной среды. Температура воды варьировала от 24,2 °С (р. Большая Куберле – х. Веселый) до 26,8 °С (р. Сал – у х. Топилин) и была в пределах оптимального диапазона температур для активного роста раков (22-30 °С).

Формирование стока весеннего половодья р. Сал и его притоков (как и в бассейне р. Дон в целом) в 2022 г. происходило по сценарию маловодного года, поэтому водность реки оценивалась как низкая. По ходу обследования р. Сал и ее притоков водные объекты различались шириной, высотой берегов, степенью зарастаемости русел.

Естественно-растительный покров представлен в основном двумя растительными зонами: ковыльных степей и полупустынь или полынно-типчаковыми степями. Зона ковыльных степей

занимает большую часть бассейна р. Сал. Ближе к устью, в западной, более влажной, части бассейна располагается подзона разнотравно-ковыльных степей. Растительность на берегах представлена небольшими кустарниками, редкими лесополосами искусственного происхождения. В результате выпаса скота наблюдается сильный сбой степи, что выражается в обеднении видового состава и появлении в травостое не характерных для степи синантропных видов растений [14]. Большинство водотоков бассейна маловодные с высокой степенью зарастаемости прибрежно-водной растительностью и имеют большие по протяженности и полностью пересохшие, задернованные участки русла (реки Амта, Загиста, Малый Гашун, Акшибай).

Для прибрежно-водной растительности хорошо выражен поясной характер сложения сообщества водных растений. Внешний пояс составляют низкорослые гелофиты (частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica*), сусак зонтичный. По берегам рек высокорослые гелофиты формируют монодоминантные или смешанные сообщества. На участках рек со значительной абразией берегов поясной характер сложения сообщества водных растений не выражен.

Пояс погруженной водной растительности представлен гидатофитами, образующими плотные заросли у береговой линии на глубине 10-50 см. В нижнем течении рек встречаются два вида ряски: ряска маленькая (*Lemna minor*) и ряска трехдольная (*Lemna trisulca*). Из низших водных растений в водотоках бассейна реки Сал массово встречаются нитчатые зеленые водоросли и хара обыкновенная (*Chara vulgaris*) [14].

Ширина обследованных водотоков варьировала от 9–15 м (р. Сал в створе поселков Топилин, Новоберезовка и в устье) до 43 м (р. Джурак-Сал, в 7 км западнее х. Никольское). Зарастаемость русловой части водотоков составляла в среднем около 17 %.

Прибрежно-водная растительность была представлена, в основном, тростником, рогозом и рдестом. Наименьшая зарастаемость русла (2 %) была зафиксирована на р. Акшибай, а наибольшей зарастаемостью (40 %) характеризовался участок русла р. Сал в районе х. Топилин, где ширина русла составляла всего 9 м, являясь минимальной из всех наблюденных (рис. 2).

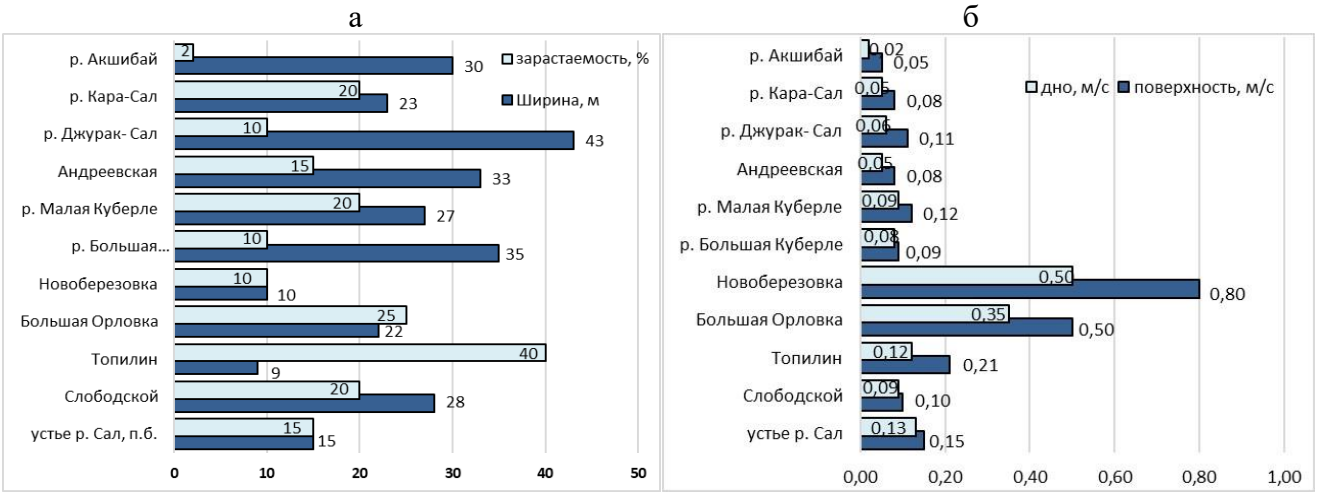


Рисунок 2 – а) Ширина реки (м) и зарастаемость русла (%); б) Скорость течения водотоков бассейна р. Сал (м/с), июль 2022 г.

Для вод р. Сал была характерна значительная мутность, а цвет воды визуально определялся коричневатыми оттенками. Донные отложения были представлены в основном глинистыми илами, мощностью 20-30 см.

В р. Сал периодически поступает вода по Донскому магистральному каналу (ДМК) из Цимлянского водохранилища с целью повышения водности для обеспечения сельскохозяйственных нужд, в том числе орошения. Среднегодовое количество воды,

подаваемое в р. Сал и ее притоки с 2013 по 2017 г., составило порядка 72 млн $м^3$ [12].

В июле 2022 г. в месте поступления донской воды по ДМК поток воды на р. Сал отличался наибольшей динамичностью в районе пос. Новоберезовка, где скорости течения достигали 0,8 м/с (на поверхности) и 0,5 м/с (на глубине 0,8 м). Столь высокие значения скорости течения также были обусловлены существенным сужением русла реки в месте проведения замера, достигающим по ширине всего 10 м. Наименьшие поверхностные скорости течения (0,05-0,12 м/с) отмечались на притоках р. Сал (Акшибай, Кара-Сал, Большая Куберле и Малая Куберле), а также в четырех створах на р. Сал. Во всех случаях значения поверхностных скоростей течения превышали таковые на глубине.

По длине р. Сал на отдельных мелководных участках, расположенных ниже дамб, перекрывающих русла, отмечалось обмеление участков рек, замедление скоростей течения, т.е. намечались признаки возможного пересыхания реки и ее притоков при дальнейшем повышении температур воздуха и воды, а также росте испарения с водной поверхности. Явление пересыхания русла р. Сал и ее притоков в сухие засушливые периоды летнего сезона не является редкостью. По данным [15], для верховья р. Сал, расположенного в зоне наиболее засушливого климата, характерно в отдельные годы весьма длительное (до 200 суток в год) пересыхание русла. Однако для раков свойственно в случае ухудшения условий в местах поселений, особенно в маловодные годы, совершать перемещение в более комфортные (с более высокой водностью) биотопы [3].

Таким образом, в бассейне р. Сал в период летней межени 2022 г. формирование гидрологического режима происходило по сценарию лет с пониженной водностью. Отдельные участки русла исследуемых водных объектов отличались обмелением, снижением скоростей течения, проявлением признаком возможного пересыхания, что, впрочем, не является аномалией для исследуемого бассейна. Наблюдаемые условия водной среды являются типичными для меженного периода р. Сал и его притоков и в целом могут характеризоваться как относительно благоприятные для воспроизводства запасов раков.

Ракам свойственна высокая адаптация к экологическим факторам среды, и, в первую очередь, к уровню общей минерализации и минеральному составу среды обитания гидробионтов. Речные раки – эвригалинные виды, обитают как в соленых, так и в пресных водах. Они способны переносить соленость до 14 ‰ [1]. По литературным данным раки в современном Каспии встречаются на всем протяжении западного и восточного шельфа [5] при варьировании солености в Каспийском море от менее 1 ‰ в предустьевых участках Волги и Урала до 13,6 ‰ в Туркменском заливе [16]. По данным В.П. Иванова и А.Ф. Сокольского [4], в Каспии наиболее многочисленные скопления раков отмечались при солености от 5 до 8 ‰, а сокращение их численности происходило с ростом солености свыше 12 ‰.

Минеральный состав воды являются одним из основных абиотических факторов среды, который определяет ареал обитания, рост и развитие популяций, устойчивость и интенсивность метаболизма раков [17]. Из солеобразующих ионов катионы кальция, натрия, калия и магния в воде принимают участие в метаболизме раков и выступают существенным фактором благополучного существования популяций в биотопах. При концентрациях солеобразующих ионов ниже пороговых наблюдается патологические изменения в метаболизме – усиливается нагрузка на системы обеспечения осмотического, ионного и кислотно-щелочного баланса, сдвигается pH гемолимфы, происходит снижение темпа роста, изменяется направленность морфогенеза в виде отклонения от нормы физиологических параметров. Данные патологические процессы приводят, в конечном итоге, к гибели гидробионтов. С другой стороны, повышение содержания кальция сопровождается ростом морфометрического индекса [18], а следовательно, и повышением продуктивности.

Для ракообразных, в том числе высших раков родов Astacus, Pontastacus, установлены нижние пределы пороговых концентраций солеобразующих ионов в воде, определяющие границы распространения речных раков и ракообразных в пресных водах [17–19]. Однако, верхний предел допустимой величины устойчивости речных раков к уровню общей

минерализации и к концентрациям основных солеобразующих ионов, в том числе являющихся жизненно важными элементами для нормального роста, развития, стрессовой устойчивости раков в доступной литературе авторами не найдены.

На степных засушливых площадях долин рек Сал, Джурак-Сал и Кара-Сал распространены почвы каштанового типа, нередко солонцеватые и засоленные, а также комплексы этих почв с солонцами. Гидролого-гидрохимический анализ химического состава воды в бассейне р. Сал показал влияние сульфатных грунтовых вод, что и обусловливало повышенное содержание сульфатов в воде, составляющее в среднем 1155 мг/дм^3 при варьировании в диапазоне 360-2152 мг/дм^3. В большинстве водотоков бассейна р. Сал преобладали воды сульфатно-натриевого класса, натрий+калиевой группы, I типа. На отдельных станциях данного бассейна (устье, х. Слободской), а также в реках Малая Куберле и Джурак-Сал содержание ионов хлора превышало концентрации сульфат-ионов, в связи с чем вода здесь относилась к хлоридно-натриевому классу, натрий+калиевой группы, I типа (табл. 1). Тем не менее, повышенные концентрации (выше ПДК$_{р/х}$ для пресных вод) главных солеобразующих ионов – сульфатов, хлоридов, кальция, магния, суммарного уровня натрия и калия в водных объектах бассейна р. Сал не являются критическими для развития популяции раков и не лимитируют процессы их жизнедеятельности.

Таблица 1 – Общая минерализация воды и концентрации главных солеобразующих ионов в воде бассейна р. Сал, июль 2022 г.

Место отбора	Общая минерализация	Сульфаты	Хлориды	Кальций	Магний	Натрий +Калий	Тип воды (по О.А. Алекину)
	г/дм^3	мг/дм^3					
устье р. Сал	2,8	768	815	134	67	631	Хлоридно-натриевый класс, натрий+ калиевая группа, I тип
р. Сал, х. Слободской	2,2	403	614	130	62	332	
р. Малая Куберле	8,4	2152	2577	499	374	1453	
р. Джурак- Сал	8,6	2133	2559	408	324	1635	
р. Сал, х. Топилин	1,6	360	240	114	43	300	Сульфатно-натриевый класс, натрий+ калиевая группа, I тип
р. Сал, сл. Большая Орловка	1,5	745	237	114	38	314	
р. Сал, пос. Новоберезовка	1,6	442	280	118	48	172	
р. Сал, станица Андреевская	6,1	1768	1630	240	226	1227	
р. Большая Куберле	5,2	1729	1087	302	181	862	
р. Кара-Сал	1,4	403	316	63	33	268	
р. Акшибай	6,7	1806	1709	126	181	1519	
ПДК$_{р/х}$ (для пресных вод)	-	*100*	*300*	*180*	*40*	*170*	

Уровень общей минерализации воды в бассейне р. Сал можно классифицировать [20] в следующем порядке: от верховьев реки до станицы Андреевская воды характеризуются как сильносолоноватые (6-8 г/дм^3); от пос. Новоберезовки до х. Топилина – слабосолоноватые (1,5-1,6 г/дм^3), формирующиеся под влиянием поступающей пресной воды из Донского магистрального канала; в устье – солоноватые (2,8 г/дм^3). В притоках р. Сал минерализация воды увеличивалась пространственно в следующей последовательности: слабосолоноватые – в р. Кара-Сал (1,4 г/дм^3), где в нижнем течении преобладает родниковое питание; солоноватые – в

р. Большая Куберле и сильносолоноватые – в реках Малая Куберле, Джурак-Сал и Акшибай (рис. 3).

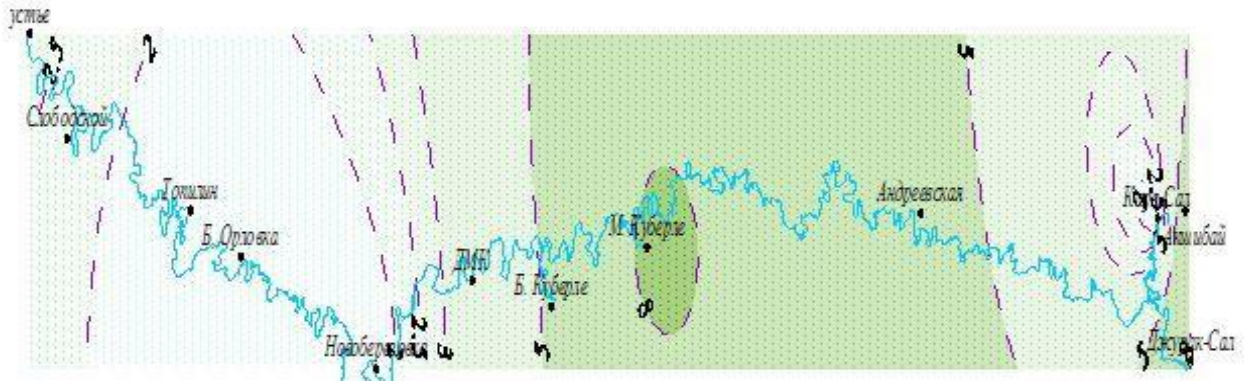


Рисунок 3 – Пространственное распределение общей минерализации воды (г/дм^3) в бассейне р. Сал, июль 2022 г.

Речные раки характеризуются высокой способностью усвоения кислорода, что позволяет им заселять водные объекты с нестабильным кислородным режимом при вариациях растворенного в воде кислорода в пределах от 1 мг/дм^3 до 11,5 мг/дм^3. Лишь падение концентрации кислорода до 2,0-2,9 мг/дм^3 вызывает стрессовые миграции (обычно раки выползают на берег). Критическими значениями концентрации кислорода в воде при температуре 15-18 °С для длиннопалого рака является концентрация 0,6 мг/дм^3 [21]. При величине растворенного кислорода менее 0,6 мг/дм^3 наступает гибель раков. Оптимальный уровень содержания растворенного кислорода в воде составляет 7 мг/дм^3 с колебаниями в диапазоне 6-8 мг/дм^3. Летом 2022 г. среднее *насыщение воды кислородом* в р. Сал составляло 102 % при варьировании в широком диапазоне 70-130 % (табл. 2).

Таблица 2 – Гидрохимические показатели воды в бассейне р. Сал, июль 2022 г.

Показатели	Размерность	р. Сал	Притоки р. Сал	*ПДК$_{р/х}$*
Растворенный кислород	мг/дм^3	8,6 (6,1-12,5)	10,2 (7,9-12,9)	*6*
Насыщение воды кислородом	%	102 (70-130)	120 (91-130)	-
pH	усл. ед.	8,10 (7,77-8,34)	8,32 (8,07-8,51)	*6,50-8,50*
Азот аммонийный	мг/дм^3	0,068 (0,021-0,140)	0,040 (<0,020-0,110)	*0,4*
Азот нитритный	мг/дм^3	0,0066 (0,0019-0,013)	0,0030 (0,0002-0,0078)	*0,02*
Азот нитратный	мг/дм^3	0,019 (0,006-0,039)	0,009 (<0,005-0,014)	*9*
Фосфор фосфатный	мг/дм^3	0,078 (<0,010-0,120)	0,088 (<0,010-0,220)	*0,2*
Примечание – в скобках указан диапазон варьирования				

Пересыщение воды кислородом (123-130 %) отмечено в створах х. Слободской и пос. Большая Орловка, что связано с первичным продуцированием органического вещества. Снижение насыщения воды кислородом ниже равновесного (70-77 %) отмечалось в устье р. Сал, у х. Новоберезовка и станицы Андреевская, вследствие преобладания деструкционных

процессов над продукционными (рис. 4).

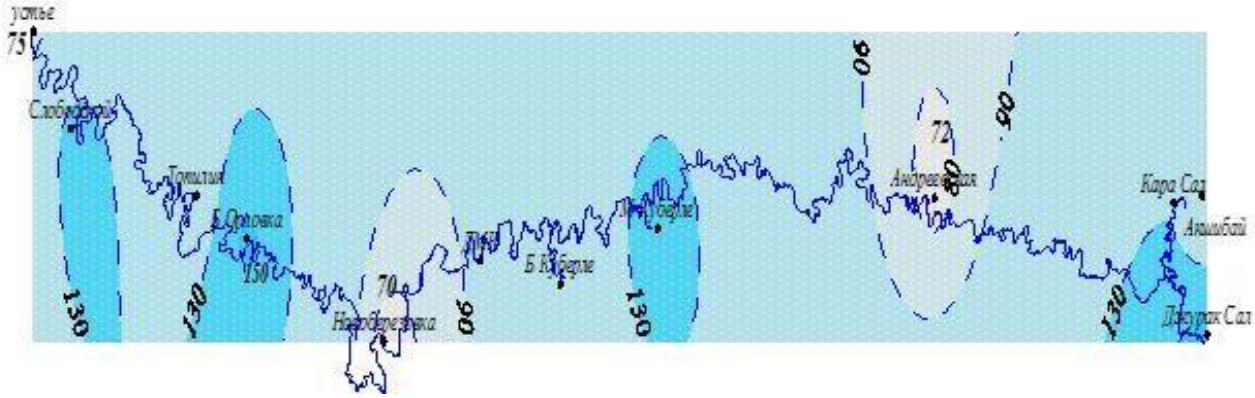


Рисунок 4 – Пространственное распределение насыщения воды кислородом (% насыщения) в бассейне р. Сал, июль 2022 г.

В притоках р. Сал насыщение воды кислородом было значительно выше – в среднем 120 %, что свидетельствовало о высокой скорости фотосинтеза при «цветении» фитопланктона. Максимум относительного содержания кислорода зафиксирован в воде рек Акшибай и Малая Куберле. Абсолютные концентрации растворенного в воде кислорода не снижались ниже $ПДК_{р/х}$. В целом, кислородный режим в бассейне р. Сал характеризовался как благоприятный для жизнедеятельности раков.

Комфортными водоемами для обитания раков являются водные объекты с нейтрально-щелочной реакцией водной среды в диапазоне от 6,0 до 9,5 усл. ед. (оптимальный уровень pH 7 усл. ед.). При снижении показателя pH воды ниже 6 усл. ед. у раков нарушается баланс ионов и увеличивается вывод иона кальция из организма, вызывая истончение и размягчение панциря. При значениях pH близких к 4,6 усл. ед. вывод ионов кальция из тела рака начинает превышать скорость их поглощения клетками жаберного эпителия [22]. Эта величина pH является нижним критическим порогом устойчивости раков. Повышение значений pH до 10 усл. ед. приводит к угнетению метаболизма, а при увеличении до 12 усл. ед. – гибели раков.

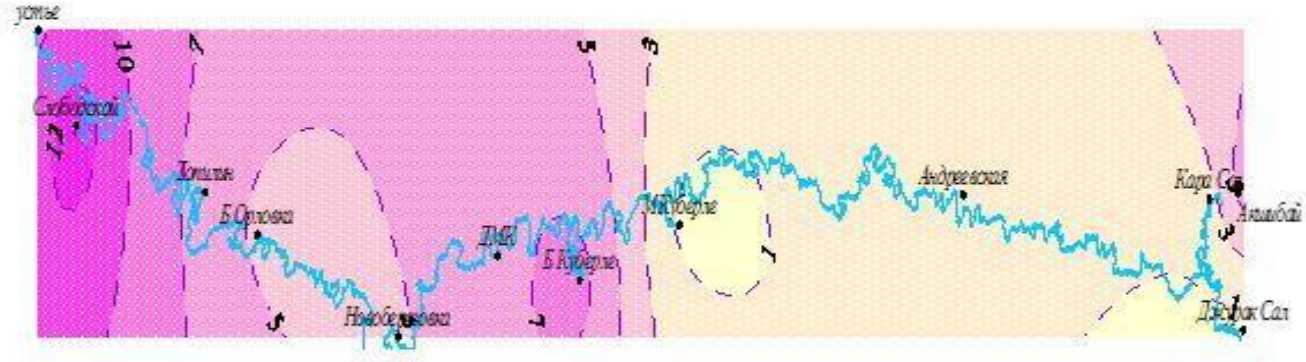
Величина pH воды в р. Сал составляла в среднем 8,10 усл. ед. и варьировала от 7,77 до 8,34 усл. ед. в слабощелочном диапазоне. Усиление кислотных свойств воды при pH < 8,0 усл. ед. отмечалось в устье р. Сал (пос. Новоберезовка и станица Андреевская), где также фиксировалось снижение концентрации кислорода в воде. Активизация процессов фотосинтеза способствовала росту величины pH воды до максимума в створах х. Слободской и сл. Большая Орловка. В притоках р. Сал, вследствие более активных продукционных процессов, уровень pH воды был выше (в среднем 8,32 усл. ед. при диапазоне колебания от 8,07 до 8,51 усл. ед.). В целом, показатель pH воды в бассейне р. Сал был благоприятный для жизнедеятельности раков (табл. 2).

Минеральный азот является одним из важных биогенных элементов, определяющим как продуктивность водоемов, так и уровень его загрязнения биогенными веществами [3]. Превышение допустимых концентраций аммонийного, нитритного азота негативно влияет на рост и развитие раков. В 90-х годах прошлого столетия среднее значение аммонийного азота в бассейне р. Сал регистрировалось на уровне 0,415 мг/дм^3, нитритного азота – на уровне 0,12 мг/дм^3. В последующие годы их уровень снизился до значений $ПДК_{р/х}$ 0,39 мг/дм^3 и 0,02 мг/дм^3, соответственно.

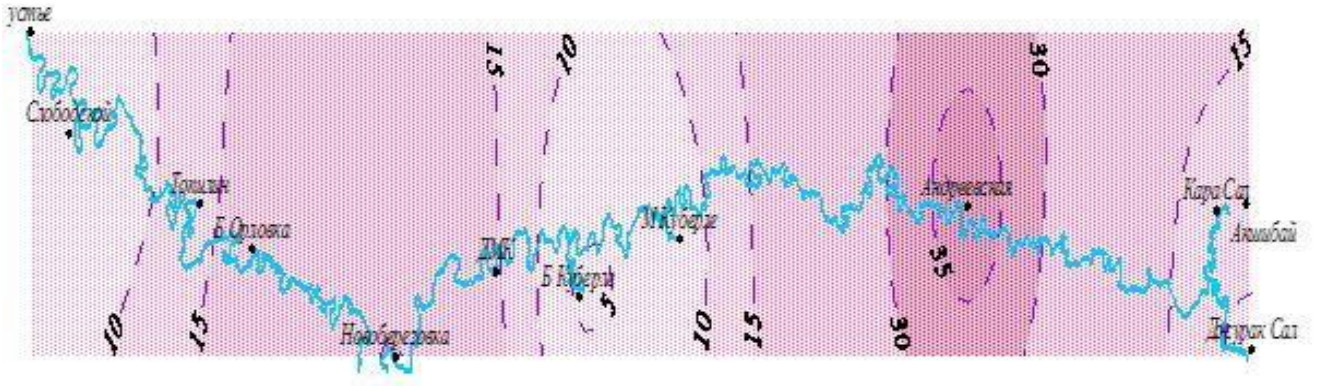
Летом 2022 г. минеральный азот характеризовался в р. Сал следующими величинами: аммонийный азот – среднее значение 0,068 мг/дм^3 при варьировании от 0,021 до 0,140 мг/дм^3, нитритный азот – 0,0066 мг/дм^3 при изменении в диапазоне 0,0019-0,0130 мг/дм^3, нитратный азот – 0,019 мг/дм^3 при варьировании от 0,006 до 0,039 мг/дм^3 (табл. 2).

В пространственном распределении высокое содержание аммонийного азота в р. Сал отмечалось в устье (0,090 мг/дм^3), а максимум аммонийного (0,140 мг/дм^3) и нитратного (0,039 мг/дм^3) азота зафиксирован у станицы Андреевской (рис. 5 а, в).

а)



б)



в)

Рисунок 5 – Пространственное распределение минерального азота (мг/м^3) в воде бассейна р. Сал, июль 2022 г.: а) аммонийный азот; б) нитритный азот; в) нитратный азот

Такая загруженность минеральным азотом воды на данной точке забора объяснима поступлением дополнительного количества азота при выпадении атмосферных осадков во время съемки. Высокие концентрации нитритного азота (>0,0100 мг/дм^3), отмеченные в устьевой области реки и в створе х. Слободской, формировались в процессе окисления достаточного количества аммонийного азота (0,090 мг/дм^3) (рис. 5 б). В притоках р. Сал содержание в воде минерального азота было ниже в среднем в 2 раза в результате его интенсивного потребления фитопланктоном при фотосинтезе (табл. 2, рис. 3 а, б). Единичный максимум аммонийного азота (0,110 мг/дм^3), совпадающий с высоким содержанием азота нитритного (0,0075 мг/дм^3) и указывающий на свежее загрязнение, зафиксирован в воде р. Большая Куберле, что может быть обусловлено влиянием антропогенного фактора.

Содержание фосфатного фосфора в р. Сал составляло в среднем 0,078 мг/дм^3 при колебании концентрации по акватории в широком диапазоне <0,010-0,120 мг/дм^3. Высокие концентрации фосфатного фосфора зафиксированы в нижнем течении р. Сал от устья до пос.

Новоберезовка. Значительная вариабельность концентрации фосфатного фосфора проявилась в восточных притоках р. Сал и связана, с одной стороны, с истощением при фотосинтезе до уровня <0,010 мг/дм^3 (р. Джурак-Сал и р. Малая Куберле), с другой – с их максимумом в воде р. Кара-Сал (верхняя граница ПДК$_{р/х}$ – 0,220 мг/дм^3) и р. Акшибай (0,180 мг/дм^3) (табл. 2, рис. 6).

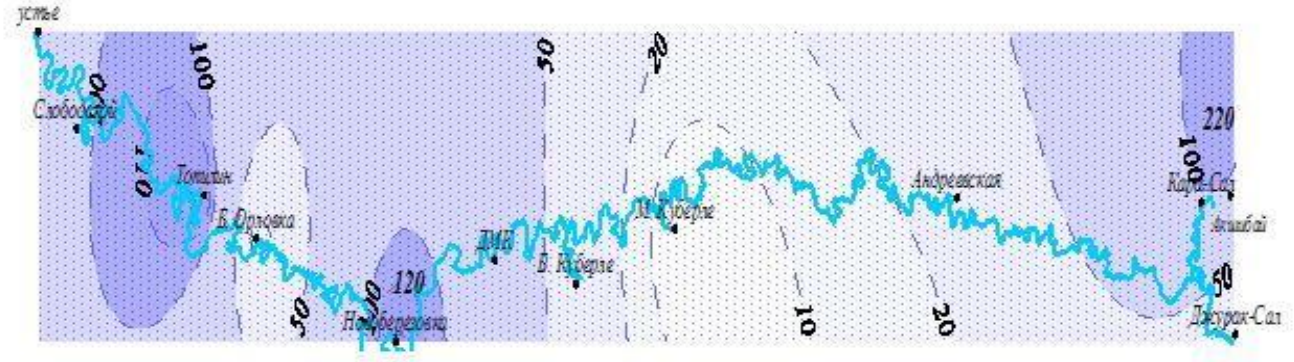


Рисунок 6 – Пространственное распределение минерального фосфора (мг/м^3) в воде бассейна р. Сал, июль 2022 г.

Таким образом, гидрохимический режим р. Сал и ее притоков определялся геологическими особенностями местности, гидрологическими факторами, влиянием грунтового питания, продукционно-деструкционными процессами, локально – воздействием антропогенного фактора и был, в целом, благоприятным для жизнедеятельности раков.

В июле 2022 г. раки встречались на большинстве станций в бассейне р. Сал. Распределение их по всей акватории носило мозаичный характер и варьировало в пределах 900-5067 экз./га. На участке акватории р. Сал с наибольшей динамичностью, где скорости течения достигали 0,80 м/с (на поверхности) и 0,50 м/с (на глубине 0,8 м), а также в районе от пос. Новоберезовки до пос. Большая Мартыновка, где скорости течения составляли 0,50 м/с на поверхности и 0,35 м/с в придонных горизонтах, раки в уловах раколовками и раколовным саком отсутствовали. В среднем по бассейну плотность раков составила 2233±672,2 экз./га, из которых раки промыслового размера оценивались величиной 726±247,6 экз./га. Биомасса улавливаемых скоплений раков в водных объектах бассейна варьировала от 23,9 кг/га до 107,9 кг/га. На преобладающем большинстве станций скопления раков имели промысловое значение. Ракопродуктивность раков на уровне 18,2-43,3 кг/га позволяет отнести эти водотоки к среднепродуктивным (10-20 кг/га) и высокопродуктивным водоемам (более 20 кг/га).

Раки в водоемах бассейна р. Сал были представлены почти всеми размерными группами с преобладанием особей непромысловых размеров. Наибольшая численность раков непромыслового размера наблюдалась в р. Акшибай. В реках Большая Куберле и Джурак-Сал среди непромысловых особей доминировала модальная группа 9,0-9,9 см, составляя от 24, % до 25,7 % всех обследованных особей. Особи промыслового размера модальной группы 11,0-11,9 см преобладали в р. Большая Куберле и р. Кара-Сал и составляли 16,4-22,9 % обследованных уловов. Межгодовая флуктуация размерной группы 10,0–10,9 см в реках Сал, Джурак-Сал, Малая Куберле была в диапазоне 16 – 50 %. Размерная группа 12,0–12,9 см варьировала от 2 % (в реках Кара-Сал, Сал) до 25 % (р. Малая Куберле) всех обследованных особей. Группа 13,0–13,9 см была малочисленной и составляла в уловах не более 1 % (в р. Сал) – 4 % (в Кара-Сал), а крупные раки (более 14 см) были зарегистрированы только в уловах на р. Большая Куберле и составили 2 % (рис. 7).

Средняя зоологическая длина раков составила 9,3 см при минимальной длине 2,7 см и максимальной длине 14,7 см. Средняя масса раков – 25,7 г с вариациями от 1 г до 112 г. На некоторых станциях в уловах отмечена молодь раков.

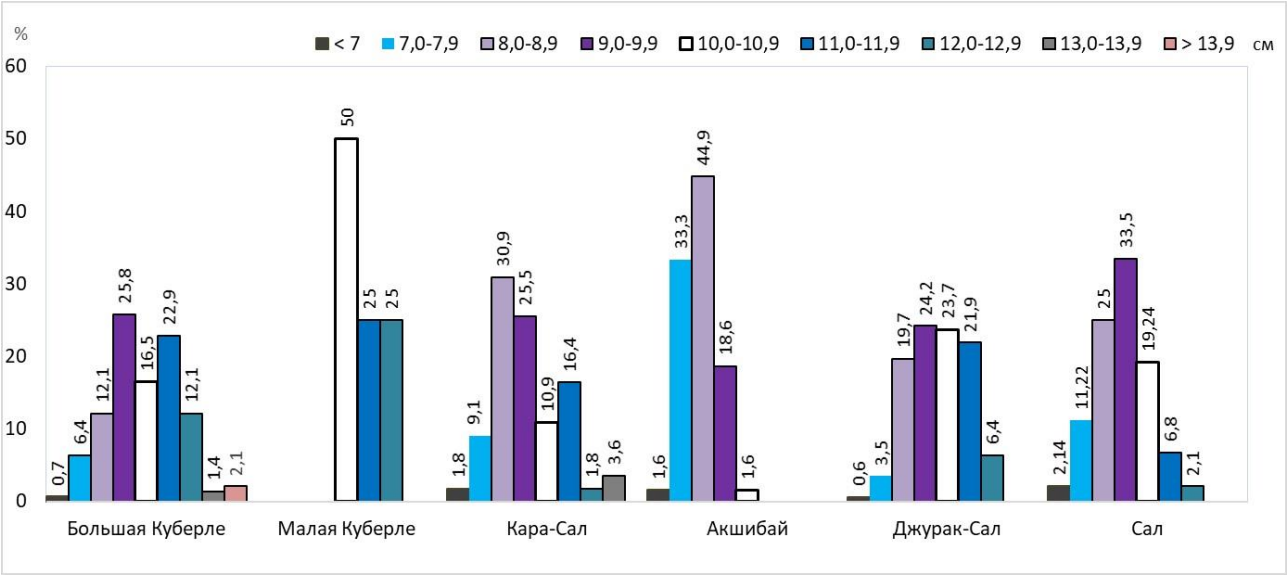


Рисунок 7 – Размерная структура облавливаемых скоплений раков в реках бассейна р. Сал, июль 2022 г., %

Популяция раков по размерным и продукционным характеристикам была оценена как среднепродуктивная (10-20 кг/га) и высокопродуктивная (свыше 20 кг/га).

По результатам учетных работ в июле 2022 г. с учетом фоновых условий среды и продукционных характеристик состояние запасов раков бассейна р. Сал оценено как благополучное, а в преобладающем большинстве водотоков - имеющее промысловое значение.

Выводы. В период летней межени 2022 г. формирование гидрологического режима происходило по сценарию лет с пониженной водностью. Отдельные участки русла исследуемых водных объектов отличались обмелением, снижением скоростей течения, проявлением признаком возможного пересыхания. Результаты проведенных исследований показали, что наблюдаемые условия водной среды являются типичными для меженного периода водных объектов бассейна р. Сал и его притоков и в целом могут характеризоваться как относительно благоприятные для воспроизводства запасов раков.

Гидрохимический режим исследуемых водных объектов определялся геологическими особенностями местности, гидрологическими факторами, влиянием грунтового питания, продукционно-деструкционными процессами, в меньшей степени – антропогенным влиянием на акваторию. Кислородный режим, величина pH воды, уровень биогенных элементов в бассейне р. Сал характеризуют водную среду как благоприятную для жизнедеятельности раков.

Минеральный состав воды является основным экологическим фактором, определяющим ареалы обитания, численность и биомассу скоплений гидробионтов. Повышенные концентрации (выше $ПДК_{р/х}$ для пресных вод) главных солеобразующих ионов – сульфатов, хлоридов, кальция, магния, суммарного уровня натрия и калия в водных объектах бассейна р. Сал не являются критическими для развития популяции раков и не лимитируют процессы их жизнедеятельности.

Раки в водоемах бассейна р. Сал встречались на большинстве станций за исключением участков наибольшей динамичностью, где скорости течения достигали 0,50-0,80 м/с (на поверхности) и 0,35-0,50 м/с (на глубине 0,0-0,8 м). Распределение раков на участках с поверхностной скоростью течения 0,05-0,21 м/с и придонной – в пределах 0,02-0,12 м/с носило мозаичный характер и варьировало в пределах 900-5067 экз./га. Раки были представлены почти всеми размерными группами, в преобладающем большинстве водотоков имеющее промысловое значение. Популяция раков по размерным и продукционным характеристикам оценена как среднепродуктивная (10-20 кг/га) и высокопродуктивная (свыше 20 кг/га).

Список использованной литературы:

1. *Мицкевич О.*И Раколовство и раководство на водоемах европейской части России

(справочник). СПб.: ФГНУ ГосНИОРХ, 2006. 208 с.
2. *Черкашина Н.Я.* Распределение раков в Туркменских водах Каспия // Труды ВНИРО. 1971. Т. LXXXVI. № VII. С. 135-149.
3. *Черкашина Н.Я.* Динамика популяций раков *Pontastacus* и *Caspiastacus* (Crustacea. Decapoda. Astacidae) и пути их увеличения. М.: Нац. рыб. ресурсы, 2002. 256 с.
4. *Иванов В.П., Сокольский А.Ф.* Научные основы стратегии защиты биологических ресурсов Каспийского моря от нефтяного загрязнения. Астрахань: КаспНИРХ, 2000. 180 с.
5. *Ушивцев В.Б., Галактионова М.Л., Котеньков С.А., Синицына Т.А, Ахмедова Г.А., Мехди Г. Ш.* Состояние популяций раков (Astacidae) восточного побережья Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2021. Т. 16. № 4. С. 8-17.
6. *Старобогатов Я.И.* Высшие раки // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 2. Ракообразные / Под ред. С.Я. Цалолихина. СПб.: Наука, 1995. С. 174-187.
7. *Никаноров А.М., Барцев О.Б., Гарькуша Д.Н., Зубков Е.А.* Масштабы подтопления, режим и качество грунтовых вод застроенных территорий юга Ростовской области // Вестник Южного научного центра. 2015. Т. 11. № 3. С. 66-80.
8. *Саенко Е.М., Жукова С.В., Косенко Ю.В., Кораблина И.В., Трушков А.В., Марченко А.О., Валиуллин В.А., Зинчук О.А., Карпушина Ю.Э., Тарадина Е.А., Бурлачко Д.С., Лутынская Л.А., Подмарева Т.И.* Состояние сырьевой базы и среды обитания раков в бассейне р. Сал // Водные биоресурсы и среда обитания. 2022. Т. 5. № 4. С. 35-51.
9. *Жукова С.В., Шишкин В.М., Куропаткин А.П.* Методы гидрометеорологических исследований // Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне: сб. научно-методических работ / Под общ. ред. С.П. Воловика, И.Г. Корпаковой. Краснодар, 2005. С. 13-22.
10. *Глушко Е.Ю.* Состояние популяций, запасов и промысел раков в водоемах Ростовской области в период 2012-2018 гг. // Водные ресурсы и среда обитания. 2019. Т. 2. № 3. С. 68-74.
11. *Черкашина Н.Я.* Сборник инструкций по культивированию раков и динамике их популяций. Ростов-н/Д.: Изд-во АзНИИРХ, Медиа-Полис, 2007. 117 с.
12. *Сазонов А.Д., Решетняк О.С., Закруткин В.Е.* Изменчивость гидрохимических характеристик рек Сал и Маныч в условиях современного антропогенного воздействия и климатических изменений (в пределах Ростовской области) // Наука Юга России. 2021. Т. 17. № 1. С. 21-36.
13. *Гостищев В.Д., Пономаренко Т.С., Бреева А.В.* Анализ водохозяйственного комплекса р. Сал // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 1 (69). С. 67-71.
14. *Саенко Е.М., Марушко Е.А., Горбенко Е.В.* Предпосылки рационального природопользования водных объектов бассейна р. Сал // Стратегия устойчивого развития регионов России: Сборник материалов XXXVII Всероссийской научно-практической конференции / Под общ. ред. С.С. Чернова. Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2017. С. 91-99.
15. *Лурье П.М., Панов В.Д.* Река Дон: Гидрография и режим стока. Ростов-на-Дону: Донской издательский дом, 2018. 592 с.
16. *Катунин Д.Н.* Гидроэкологические основы формирования экосистемных процессов в Каспийском море и дельте реки Волги: монография. Астрахань: ФГУП «КаспНИРХ», 2014. 478 с.
17. *Мартемьянов В.И., Маврин А.С.* Пороговые концентрации катионов во внешней среде, определяющие границы распространения речного рака *Astacus astacus* L. в пресных водоемах // Сибирский экологический журнал. 2013. № 6. С. 877-884.
18. *Корягина Н.Ю.* Физиолого-биохимическая характеристика речных раков при выращивании в искусственных условиях: автореф. дис. … канд. биол. наук: 03.03.01 / Наталья Юрьевна Корягина. М., 2010. 21 с.
19. *Калинкина Н.М.* Распространение реликтовых ракообразных в глубоководных озерах Карелии в связи с геологическими особенностями региона // Принципы экологии. 2015. № 2. С. 38-54.

20. *Толстихин Н.И.* Гидрогеологическая структура Земли – основа размещения минеральных вод. В кн.: Закономерности формирования и распространения минеральных вод СССР. М.: Наука, 1975. С. 5-11.
21. *Цукерзис Я.М.* Речные раки. Вильнюс: Минтис, 1989. 143 с.
22. *Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Чертопруд Е.С.* Биология, воспроизводство и культивирование речных раков. М.: Изд-во ВНИРО, 2011. 96 с.

References:

1. Mickiewicz O.I. *Rakolovstvo i Rakovodstvo na vodoemah evropejskoj chasti Rossii (spravochnik)* [Rakolovstvo and Rakovodstvo on reservoirs of the European part of Russia (handbook)] St. Petersburg, GosNIORKH Publ., 2006, 208 p. (In Russian).
2. Cherkashina N.Ya. Raspredelenie rakov v Turkmenskih vodah Kaspiya [Distribution of crayfish in the Turkmen waters of the Caspian Sea]. *Trudy VNIRO* [Works of VNIRO], 1971, vol. 86, no. 7, pp. 135-149. (In Russian).
3. Cherkashina N.Ya. *Dinamika populyacij rakov Pontastacus i Caspiastacus (Crustacea. Decapoda. Astacidae) i puti ih uvelicheniya* [Dynamics of populations of crayfish Pontastacus and Caspiastacus (Crustacea. Decapoda. Astacidae) and ways to increase them]. Moscow, National Fish Resources Publ., 2002, 256 p. (In Russian).
4. Ivanov V.P., Sokolsky A.F. *Nauchnye osnovy strategii zashchity biologicheskih resursov Kaspijskogo morya ot neftyanogo zagryazneniya* [Scientific foundations of the strategy of protecting biological resources of the Caspian Sea from oil pollution]. Astrahan', KaspNIRKH Publ., 2000, 180 p. (In Russian).
5. Ushivcev V.B., Galaktionova M.L., Koten`kov S.A., Sinicyna T.A., Ahmedova G.A., Mehdi G.Sh. Sostoyanie populyacii rakov (Astacidai) vostochnogo poberezh`ya Kaspijskogo morya [Status of Crayfish Populations (*Astacidae*) on the Eastern Coast of the Caspian Sea]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [South of Russia: ecology, development], 2021, vol. 16, no. 4, pp. 8-17. (In Russian).
6. Starobogatov Ya.I., Tsalolikhin S.Ya. (ed.) *Vysshie raki. Opredelitel' presnovodnyh bespozvonochnyh Rossii i sopredel' nyh territorij*. *T. 2. Rakoobraznye* [Higher cancers. Determinant of freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. Vol. 2. Crustaceans]. St. Petersburg, Nauka Publ., 1995, pp. 174-187. (In Russian).
7. Nikanorov A.M., Bartsev O.B., Gar'kusha D.N., Zubkov E.A. Masshtaby podtopleniya, rezhim i kachestvo gruntovykh vod zastroennykh territoriy yuga Rostovskoy oblasti [The scale of flooding, the regime and quality of groundwater in built-up areas in the south of the Rostov region]. *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra* [Bulletin of the Southern Scientific Center], 2015, vol. 11, no 3, pp. 66-80. (In Russian).
8. Saenko E.M., Zhukova S.V., Kosenko Yu.V., Korablina I.V., Trushkov A.V., Marchenko A.O., Valiullin V.A., Zinchuk O.A., Karpushina Yu.E., Taradina E.A., Burlachko D.S., Lutynskaya L.A., Podmareva T.I. Sostoyanie syr'evoj bazy i sredy obitaniya rakov v bassejne r. Sal [The state of the raw material base and habitat of crayfish in the basin of the Sal river] *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic Bioresources & Environment], 2022, vol. 5, no. 4, pp. 35-51. (In Russian).
9. Zhukova S.V., Shishkin V.M., Kuropatkin A.P., Volovik S.P. (ed.), Korpakova I.G. (ed.) Metody gidrometeorologicheskih issledovanij [Methods of hydrometeorological research]. *Sbornik nauchno-metodicheskih rabot «Metody rybohozyajstvennyh i prirodoohrannyh issledovanij v Azovo-Chernomorskom bassejne»* [Collection of scientific and methodological works “Methods of fisheries and environmental research in the Azov-Black Sea basin”]. Krasnodar, 2005, pp. 13-22. (In Russian).
10. Glushko E.Yu. Sostoyanie populyaczij, zapasov i promy`sla rakov v vodoemakh Rostovskoj oblasti v period 2012-2018 gg. [Status of populations, stocks and harvesting of crayfish in the Rostov region in 2012-2018]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic Bioresources & Environment], 2019, vol. 2, no. 3, pp. 68-74. (In Russian).
11. Cherkashina N.Ya. *Sbornik instrukcij po kul'tivirovaniyu rakov i dinamike ih populyacij*. [Collection of instructions on the cultivation of crayfish and the dynamics of their populations]. Rostov-on-Don, AzNIIRKH, Media-Polis Publ., 2007, 117 p. (In Russian).
12. Sazonov A.D., Reshetnyak O.S., Zakrutkin V.E. Izmenchivost' gidrohimicheskih harakteristik rek

Sal i Manych v usloviyah sovremennogo antropogennogo vozdejstviya i klimaticheskih izmenenij (v predelah Rostovskoj oblasti) [Variability of hydrochemical characteristics of the Sal and Manych rivers in conditions of modern anthropogenic impact and climatic changes (within the Rostov region)], *Nauka Yuga Rossii* [Science of the South of Russia], 2021, vol. 17, no.1, pp. 21-36. (In Russian).

13. Gostishchev V.D., Ponomarenko T.S., Breeva A.V. Analiz vodokhozyaystvennogo kompleksa r. Sal [Water industry complex analysis of the river Sal]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways to improve efficiency of irrigated agriculture], 2018, vol. 1 (69), pp. 67-71. (In Russian).
14. Saenko E.M., Marushko E.A., Gorbenko E.V., Chernov S.S. (ed.) Predposylki ratsional'nogo prirodopol'zovaniya vodnykh ob"ektov basseyna r. Sal [Prerequisites for rational environmental management of water bodies in the basin of the river. Sal]. *Sbornik materialov 37 Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Strategiya ustoychivogo razvitiya regionov Rossii»* [Collection of materials of the 37th All-Russian Scientific and Practical Conference “Strategy for sustainable development of Russian regions”], Novosibirsk, CRNS Publ., 2017, pp. 91-99. (In Russian).
15. Lur'e P.M., Panov V.D. *Reka Don: Gidrografiya i rezhim stoka* [Don River: hydrography and flow regime]. Rostov-on-Don, Don Publ., 2018, 592 p. (In Russian).
16. Katunin D.N. *Hydroecological foundations of the formation of ecosystem processes in the Caspian Sea and the Volga River delta* [Hydroecological foundations of the formation of ecosystem processes in the Caspian Sea and the Volga River delta] Astrahan', KaspNIRKH Publ., 2014, 478 p. (In Russian).
17. Martem'yanov V.I., Mavrin A.S. Porogovye koncentracii kationov vo vneshnej srede, opredelyayushchie granicy rasprostraneniya rechnogo raka *Astacus astacus L.* v presnyh vodoemah [Threshold concentrations of cations in the external environment, determining the boundaries of the spread of the river crayfish Astacus astacus L. in freshwater reservoirs] *Sibirskij ekologicheskij zhurn*al [Siberian Ecological Journal], 2013, no. 6, pp. 877-884. (In Russian)
18. Koryagina N.Yu. *Fiziologo-biohimicheskaya harakteristika rechnyh rakov pri vyrashchivanii v iskusstvennyh usloviyah. Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk* [Physiological and biochemical characteristic of river crayfish when grown in artificial conditions. Cand. biol. sci. diss. abstr.]. Moscow, 2010, 21 p. (In Russian).
19. Kalinkina N.M. *Rasprostranenie reliktovyh rakoobraznyh v glubokovodnyh ozerah Karelii v svyazi s geologicheskimi osobennostyami regiona* [Distribution of relict crustaceans in deep-water lakes of Karelia in connection with the geological features of the region]. *Principy ekologii* [Principles of ecology], 2015, no. 2, pp. 38-54. (In Russian)
20. Tolstikhin N.I. Gidrogeologicheskaya struktura Zemli – osnova razmeshcheniya mineral'nykh vod. [The hydrogeological structure of the Earth is the basis for the placement of mineral waters]. *Zakonomernosti formirovaniya i rasprostraneniya mineral'nykh vod SSSR* [Patterns of formation and distribution of mineral waters of the USSR]. Moscow, Nauka Publ., 1975, pp. 5-11. (In Russian).
21. Cukerzis *Ya.M. Rechnye raki* [River crayfish]. Vilnius, Mintis Publ., 1989, 143 p. (In Russian).
22. Borisov R.R., Kovacheva N.P., Chertoprud E.S. *Biologiya, vosproizvodstvo i kul'tivirovanie rechnyh rakov* [Biology, reproduction and cultivation of river crayfish]. Moscow, VNIRO Publ., 2011, 96 p. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

Саенко Елена Михайловна	канд. биол. наук, доцент, заведующий лабораторией биоресурсов внутренних водных объектов Азово-Черноморский филиал ВНИРО («АзНИИРХ») 344002, Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в, к. 219
Saenko Elena Mikhailovna	Ph.D. (Biol.), Associate Professor, Head of the Laboratory of Bioresources of Inland Water Bodies Azov-Black Sea Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (“AzNIIRKH”)

344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21v, of. 219

Жукова
Светлана
Витальевна
Zhukova
Svetlana Vitalievna
канд. геогр. наук, доцент, заведующий лабораторией гидрологии Азово-Черноморский филиал ВНИРО («АзНИИРХ»)
344002, Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в, к. 327
Ph.D. (Geogr.), Associate Professor, Head of the Hydrology Laboratory
Azov-Black Sea Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (“AzNIIRKH”),
344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21v, of. 327

Косенко
Юлия
Владимировна
Kosenko
Julia Vladimirovna
канд. биол. наук, начальник аналитического испытательного центра
Азово-Черноморский филиал ВНИРО («АзНИИРХ»)
344002, Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в, к. 220
Ph.D. (Biol.), Associate Professor, Head of the analytical center
Azov-Black Sea Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (“AzNIIRKH”)
344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21v, of. 220

Трушков
Анатолий
Владимирович
Trushkov
Anatoliy Vladimirovich
канд. биол. наук, заведующий лабораторией гидрохимии
Азово-Черноморский филиал ВНИРО («АзНИИРХ»)
344002, Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в, к. 307
Ph.D. (Biol.), Associate Professor, Head of the Hydrochemistry Laboratory
Azov-Black Sea Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (“AzNIIRKH”)
344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21v, of. 307

Баскакова
Татьяна Евгеньевна
Baskakova
Tatiana Evgenievna
главный специалист лаборатории гидрохимии
Азово-Черноморский филиал ВНИРО («АзНИИРХ»)
344002, Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в, к. 307
Main expert of the Hydrochemistry Laboratory
Azov-Black Sea Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (“AzNIIRKH”)
344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21v, of. 307

Карманов Вениамин
Геннадьевич
Karmanov
Veniamin Gennadievich
главный специалист лаборатории гидрологии
Азово-Черноморский филиал ВНИРО («АзНИИРХ»)
344002, Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в, к. 327
Chief Specialist of the Hydrology Laboratory
Azov-Black Sea Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (“AzNIIRKH”)
344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21v, of. 327

Бурлачко
Дмитрий Сергеевич
Burlachko
Dmitry
Sergeevich
главный специалист лаборатории гидрологии
Азово-Черноморский филиал ВНИРО («АзНИИРХ»)
344002, Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в, к. 322
Chief Specialist of the Hydrology Laboratory
Azov-Black Sea Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (“AzNIIRKH”)
344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21v, of. 322

Лутынская
Людмила
Анатольевна
Lutynskaya
Liudmila Anatolievna
главный специалист лаборатории гидрологии
Азово-Черноморский филиал ВНИРО («АзНИИРХ»)
344002, Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в, к. 327
Chief Specialist of the Hydrology Laboratory
Azov-Black Sea Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (“AzNIIRKH”)
344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21v, of. 327

Подмарева
Татьяна Ивановна
Podmareva
Tatjana Ivanovna
главный специалист лаборатории гидрологии,
Азово-Черноморский филиал ВНИРО («АзНИИРХ»)
344002, Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в, к. 322
Chief Specialist of the Hydrology Laboratory
Azov-Black Sea Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (“AzNIIRKH”)
344002, Rostov-on-Don, Beregovaya str., 21v, of. 322

УДК 502.4 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.002**

Гамаюнов О.А.

СТРАТЕГИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА

Аннотация. В данной статье представлена стратегия увеличения особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Керченского полуострова, приведен анализ развития ООПТ Крыма и статистика увеличения заповедного фонда в Российской Федерации за последние 9 лет, были проанализированы основные научные разработки в этой области. Сейчас сеть объектов ООПТ на Керченском полуострове в основном представлена вдоль береговой линии Азовского и Черного морей. В результате проведенных исследований выявлены основные перспективные территории Керченского полуострова, которые могут войти в состав имеющихся ООПТ или ново созданных, увеличив имеющуюся площадь заповедного фонда в 2 раза. Стратегия направлена на увеличение площади ООПТ в основном степных ландшафтов, сохранение которых, в нетронутом состоянии, даст возможность расширению ареала и увеличению популяций краснокнижных видов флоры и фауны. В общем, увеличение территорий заповедного фонда даст положительную динамику в сохранении биоразнообразии региона, позволит улучшить количественные и качественные показатели экологического туризма и будет способствовать увеличению общего туристического потока на Керченский полуостров.
Ключевые слова: Республика Крым, особо охраняемые природные территории, экологический туризм, сохранение биоразнообразия.

Gamayunov O.A.

THE STRATEGY OF INCREASING THE SPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORIES OF THE KERCH PENINSULA AS A FACTOR IN THE DEVELOPMENT OF ECOLOGICAL TOURISM

Abstract. This article presents a strategy for increasing specially protected natural areas (protected areas) The Kerch Peninsula, the analysis of the development of the protected areas of the Crimea and the statistics of the increase in the reserve fund in the Russian Federation over the past 9 years, the main scientific developments in this area were analyzed. Now the network of protected areas on the Kerch Peninsula is mainly represented along the coastline of the Azov and Black Seas. As a result of the conducted research, the main promising territories of the Kerch Peninsula have been identified, which can become part of existing protected areas or newly created ones by increasing the existing area of the reserve fund by 2 times. The strategy is aimed at increasing the area of protected areas, mainly steppe landscapes, the preservation of which, in an intact state, will make it possible to expand the range and increase the populations of red book species of flora and fauna. In general, the increase in the territories of the reserve fund will give a positive dynamic in preserving the biodiversity of the region, will improve the quantitative and qualitative indicators of ecological tourism and will contribute to an increase in the overall tourist flow to the Kerch Peninsula.
Keywords: Republic of Crimea, specially protected natural areas, ecological tourism, biodiversity conservation.

Введение. Вопросу сохранения биоразнообразия, естественных ландшафтных комплексов, уникальных природных объектов, естественных мест обитания для эндемичных и краснокнижных видов в России уделяется особое внимание. Ежегодно увеличивается территория заповедного фонда, расширяются и создаются новые особо охраняемые природные территории, ужесточается природоохранное законодательство, создаются новые механизмы рационального природопользования. Все эти факторы способствуют в

стабилизации, сохранении и преумножении как редких и исчезающих видов животных и растений, так и в улучшении качества окружающей природной среды для жизни человека.

ООПТ согласно закона Российской Федерации от 14.03.1995 №33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» – это участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, которые имеют особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, которые изъяты решениями органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для которых установлен режим особой охраны [1].

Всего в Российской Федерации на конец 2022 года насчитывалось 11931 единиц заповедного фонда (без учета ООПТ новых территорий) всех уровней значимости, общей площадью 244,3 млн га, что по отношению к общей площади России составляет 14,27 % (табл. 1).

Таблица 1 – Количество ООПТ в России во временном и площадном разрезе (составлено автором на основе данных [2])

Год	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Количество ООПТ, ед.	12944	12995	11936	11939	11868	11822	11823	11880	11931
Площадь, млн га	202,3	206,6	211,7	212	237,7	238,8	240,1	242,13	244,3
% от площади РФ	11,81	12,06	12,36	12,38	13,88	13,95	14,02	14,14	14,18

С учетом особенностей задач, режима и статуса различаются следующие категории ООПТ:

- государственные природные заповедники, в том числе биосферные;
- национальные парки;
- природные парки;
- государственные природные заказники;
- памятники природы;
- дендрологические парки и ботанические сады;
- лечебно-оздоровительные местности и курорты [1].

Соотношение количества ООПТ федерального, регионального и местного значения в России по годам и площадям представлено в таблицах 2-4.

Таблица 2 – Данные о ООПТ России федерального значения (составлено автором на основе данных [2])

Год	Количество ООПТ федерального значения, ед.	Площадь, млн, га	% от общего количества ООПТ	% от общей площади ООПТ	% от общей площади РФ
2014	281	59,4	2,17	29,40	3,47
2015	278	60,1	2,14	29,09	3,51
2016	272	62,3	2,27	29,43	3,64
2017	272	62,9	2,28	29,67	3,67
2018	290	71,5	2,44	30,08	4,18
2019	295	73,8	2,50	30,91	4,31
2020	296	75,0	2,50	31,24	4,38
2021	298	75,1	2,51	31,02	4,39
2022	300	75,9	2,52	31,07	4,41

Таблица 3 – Данные о ООПТ России регионального значения (составлено автором на основе данных [2])

Год	Количество ООПТ регионального значения, ед.	Площадь, млн, га	% от общего количества ООПТ	% от общей площади ООПТ	% от общей площади РФ
2014	11475	116,4	88,65	57,54	6,80
2015	11467	120,9	88,24	58,52	7,06
2016	10474	122,0	87,75	57,63	7,12
2017	10474	123,8	87,75	58,40	7,23
2018	10446	117,7	88,05	49,52	6,87
2019	10446	117,5	88,36	49,20	6,86
2020	10437	117,6	88,28	48,98	6,87
2021	10566	119,7	88,94	49,44	6,99
2022	10625	121,1	89,05	49,57	7,03

Таблица 4 – Данные о ООПТ России местного значения (составлено автором на основе данных [2])

Год	Количество ООПТ местного значения, ед.	Площадь, млн, га	% от общего количества ООПТ	% от общей площади ООПТ	% от общей площади РФ
2014	1188	26,5	9,18	13,06	1,54
2015	1250	25,7	9,62	12,39	1,49
2016	1190	27,5	9,98	12,94	1,60
2017	1193	25,3	9,47	11,93	1,48
2018	1132	48,6	9,51	20,40	2,83
2019	1081	47,5	9,14	19,89	2,78
2020	1090	47,5	9,22	19,78	2,77
2021	1016	47,3	8,55	19,54	2,76
2022	1006	47,3	8,43	19,36	2,74

Сегодня ООПТ России – это многофункциональная сеть природных территорий с определенным статусом охраны и выполнением различных практических задач связанных с природоохранной деятельностью, культурной, исторической, хозяйственной, научной и образовательной функциями. Особое внимание федеральными властями уделяется внимание развития на территории заповедного фонда доступного экологического туризма, который в последнее время, с увеличением спроса внутреннего туризма в России, стал очень популярен. Национальный проект «Экология» подразумевает увеличение потока туристов в ООПТ по сравнению с 2018 г. к 2025 году в два раза, с 6 млн чел. до 12 млн чел. в год [3].

Целью исследования является выявление факторов, способствующих увеличению количества и площади особо охраняемых природных территорий в пределах Керченского полуострова, а также выявление основных направлений экологического туризма в данных заповедных территориях.

Материалы и методы исследования. В исследовании были использованы следующие материалы: статистические данные Росстата, Крымстата, база данных ООПТ России и Крыма, паспорт Национального проекта «Экология», законодательная база в области ООПТ, картографические данные ООПТ Крыма, Красные книги России и Крыма.

Исследование проводилось на основе применения общенаучных методов исследования - анализ, системность, синтез, комплексность, детализация и обобщение. Данные методы позволили выявить приоритетные территории Керченского полуострова, которые могли бы стать ООПТ местного или регионального значения, а также увеличить площадь Опукского и Казантипского заповедников.

Теоретической основой исследования стали научные работы таких отечественных

ученых, как Н.А. Потапова, Л. В. Байлагасов, Д.В. Черных, В.Г. Ена, Ал.В. Ена, Ан.В. Ена, В. Мальцев, Г. Карпова, Л. Зуб, В. Е. Борейко, Ф. Р. Штильмарк, Н. Н. Дроздов и другие [4-11].

Результаты исследования и их обсуждение. Рассматривая историю зарождения и становления заповедных территорий в Крыму, можно выделить несколько этапов. В античный и средневековый периоды внимание к природным объектам и их сохранности уделялось по культовому и религиозному принципу (священные рощи, места силы, места паломничества, дольмены, захоронения). Первые шаги закрепить природоохранный статус территориям на законодательном уровне были предприняты в Российской империи. В конце XIX столетия в Крыму был создан «Заказник императорской охоты», где члены императорской семьи занимались охотой. В 1927 году был прият декрет о создании крымского государственного заповедника, этот год и считается началом развития ООПТ на Крымском полуострове. В конце советского периода заповедный фонд Крыма насчитывал 158 объектов, из которых 4 объекта ООПТ относились к государственным природным заповедникам (Крымский заповедник, Ялтинский горно-лесной, заповедник «Мыс Мартьян», Карадагский заповедник). За почти четверть века нахождения Крыма в составе Украины, общее количество объектов ООПТ увеличилось до 176, были созданы 2 новых природных заповедника – Казантипский и Опукский [12].

На сегодняшний день прослеживается положительная динамика увеличения объектов ООПТ и их площадей (табл. 5). За последние 30 лет общая площадь заповедных земель в Крыму увеличилась почти в 2 раза, что составляет порядка 8.37% от общей площади полуострова, однако Организацией объединенных наций рекомендуется минимальное количество площади ООПТ не менее 10% от площади региона. Объединение небольших ООПТ регионального значения в национальные или природные парки, даст новый виток развития этих природоохранных территорий, в первую очередь в области финансирования, что позволит более масштабно заниматься научно-исследовательской деятельностью и развивать экологический туризм на этих территориях.

Таблица 5 – Данные об ООПТ Крыма во временном разрезе за последние 30 лет (составлено автором по данным [2, 12, 13])

Показатели	1991	1999	2005	2014	2020	2023
ООПТ регионального и местного значения, ед.	117	99	101	176	191	196
ООПТ общегосударственного значения, ед.	41	43	44	-	9	9
Общее количество ООПТ, ед.	158	142	145	176	200	205
Общая площадь ООПТ, тыс. га	135	116,4	128,1	155	225,25	225,94
Процент ООПТ от общей площади Крыма, %	5	4,3	4,7	5,7	8,34	8,37
Количество заповедников в Крыму, ед.	4	6	6	6	5	5
Площадь заповедников Крыма, тыс. га	51	54,1	54,1	54,1	29	29

Больше всего ООПТ в Крыму сконцентрировано в горной части полуострова и на Южном берегу Крыма. Однако расширение границ ООПТ в этих районах ограничивается как самой территорией, так и рекреационной нагрузкой на них. Для увеличения территорий заповедного фонда Крыма, необходимо рассматривать иные регионы полуострова, которые с точки зрения защиты природных объектов и биоразнообразия очень важными. Одним из таких перспективных районов Крыма может стать Керченский полуостров. Это самый большой полуостров на территории Республики Крым, общая площадь которого равна около 3000 км^2, а протяженность береговой линии вдоль Азовского и Черного морей 300 км. На данный момент на территории Керченского полуострова находятся 17 объектов ООПТ, из них 2 государственных заповедника, 4 природных заказников, 9 памятников природы,

природный и ландшафтно-рекреационный парки (табл. 6, рис. 1) [14]. Общая площадь ООПТ Керченского полуострова составляет 15,37 тыс. га, что соответствует 5,12 % от общей площади Керченского полуострова и 6,8 % по отношению к общей площади ООПТ Крыма.

Таблица 6 – ООПТ Керченского полуострова (составлено автором по данным [13, 14])

№	Название ООПТ	Площадь, га	Год образов.	Статус
1	Государственный природный заповедник «Казантипский»	450,10	1998	федеральный
2	Государственный природный заповедник «Опукский»	1 592,30	1998	федеральный
3	Государственный природный заказник «Осовинская степь»	3 472,00	2011	региональный
4	Государственный природный заказник «Астанинские плавни»	50,00	1974	региональный
5	Государственный природный заказник «Парпачский гребень»	417,40	2020	региональный
6	Государственный природный заказник «Озеро Чокрак»	1000,00	2011	региональный
7	Природный парк «Караларский»	6 806,00	1988	региональный
8	Ландшафтно-рекреационный парк «Мыс Такиль»	850,00	2013	региональный
9	Памятник природы регионального значения «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Опук и островов Скалы-Корабли»	150,00	1972	региональный
10	Памятник природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Хрони»	180,00	1972	региональный
11	Памятник природы «Прибрежный аквальный комплекс у Арабатской стрелки»	150,00	1972	региональный
12	Памятник природы «Грязевая сопка Обручева», Булганаксое сопочное поле	1,00	1996	региональный
13	Памятник природы «Грязевая сопка Андрусова», Булганаксое сопочное поле	1,00	1996	региональный
14	Памятник природы «Грязевая сопка Вернадского», Булганаксое сопочное поле	1,00	1996	региональный
15	Памятник природы «Сопка Джау-Тепе»	10,00	1975	региональный
16	Памятник природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Чауда»	90,00	1972	региональный
17	Памятник природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Карангат»	150,00	1972	региональный
Общая площадь ООПТ Керченского полуострова		15370,80 га		

Территория Керченского полуострова административно относится к Ленинскому району и муниципальному образованию городской округ Керчь. Основные виды хозяйственной деятельности данного региона относятся к сельскому хозяйству и рекреации. Промышленные объекты непосредственно расположены в самом городе Керчи и в общем не влияют на природные комплексы Керченского полуострова [15].

ООПТ Керченского полуострова в основном расположены вдоль береговой линии и на хозяйственную деятельность дополнительной нагрузки, в области изъятия сельхозземель, не оказывают (рис. 1).

Увеличить полезную площадь ООПТ возможно за счет объединения объектов заповедного фонда и присоединения радиальных участков данных территорий или создания новых объектов ООПТ. Рассмотрим основные приоритетные направления увеличения площадей ООПТ Керченского полуострова:

Рисунок 1 – Расположение ООПТ Керченского полуострова по данным таблицы 6

1. Объединить в единый объект ООПТ государственный природный заказник «Осовинская степь», с памятниками природы «Грязевая сопка Обручева», «Грязевая сопка Андрусова», «Грязевая сопка Вернадского», с увеличением территории до г. Темирова и прилегающих земель. И на этой базе создать природный парк регионального значения «Киммерийская степь».

2. Увеличить государственный природный заказник «Астанинские плавни», включив в ее состав территории озера Акташского.

3. Создать на основе природного парка «Караларский» – Национальный парк, включив в его состав земли государственного природного заказника «Озеро Чокрак» и расширив территорию до вулкана Буранского.

4. Увеличить площадь Опукского природного заповедника, по средствам включения в его состав прилегающих степных ландшафтов до села Борисовка.

5. Соединить в единый объект ООПТ памятники природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Чауда» и «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Карангат» в государственный природный заказник.

6. Создать государственный природный заказник на территории озера Тобечик.

7. Создать на территориях искусственных лесонасождений Керченского полуострова ландшафтно-рекреационный парк, обеспечив уход и сохранность искусственных лесов от деградации, вырубки, хозяйственной деятельности на их территории (табл. 7).

Исходя из таблицы 7, возможно общее увеличение территорий заповедного фонда Керченского полуострова до 36855,9 га, что будет соответствовать 12,28 % от общей площади региона.

Стратегия увеличения ООПТ в восточном Крыму, при разностороннем развитии и должном финансировании в долгосрочном периоде позволит увеличить туристический поток, через популяризацию экологического туризма. На сегодняшний день направлением экологического туризма занимаются только государственные природные заповедники Казантипский и Опукский, развивая экологические тропы на своих территориях. В различные времена года природные объекты уникальны и разнообразны. Создание сети экологических маршрутов на всех объектах ООПТ Керченского полуострова, позволит

туристам оценить весь спектр природных богатств региона. Начиная с ранней весны, когда степи усыпаны краснокнижными цветущими растениями и до поздней осени, когда можно наблюдать за миграцией разных видов птиц.

Таблица 7 – Перспективные новые ООПТ Керченского полуострова

№	Объединенный или созданный новый объект ООПТ Керченского полуострова	Фактические ООПТ входящие в новые или объединенные объекты ООПТ Керченского полуострова	Фактическая площадь ООПТ, га	Планируемая площадь нового объекта ООПТ, га
1	Природный парк «Киммерийская степь»	Государственный природный заказник «Осовинская степь», памятники природы «Грязевая сопка Обручева», «Грязевая сопка Андрусова», «Грязевая сопка Вернадского»	3475	7000
2	Государственный природный заказник «Астанинские плавни»	Государственный природный заказник «Астанинские плавни»	50	3500
3	Национальный парк «Караларский»	Природный парк «Караларский», государственный природный заказник «Озеро Чокрак»	7806	13806
4	Опукский природный заповедник	Опукский природный заповедник	1592,3	3000
5	Государственный природный заказник «Прибрежный аквальный комплекс от мыса Чауда до мыса Карангат»	Памятники природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Чауда» и «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Карангат»	240	510
6	Государственный природный заказник «Озеро Тобечик»	-	-	2500
7	Ландшафтно-рекреационный парк «Керченский лес»	-	-	4332,4
Итого общая планируемая площадь объединенных и новых ООПТ			13163,3	34648,4

Выводы. Развитие ООПТ в России очень важный, стратегический вопрос, направленный на сохранение природных объектов разных уголков нашей большой страны. Сегодня доля ООПТ от общей площади России составляет 14,18 %, в Крыму этот показатель равен 8,37 %, а на территории Керченского полуострова – 5,12 %. Несмотря, на то, что основным хозяйственным направлением в восточном Крыму, является сельское хозяйство, возможно увеличение территорий заповедного фонда до 12,28 % без ущерба хозяйственной деятельности. Такое увеличение заповедных территорий позволит улучшить механизмы сохранения биоразнообразия. Кроме увеличения территорий необходимо рассматривать увеличение статуса охранных территорий, развивать инфраструктуру как транспортную, так и рекреационную. С сентября 2023 года вступит в силу закон о туризме на особо охраняемых природных территориях, который позволит урегулировать хозяйственную деятельность в ООПТ, в частности и рекреационную, а именно в области строительства туристической инфраструктуры и параллельно защитить национальные парки и заповедники от чрезмерного влияния человека на уникальные природные системы. Данный законопроект позволит через национальные проекты и частное инвестирование привлечь дополнительное финансирование на объекты ООПТ для улучшения выполнения первоочередных задач природоохраной направленности.

Список использованной литературы:

1. Об особо охраняемых природных территориях: федеральный закон № 33-ФЗ от 14.03.1995. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_6072/ (дата обращения: 30.04.2023).
2. Сайт «Федеральная служба государственной статистики». Особо охраняемые природные территории. URL: https://rosstat.gov.ru/folder/11194 (дата обращения: 25.04.2023).
3. Сайт «Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации». Паспорт национального проекта Национальный проект «Экология». URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/np_ecology/%D0%9D%D0%9F%20%D0%AD%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F.pdf (дата обращения: 26.04.2023).
4. *Потапова Н.А., Назырова Р.И., Забелина Н.М., Исаева-Петрова Л.С., Коротков В.Н., Очагов Д.М.* Сводный список особо охраняемых природных территорий Российской Федерации (справочник) / Отв. ред. Д.М. Очагов. Ч. I. М.: ВНИИ природы, 2006. 348 с.
5. *Байлагасов Л.В.* Теория и практика заповедного дела: учебное пособие. Горно-Алтайск: РИО Горно-Алтайского госуниверситета, 2013. 260 с.
6. *Черных Д.В.* Особо охраняемые природные территории и основы территориальной охраны природы: учебное пособие. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2014. 227 с.
7. *Ена В.Г., Ена Ал.В., Ена Ан.В.* Заповедные ландшафты Тавриды. Симферополь: Бизнес-информ, 2004. 423 с.
8. *Мальцев В., Карпова Г., Зуб Л.* Крым заповедный. Туристический путеводитель. Симферополь, 2014. 96 с.
9. *Борейко В.Е.* Дон Кихоты: История. Люди. Заповедники. Экол.-просвет. центр «Заповедники». М.: Логата, 1998. 287 с.
10. *Штильмарк Ф.Р.* Заповедники и заказники. М.: Физкультура и спорт, 1984. 144 с.
11. *Дроздов Н.Н.* Жемчужины природы – заповедники. М.: Просвещение, 1985. 191 с.
12. *Гамаюнов О.А.* Развитие особо охраняемых природных территорий в Республике Крым // Сборник II Национальной научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы техники, технологии и образования». Керчь. 2021. С. 356-359.
13. Управление особо охраняемыми природными территориями Республики Крым. Карта ООПТ Республики Крым. URL: https://xn----ttbgfagjn8f.xn--p1ai/karta-oopt-rk/ (дата обращения: 26.04.2023).
14. *Гамаюнов О.А., Потапова А.С.* Экологический туризм в особо охраняемых природных территориях Керченского полуострова // Морские технологии: проблемы и решения – 2022: сборник статей участников научно-практической конференции. Керчь, 2022. С. 287-291.
15. *Вынгра А.Н.* Определение проблем устойчивого развития прибрежных территорий Республики Крым // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. № 1. 2023. С. 34-42.

References:

1. Russian Federation. The Federal Law of the Russian Federation N 33-FZ of March 14, 1995, *Ob osobo ohranyaemyh prirodnyh territoriyah* [About specially protected natural territories]. (In Russian). Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_6072/ (accessed 30.04.2023).
2. *Sayt «Federalnaya sluzhba gosydarstvennoj statistiki». Osobo ohranyaemye prirodnye territorii* [Website “Federal State Statistics Service”. Specially protected natural areas]. (In Russian). Available at: https://rosstat.gov.ru/folder/11194 (accessed 25.04.2023).
3. *Sayt «Ministerstvo prirodnyh resursov i ekologii Rossijskoj Federacii». Pasport nacional’nogo proekta Nacional’niy proekt “Ekologiya”* [Website “Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation”. Passport of the national project National project “Ecology”] (In Russian). Available at: https://www.mnr.gov.ru/docs/np_ecology/%D0%9D%D0%9F%20%D0%AD%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F

.pdf (accessed 26.04.2023).
4. Potapova N.N., Nazirova N.I. Zabelina N.M., Isaeva-Petrova L.S., Korotkov V.N., Ochagov D.M. *Svodniy spisok osobo oxranyaemyh prirodnyh territorij Rossijskoj Federacii* [Consolidated list of specially protected natural territories of the Russian Federation]. Part 1. Moscow, Research Institute of Nature Publ., 2006, 348 p. (In Russian).
5. Baylahasov L.V. *Teoriya i praktika zapovednogo dela* [Theory and practice of conservation. Study guide.] Gorno-Altaysk, Gorno-Altai State University Publ., 2013, 260 p. (In Russian).
6. Chernykh D.V. *Osobo ohranyaemie prirodnie territorii i osnovi territorial'noy ohrany prirody* [Specially protected natural territories and the basics of territorial nature protection]. Barnaul, Altai State University Publ., 2014. 227 p. (In Russian).
7. Ena V.G., Ena Al.V., Ena An.E. *Zapovednie landshafti Tavridi* [Protected landscapes of Taurida]. Simferopol, Business-inform Publ., 2004, 423 p. (In Russian).
8. Mal'cev V., Karpova G., Zyb L. *Krim zapovedniy. Turisticheskiy putevoditel* [Crimea is reserved. Tourist guide.]. Simferopol, 2014, 96 p. (In Russian).
9. Boreyko V.E. *Don Kixoti: Istorii. Luydi. Zapovedniki.* [Don Quixotes: A History. People. Nature reserves.]. Moscow, Logata, 1998, 287 p. (In Russian).
10. Shtil'mark F.R. *Zaovedniki i zakazniki* [Nature reserves and nature reserves.]. Moscow, Fizkul'tura i sport Publ., 1984, 144 p. (In Russian).
11. Drozdov N.N. *Zhemchuzheni prirodi – zapovedniki* [Pearls of nature – nature reserves]. Moscow, Prosveshchenie Publ., 1985, 191 p. (In Russian).
12. Gamayunov O.A. Razvitie osobo ohranyaemyh prirodnyh territoriy v Respublike Krim [Development of specially protected natural territories in the Republic of Crimea]. *Sbornik 2 Nacional'noy nauchno-prakticheskoy konferencii s mejdnarodnim uchastiem «Aktual'nye problemy tehniki, tehnologii i obrazovaniya»* [Collection of the 2nd National Scientific and Practical Conference with international participation "Actual problems of engineering, technology and education"]. Kerch, 2021, pp. 356-359. (In Russian).
13. *Upravlenie osobo ohranyaemymi prirodnymi territoriyami Respubliki Krim. Karta OOPT Respubliki Krim* [Management of specially protected natural territories of the Republic of Crimea. Map of protected areas of the Republic of Crimea]. (In Russian). Available at: https://xn----ttbgfagjn8f.xn--p1ai/karta-oopt-rk / (accessed 26.04.2023).
14. Gamayunov O.A., Potapova A.S. Ekologicheskij turizm v osobo ohranyaemyh prirodnyh territoriyah Kerchenskogo poluostrova [Ecological tourism in specially protected natural areas of the Kerch Peninsula]. *Sbornik statej uchastnikov nauchno-prakticheskoj konferencii «Morskie tekhnologii: problemy i resheniya – 2022»* [Collection of articles of participants of the scientific and practical conference "Marine technologies: problems and solutions – 2022"]. Kerch, 2022, pp. 287-291. (In Russian).
15. Vyngra A.N. Opredelenie problem ustoychivogo razvitiya pribrejnyh territoriy Respubliki Krim [Identification of problems of sustainable development of coastal territories of the Republic of Crimea]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2023, no. 1, pp. 34-42. (In Russian).

Сведения об авторе / Information about author

Гамаюнов
Олег Анатольевич
преподаватель кафедры экологии моря
Керченский государственный морской технологический университет
298306, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
Gamayunovoleg88@gmail.com

Gamayunov
Oleg Anatolievich
teacher of the Department of Marine Ecology
Kerch State Maritime Technological University
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
Gamayunovoleg88@gmail.com

УДК 504.055 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.003**

Гринев В.Ф., Демидова М.Э., Турьянова А.Г.

ФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

Аннотация. Рассмотрены термодинамические процессы, происходящие на Земле в контексте глобального потепления. Показана основная роль тепловой энергии, выделяемой поверхностью тропического пояса планеты в процессах глобального потепления. Проанализированы существующие проекты по борьбе с глобальным потеплением. Приводится гипотеза о сложном тепловом воздействии полотен автострад, стен и крыш городских зданий на термодинамику тропического пояса планеты. Предложен новый потенциальный проект борьбы с глобальным потеплением путем изменения теплофизических свойств объектов мегаполисов тропического пояса. Проектом предусматривается также снижение выбросов углекислого газа путем упорядочения автомобильного движения в пределах городских микрорайонов. Рассматривается модель организации городского микрорайона, в котором отсутствует внутрирайонное автомобильное движение, что исключает значительное количество выбросов углекислого газа. Автомобильное движение в пределах территории микрорайона осуществляется по окружной автодороге. Предложено на обочинах этой дороги установить инженерное оборудование по утилизации бытовых отходов, производимых населением микрорайона. Подчеркнута важная роль спутникового мониторинга за выбросами парниковых газов.
Ключевые слова: термодинамика, экватор, тропический пояс, океан, углекислый газ, автомобиль, мегаполис, микрорайон, спутниковый мониторинг.

Grinev V.F., Demidova M.E., Turyanova A.G.

PHYSICAL ASPECTS OF GLOBAL WARMING

Abstract. Termodinamic procsses are considered, happening on earth in the context of global warming. The main role of termal energy releasad by the surface of the tropical belt of the planet is shown. The existing potential projects to combat global warming are analysed. A hypothesis is given about the complex thermal effect of motorway traks, walls and roofs of urban buildings on the termodynamics of the tropical belt of the planet. A new potential project to combat global warming by changing the thermophisical properties of megacities of the tropical belt is proposed. The project also provides for the reduction of carbon dioxid emissions by streamlining automobile traffic within urban neighborhoods. The model of the organization of urban heighborhoods is considered, where there is no intra-district automobil traffic, which elimenates significant amount of carbon dioxide emissions. Automobile traffic within the territory of the microdistrict is carried out on a ring road. It is proposed to install engineering equipment on the sides of this road for the disposal of waste produced by population of the microdistrict. The important role of satellite monitoring of greenhouse gas emissions is emphasized.
Keywords: termodinamic, equator, tropical belt, ocean, carbon diocxid, car, megapolis, microdistrict, the satellite monitoring.

Введение. Впервые о роли тепловой энергии, производимой человеком, в общем энергетическом балансе с учетом экологических проблем упоминается в фундаментальной работе [1]. В этой работе американский экономист и эколог Б. Коммонер проанализировал из каких затрат (добыча и обогащение урановой руды, подготовка и регенерация ядерного топлива, ликвидация отходов и нанесенного природе ущерба) надо исходить при определении среднего теплового к.п.д. на примере энергетического баланса АЭС мощностью в 1000 МВт; в итоге получилось, что АЭС, на каждые произведенные 3900 МВт, выбрасывает в окружающую среду 2900 МВт, и реальный к.п.д. составил 27 % вместо ранее рассчитанного 36 %. Позже заговорили о сбросах разогретых вод и «тепловом» загрязнении

окружающей среды [2]. Через 5 лет после этой публикации была четко сформулирована проблема «глобального потепления» [3]: «Наибольшую озабоченность вызывают возможные последствия глобального потепления, вызываемые накоплением в атмосфере двуокиси углерода и других газов. Климатические изменения в связи с потеплением приведут к нарушению сельскохозяйственных систем в регионах, которые обеспечивают значительную часть мировых урожаев зерновых. Уровень моря может настолько повыситься в течение первой половины следующего столетия, что произойдут значительные изменения границ между прибрежными странами, то есть, вероятно, увеличится напряженность в международных отношениях» [3, с. 264].

Экологи США встревожены: приповерхностные воды (до глубины 100 м) Индийского океана в марте 2023 г. нагрелись до рекордной температуры 20 °С, что угрожает понижению концентрации растворенного в воде кислорода и удушьем обитателей океанов.

Всемирная метеорологическая организация (ВМО) зафиксировала в 2008 г. похолодание на 0,5 °С, что поставило под сомнение, обсуждаемый экологами процесс глобального потепления. Похолодание объясняли появлением холодного течения Ла-Ниньо в Тихом океане, поверхностные воды которого охлаждают воздух более чем на 0,5 °С в отличии от феномена теплого течения Эль-Ниньо (зафиксировано в 1998 г.), повышающего температуру [4]. Если дальнейшие измерения подтвердятся, то метеорологи посчитают, что пик глобального потепления, возможно, пройден.

Цели исследования:

- освещение роли отраженной солнечной энергии, выделяемой урбанизированными территориями тропического пояса Земли, в процессах глобального потепления;
- прояснение степени воздействия автотранспортной системы (автомобиль – дорожное покрытие) в нагревании атмосферного воздуха теплом, поглощенным дорожными полотнами и выбросами углекислого газа;
- разработка инженерных решений по снижению воздействия термодинамических процессов урбанизированных территорий на глобальное потепление.

Материалы и методы исследования. Описание взаимного влияния проблем озоновых «дыр» и глобального потепления периодически находят отображение в ряде научных публикаций. Спутниковыми наблюдениями установлено, что озоновый слой над экватором и полюсами самый тонкий. Большие озоновые дыры зафиксированы над пустынным центром Австралийского континента и над Антарктидой [5], где из-за отсутствия ультрафиолета солнечного света озон не образуется. Над Австралией много света и ультрафиолета, но много и водяного пара, способствующего молекулам фреона вступать в разрушительную реакцию с молекулами озона. Экологи считают, что основными причинами попадания в стратосферу разрушающих озон промышленных хлорфторуглеродов являются запуски ракет, вырубка и уничтожение пожарами лесов. Физики выяснили, что озоновый экран, поглощая коротковолновое ультрафиолетовое солнечное излучение и препятствуя его губительному воздействию на биосферу, также предотвращают перегрев земной поверхности.

Урбанизированная территориальная подсистема тропического пояса Земли в силу наибольшего суточного нагрева ее поверхности Солнцем, вероятно, вносит наибольший вклад в глобальное потепление. Исследуя термодинамику тропического пояса, будем пользоваться тремя основными методологическими принципами, сформулированными американским экологом Б. Коммонером [1]: *за все надо платить; все куда-то движется; все взаимосвязано*. Эти принципы в развернутом виде изложены в главе «Методы принятия решений в области охраны окружающей среды» работы [6]. Примем во внимание подходы, приемлемые для устойчивого состояния окружающей среды относительно энергетической политики, изложенной в работе [3]: «В теории все различные источники энергии смогут способствовать в будущем созданию смешанной глобальной системы энергетических ресурсов. Но каждый источник энергии характеризуется присущими ему экономическими, гигиеническими и экологическими параметрами стоимости, выгодами и рисками – факторами, которые интенсивно взаимодействуют с другими правительственными и

глобальными приоритетами».

В исследованиях данной статьи использованы классические научные факты о геологическом строении Земли и о физических энергетических процессах, происходящих как внутри планеты, так и в ее атмосферной оболочке [7-9].

Идеи сравнительно новых потенциальных проектов снижения глобального потепления (к ним следует отнестись критически) изложены в работе [10]. Признано, что рост в городах числа автомобилей и количества ДВС существенно увеличили выбросы CO_2. Это вызвало появление устройств улавливания диоксида углерода из отходящих газов дымовых труб тепловых электростанций, сжижение их и закачивание под морское дно [10]. Однако, оказалось, что рассеянные по всем континентам автомобильные выбросы углекислого газа вряд ли в перспективе удастся уловить.

Другой проект предусматривал улавливание CO_2 с помощью посадки быстрорастущих деревьев. Но, и этот долгосрочный путь был признан нерентабельным, так как темпы поглощения газа природным фотосинтезом существенно замедляются со старением деревьев. Возникло также опасение, что значительный рост биомассы может дестабилизировать азотный цикл.

Рассматривался вариант поглощения CO_2 морскими микроорганизмами – фитопланктоном. Рост этих организмов обусловливался наличием в океанической среде питательных веществ, особенно железа. Были проведены в конце 90-х в околополярных частях Индийского, Тихого и Атлантического океанов, к югу от Тасмании эксперименты по стимулированию роста биомассы фитопланктона. Но не удалось выяснить, поступил ли поглощенный CO_2 в океанские глубины, и не возник ли процесс дезоксигенации, способный разрушить морские пищевые цепи [10].

Предотвратить перегрев земной поверхности от солнечной радиации методом подачи аэрозольных частиц диоксида серы в стратосферу предлагал русский геофизик, академик М.И. Будыко (1920-2001). Однако, сложность доставки тысяч тонн частиц на высоту, предельную для современных самолетов, стала препятствием для осуществления этого проекта [10].

Развитие космических технологий способствовало появлению проекта доставки на космических кораблях системы зеркал или других отражающих устройств в точки Лагранжа (точки, находящиеся на линии Земля-Солнце, в которых на малые объекты не действуют межпланетные силы). Предполагалось, что отражающие объекты смогут находиться в заданных точках бесконечно долго, однако детальные расчеты показали, что ожидаются смещающие силы гравитации от других планет, в связи с чем стабилизация положения платформы космического корабля в течение долгого времени окажется непрактичной [10].

Рассмотренные проекты, хотя и отличались оригинальностью и научной новизной, не могли быть реализованы по нескольким причинам: проекты, связанные с использованием космических технологий, изначально содержали фантастические идеи, другие, по нашему мнению, представляли опасное вторжение в тонкий механизм функционирования природных экосистем, нарушением равновесия их трофических цепей. Мероприятия по защите нашего общепланетарного городского хозяйства от теплового перегрева, по-видимому, потребуют выполнения в течение нескольких столетий.

Рассмотрим некоторые исследования метеорологов и климатологов. Известна концепция климат-нейтрального города [11]. В этой работе предлагалось национальным правительствам определить постоянные источники финансирования (за все надо платить) для противодействия изменению климата и делегировать городским властям достаточные полномочия для снижения выбросов парниковых газов и адаптации городов к климатическим рискам.

Международной организацией сотрудничества и экономического развития (ОЭСР) была разработана программа развития «зеленых городов» [12]. Приоритетом программы являлся «зеленый рост», понимаемый как экономическое развитие при одновременном снижении выбросов парниковых газов и предотвращением загрязнения окружающей среды

отходами. Эти две работы, появившиеся в период 2007-2010 гг. относительного политического затишья могли бы стать «руководством к действию», однако, по нашему мнению в них не рассматривалась ключевая роль ДВС в насыщении городской атмосферы выбросами углекислого газа, и тем более не учитывалось тепловое насыщение атмосферы от, перегреваемых солнечной радиацией, значительных площадей городских автодорожных полотен и металлических кузовов миллионов автомобилей, разносящих и разогревающих своим теплом отдаленные пространства.

Результаты исследования и их обсуждение. Противоречивые суждения климатологов и экологов могут говорить о том, что мы еще многого не знаем об энергетических процессах, происходящих на нашей планете (солнечная радиация и озоновые дыры, остывание расплавленного ядра планеты и вулканическая активность, таяние ледников и смена направлений теплых и холодных океанических течений, парниковый эффект и обилие тропических ливней в Европе). Мы вправе задать вопрос: существует ли на самом деле глобальный парник? Кто выращивал овощи под куполом пленки, тот знает, как в парнике жарко, влажно и тяжело дышать, – находишься будто бы в тропических джунглях. Вот тропический пояс Земли в пределах 30°-х параллелей на север и юг от экватора – это и есть парник, но его купол весь в озоновых дырах, что позволяет нашей атмосфере «проветриваться» и на уровне океанской глади, и в космосе.

Согласно последним научным данным [13], концентрация водяного пара в атмосфере увеличивается, и следовательно, парниковый эффект должен усиливаться. Однако, земная атмосферная оболочка по своим физическим характеристикам разная, и при измерении таких параметров как влажность, испарение, конденсация, необходимо учитывать множество региональных особенностей рельефа и теплоемкости земной поверхности, распределение суши и океана, фазовые переходы облаков и осадков [13]. Данные космических исследований позволили сделать вывод о том, что парниковый эффект на Венере подобен земному. Разница в том, что углекислого газа в атмосфере Венеры в миллионы раз больше, чем в атмосфере Земли; поверхность Венеры нагрета до 475 °С, и она находится намного ближе к Солнцу. Плотный слой углекислого газа защищает выход отраженного (излучаемого) тепла от Венеры в космос.

Земля образовалась около 4500 млн лет назад из огненной смеси кипящих пород и газов. При постепенном остывании этой смеси на поверхности земного шара начала затвердевать тонкая корка, под которой долгое время оставалась сильно разогретая полужидкая масса. О современной внутренней структуре земного шара известно не все, но многое: на глубине 6300 км, в центре шара температура около 6000 °С (такая же, как на поверхности Солнца); внутреннее ядро планеты представляет собой жидкую металлическую сферу; вблизи поверхности земли находится полужидкая сфера из текучих каменистых пород; при землетрясениях породы изливаются на поверхность Земли через жерла 850 вулканов, 80 из которых находятся под днищами морей и океанов. Наибольшее количество вулканов расположено в пределах тропического пояса, по границам Тихоокеанской и Индо-Австралийской плит [14]. Часто, по соседству с вулканами, располагаются гейзеры и грязевые источники, выбрасывающие подземные термальные воды или кипящую грязь. Много внутреннего тепла сохраняется еще в недрах Земли. Важно выяснить, на каких оно глубинах и как долго может греть отдельные участки планеты.

Земля, как и другие планеты солнечной системы, вращается вокруг своей оси против часовой стрелки благодаря инерции сохранения момента импульса, полученного от движения всей солнечной системы во Вселенной. В результате такого вращения на поверхности планеты происходят следующие термические процессы:

- изменение дневных и ночных температур;
- нагрев и остывание морских и океанских вод, связанные с приливами и отливами;
- отклонение направлений ветров, приносящих похолодание или потепление.

Ось собственного вращения Земли может незначительно менять свой угол наклона к плоскости ее солнечной орбиты (в среднем этот угол колебания оси составляет 66,5 °С).

Огромные территории экваториального тропического пояса при вращении земного шара (и собственного, и орбитального, исключая смену дня и ночи) всегда находятся в поле солнечного обогрева. Солнечные лучи за 8 минут, преодолев космическое пространство, почти перпендикулярно вонзаются в тропический пояс. При этом разогретый воздух поднимается ввысь, а холодные воздушные массы с северного и южного полушарий устремляются к экватору. Такая термодинамическая система в процессе вращения земного эллипсоида позволяет нагревать Солнцу максимально, в основном, поверхности тропического пояса планеты.

Годичная сезонная солнечная радиация возрастает с севера на юг в соответствии с изменением высоты Солнца. Исключение составляет период с мая по июль, когда сочетание большой продолжительности дня и высоты Солнца обеспечивают высокие значения суммарной радиации в северном полушарии. Днем, под солнечными лучами (особенно в тропическом поясе, где находятся значительные территории городских агломераций), поверхности всех городских материальных объектов, в том числе автодорог и автомобилей, аккумулируют солнечную радиацию. Осуществляется непрерывный процесс накопления тепла городскими агломерациями. За ночное время эти объекты не успевают охладиться, и часть их тепла передается непосредственно литосфере, а большая часть уходит в атмосферу.

Свежевспаханное поле чернозема способно аккумулировать солнечное тепло и испарять его вместе с водяными парами. Дельтапланеристы стремятся уловить «пузырь» теплого воздуха, исходящего от пашни. На таком «термике» дельтаплан спиралеобразными кругами может подниматься ввысь на несколько километров. Такие же нагретые термические пузыри образуются над темными поверхностями городских крыш, скалистых берегов, вспаханных холмов. Следует также учитывать и разогрев гладких, хорошо поглощающих тепло, дорожных полотен. Изучающие физику парникового эффекта, не учитывали теплового загрязнения, получаемого атмосферой от крыш и стен городских зданий, от огромных полотен автомагистралей, излучающих не только свое тепло, но и тепло самих автомобилей.

Независимые исследовательские метеорологические группы, наблюдающие атмосферу тропического пояса, установили, что с 80-х годов прошлого столетия границы тропической области увеличились на 250-530 км в направлении Северного и Южного полюсов. Полагают, что в засушливых районах, граничащих с тропиками, ожидается наступление пустыни на Юго-Западе США, в Средиземноморье и Южной Австралии. В начале мая 2023 г. в СМИ появилось сообщение о засухе в католической Испании. Пересохло большое водохранилище, над водной гладью которого возвышался шпиль затопленной церкви. Европейские туристы стремятся попасть внутрь этой церкви. Возможно, обращение к Богу и поможет избежать засухи в Европе.

Экологи предупреждают, что тропики – это не только влажные и буйные леса, но и самые суровые пустыни, и на север наступают именно они. Географически тропический пояс планеты простирается от тропика Рака до тропика Козерога. Площадь этого пояса составляет почти четверть суши и включает ряд континентов и густо населенных стран. Это вся центральная Африка с жаркой пустыней Сахарой, Южная Америка с Аргентиной и Бразилией, Мексика и Перуанское теплое течение, острова Полинезии и Меланезии, Индокитай с Индонезией, Австралия и, наконец, Индия и теплый Индийский океан. Тропический пояс застроен большим количеством мегаполисов. Эти территории днем поглощают и ночью отражают наибольшее количество солнечного тепла. Множество вулканов изнутри подогревают литосферу этих территорий.

Поверхность теплых экваториальных вод подвержена высокой испаряемости, а если учесть, что в этих водах интенсивное судоходство, то напрашивается вывод о том, что производство парниковых газов наибольшее на этих территориях. Забрать часть тепла с таких перегретых территорий и распределить его равномерно на холодные районы мы не можем. Как, не задерживая и не отражая тепло солнечных лучей в космосе, перенаправить его на менее нагреваемые территории? Только через циркуляцию воздушных масс в

атмосфере. Для этого надо научиться правильно отражать тепло в атмосферу, и, используя энергию переноса теплых воздушных масс ветрами, направлять его в холодные страны. Рассчитать время и направление переноса тепла нам помогут спутниковые мониторинговые системы. Возможно, со временем, научимся перенаправлять и атмосферную дождевую влагу. Равномерное распределение тепла по всем континентам и странам позволит строить менее дорогие жилища с регулируемыми теплофизическими свойствами. Обогревание жилищ вынуждает человека все больше вторгаться в природные экосистемы.

По современным данным науки о Земле [7-9] из всего солнечного потока водяной пар и пыль облаков отражают и рассеивают 26 % лучей; атмосферный воздух поглощает 22 %, а до земной поверхности доходит 52 %, из которых отражается 7 %. Остальная часть прямой и рассеянной от небосвода радиации поглощается поверхностью Земли и идет на нагревание океанической воды, верхних почвенных слоев, автодорожных покрытий и находящихся на них автомобилей, стен и крыш городских зданий. Окраска и способность поверхностей перечисленных объектов отражать радиацию определяется так называемым альбедо (от лат. – белизна). Альбедо снега составляет 90 %, желто-белого песка – 35 %, чернозема – 4 %. Поглощая солнечную радиацию, земная поверхность и все нагретые городские объекты излучают тепло в атмосферу.

Обширная океаническая поверхность планеты, занимая около трех ее четвертей, представляет собой гигантский природный аккумулятор тепла (океаны поглощают около 90 % солнечной радиации, попадающей на поверхность Земли).

Основное количество тепла получают поверхности экваториального тропического пояса. Процесс нагрева и теплофизические свойства поверхностей этого пояса можно уподобить гигантской планетарной печке, отапливаемой только природным возобновляемым теплом, и обогревающей все смежные с ним территории. Наибольшую угрозу для нагрева морских вод этого пояса представляют портовые и прибрежные города и городские агломерации, которые в процессе своей жизнедеятельности (метаболизма) вынуждены сбрасывать теплые сточные воды, загрязненные химическими синтетическими соединениями, радионуклидами, нефтепродуктами и металлами.

На январь 2022 г. население Земли составляло 7,92 млрд человек [15]. На 19 апреля 2023 года примерно – 8,1 миллиарда, из которых 40 % (3,2 млрд) проживает в тропиках [16]. Население первой десятки мегаполисов и их пригородов – Бомбея (Индия), Дакки (Бангладеш), Джакарты (Индонезия), Калькутты (Индия), Карачи (Пакистан), Мехико (Мексика), Лагоса (Нигерия), Нью-Йорка (США), Сан-Паулу (Бразилия), Токио (Япония), находящихся в тропическом и субтропическом регионах, составило около двух миллиардов. Несколько миллионов ДВС автомобилей наполняют атмосферу этих мегаполисов углекислым газом и теплом, излучаемым полотнами дорог и металлическими нагретыми корпусами.

Акватории Атлантического и Индийского океанов, западные и северные районы Тихого океана – это районы активного рыболовства, интенсивного судоходства и добычи полезных ископаемых – нефти и газа. Судоходство и морская деятельность, аварии и противозаконные сбросы загрязненных вод насыщают воды мирового океана миллионами тонн нефтепродуктов. Характер и степень воздействия на окружающую среду операций разведки и добычи нефти с морских платформ считаются незначительными по сравнению с воздействием наземных источников загрязнений, которым принадлежат более трех четвертей общего загрязнения океанической среды.

Каждый день Солнце нагревает воду в озерах, реках, морях и океанах, в результате чего водяные пары поднимаются в высокие холодные слои атмосферы, где они охлаждаются и в виде сконденсированных капель образуют облака. Когда капли становятся крупными и тяжелыми, они выпадают на землю в виде дождей и снега. Дождевые воды и тающие снега стекаются в ручьи и реки, которые своим течением возвращают выпавшие воды в озера, моря и океаны. Процессы испарения, охлаждения и конденсации водяных паров – это природные постоянные процессы круговорота воды в природе.

Чем больше конкретная часть суши или океана получает солнечной радиации, тем выше испаряемость этих поверхностей, тем больше от них водяных паров вместе с другими газами поступает в атмосферу, тем больше отраженного от Земли тепла задерживается в атмосфере, усиливая глобальное потепление. В северном полушарии, например, в сибирской тундре, испаряемость составляет только 125 мм в год. К югу солнечная радиация возрастает и испаряемость растет с увеличением количества осадков. Например, в Прикаспийских полупустынях испаряемость может превышать 1000 мм в год. Интенсивность испарения, происходящая в 10-километровом приповерхностном слое атмосферы, определяет вместе с другими метеорологическими явлениями смены погоды.

Урбанизация и антропогенная деятельность в разы увеличили увлажненные поверхности, которые стали испарять большее количество влаги. Пашни, водохранилища, оросительные и судоходные каналы, рукотворные гавани, парки, городские фонтаны, крыши зданий – все площади, способные удерживать влагу, постоянно испаряют ее и создают условия для более влажного климата. При этом водяные пары насыщаются промышленными парниковыми газами.

Все наши главные экологические проблемы (неуправляемая урбанизация, загрязнение природной среды, парниковый эффект и глобальное потепление, изменение климата и опустынивание, вырубка лесов и деградация почв и другие) взаимосвязаны и кумулятивно воздействуют на жизнь живых существ. Загрязнение атмосферы газообразными и аэрозольными веществами химического происхождения нарушают термодинамический режим на планете и создает кризисные ситуации в биосфере. Наличие возрастающего количества углекислого газа привело к хроническому повышению температуры нижних слоев атмосферы, что изменило ее физические свойства. Атмосфера продолжает пропускать к Земле солнечную радиацию, но вследствие сильного загрязнения задерживает отраженные потоки тепла. Причиной тому является постоянное наличие в атмосфере парниковых газов, вероятно и пылевых частиц. Транспорт с ДВС увеличивает содержание диоксида углерода и пыли, которые могут витать в атмосфере в течение двух-трех лет. С ростом количества автомобилей на поверхности тропического пояса, негативные воздействия парникового эффекта будут усиливаться.

Непрерывно застраивая земную территорию, человечество с каждым годом вносит в литосферу и поверхность океанов дополнительные порции тепла, помимо традиционных источников - парниковых газов, работающих электростанций, ДВС автомобилей и судов, ракет, промышленных предприятий и прочих объектов. К тепловой энергии, получаемой поверхностью планеты от солнечной радиации, ежесуточно добавляется тепло искусственного происхождения. Неслучайны поэтому выпадения тропических ливней в плотно застроенной городами Европе. Быстро образующиеся над городами дождевые облака выплескивают на местах тяжелую влагу. Периоды внезапных наводнений в европейских городах становятся год от года короче. Этому причиной не только парниковые газы, но и повышенные теплоемкость и испаряемость площадей городских автодорог и всевозможных поверхностей техногенных объектов.

Мировой урбанизированный организм можно представить в виде многокомпонентного планетарного теплообменника искусственного происхождения. В этом теплообменнике происходят процессы накопления тепла как искусственного, так и природного происхождения. Идет постоянный обмен тепловой энергией урбанизированного организма с окружающей средой. Необходимы комплексные исследования этого организма.

США в 2021 г. отправили в космос 9-й по счету спутник для мониторинга последствий глобального потепления. Новая спутниковая система мониторинга климата создается в России. Человечество создает глобальную систему наблюдений, которая будет определять количество и содержание выбросов парниковых газов. Система должна будет регистрировать основные источники эмиссии и поглощения парниковых газов. Создаются интерактивные карты глобального потепления, включающие последствия таяния льдов, карты стран после глобального затопления земной поверхности. Данные спутниковых

наблюдений пока что свидетельствуют о стабильном тепловом режиме на планете и близости ее энергетического баланса к равновесному.

Человечество, в силу повышенных требований использования ископаемых видов энергоресурсов в бытовых и военно-политических целях, пока что неспособно отказаться от нефтепродуктов. Но, именно нефтепродукты являются главными, признаваемыми экологами всех стран, источниками парниковых газов, многих видов промышленных и бытовых отходов, и основной причиной роста глобального потепления. Необходимо снижать количество нефтяных платформ, вышек, скважин и прекратить расширение танкерного флота. Но, это требует параллельного снижения производства ДВС.

К настоящему моменту разработано множество технологий переработки и утилизации отходов. Хотя их и не становится меньше, и не все домохозяйства рачительно их сортируют и стараются производить минимум, все же проблема как-то решается. Законодательство и государственное управление обращением отходов в ряде стран добились немалых успехов. В целом же, особенно в российских городах, проблема отходов далека от устойчивого решения. Причин тому много: отсутствие технологий и эффективного оборудования, недостаточная просветительская политика, инертность и низкая экологическая сознательность населения. Усовершенствовать систему утилизации отходов можно путем повышения уровня экологического просвещения населения и реформирования природоохранного законодательства.

Проведенный анализ планетарных термодинамических процессов, диктует необходимость пересмотра градостроительных технологий и разработки новых, способствующих снижению теплоемкости и теплоотдачи наружных поверхностей городских материальных объектов. Уменьшая плотность застройки городской среды, можно снизить теплоотдачу от ее территории. Однако, снижение уровней поглощения и накопления отраженного солнечного тепла городскими объектами путем их рассредоточения связано с выделением дополнительных дорогостоящих площадей в городах. Следует обратить внимание на технологии эффективного рассеивания света и тепла от нагреваемых поверхностей городских объектов. Быстро нагревающиеся солнечными лучами металлические кровли зданий следует поменять на кровли, материал которых имеет высокий процент альбедо, позволяющий отражать максимум солнечных лучей, и тем самым не накапливать тепло. Известна технология облицовки стен зданий теплоизоляционными плитами. Это дорогостоящая технология, но такие плиты экономят внутреннюю тепловую энергию, излучаемую стенами зданий в холодный сезон. Используя эту технологию, возможно решить и другую задачу: наружная поверхность теплоизоляционных плит должна в летний жаркий сезон отражать и дополнительно рассеивать солнечное тепло. Могут быть три варианта решения. Первый вариант – еще на предприятии, где изготавливаются плиты, их наружную поверхность покрывают частицами мелко дробленного стекла. Такая технология используется для окрашивания щитов автодорожных знаков, после чего их поверхность хорошо рассеивает свет автомобильных фар в темное время суток. Второй вариант – напыление стеклянного порошка осуществляют после крепления плит на стенах зданий. Третий вариант – стеклянный порошок добавляют в закрепляющий облицовочный раствор.

Помимо предлагаемых решений, повышающих альбедо зданий урбанизированных территорий, рассмотрим, как можно сократить площадь внутригородских автодорог с целью снижения их теплоотдачи. На первом этапе необходимо провести силами профессиональных экологов, жителями и администрацией местного самоуправления инвентаризацию всех метаболических процессов жизнедеятельности населения городского района. Это работа по определению суточного и годового потребления домохозяйствами, учреждениями, (торговыми, медицинскими, образовательными, культурными и др.) всех ресурсов: электроэнергии, транспортного топлива, пресной питьевой и технологической воды, завозимой продовольственной продукции. Необходимо определить виды, количество и свойства отходов производства и потребления, определить места их возможной переработки.

Второй (или параллельный этап) это тщательное обследование территории и ландшафтов микрорайона с целью проектирования и строительства будущей окружной автомобильной дороги и определения мест размещения дорожной инфраструктуры: многоэтажных гаражей, станций заправки и техобслуживания (дешевле и экологически грамотнее возводить единым комплексом). Этот этап выполняется совместно с представителями смежных микрорайонов. Суммарные площади полотен окружных районных дорог и, следовательно, поглощенное их полотнами количество солнечной радиации, будет в разы меньше суммарной площади всех внутрирайонных дорог. Освобожденные от асфальтовых оков земельные участки оздоровят среду обитания населения районных общин. Создание исключительно пешеходных дорог в подобных микрорайонах усилит эффект оздоровления.

Третий этап – это организация на обочинах кольцевой автодороги инженерных устройств по утилизации твердых бытовых отходов и сточных вод (дробилки, прессы для брикетирования, печи, локальные очистные резервуары и коллекторы) [16]. При этом следует ожидать, что община микрорайона, снижая затраты на переработку своих отходов, со временем минимизирует потребление и производство отходов. Ведению такой общинной экономики, подрастающие поколения быстро обучатся, вдохновляемые примером деятельности своих родителей и старших членов общины.

Статьи Градостроительного кодекса РФ не препятствуют разработке проекта компактной территории экспериментального городского микрорайона. Главное – это общинное (акционерное) волеизъявление. Условие равной платы не только за жилые помещения, но и за квадратные километры района, диктуют принятие градостроительного закона ценообразования уплаты общиной данного района государству кадастровую стоимость земли. Организационных вопросов множество, но они решаемы. Кому-то может показаться реализация предлагаемого проекта утопической лирикой. Ответим: стыдно жить на территориях, загрязненных нашими безответственностью и равнодушием. Стоит напомнить также, что за неупорядоченную современную городскую среду и нежелания пешком преодолевать городские пространства, нам приходиться платить здоровьем.

Ликвидация внутрирайонной автодорожной сети будет сопровождаться сопротивлением. Каждый автовладелец станет протестовать против такого решения. Ведь основная выгода владения автомобилем заключена в том, чтобы он находился рядом с жильем. Избавляться от автомобилей и городских автодорог – непрактично и нереально. Что остается? Только снижать протяженность городских автодорог и количество двигающихся по ним автомобилей. Но, каким образом? Волевыми решениями центральных властей и запретами на местах? Запретить нефтедобычу и производство автомобилей - не решится ни одно правительство. Если же семьи автолюбителей проникнутся пониманием борьбы с глобальным потеплением, тогда микрорайон можно оборудовать окружной автодорогой, а перемещение жителей внутри района узаконить на индивидуальных средствах: пешком, на велосипедах и самокатах, как это показано в работе [16]. С позиций снижения теплообразования застраиваемых территорий, на наш взгляд, было бы правильнее проектировать не только «умные» квартиры и здания, но и разумное коммунальное хозяйство городских микрорайонов. Каждый микрорайон должен утилизировать не только как можно больше своих бытовых отходов (минуя централизованные свалки и отстойники сточных вод), но и, исполняя природоохранное законодательство, исключить сжигание уличного смета и разведения стихийных, несанкционированных, огнищ. Одни виды жидких отходов (загрязненные канализационные воды и дождевые дорожные стоки) являются источником пресной технической воды, другие – органические, могут служить сырьем для производства с/х компостов, а твердые городские отходы уже научились использовать для отопления своих жилищ в Дании [17].

Освоение новых городских районов должно начинаться с исследования общественного мнения будущих его жителей. Община (акционерное общество) выбирает способ передвижения: двигаться пешком или на самокате и платить за территорию общинного

района меньше, или ездить по дорогам района на автомобиле, но платить за свою территорию больше, плюс плата за загрязненный воздух и за дополнительные медицинские услуги по борьбе с излишним весом тела.

Выводы. Для снижения темпов глобального потепления следует повышать альбедо объектов урбанизированной среды всех стран, но в первую очередь, – стран тропического пояса. Освобождение закованных в асфальт и бетон городских территорий снизит их теплоотдачу и испаряемость влаги в атмосферу. Для локализации CO_2 и тепловых загрязнений следует заключить транспортные магистрали в искусственные надземные тоннели. Движущиеся с достаточно большой скоростью наземные и надводные транспортные единицы (в т. ч. и на водородном топливе) всегда будут взмучивать дорожную пыль и выпадающие с дождями и снегом радиоактивные частицы. Воздушный транспорт никогда не будет чистым. Воздействие транспортных загрязнений в городской среде можно локализовать методом микрорайонирования и организации окружных автодорог, расположив вдоль них инженерное оборудование для утилизации бытовых отходов.

Следует шире применять спутниковые наблюдения, как за термодинамическими процессами городов тропического пояса, так и за всеми тепловыми процессами других мегаполисов.

В борьбе с глобальным потеплением людям для передвижения в пространстве следует меньше применять автомобиль и больше использовать пешеходные маршруты. За устойчивое экологическое состояние Земли должны бороться все страны планеты. Решение проблемы глобального потепления зависит от политического климата на планете.

Список использованной литературы:

1. *Коммонер Б.* Замыкающийся круг. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 280 с.
2. *Агесс П.* Ключи к экологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1982. 97 с.
3. Наше общее будущее. Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР). М.: Прогресс, 1989. 373 с.
4. Прогноз Метеорологической Организации ООН, 2022/11. URL: https://www.public.wmo.int (дата обращения: 02.04.2023)
5. Озоновая дыра над Австралией 2023/03/13 URL: https://www.ecosphera.presse (дата обращения: 02.04.2023).
6. *Бертокс П., Радд Д.* Стратегия защиты окружающей среды от загрязнений. М.: Мир, 1980. 607 с.
7. *Стейси Ф.* Физика Земли. М.: Мир, 1972. 337 с.
8. *Гаврилов В.П.* Физика Земли: учебник. М.: Недра, 2008. 286 с.
9. *Викулин А.В.* Физика Земли и геодинамика: учебное пособие. Петропавловск-Камчатский, 2009. 463 с.
10. *Allenby B.R.* Earth systems engineering and management // Technology and Society. 2000/2001. № 19 (4). P. 10-24.
11. *White R., Condon P.* Envisioning a Carbon-Neutral City. Modeling a 100 Year Sustainability Vision for the City of North Vancouver: Design Centre for Sustainability. 2007.
12. OECD: Green Cities Programme. URL: http://www.oecd.org./regional/greening-cities-regions/46811501.pdf (дата обращения: 27.04.2023).
13. Парниковый эффект в атмосфере, 2022. URL: https://www.scientific.russia.ru (дата обращения: 28.04.2023).
14. Вулканы в Индонезии // Корреспондент. 2006. № 17. 06 мая.
15. Tropical Countries 2023. URL: https://www.worldpopulationreview.com.country-ra…tropical (дата обращения: 21.04.2023).
16. *Гринев В.Ф* Экономика экологичной городской среды (научный обзор) // Вестник КГМТУ. 2022. № 3. С. 484-502.
17. Мусороперерабатывающий завод и ТЭЦ Amager Bakke (ARC) – CopenHill. URL: https://archi.ru/projects/world/6947/musoropererabatyvayuschii-zavod-i-tec-amager-bakke-arc-

copenhill (дата обращения: 03.05.2023).

References:

1. Commoner B. The Closing Circle, Nature, Man and Technology, Knopf, N. Y.: Bantam Books 1971, 343 p. (In English).
2. Aguesse P. The keys to ecology. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1982, 97 p. (In Russian).
3. Our Common Future. World Comission on Environment and Development, Oxford New York: Oxford University Press, 1987, 372 p. (In English).
4. *Prognoz meteorologichescoy organizaciy OON 2022/11* [Forecast of the UN meteorological organisation]. Available at: https://www.public.wmo.int (accessed 02.04.2023).
5. *Ozonovaia dyra nad Avstraliey* [Ozone hole over Australia], 2023/03/13. Available at: https://www.ecosphera.presse (accessed 02.04.2023).
6. Berthouex P., Rudd F. Strategy of Pollution Control. J. Wiley and Sons, New York SantaBarbara London Sydney Toronto, 1977. 607 p. (In English).
7. Stasi F. *Fizika zemli* [Physics of the Earth]. Moscow, Mir Publ., 1972, 337 p. (In Russian).
8. Gavrilov V.P. *Fizika zemli* [Physics of the Earth]. Moscow, Nedra Publ., 2008, 286 p. (In Russian).
9. Vikulin A.V. *Fizika zemli I geodinamika* [Physics of the Earth and geodynamics]. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2009, 463 p. (In Russian).
10. Allenby B.R. Earth systems engineering and management. *Technology and Society*, 2000/2001, no. 19 (4), pp. 10-24. (In English).
11. White R., Condon P. Envisioning a Carbon-Neutral City. Modeling a 100 Year Sustainability Vision for the City North Vancouver: Desing Centre for Sustainability, 2007. (In English).
12. OECD UN. Green Cities Programme. (In English). Available at: http://www.oecd.org./regional/greening-cities-regions/46811501.pdf. (accessed 27.04.2023).
13. *Parnikovy effect v atmosphere, 2022* [Greenhouse effect in the atmosphere, 2022]. Available at: https://www.scientific russia.ru (accessed 28.04.2023).
14. *Vulkany v Indoneziy* [Volcanes in Indonesia]. *Korrespondent* [Correspondent], 2006, no. 17, 06 May. (accessed 28.04.2023).
15. Tropical Countries 2023. (In English). Available at: https://worldpopulationreview.com/country-rankings/tropical-countries (accessed 21.04.2023).
16. Grinev V.F. Ekonomika ecologichnoy gorodskoy sredy (nauchnyj obzor) [Economics of ecological urban environment (scientific rewiew)]. *Vestnik KGMTU* [Bulletin of KSMTU], 2022, no. 3, pp. 484-502. (In Russian).
17. *Musoropererabatyvayushchij zavod i TEC Amager Bakke (ARC) – CopenHill* [Waste recycling Plant and Thermal power plant Amager Bakke (ARC) – CopenHill]. URL: https://archi.ru/projects/world/6947/musoropererabatyvayuschii-zavod-i-tec-amager-bakke-arc-copenhill (дата обращения: 03.05.2023).

Сведения об авторах / Information about authors

Гринев Вадим Федорович	д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры экологии моря Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 vadim.grinev2021@mail.ru
Grinev Vadim Fedorovich	Dr. Sci. (Engin.), Associate Professor of the Department of Marine Ecology Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordgonikidze str., 82 vadim.grinev2021@mail.ru
Демидова Мария Эдуардовна	магистрант 1-го курса направления подготовки «Экология и природопользование» Керченский государственный морской технологический университет

298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82

Demidova Maria Eduardovna
postgraduate student of the 1st year of the training direction “Ecology and nature management”
Kerch State Maritime Technological University
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordgonikidze str., 82

Турьянова Аделия Гаделевна
магистрант 2-го курса направления подготовки «Экология и природопользование»
Керченский государственный морской технологический университет
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82

Turyanova Adelia Gadelevna
postgraduate student of the 1st year of the training direction “Ecology and nature management”
Kerch State Maritime Technological University
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordgonikidze str., 82

УДК 62-192 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.004**

Клименко Н.П., Чернуха В.С.

НОРМИРОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СУДОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Аннотация. Для случая аппроксимации распределения вероятностей предельной нагрузки законом Вейбулла с известными параметрами формы и коэффициентом вариации приведены последовательности вычисления нижних доверительных границ показателя надёжности прочностных характеристик конструкций судовых технических средств. Разработанный метод применён для оценки нижних доверительных границ показателя надёжности сосудов высокого давления на основании результатов их испытаний на несущую способность внутренним давлением. Метод доверительных множеств использован для вычисления нижних доверительных границ показателя надёжности прочностных характеристик конструкций судовых технических средств при аппроксимации распределения их предельной нагрузки законом Вейбулла. Для получения нижних доверительных границ γ-показателя надёжности разработан численный алгоритм. Рассматриваются вопросы нормирования показателей безотказности по внезапному разрушению. На основе вероятностной модели «нагрузка-прочность» определены верхние границы для коэффициента запаса прочности, обеспечивающие заданную вероятность неразрушения.
Ключевые слова: показатели надежности, доверительные границы, прочностные характеристики, нормирование показателей, вероятность неразрушения.

Klimenko N.P., Chernuha V.S.

RATIONING AND RELIABILITY INDICATORS CALCULATION OF SHIP'S TECHNICAL MEANS

Abstract. For a case of approximation of distribution of probabilities of a maximum load Veybull's law with known parameter of a form and of coefficient of a variation, one may use sequences of calculation of the lower confidential bounds of an indicator of reliability of strength characteristics of designs of ship technical means with a help of fiducial probabilities method. The developed method is applied to an assessment of the lower confidential bounds of an indicator of reliability of vessels of a high pressure on the basis of results of their tests for bearing ability by internal pressure. The method of confidential sets is used for calculation of the lower confidential bounds of an indicator of reliability of strength characteristics of designs of agricultural cars at approximation of distribution of their maximum load by Veybull's law. A numerical algorithm has been developed to obtain the lower confidence bounds of a γ-the reliability indicator. The issues of normalization of reliability indicators for sudden destruction are considered. On the basis of the probabilistic model “load-strength”, the upper limits for the safety margin factor are determined, providing a given probability of non-destruction.
Keywords: reliability indicators, confidence limits, strength characteristics, normalization of indicators, probability of non-destruction.

Введение. Наиболее точной аппроксимацией функции распределения вероятностей характеристик прочности конструкционных материалов, используемых в судостроении, и предельной нагрузки конкретных изделий судовых технических средств (СТС) является трёхпараметрический закон Вейбулла. Этот закон хорошо соответствует физическим представлениям об области определения предельной нагрузки реальных конструкций СТС, так как позволяет задавать ограниченные слева положительной величиной функции распределения вероятностей с различной асимметрией.

Наиболее универсальным методом построения доверительных границ при наличии одного неизвестного параметра является метод фидуциальных вероятностей Фишера. Для

реализации данного метода расчёта нижних доверительных границ показателя надёжности СТС следует разработать специальную программу.

Цель исследования состоит в обосновании метода фидуциальных вероятностей для вычисления нижних доверительных границ показателя надёжности прочностных характеристик конструкций судовых технических средств при аппроксимации распределения их предельной нагрузки законом Вейбулла.

Материалы и методы исследования. В ряде работ [1-5] показано, что именно трёхпараметрический закон Вейбулла является достаточно точной аппроксимацией функции распределения вероятностей характеристик прочности, величины предельной нагрузки рассматриваемого оборудования. Следует учесть, что метод вероятностей Фишера является наиболее универсальным методом построения доверительных границ в случае наличия одного неизвестного параметра.

Анализ данных о коэффициентах запаса прочности при заданной вероятности неразрушения элементов свидетельствует о наличии зависимости величины необходимого запаса от вида предполагаемых законов распределения нагрузки и прочности. Поэтому в условиях неопределенности относительно вида этих распределений при практических расчетах целесообразно использовать такие верхние границы для коэффициента запаса, которые в реальном диапазоне возможного изменения коэффициентов вариации прочности $V_п$ и нагрузки $V_н$ давали бы гарантии обеспечения заданной вероятности неразрушения γ.

Теоретически гарантированные оценки: нижняя – для вероятности неразрушения $\breve{R}_1$ и верхняя – для соответствующего коэффициента запаса $\hat{K}_{1\gamma}$, не зависящие от вида законов распределения прочности и нагрузки могут быть получены [3] с помощью неравенства Чебышева или гарантированной оценки Гермейера [4]. Однако в практическом отношении такой подход является непродуктивным ввиду того, что получаемые при этом верхние границы для коэффициентов запаса, если $\gamma \geq 0{,}99$, оказываются чрезмерно велики.

Приемлемое в практическом отношении решение вопроса можно получить на основе анализа результатов расчетов коэффициентов запаса, проведенных с использованием большого количества (20) различных вариантов сочетаний унимодальных распределений для неограниченных сверху величин нагрузки и прочности: нормального, логарифмически нормального, Вейбулла, двойного экспоненциального, степенного, Седракяна, логистического, логарифмически логистического, Фреше, а также сочетаний обобщенного гамма-распределения с законом Вейбулла. Путем ранжирования по величине и отбора наибольших значений коэффициентов запаса были определены верхние границы для условного коэффициента запаса прочности при первом нагружении [6]. Ввиду того, что на практике в качестве используемых характеристик рассеивания прочности и нагрузки обычно приходится ограничиваться только коэффициентами вариации, теряет практический смысл рассмотрение законов распределения с числом независимых параметров больше двух. При выборе вида подходящих законов распределения следует также учитывать реальные верхние границы диапазонов изменения коэффициентов вариации: у прочности $V_п \leq 0{,}1$; у нагрузки $V_н \leq 0{,}3$.

Из рассмотрения совокупности сочетаний унимодальных двухпараметрических законов распределения для неограниченных сверху случайных величин оказалось, что наибольшие значения коэффициентов запаса по средним K_γ, соответствующие достаточно высокому уровню вероятности неразрушения $\gamma \geq 0{,}99$ получаются, если задавать случайную прочность элемента распределенной по закону Вейбулла, а случайную экстремальную нагрузку – имеющей распределение Фреше [7, 8]. Косвенным обоснованием этому может служить то обстоятельство, что оба эти распределения относятся к категории предельных, причем закон Вейбулла является распределением минимумов, а законом Фреше описывается распределение максимумов случайных величин. Методом единичных распределений [9-11] в рамках модели «нагрузка-прочность» может быть получено выражение для вероятности

неразрушения элемента при многократном экстремальном нагружении в зависимости от коэффициента запаса

$$R_m(K) = \int_0^1 exp\left\{-m\left(\frac{\Gamma(1+1/b)}{K\Gamma(1-1/\rho)}\right)^{\rho}[-ln(1-x)]^{-\rho/b}\right\}dx, \quad (1)$$

Результаты исследования и их обсуждение. С помощью (1), решая численно уравнение $R_1(\hat{K}_{1\gamma}) = \gamma$ при m = 1 были определены значения верхних границ коэффициента запаса при первом нагружении $\hat{K}_{1\gamma}$, соответствующие коэффициенту вариации прочности $V_п$ = 0,1 (параметр формы закона Вейбулла b=12, 15). Эти величины для ряда значений коэффициента вариации нагрузки $V_н$ и вероятности неразрушения γ приведены в таблице 1. Здесь же приведены значения параметра формы ρ двухпараметрического распределения Фреше, соответствующее известным коэффициентам вариации нагрузки $V_н$.

Аналогичный поиск с использованием унимодальных двухпараметрических распределений других видов, отличающихся от перечисленных выше, может дать еще более высокие значения для верхних границ $\hat{K}_{1\gamma}$. Тогда следует внести соответствующие уточнения и продолжить таким образом процесс последовательного приближения к гарантированному верхнему уровню для коэффициентов запаса, практически не зависящему от вида законов распределения. Такой подход к установлению зависимости между вероятностью неразрушения и коэффициентом запаса прочности в определенной мере может компенсировать основной недостаток вероятностной модели "нагрузка-прочность", заключающийся в необходимости принятия каких-либо предположений о виде используемых теоретических законов распределения.

Таблица 1 – Верхние границы для коэффициента запаса прочности по средним при первом нагружении

$V_н$	ρ	$V_п$	Вероятность неразрушения при первом нагружении		
			0,99	0,999	0,9999
0,08	16,81	0	1,267	1,453	1,667
		0,1	1,470	1,789	2,169
0,1	13,616	0	1,340	1,586	1,878
		0,1	1,513	1,863	2,276
0,12	11,49	0	1,410	1,724	2,106
		0,1	1,564	1,959	2,433
0,2	7,263	0	1,712	2,351	3,230
		0,1	1,820	2,511	3,425
0,3	5,184	0	2,101	3,278	5,111
		0,1	2,190	3,421	5,323

Следует заметить, что даже при наличии значительных объемов статистических данных об экстремальных нагрузках и прочностных характеристиках материалов известные статистические критерии согласия [7] не дают однозначного ответа по поводу "истинного" вида теоретического распределения. Поэтому использование адекватных предшествующему опыту гипотез на этот счет в инженерной практике неизбежно.

В таблице 1 кроме значений $\hat{K}_{1\gamma}$, соответствующих случайной прочности с коэффициентом вариации $V_п$ = 0,1 приведены также верхние границы для коэффициентов запаса в случае детерминированной прочности (при $V_п$ = 0). Эти границы рассчитывались

при m = 1 с использованием выражения, полученного в предположении, что нагрузка также имеет распределение Фреше

$$\hat{K}_m(\gamma) = \frac{\left(1-1/\rho\right)}{\Gamma\left(2-1/\rho\right)}\left(\frac{m}{ln^{1}/_{\gamma}}\right)^{1/\rho}. \quad (2)$$

Из всех рассматривавшихся закон Фреше в приведенном диапазоне изменения величин $V_н$ и γ, при $V_п$ = 0 дает наибольшие значения коэффициентов запаса прочности. Вариант, эквивалентный детерминированной прочности, может быть практически реализован, если при изготовлении элементов обеспечить сплошное контрольное предварительное нагружение ("опрессовку") с заданным постоянным значением нагрузки P_{max}, а коэффициент запаса рассчитывать, как отношение $K = {P_{max}}/{\bar{P}_н}$. Если обеспечить практически детерминированную и одинаковую прочность у элементов, составляющих систему, то при их совместном случайном нагружении вероятность безотказной работы системы не будет зависеть от ее структуры и количества элементов, а будет определяться вероятностью неразрушения одного элемента. В этом случае данные, приведенные в табл. 1 при $V_п$ = 0 могут быть использованы для обеспечения необходимого уровня безотказности таких систем.

Использование верхних границ для коэффициентов запаса, каждая из которых соответствует определенному уровню вероятности неразрушения, гарантирует, что если нагрузка и прочность будут распределены по любому из перечисленных выше законов, то коэффициент запаса, принятый по данным табл. 1, обеспечит вероятность неразрушения R_1 элемента не ниже указанной величины. Как следует из выражений (1) и (2) величину верхней границы для коэффициента запаса прочности у элемента в случае заданного числа m экстремальных нагружений, имеющих распределение Фреше, можно определить по формуле

$$\hat{K}_m(\gamma) = \hat{K}_{1\gamma} m^{1/\rho}. \quad (3)$$

С помощью формулы (3) и данных таблицы 1 построены графики верхних границ коэффициента запаса прочности в зависимости от числа экстремальных нагружений m, для которого использована логарифмическая шкала. Графики приведены на рисунке 1 и соответствуют вероятности неразрушения γ = 0,999. Анализ графиков показывает, что наиболее существенное влияние на интенсивность роста верхних границ коэффициента запаса с увеличением m оказывает величина коэффициента вариации нагрузки $V_н$. Значительное понижение коэффициента запаса за счет уменьшения рассеивания прочности (уменьшения $V_п$) возможно только при достаточно малых значениях $V_н$. Можно также отметить, что, если коэффициент вариации экстремальной нагрузки $V_н \geq 0{,}2$ то при возможном числе экстремальных нагружений $m > 10$ обеспечение достаточно высокой вероятности неразрушения только за счет запаса прочности становится проблематичным.

Подытоживая изложенное, следует заметить, что все определяемые величины коэффициентов запаса являются условными, так как не учитывают наличие нижнего неповреждающего уровня нагрузки $\tilde{P}_o$. Поэтому для перехода к коэффициенту запаса прочности $\tilde{K}_{m\gamma}$, который обычно используется в расчетах на статическую прочность, следует воспользоваться формулой

$$\tilde{K}_{m\gamma} = \frac{\hat{K}_m(\gamma) + {\tilde{P}_o}/{\tilde{P}_н}}{1 + {\tilde{P}_o}/{\tilde{P}_н}}. \quad (4)$$

Рассмотрим метод фидуциальных вероятностей в качестве основополагающего для вычисления нижних доверительных границ показателя надёжности изделий судостроения однократного применения в случае аппроксимации функции распределения предельной нагрузки законом Вейбулла в виде:

$$G(x) = \begin{cases} 1 - exp\left[-\left(\frac{x-c}{a}\right)^b\right] при x > c, \\ 0 при x \le c, \end{cases} \quad (5)$$

где a, b и c – параметры масштаба, формы и сдвига соответственно.

Полагаем, что распределение действующей нагрузки, коэффициент вариации v и параметр формы b распределения предельной нагрузки в СТС известны. Это следует из опыта обработки изделий-аналогов. Сама выборка значений предельной нагрузки СТС малого объёма.

Плотность распределения фидуциальных вероятностей неизвестного параметра x, оцениваемого по единичным испытаниям, можно получить на основе функции правдоподобия в виде:

$$\phi(x) = \frac{L\left(\frac{x}{Q_1, Q_2, \dots, Q_n}\right)}{\int_{x_н}^{x_в} L\left(\frac{x}{Q_1, Q_2, \dots, Q_n}\right) dx}, \quad (6)$$

где $L(\bullet)$ – функция правдоподобия; $Q_i\ (i = 1,2,\dots,n)$ – значения предельной нагрузки; $x_н$ и $x_в$ – соответственно возможные нижняя и верхняя границы изменения параметра x.

В качестве верхней границы изменения параметра сдвига можно принять минимальное значение предельной нагрузки Q, полученное при испытаниях СТС:

$$c_в = min(Q_i). \quad (7)$$

Для трёхпараметрического закона Вейбулла параметр сдвига всегда положителен. Теоретически его величина может быть сколь угодно малой. При построении плотности вероятностей этого параметра нижнюю границу параметра c принимаем в виде:

$$c_н = 0{,}0001 \cdot c_в \quad (8)$$

Тогда:

$$L\left(\frac{x}{Q_1, Q_2, \dots, Q_n}\right) = \prod_{i=1}^{n} g\left(\frac{c}{Q_i}\right), \quad (9)$$

где плотность вероятности закона Вейбулла:

$$g(Q) = \frac{b}{a} \cdot \left(\frac{Q-c}{a}\right)^{b-1} \cdot exp\left[-\left(\frac{Q-c}{a}\right)^{b}\right]_{-} \quad (10)$$

Подставляя (9) и (10) в (6), получим плотность распределения вероятностей неизвестного параметра сдвига $\phi(c)$. Практически при построении $\phi(c)$ вычисляется ряд её дискретных значений $\phi(c_i)$, соответствующих изменению параметра сдвига в интервале ($c_н$, $c_в$), после чего для этих же значений вычисляется функция распределения параметра сдвига $\psi(c_i)$. Для произвольных значений вероятности параметр сдвига можно определить путём обратной интерполяции полученных значений $\psi(c_i)$.

Через параметры b, c и v функция распределения закона Вейбулла записывается в виде:

$$G(Q) = \begin{cases} 1 - exp\left[-\left(\frac{Q-c}{c \cdot f(v,b)}\right)^{b}\right] при Q > c, \\ 0 при Q \le c, \end{cases} \quad (11)$$

где

$$f(v,b) = \left[\frac{1}{v} \cdot \sqrt{\Gamma\left(1+\frac{2}{b}\right) - \Gamma^2\left(1+\frac{1}{b}\right)} - \Gamma\left(1+\frac{1}{b}\right)\right]^{-1}, \quad (12)$$

$\Gamma(\bullet)$ – гамма-функция. Тогда при постоянной нагрузке F, действующей на СТС, показатель надёжности R определяется из выражения:

$$R = \begin{cases} exp\left[-\left(\frac{F-c}{c \cdot f(v,b)}\right)^{b}\right] при F > c, \\ 1 при F \le c \end{cases} \quad (13)$$

и является функцией неизвестного параметра сдвига c, функция распределения которого известна. Нижние γ-доверительные границы показателя надёжности $\underline{R}_\gamma$ можно получить при использовании в (9) нижних γ-фидуциальных границ $\underline{c}_\gamma$.

Если действующая на СТС нагрузка F – величина случайная, то методом статистического моделирования можно получить функцию распределения показателя надёжности $\psi(R)$, а произвольные значения $\underline{R}_\gamma$ определить как корни уравнения:

$$1 - \gamma \cdot \int_0^{\underline{R}_\gamma} \psi(R) dR = 0. \quad (14)$$

Для реализации данного метода расчёта нижних доверительных границ показателя надёжности разработана электронная программа. Точность оценок $\underline{R}_\gamma$ в широком диапазоне изменения входящих в расчёт исходных данных исследована и подтверждена методом статистического моделирования [10, 11].

Наиболее простым и эффективным по затратам времени методом вычисления нижних доверительных границ показателя надёжности СТС является именно метод доверительных множеств, основанный на использовании доверительных интервалов неизвестного параметра.

При вычислении нижних доверительных границ показателя надёжности изделий однократного применения в случае аппроксимации функции распределения предельной нагрузки законом Вейбулла используется запись (10).

Если в качестве неизвестного параметра закона Вейбулла, аппроксимирующего распределение предельной нагрузки, принять математическое ожидание [8, 9], то её доверительную границу β можно представить в виде $Q_\beta = f_1(\hat{Q}, n, v, b, \beta)$, где $\hat{Q}$ – выборочная оценка математического ожидания, n – объём выборки.

Для заданных значений (n, v, b) произвольную доверительную границу Q_β можно получить с использованием метода статистического моделирования путём построения функции распределения $\psi(K_Q)$ величины коэффициента $K_Q = \hat{Q}/Q_0$, где точное значение математического ожидания распределения предельной нагрузки ($\Gamma(\bullet)$ – гамма-функция):

$$Q_0 = c \cdot \left[1 - \frac{v \cdot \Gamma\left(1+\frac{1}{b}\right)}{\sqrt{\Gamma\left(1+\frac{2}{b}\right) - \Gamma^2\left(1+\frac{1}{b}\right)}}\right]^{-1}. \quad (15)$$

Последующее вычисление доверительных границ для K_Q проводится по формуле: для нижних доверительных границ:

$$1 - \beta = \int_0^{K_{Q\beta}} [\psi(K_Q)] dK_Q \quad (16)$$

и для верхних доверительных границ:

$$\beta = \int_0^{\overline{K}_{Q\beta}} [\psi(K_Q)] dK_Q. \quad (17)$$

Для построения функции $\psi(K_Q)$ предложена упрощённая процедура вычисления доверительных границ Q_β. Методом статистического моделирования исследованы свойства доверительных множителей:

$$\begin{gathered} K_{Q_\beta} = f_2(n, v, b, \beta), \\ Q_\beta = K_{Q_\beta} \cdot \hat{Q}. \end{gathered} \quad (18)$$

Для выборок малого объёма при изменении параметра формы b в широком диапазоне при прочих равных условиях множители K_{Q_β} изменяются весьма незначительно (в пределах нескольких процентов) [5, 12]. Экстремальным значениям множителей K_{Q_β} соответствуют крайние значения параметра формы, что позволяет упростить процедуру вычисления множителей K_{Q_β}, исключив параметр b в явном виде из (18).

В качестве нижней границы теоретически возможных значений параметра формы и плотности вероятности распределения предельной нагрузки можно принять b_{min} (при

$b = 1$ распределение Вейбулла переходит в экспоненциальное). Максимально возможное значение b_{max} реализуется в случае равенства нулю параметра сдвига (двухпараметрический закон Вейбулла) и является функцией коэффициента вариации:

$$v = \sqrt{\left[\frac{\Gamma\left(1+\frac{2}{b_{\max}}\right)}{\Gamma^2\left(1+\frac{1}{b_{\max}}\right)}\right]-1}. \quad (19)$$

При фиксированных значениях (n, v, b) методом статистического моделирования можно получить коэффициенты: $K'_{Q_\beta} = f_2(n, v, b_{min}())$; $K''_{Q_\beta} = f_2(n, v, b(v)_{max}())$. Тогда: $\underline{K}_{Q_\beta} = min\left(\underline{K'}_{Q_\beta}, \underline{K''}_{Q_\beta}\right)$ и $\overline{K}_{Q_\beta} = max\left(\overline{K'}_{Q_\beta}, \overline{K''}_{Q_\beta}\right)$.

По выборочному значению математического ожидания распределения предельной нагрузки $\hat{Q}$, действующей на СТС, с использованием соответствующего доверительного множителя $\underline{K}_{Q_\beta}$ вычисляется нижняя доверительная граница $\beta - \underline{Q}_\beta$. При известных b и v:

$$\underline{a}_\beta = \frac{\underline{Q}_\beta \cdot v}{\sqrt{\Gamma\left(1+\frac{2}{b}\right)-\Gamma^2\left(1+\frac{1}{b}\right)}}, \quad \underline{c}_\beta = \underline{Q}_\beta - \underline{a}_\beta \cdot \Gamma\left(1+\frac{1}{b}\right). \quad (20)$$

При постоянной, действующей на СТС, нагрузке F нижние доверительные границы показателя надёжности $\underline{R}_\gamma$ определяются из выражения:

$$\underline{R}_\gamma = \begin{cases} exp\left[-\left(\frac{F-\underline{c}_\beta}{\underline{a}_\beta}\right)^b\right] при F > \underline{c}_\beta, \\ 1 при F \le \underline{c}_\beta. \end{cases} \quad (21)$$

При известном распределении действующей случайной нагрузки F функция $\psi(R)$ вычисляется методом статистического моделирования, а значения $\underline{R}_\gamma$ определяются из зависимости:

$$1 - \gamma \cdot \int_0^{\underline{R}_\gamma} \psi(R) dR = 0. \quad (22)$$

Множители K_{Q_β} для ряда различных доверительных вероятностей β и коэффициентов вариации v достаточно вычислить один раз и хранить их в памяти ЭВМ. Впоследствии необходимые для расчётов множители для конкретных значений β и v можно вычислять путём интерполяции имеющихся данных, что делает предложенный метод очень эффективным по времени счёта.

Для реализации данного метода разработана специальная программа, которая успешно апробирована на ЭВМ. Методом статистического моделирования для уровня доверительной вероятности 0,5; 0,9 и 0,95 при широком варьировании исходных параметров подтверждено,

что нижние доверительные границы β-множителя K_Q позволяют получить нижние доверительные границы γ-показателя надёжности.

Выводы

Обоснован метод доверительных множеств для вычисления нижних доверительных границ показателя надёжности прочностных характеристик конструкций судовых технических средств при аппроксимации распределения их предельной нагрузки законом Вейбулла.

Метод фидуциальных вероятностей может быть использован в целях уточнения и совершенствования инженерных подходов к оценке надёжности функционирования узлов, агрегатов судовых технических средств как на стадиях их проектирования, так и в режимах реальной эксплуатации.

Список использованной литературы:

1. *Беленький Д.М., Элькин А.И., Русаков А.В.* Исследование распределения механических свойств и связи между ними // Проблемы прочности. 1977. № 12. С. 93-96.
2. *Беленький Д.М., Кубарев А.Е., Элькин А.И. и др.* Контроль и сертификация механических свойств металлопроката // Заводская лаборатория. 1992. № 2. С. 47-49.
3. *Головченко В.П.* Возможности использования распределения Вейбулла в качестве универсальной модели аппроксимации // Труды ГосНИИГА. 1988. № 279. С. 91-98.
4. *Сундарарайян К.* Вероятностная оценка надёжности сосудов давления и трубопроводов // Теоретические основы инженерных расчётов. Т. 2. М.: Мир, 1986. С. 160-183.
5. *Павлов И.В.* Статистические методы оценки надёжности сложных систем по результатам испытаний. М.: Радио и связь, 1992. 168 с.
6. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т. 5. Проектный анализ надежности / под ред. В.И. Патрушева и А.И. Рембезы. М.: Машиностроение, 1988. 316 с.
7. *Башуров Б.П., Скиба А.Н., Чебанов В.С.* Функциональная надежность и контроль технического состояния судовых вспомогательных механизмов: учебное пособие. Новороссийск: МГА имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, 2009. 192 с.
8. *Ивановская А.В.* Принципы моделирования привода судового грузоподъемного оборудования // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2023. № 1. С. 65-73. DOI: 10.26296/2619-0605.2023.1.1.005.
9. *Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.* Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М.: Наука, 1988. 480 с.
10. *Половко А. М., Гуров С. В.* Основы теории надежности. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 704 с.
11. *Клименко Н.П., Попов В.В., Глушко П.А.* Параметрический контроль надежности элементов судовых технических средств. Морские технологии: проблемы и решения – 2018: сборник трудов по материалам научно-практических конференций преподавателей, аспирантов и сотрудников ФГБОУ ВО «КГМТУ» / под общ. ред. Е.П. Масюткина. Керчь: ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2018. С. 121-129.
12. *Коренев Б.Г., Смирнов А.Ф.* Справочник проектировщика. Динамический расчёт специальных инженерных сооружений и конструкций. М.: Стройиздат, 1988. 466 с.

References:

1. Belenkii D.M. Issledovanie raspredeleniia mekhanicheskih svojstv i sviazi mezhdu nimi [Investigation of the distribution of mechanical properties and the relationship between them] *Problemy prochnosti* [Strength problems], 1977, no. 12, pp. 93-96. (In Russian).
2. Belenkii D.M. Kontrol i sertifikatsiia mekhanicheskih svojstv metalloprokata [Control and certification of mechanical properties of rolled metal]. *Zavodskaia laboratoriia* [Factory laboratory], 1992, no. 2, pp. 47-49. (In Russian).
3. Golovchenko V.P. Vozmozhnosti ispol'zovaniya raspredeleniya Vejbulla v kachestve universal'noj modeli approksimacii [Possibilities of using the Weibull distribution as a universal approximation model]. *Trudy GosNIIGA* [Proceedings of GOSNIIGA], 1988, no.

279, pp. 91-98. (In Russian).
4. Sundorarajian K. Veroiatnostnaia ocenka nadezhosti sosudov davleniia i truboprovodov. [Probabilistic assessment of the reliability of pressure vessels and pipelines]. *Teoreticheskie osnovy inzhenernyh raschetov. T. 2* [Theoretical foundations of engineering calculations. Vol. 2], 1986, pp.160-183. (In Russian).
5. Pavlov I.V. *Statisticheskie metody ocenki nadezhnosti slozhnyh system po rezultatam ispytanii* [Statistical methods for assessing the reliability of complex systems based on test results]. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1992, 168 p. (In Russian).
6. Patrushev V.I., Rembeza A.I. *Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike. T.5. Proektnyj analiz nadezhnosti.* [Reliability and efficiency in engineering. Vol. 5. Design analysis of reliability]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1988, 316 p. (In Russian).
7. Bashurov B.P., Skiba A.N., *Chebanov V.S. Funkcional'naya nadezhnost' i kontrol' tekhnicheskogo sostoyaniya sudovyh vspomogatel'nyh mekhanizmov* [Functional reliability and control of the technical condition of ship's auxiliary mechanisms]. Novorossijsk, MGA imeni admirala F.F. Ushakova Publ., 2009, 192 p. (In Russian).
8. Ivanovskaya A.V. Princypy modelirovaniia privoda gruzopod`iomnogo oborudovania [Principles of modeling the drive of marine lifting equipment]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo technologicheskogo universiteta.* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2023, vol. 1. pp. 65-73. (In Russian). DOI: 10.26296/2619-0605.2023.1.1.005.
9. Ventcel' E.S., Ovcharov L.A. *Teoriya veroyatnostej i ee inzhenernye prilozheniya* [Probability theory and its engineering applications]. Moscow, Nauka Publ., 1988, 480 p. (In Russian).
10. Polovko A.M., Gurov S.V. *Osnovy teorii nadezhnosti* [Fundamentals of reliability theory]. St. Petersburg, BHV-Peterburg Publ., 2006, 704 p. (In Russian).
11. Klimenko N.P., Popov V.V., Glushko P.A. Parametricheskii control nadezhnosti elementov sudovyh tekhnicheskih sredstv [Parametric control of reliability of elements of ship technical means]. *Sbornik trudov po materialam nauchno-prakticheskih konferencii prepodavatelei, aspirantov i sotrudnikov FGBOU VO «KGMTU» «Morskie tekhnologii: problem i resheniia – 2018»* [Collection of works based on the materials of scientific and practical conferences of teachers, graduate students and staff of KSMTU “Marine technologies: problems and solutions – 2018”]. KGMTU Publ., 2018, pp. 121-129. (In Russian).
12. Korenev B.G., Smirnov A.F. *Spravochnik proektirovshchika. Dinamicheskij raschyot special'nyh inzhenernyh sooruzhenij i konstrukcij* [Designer's Handbook. Dynamic calculation of special engineering structures and structures]. Moscow, Strojizdat Publ., 1988, 466 p. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

Клименко	канд. техн. наук, доцент кафедры судовых энергетических установок
Николай	Керченский государственный морской технологический университет
Петрович	298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
	knp-878@mail.ru
Klimenko	Ph. D (Engin.) Associate Professor at the Department of marine power plants
Nikolai	Kerch State Maritime Technological University
Petrovich	28309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
	knp-878@mail.ru
Чернуха	аспирант кафедры судовых энергетических установок
Владислав	Керченский государственный морской технологический университет
Сергеевич	298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
	seykgmtu@gmail.com
Chernuha	post-graduate at the Department of marine power plants
Vladislav	Kerch State Maritime Technological University
Sergeevich	28309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
	seykgmtu@gmail.com

УДК 621.43.018.7:536.8 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.005**

Конюков В.Л.

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ СУДОВОГО ЧЕТЫРЕХТАКТНОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ВИНТОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Аннотация. В работе проведены исследования по влиянию утяжеления винтовой характеристики судна на основные эксплуатационные параметры судового четырехтактного дизеля. Исследования выполнены расчетно-теоретическим методом для широких диапазонов изменения коэффициента утяжеления и относительной мощности дизеля. Получены зависимости давлений и температур в характерных точках цикла от коэффициента утяжеления. Переход на утяжеленную характеристику приводит к снижению мощности турбокомпрессора, уменьшению расхода воздуха и снижению давления наддува, в результате чего уменьшается коэффициент избытка воздуха для горения топлива и повышается удельный эффективный расход топлива. Повышение температур газа в характерных точках цикла приводит к увеличению теплонапряженности дизеля, на основании чего выделены температуры, которые могут использоваться как определяющие при назначении ограничительных характеристик по тепловой напряженности. Выбор таких температур выполнен в соответствие с характером их изменения от частоты вращения дизеля.

Ключевые слова: дизель, эксплуатационные параметры, нагрузка, винтовая характеристика, коэффициент утяжеления, ограничительная характеристика, тепловая напряженность, механическая напряженность.

Konyukov V.L.

ANALYSIS OF OPERATIONAL PARAMETERS OF A MARINE FOUR-STROKE DIESEL ENGINE WHEN CHANGING THE SCREW CHARACTERISTICS

Abstract.. In this work, studies have been carried out on the influence of the weighting of the screw characteristics of the vessel on the main operational parameters of the ship's four-stroke diesel engine. The studies were carried out by the computational and theoretical method for wide ranges of changes in the weighting coefficient and relative diesel power. The dependences of pressures and temperatures at characteristic points of the cycle on the weighting coefficient are obtained. The transition to a weighted characteristic leads to a decrease in the turbocharger power, a decrease in air consumption and a decrease in boost pressure, as a result of which the excess air coefficient for gorenje fuel decreases and the specific effective fuel consumption increases. An increase in gas temperatures at the characteristic points of the cycle leads to an increase in the thermal stress of the diesel engine, on the basis of which temperatures are identified that can be used as determining when assigning restrictive characteristics for thermal tension. The choice of such temperatures is made in accordance with the nature of their change from the speed of the diesel engine.

Keywords: diesel, operational parameters, load, screw characteristic, weighting coefficient, limiting characteristic, thermal stress, mechanical stress.

Введение

Инструкции по эксплуатации судовых дизелей включают результаты тестовых испытаний, в которых содержатся основные внешние параметры [1]. Эти внешние параметры, во многом, зависят от внутренних параметров цикла дизеля, значения которых в технической документации, как правило, не приводятся. Производители дизелей не считают возможным делиться результатами, полученными для ряда эксплуатационных параметров и ограничительных характеристик, даже с персоналом, обеспечивающим эксплуатацию

оборудования [2], [3]. В связи с этим сложно оценить, в полном объеме, факторы, обеспечивающие высокую надежность, экономичность и экологичность дизелей.

Тестовые испытания главных дизелей проводятся для номинальных внешних характеристик потребителей механической энергии: номинальной винтовой характеристики при работе дизеля на винт фиксированного шага с механической передачей; номинальной нагрузочной характеристики с электрической передачей энергии на винт фиксированного шага или с механической передачей на винт регулируемого шага. В любом случае нагрузка главного дизеля определяется буксировочной мощностью судна. Изменение условий эксплуатации судна приводит к изменению винтовой характеристики – утяжелению или облегчению, что отражается на внутренних и внешних эксплуатационных параметрах дизеля. К основным внутренним параметрам можно отнести максимальную температуру цикла T_z, температуру газа в конце расширения в цилиндре T_b, средняя температура за время цикла, коэффициент избытка воздуха на сгорание топлива α, а также коэффициенты продувки φ и наполнения $\eta_н$, которые используются при диагностировании состояния отдельных элементов дизеля [4].

Целью исследования является анализ зависимостей внутренних и внешних эксплуатационных параметров судового четырехтактного дизеля от коэффициента утяжеления винтовой характеристики судна на основе тепловых расчетов.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследований принят судовой четырехтактный дизель марки 8L58/64, передающий мощность через электрическую передачу на винт фиксированного шага (ВФШ). Этот двигатель широко распространен на морских судах, его номинальные характеристики приведены в работе [5].

Исследования проводились расчетно-теоретическим способом, в основу алгоритма которого положен широко известный теоретический метод анализа рабочего процесса на основе физической сути явлений в цилиндре дизеля, получивший название «метод Гриневецкого-Мазина». По алгоритму была составлена программа для ЭВМ [6]. Разработанная методика позволяет методом последовательных приближений определять давление наддува на всех исследуемых режимах, используя эталонные параметры турбины турбонаддувочного агрегата, полученные при тестовых испытаниях дизеля для нагрузочной характеристики [7].

Коэффициент утяжеления винтовой характеристики определялся для конкретной частоты вращения как отношение мощности утяжеленного режима к мощности номинального режима

$$\bar{C} = \frac{N_e}{N_{e\text{н}}} = \frac{C}{C_\text{н}}, \quad (1)$$

где индексом «н» обозначены параметры номинальной винтовой характеристики.

Коэффициент утяжеления винтовой характеристики принимался в диапазоне $0{,}25 \le \bar{C} \le 3{,}6$, а относительная мощность дизеля для каждой винтовой характеристики изменялась в диапазоне $0{,}25 \le \bar{N}_e \le 1{,}0$. Режим для $\bar{C}=3{,}6$ соответствовал характеристике швартовных испытаний. Относительная мощность определялась соотношением

$$\bar{N}_e = \frac{N_e}{N_{e0}}, \quad (2)$$

где N_{e0} – номинальная мощность дизеля при стопроцентной нагрузке и номинальной частоте вращения n_0, соответствующей винтовой характеристике номинального режима работы пропульсивного комплекса $\bar{c}=1{,}0$.

Частота вращения дизеля для конкретного режима каждой утяжеленной или облегченной винтовой характеристики вычислялась по уравнению

$$n = n_0 \sqrt[3]{\frac{\bar{N}_e}{\bar{c}}}. \quad (3)$$

Анализ эксплуатационных параметров проводился для относительных значений, которые находились из соотношений

$$\bar{B} = \frac{B}{B_0}, \quad \bar{n} = \frac{n}{n_0}, \quad (4)$$

где B – значение параметра или критерия, соответствующего частоте вращения n конкретной винтовой характеристики;

B_0, n_0 – значения параметра и частоты вращения, соответствующие стопроцентной мощности номинальной винтовой характеристики.

Следует отметить, что анализ эксплуатационных параметров дизеля проводился без учета ограничительных характеристик.

Результаты исследования и их обсуждение

Переход судна на утяжеленную винтовую характеристику сопровождается, прежде всего, снижением частоты вращения. Уменьшение количества циклов в единицу времени приводи к понижению расхода воздуха и, соответственно, расхода газа. Для обеспечения заданной мощности дизеля требуется увеличение цикловой подачи топлива, что вызывает повышение удельного эффективного расхода топлива g_e. Исследования и опыт эксплуатации дизелей показали, что превышение эксплуатационных параметров, ограничивающих их напряженное состояние, имеет место при утяжелении винтовых характеристик. Диапазон допустимых режимов работы судовых дизелей ограничен максимальной частотой вращения $\bar{n}_0$, соответствующей стопроцентной мощности номинальной винтовой характеристики и ограничительными характеристиками механической и тепловой напряженности. Однако, с целью получения дополнительной информации, диапазон изменения частоты вращения при исследовании расширен.

На рисунке 1 приведены зависимости изменения относительной частоты вращения дизеля от коэффициента утяжеления для различной относительной мощности. Из выражения (1) следует, что утяжеление винтовых характеристик имеет место при $\bar{c}$>1,0 и, соответственно, облегчение при $\bar{c}$<1,0. Зависимость относительного изменения расхода воздуха представлена на рисунке 2. При переходе судна на утяжеленную характеристику имеет место снижение частоты вращения и, соответственно, расхода воздуха. Причем, для $\bar{N}_e$=1,0 изменение расхода воздуха, практически, соответствует изменению частоты вращения, однако, с уменьшением относительной мощности интенсивность изменения расхода становится ниже интенсивности изменения $\bar{n}$, что можно объяснить уменьшением давления наддува. Как показали исследования, изменение $\bar{c}$ не вызывает существенного изменения давления наддува $\bar{p}_{\text{н}}$ (см. рис. 3). Для исследованного диапазона $\bar{c}$ изменение $\bar{p}_{\text{н}}$ составило 10 %, в то время как уменьшение мощности дизеля до $\bar{N}_e$=0,25 привело к снижению давления наддува на 60 %.

На рисунке 4 приведены зависимости изменения относительной мощности турбины $\bar{N}$т турбокомпрессора. Здесь относительная мощность турбины определялась отношением к индикаторной мощности дизеля. Уменьшение относительной мощности дизеля приводит к снижению интенсивности изменения $\bar{N}$т.

Зависимость относительного изменения удельного эффективного расхода топлива $\bar{g}_e$ приведена на рисунке 5. Утяжеление винтовой характеристики ($\bar{c}$>1,0) от номинальной до швартовной приводит к увеличению $\bar{g}_e$ более 10 %. В то же время облегчение винтовой характеристики ($\bar{c}$<1,0) вызывает повышение экономичности дизеля.

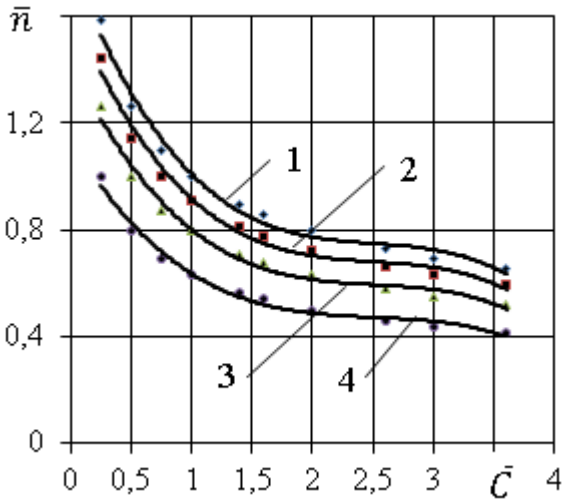


Рисунок 1 – Относительное изменение частоты вращения от коэффициента утяжеления: 1 – $\bar{N}_e$=1,0; 2 – $\bar{N}_e$=0,75; 3 – $\bar{N}_e$=0,5; 4 – $\bar{N}_e$=0,25

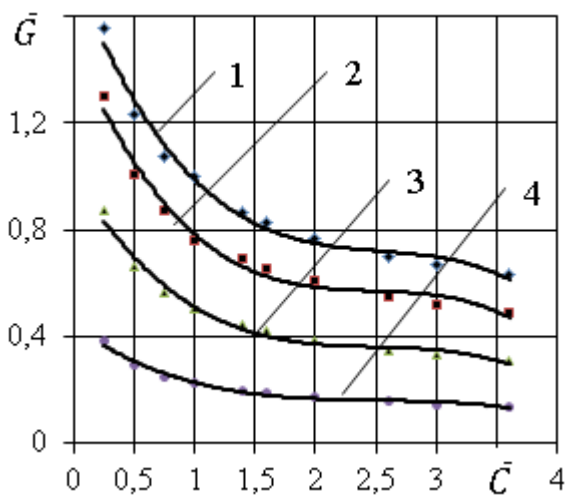


Рисунок 2 – Относительное изменение расхода воздуха от коэффициента утяжеления: 1 – $\bar{N}_e$=1,0; 2 – $\bar{N}_e$=0,75; 3 – $\bar{N}_e$=0,5; 4 – $\bar{N}_e$=0,25

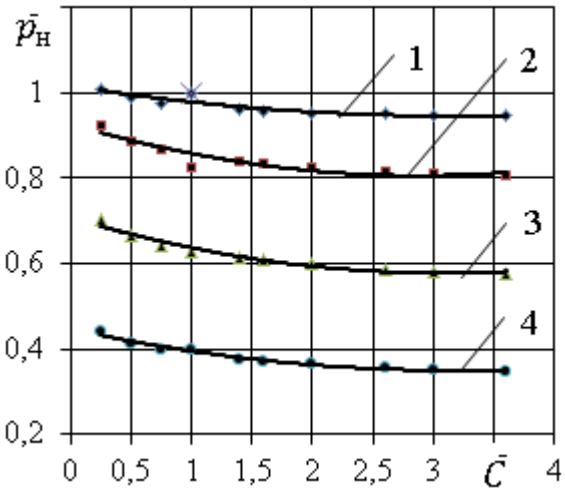


Рисунок 3 – Относительное изменение давления наддува от коэффициента утяжеления: 1 – $\bar{N}_e$=1,0; 2 – $\bar{N}_e$=0,75; 3 – $\bar{N}_e$=0,5; 4 – $\bar{N}_e$=0,25

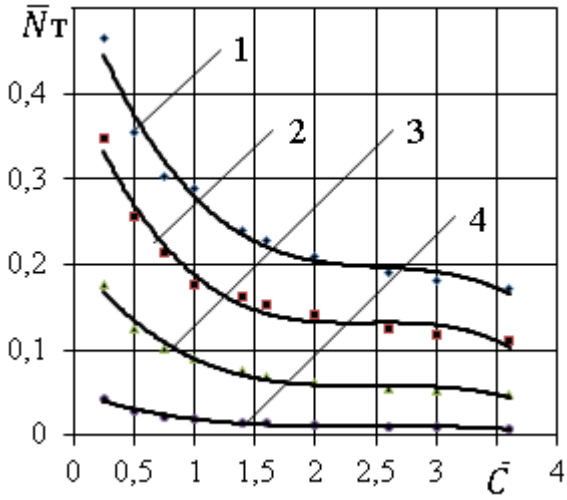


Рисунок 4 – Зависимость изменения $\bar{N}_т$ от коэффициента утяжеления: 1 – $\bar{N}_e$=1,0; 2 – $\bar{N}_e$=0,75; 3 – $\bar{N}_e$=0,5; 4 – $\bar{N}_e$=0,25

С уменьшением расхода воздуха и увеличением подачи топлива снижается коэффициент избытка воздуха при горении топлива α (рисунок 6). Исследования показали, что утяжеление винтовой характеристики относительно номинального варианта приводят к снижению α, которое может превысить 30 %.

Горение топлива с меньшим избытком воздуха вызывает повышение температуры газа. Прежде всего, это отражается на максимальной температуре цикла T_z, относительное изменение которой приведено на рисунке 7. Увеличение коэффициента утяжеления винтовой характеристики приводит к существенному увеличению T_z, что может привести к перегрузке дизеля по тепловой напряженности. Особенно этот факт следует контролировать при работе дизеля при пониженных относительных мощностях.

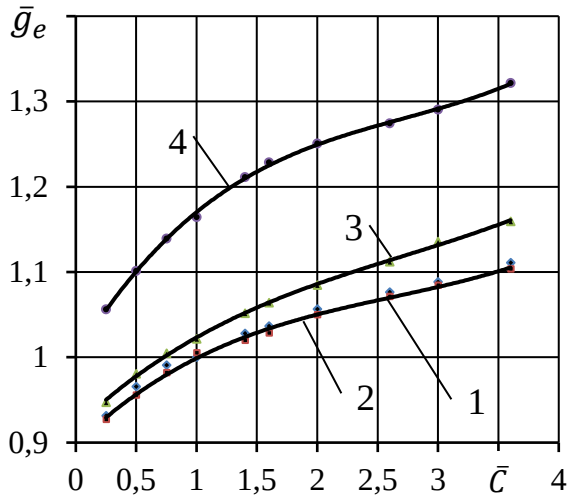


Рисунок 5 – Относительное изменение $\bar{g}_e$ от коэффициента утяжеления: 1 – $\bar{N}_e$=1,0; 2 – $\bar{N}_e$=0,75; 3 – $\bar{N}_e$=0,5; 4 – $\bar{N}_e$=0,25

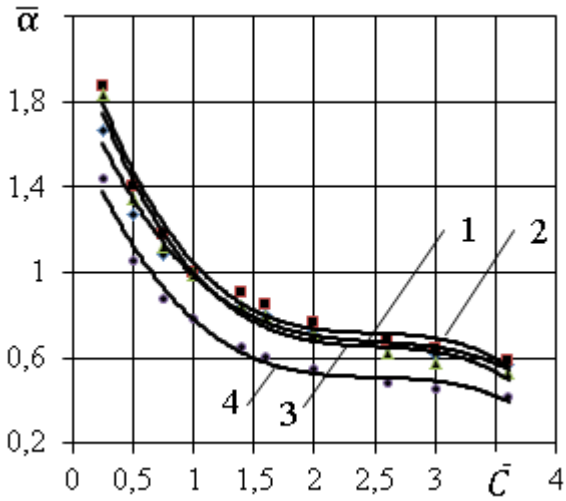


Рисунок 6 – Относительное изменение $\bar{\alpha}$ от коэффициента утяжеления: 1 – $\bar{N}_e$=1,0; 2 – $\bar{N}_e$=0,75; 3 – $\bar{N}_e$=0,5; 4 – $\bar{N}_e$=0,25

Увеличение максимальной температуры сгорания топлива отражается на температуре газа в характерных точках цикла и на средней температуре цикла. На рисунках 8-10 приведены зависимости относительных температур от коэффициента утяжеления: средней температуры за время цикла $T_{\text{ср}}$, температуры газа за цилиндром с учетом перемешивания с продувочным воздухом T_t, температуры газа в конце расширения в цилиндре T_b. Утяжеление винтовой характеристики вызывает увеличение температуры газа в характерных точках цикла для всего диапазона исследованных относительных мощностей. Однако следует отдельно рассмотреть зависимости приведенных температур от относительной мощности дизеля.

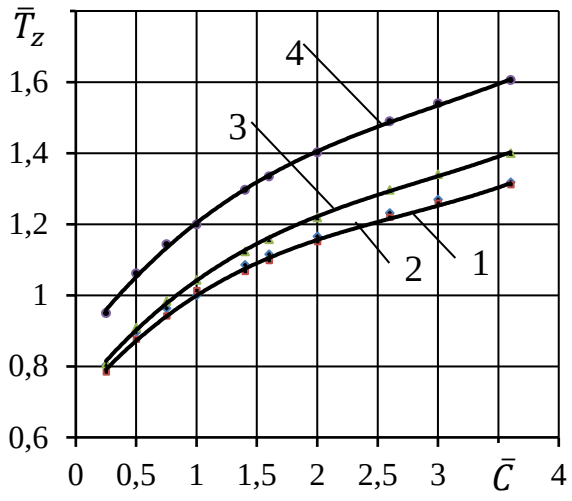


Рисунок 7 – Относительное изменение $\bar{T}_z$ от коэффициента утяжеления: 1 – $\bar{N}_e$=1,0; 2 – $\bar{N}_e$=0,75; 3 – $\bar{N}_e$=0,5; 4 – $\bar{N}_e$=0,25

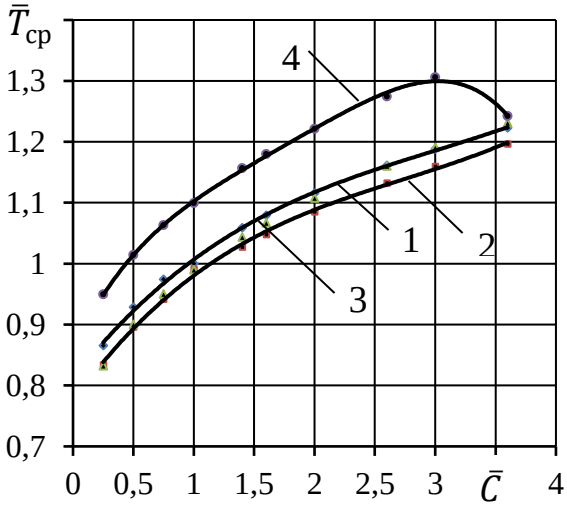


Рисунок 8 – Относительное изменение $\bar{T}_{\text{ср}}$ от коэффициента утяжеления: 1 – $\bar{N}_e$=1,0; 2 – $\bar{N}_e$=0,75; 3 – $\bar{N}_e$=0,5; 4 – $\bar{N}_e$=0,25

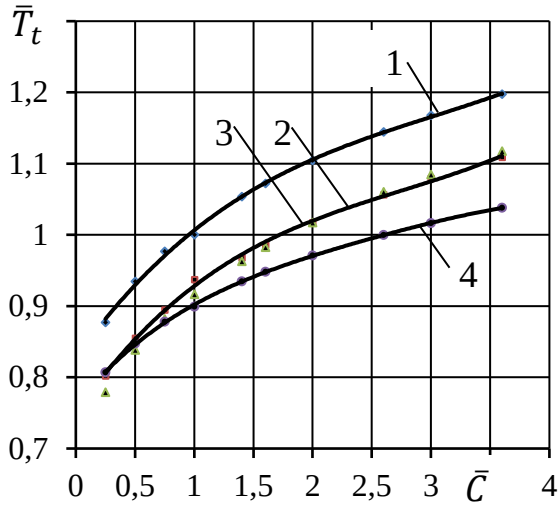


Рисунок 9 – Относительное изменение $\bar{T}_t$ от коэффициента утяжеления: 1 – $\bar{N}_e$=1,0; 2 – $\bar{N}_e$=0,75; 3 – $\bar{N}_e$=0,5; 4 – $\bar{N}_e$=0,25

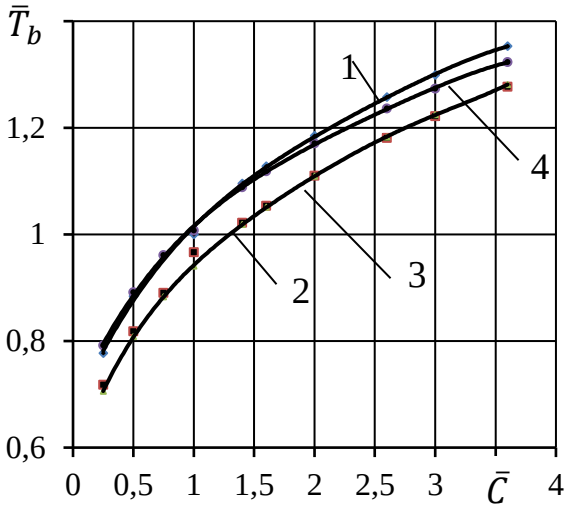


Рисунок 10 – Относительное изменение $\bar{T}_b$ от коэффициента утяжеления: 1 – $\bar{N}_e$=1,0; 2 – $\bar{N}_e$=0,75; 3 – $\bar{N}_e$=0,5; 4 – $\bar{N}_e$=0,25

На рисунке 11 приведены зависимости относительного изменения температуры газа в характерных точках цикла от относительной мощности дизеля $\bar{N}_e$ для номинальной винтовой характеристики ($\bar{C}$=1,0). Увеличение T_z при снижении $\bar{N}_e$ вызвано существенным уменьшением коэффициента избытка воздуха для горения. Температура газа, соответствующая окончанию его расширения в цилиндре T_b (зависимость 3), уменьшается при понижении относительной мощности до $\bar{N}_e$=0,5, дальнейшее снижение нагрузки дизеля приводит к повышению T_b. Снижение относительной мощности дизеля вызывает уменьшение угла поворота коленчатого вала, соответствующего максимальной температуре цикла. В связи с этим увеличивается степень расширения газа в цилиндре до момента открытия выпускного клапана, что приводит к дополнительному понижению температуры газа в цилиндре. Это вызывает большее отклонение T_b от T_z при снижении $\bar{N}_e$. Дополнительное уменьшение температуры газа перед турбиной связано с увеличение степени понижения давления при выпуске из цилиндра, так как с уменьшением расхода газа снижается газодинамическое сопротивление турбины и уменьшается давление перед турбиной $\bar{p}_t$ (рис. 13).

Одним из параметров, определяющим механическую напряженность дизеля, является максимальное давление цикла $\bar{p}_z$, превышение значения которого, установленного для номинального режима не допускается. Зависимости относительного изменения $\bar{p}_z$ от коэффициента утяжеления для различной относительной мощности дизеля приведены на рисунке 12. Увеличение коэффициента утяжеления, однозначно приводит к повышению $\bar{p}_z$, поэтому, при работе по утяжеленным характеристикам, требуется переходить на пониженную мощность.

Для оценки напряженности дизеля предложены критерии: критерий теплонапряженности поршня $K_{\text{п}}$, предложенный Костиным А.К., который получен на основе положений гидродинамической теории теплопередачи и анализа экспериментальных данных [8]; критерий теплонапряженности цилиндровой втулки K_c, предложенный Камкиным С.В. [9]. Зависимости указанных критериев приведены на рисунках 14-15.

Утяжеление винтовой характеристики не вызывает существенного повышения теплонапряженности втулки цилиндра, в то время как теплонапряженность поршня имеет значительное увеличение для всех относительных мощностей дизеля.

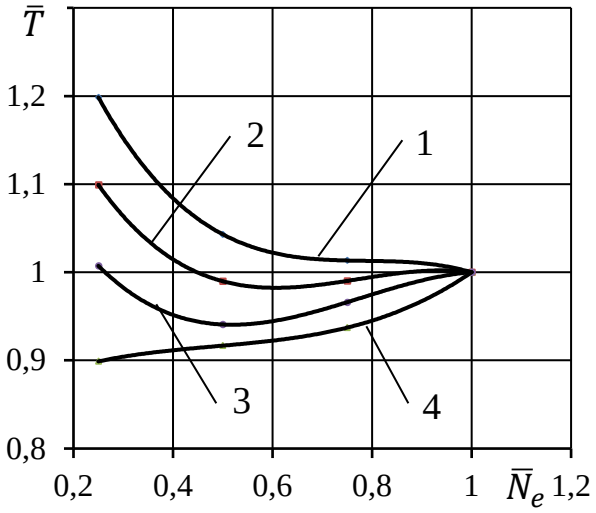


Рисунок 11 – Относительное изменение температуры в характерных точках цикла от нагрузки дизеля: 1 – $\bar{T}_z$; 2 – $\bar{T}_{\text{ср}}$; 3 – $\bar{T}_b$; 4 – $\bar{T}_t$

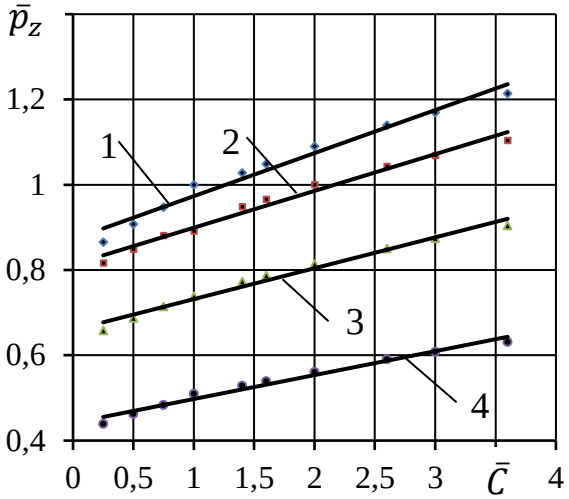


Рисунок 12 – Относительное изменение максимального давления цикла от коэффициента утяжеления: 1 – $\bar{N}_e$=1,0; 2 – $\bar{N}_e$=0,75; 3 – $\bar{N}_e$=0,5; 4 – $\bar{N}_e$=0,25

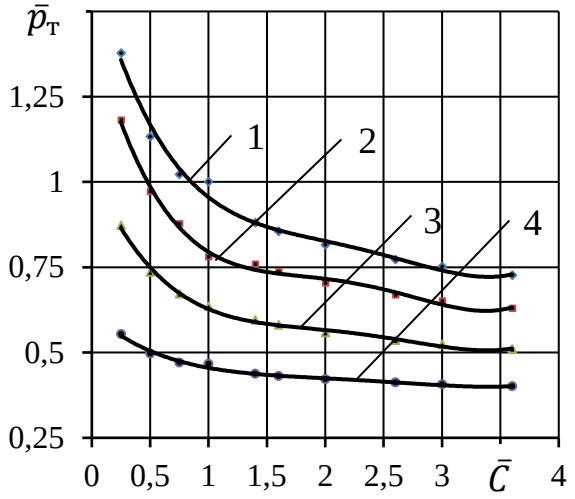


Рисунок 13 – Относительное изменение давления перед турбиной от коэффициента утяжеления: 1 – $\bar{N}_e$=1,0; 2 – $\bar{N}_e$=0,75; 3 – $\bar{N}_e$=0,5; 4 – $\bar{N}_e$=0,25

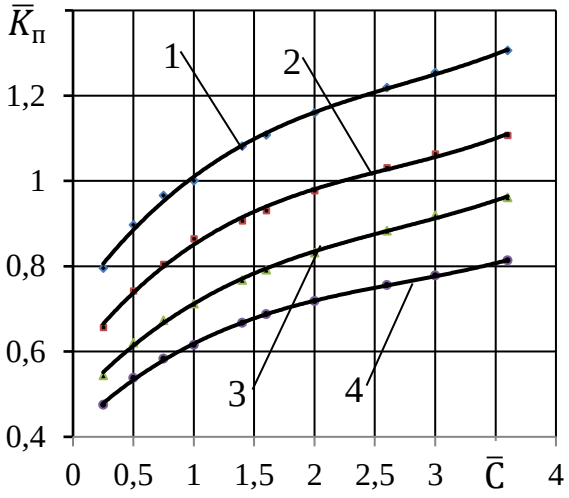


Рисунок 14 – Относительное изменение критерия $K_{\text{п}}$ от коэффициента утяжеления: 1 – $\bar{N}_e$=1,0; 2 – $\bar{N}_e$=0,75; 3 – $\bar{N}_e$=0,5; 4 – $\bar{N}_e$=0,25

Диапазон допустимых эксплуатационных режимов дизеля, обеспечивающих установленный ресурс при ограниченном расходе топлива и масел, реализуется с помощью диаграммы $N_e = f(n)$, на которую наносятся ограничительные характеристики. Приоритетное значение имеют ограничительные характеристики, построенные по параметрам, определяющим механическую и тепловую напряженность дизеля и имеющим наибольшее изменение с понижением частоты вращения (крутопадающие характеристики). К таким приоритетным параметрам, на основании анализа полученных результатов, следует отнести T_z, T_b, $T_{\text{ср}}$. Средняя температура газа за время цикла $T_{\text{ср}}$ влияет на плотность теплового потока через стенки цилиндровой втулки, температура газа в конце процесса расширения в цилиндре T_b оказывает влияние на тепловое состояние выпускного клапана. На рисунках 16-18 приведены зависимости относительных температур T_z, T_b, $T_{\text{ср}}$ от относительной частоты вращения $\bar{n}$.

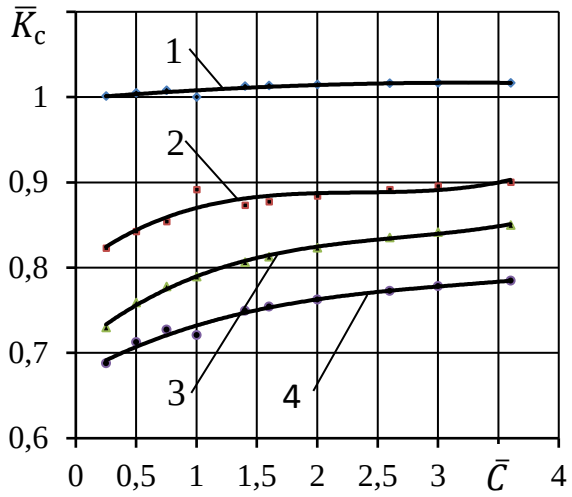


Рисунок 15 – Относительное изменение критерия $K_п$ от коэффициента утяжеления: 1 – $\bar{N}_e$=1,0; 2 – $\bar{N}_e$=0,75; 3 – $\bar{N}_e$=0,5; 4 – $\bar{N}_e$=0,25

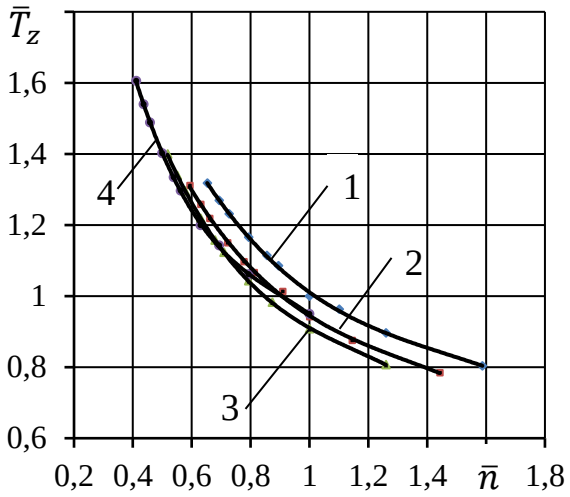


Рисунок 16 – Относительное изменение $\bar{T}_z$ от частоты вращения: 1 – $\bar{N}_e$=1,0; 2 – $\bar{N}_e$=0,75; 3 – $\bar{N}_e$=0,5; 4 – $\bar{N}_e$=0,25

Если за предельно допустимые эксплуатационные параметры и критерии принять величины, соответствующие номинальной винтовой характеристике и полной нагрузке ($\bar{c}$=1, $\bar{N}_e$=1, $\bar{n}$=1), то температуры T_z, T_b, $T_{ср}$ или критерии, построенные на базе этих температур могут служить ограничительными характеристиками, определяющими диапазон допустимых режимов эксплуатации дизеля.

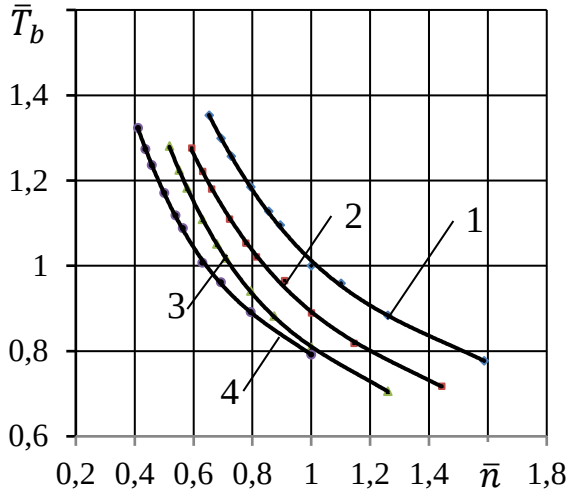


Рисунок 17 – Относительное изменение $\bar{T}_b$ от частоты вращения: 1 – $\bar{N}_e$=1,0; 2 – $\bar{N}_e$=0,75; 3 – $\bar{N}_e$=0,5; 4 – $\bar{N}_e$=0,25

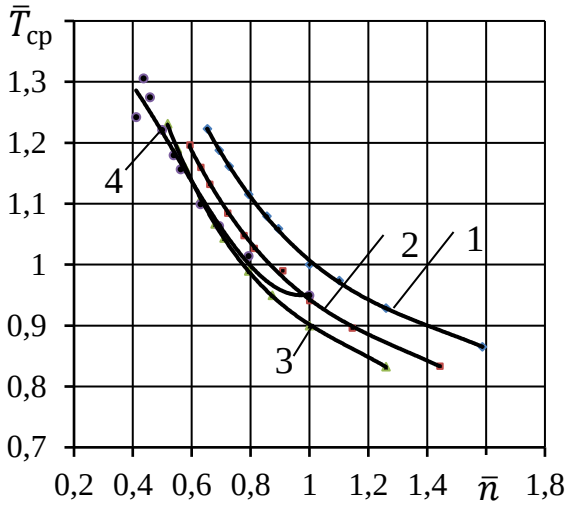


Рисунок 18 – Относительное изменение $\bar{T}_{ср}$ от частоты вращения: 1 – $\bar{N}_e$=1,0; 2 – $\bar{N}_e$=0,75; 3 – $\bar{N}_e$=0,5; 4 – $\bar{N}_e$=0,25

Выводы

Утяжеление винтовых характеристик ($\bar{C}$>1) приводит, прежде всего, к уменьшению мощности турбины и, соответственно, компрессора турбонаддувочного агрегата, которые для $\bar{N}_e$=1,0 снижаются более чем на 10 %. Это уменьшение отражается, в основном, на снижении расхода воздуха. Падение давления наддува, при этом, не превысило 5 %.

Снижение доли энергии газов, использованной в турбокомпрессоре для повышения энергии наддувочного воздуха приводит к уменьшению экономичности дизеля, что вызвало повышение удельного эффективного расхода топлива на 10 %.

Уменьшение расхода воздуха и, соответственно, коэффициента избытка воздуха приводят к увеличению температуры газа в характерных точках цикла, однако, зависимости температур газа цикла от относительной мощности дизеля для $\bar{C}$=1 носят различный характер. Так при понижении $\bar{N}_e$ максимальная температура цикла $\bar{T}_z$ увеличивается, а температура газа перед турбиной $\bar{T}_t$ уменьшается.

На основании анализа исследованных параметров в зависимости от частоты вращения для различных относительных мощностей назначены параметры, на базе которых могут формироваться ограничительные характеристики тепловой напряженности дизеля. К таким параметрам рекомендуется отнести температуру газа в конце процесса расширения в цилиндре и среднюю температуру газа за время цикла.

Список использованной литературы:

1. Diesel Facts. A Technical Customer Magazine of MAN Diesel & Turbo. 2013. № 3. P. 12.
2. *Васькевич Ф.А., Зубко С.С.* Оценка параметров рабочего процесса главного судового дизеля по данным эксплуатационных испытаний // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2018. № 3. С. 89-94.
3. *Горб С.С., Сандлер А.К., Будуров Н.И.* Повышение эффективности работы главного двигателя корректировкой упора гребного винта // Автоматизация судовых технических средств. 2019. Вып. 25. С. 35-52.
4. *Камкин С.В., Возницкий И.В., Шмелев В.П.* Эксплуатация судовых дизелей: учебник. М.: Транспорт, 1990. 344 с.
5. *Конюков В.Л.* Улучшение эксплуатационных параметров четырехтактного дизеля, работающего по винтовой характеристике, путем использования регулируемого соплового аппарата турбокомпрессора при увеличении противодавления на выпуске // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2022. № 3. С. 73-89.
6. А. с. № RU2022685277 Российская Федерация. Программа расчета параметров рабочего процесса дизеля с наддувом «Diesel K»: программа для ЭВМ / А.Н. Горбенко. Опубл. 22.12.2022. Бюл. № 1.
7. *Конюков В.Л., Михайлык В.Э.* Критерии оценки ограничительных параметров при сравнении эффективности регулируемого соплового аппарата турбокомпрессора судового дизеля // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2022 № 2. С. 134-148.
8. *Возницкий И.В., Иванов Л.А.* Предотвращение аварий судовых двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие. М.: Транспорт, 1971. 191 с.
9. *Олейников Б.Н.* Техническая эксплуатация дизелей судов флота рыбной промышленности: учебное пособие. М.: Агропромиздат, 1986. 269 с.

References:

1. Diesel Facts. *A Technical Customer Magazine of MAN Diesel & Turbo*, 2013, no. 3, p. 12. (In English).
2. Vaskevich F.A., Zubko S.S. Otsenka parametrov rabochego protsessa glavnogo sudovogo dizelya po dannym ekspluatatsionnykh ispytaniy [Evaluation of the parameters of the working process of the main marine diesel engine according to operational tests] *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskiye nauki* [News of Universities. The North Caucasus region. Technical Sciences], 2018, no. 3, pp. 89-94. (In Russian).
3. Gorb S.S., Sandler A.K., Budurov N.I. Povysheniye effektivnosti raboty glavnogo dvigatelya korrektirovkoy upora grebnogo vinta [Improving the efficiency of the main engine by adjusting

the propeller stop]. *Avtomatizatsiya sudovykh tekhnicheskikh sredstv* [Automation of Ship Technical Means], 2019, vol. 25, pp. 35-52. (In Russian).
4. Kamkin S.V., Voznickij I.V., Shmelev V.P. *Ekspluataciya sudovyh dizelej* [Operation of marine diesel engines]. Moscow, Transport Publ., 1990, 344 p. (In Russian).
5. Konyukov V.L. Uluchsheniye ekspluatatsionnykh parametrov chetyrekhtaktnogo dizelya. rabotayushchego po vintovoy kharakteristike. putem ispolzovaniya reguliruyemogo soplovogo apparata turbokompressora pri uvelichenii protivodavleniya na vypuske [Improving the operational parameters of a four-stroke diesel engine operating according to the screw characteristic by using an adjustable turbocharger nozzle with an increase in the back pressure at the outlet]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta.* [Bulletin of the Kerch State Maritime Technological University], 2022, no. 3, pp. 73-89. (In Russian).
6. Gorbenko A.N. *Programma rascheta parametrov rabochego protsessa dizelya s nadduvom «Diesel K»* [The program for calculating the parameters of the working process of a supercharged diesel “Diesel K”]. Author’s license no. RU2022685277, 22.12.2022, no. 1. (In Russian).
7. Konyukov V.L., Mikhaylyk V.E. Kriterii otsenki ogranichitelnykh parametrov pri sravnenii effektivnosti reguliruyemogo soplovogo apparata turbokompressora sudovogo dizelya [Criteria for evaluating restrictive parameters when comparing the efficiency of the adjustable nozzle unit of a marine diesel turbocharger]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Maritime Technological University], 2022, no. 2, pp. 134-148. (In Russian).
8. Voznitskiy I.V., Ivanov L.A. *Predotvrashcheniye avariy sudovykh dvigateley vnutrennego sgoraniya* [Prevention of accidents of marine internal combustion engines]. Moscow, Transport Publ., 1971, 191 p. (In Russian)
9. Olejnikov B.N. *Tekhnicheskaya ekspluatacziya dizelej sudov flota rybnoj promyshlennosti* [Technical exploitation of diesels of vessels of fishing industry fleet]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1986, 269 p. (In Russian).

Сведения об авторе / Information about author

Конюков Вячеслав Леонтьевич	канд. техн. наук, доцент кафедры судовых энергетических установок Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 seykgmtu@gmail.com
Konyukov Viacheslav Leontievich	Ph.D. (Engin.), Associate Professor at the Department of ship power plants Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 seykgmtu@gmail.com

УДК 637.413:66.083./.084.8 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.006**

Декань А.А., Соколов С.А., Яшонков А.А.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ КОМПРЕССИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖИДКОГО ЯИЧНОГО МЕЛАНЖА

Аннотация. Интенсивное развитие технологии переработки пищевых продуктов с использованием физических методов обработки обусловлено не только способностью их уничтожать микроорганизмы, но и открывающимися при этом перспективами повышения качества готовых продуктов и интенсификации процессов переработки. Внедрение в промышленное производство наиболее перспективных современных физических методов обработки пищевых продуктов, в частности, их комплексной обработки высоким давлением и ультразвуком требует всестороннего их исследования. В работе проанализированы и приведены результаты экспериментальных исследований по изучению влияния комплексной обработки высоким давлением и ультразвуком на компрессионные характеристики жидкого куриного меланжа и таких его компонентов как белок и желток. Получены данные изменения значений относительного объема, плотности, коэффициента сжимаемости, модуля объемной упругости жидкого куриного меланжа белка и желтка.
Ключевые слова: яичный меланж, высокое давление, ультразвук, компрессионные характеристики, комплексная обработка.

Dekan A.A., Sokolov S.A., Yashonkov A.A.

EXPERIMENTAL STUDY OF COMPRESSION CHARACTERISTICS OF LIQUID EGG MELANGE

Abstract. Intensive development of food processing technology using physical processing methods is caused not only by their ability to destroy microorganisms, but also by the prospects for improving the quality of finished products and intensification of processing. The introduction in industrial production of the most promising modern physical methods of food processing, in particular, their complex processing by high pressure and ultrasound requires a comprehensive study of them. The paper analyzes and presents the results of experimental studies of the effect of complex processing by high pressure and ultrasound on the compression characteristics of liquid chicken melange and such components as protein and yolk. Data on changes in values of relative volume, density, compressibility coefficient, modulus of volume elasticity of liquid chicken melange of protein and yolk are obtained.
Keywords: Egg melange, high pressure, ultrasound, compression characteristics, complex processing.

Введение

Яйца являются неотъемлемой частью рационов питания. Объем производства куриных яиц за последние 30 лет вырос практически на 300% и достиг 62 тыс. тонн в год. Основными странами производителями яиц являются Япония, Франция и Италия [1]. Популярность яиц связана с их высокой пищевой ценностью Большинство технологических (пенообразующая, эмульгирующая, стабилизирующая, гелеобразующая) свойств куриных яиц определяются свойствами их белков. Протеины содержаться в каждой частице яйца в разном состоянии. Так, при общей массе яйца до 70г, на одно яйцо приходится до 50% протеинов, которые находятся в растворенном состоянии в белке яйца, около 44,3% - в виде комплексных соединений с липидами – в желтке [2-6].

Обработка высоким давлением (ВД) приобрела исключительную важность во многих областях биотехнологии. В последние годы она стала альтернативой традиционной термообработке, так как исключает образование неприятного вкуса, деградацию компонентов и питательных веществ в продуктах питания, может создать уникальную

текстуру продукта и экономит значительное количество энергии, необходимой для обработки пищевых продуктов [7]. Диапазон уровней ВД для различных процессов может разниться от 100 МПа, до 1000 МПа. Кроме того, время экспозиции ВД может быть очень коротким для некоторых продуктов, а может составлять несколько часов в зависимости от реализуемых целей обработки. ВД является средством для сохранения качества пищевых продуктов, не прибегающим к чрезмерной термической обработке или применению химических консервантов. Наиболее подвержена влиянию давления клетка, именно ее разрушение объясняет многие особенности воздействия высокого давления на продукты питания. В процессе повышения давления объем клетки уменьшается, а в момент ее разрушения происходит коллапс ее содержимого с резким уменьшением объема. Примерно такой же характер изменений происходит в макромолекулах белков и других образований. Анализ априорной информации показывает, что существующие методы обработки продуктов питания могут быть усовершенствованы путем объединения двух или более известных методов, что позволяет ослабить негативные стороны каждого отдельного метода, и в результате получить новые позитивные факторы, позволяющие говорить о возможности получения продуктов более высококачественных, с увеличенным сроком хранения и минимальными затратами на производство. Применение акустических колебаний малой мощности позволяет интенсифицировать тепло - массообменные процессы при обработке ВД, с одновременным снижением материалоемкости используемого оборудования и энергозатрат на достижение желаемого технологического и микробиологического эффекта. Данные обстоятельства позволяют утверждать, что комбинированная, комплексная обработка пищевых продуктов ВД и ультразвуком (УЗ) позволит получить ряд положительных эффектов, таких как снижение величины рабочего параметра ВД, необходимого для обеспечения нужного эффекта обработки, уменьшение продолжительности обработки, снижение мощности излучения УЗ.

Целью наших исследований было экспериментальным путём определить компрессионные характеристики жидкого куриного яйца, и его компонентов подвергающихся комплексной обработке ВД и УЗ.

Материалы и методы исследования. Экспериментальные исследования компрессионных характеристик исследуемых образцов (жидкий яичный меланж, белок, желток) были выполнены на исследовательском комплексе, имеющем следующие технико-эксплуатационные параметры [8]:

1. Давление в рабочей камере - до 1000 МПа;
2. Рабочая температура от 10 до + 80ºС ;
3. Максимальное перемещение поршня – $H_{max} = 0{,}03$ м;
4. Скорость перемещения поршня пресса: от $\upsilon_{min} = 67 \cdot 10^{-6}$ м/сек до $\upsilon_{max} = 67 \cdot 10^{-5}$ м/с.
5. При минимальной скорости перемещения поршня (υ_{min}), максимальное время $t_{max} = 7{,}46$ мин. При максимальной скорости перемещения поршня пресса (υ_{max}) минимальное время $t_{min} = 0{,}746$ мин.

Программное обеспечение исследовательского комплекса позволяет проводить исследования изменения абсолютного и относительного объемов исследуемого объекта, а также определение их коэффициентов сжимаемости и модуля объемной упругости согласно следующим теоретическим положениям.

Термодинамический коэффициент сжимаемости (изотермическая сжимаемость) χ характеризует относительное изменение объема системы при изотермическом уменьшении ее давления на единицу при постоянной температуре T:

$$\chi = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T. \qquad (1)$$

Термодинамический коэффициент сжимаемости системы из N компонентов (в данном случае таковыми компонентами были: исследуемый объект, упаковочный материал, промежуточная жидкость) равен:

$$\sum_{i=1}^{N}(V_i\chi_i)=\left(-\frac{1}{\partial P}\sum_{i=1}^{N}(\partial V_i)\right)_T. \quad (2)$$

Методика определения коэффициента сжимаемости исследуемых образцов включала два предварительных этапа: этап определения коэффициента сжимаемости рабочей жидкости и определение коэффициента сжимаемости упаковочного материала.

Модуль объемной упругости β равен отношению величины нормального напряжения σ к величине относительного объемного сжатия Δ, вызванного этим напряжением:

$$\beta=\frac{\sigma}{\Delta}, \quad (3)$$

и связан с изотермическим коэффициентом сжимаемости χ соотношением:

$$\beta=\frac{1}{\chi}. \quad (4)$$

Образцы помещали в пластичные контейнеры, объемы которых до и после загрузки определяли методом вытеснения.

После выполнения необходимых математических преобразований получили:

$$\chi_{Обр}=\frac{1}{V^0_{Обр}}\cdot\left(\frac{\Delta V_{РОК}}{P-P^0}-\chi_{РЖ}\cdot V^0_{РЖ}\right)_{T=Const}, \quad (5)$$

где $\Delta V_{РОК}=(P-P^0)\cdot\left(\chi_{РЖ}\cdot V^0_{РЖ}+\chi_{Обр}\cdot V^0_{Обр}\right)$,

$$\Delta V_{РОК}\approx\Delta V_{РЖ}+\Delta V_{Обр}; \quad (6)$$

$$\Delta V_{РЖ}=\chi_{РЖ}\cdot V^0_{РЖ}\cdot\Delta P=\chi_{РЖ}\cdot V^0_{РЖ}\cdot\left(P-P^0\right); \quad (7)$$

$$\Delta V_{Обр}=\chi_{Обр}\cdot V^0_{Обр}\cdot\Delta P=\chi_{Обр}\cdot V^0_{Обр}\cdot\left(P-P^0\right); \quad (8)$$

$\chi_{РЖ}$ и $\chi_{Обр}$ – изотермические коэффициенты сжимаемости рабочей жидкости и образца соответственно;

$V^0_{РЖ}$ и $V^0_{Обр}$ – начальные объемы рабочей жидкости и образца соответственно;

P^0 – нулевое (атмосферное).

Результаты и их обсуждение. В соответствии с принятыми методиками [9-10] были выполнены экспериментальные исследования компрессионных характеристик образцов, обработанных ВД: жидкого куриного белка (Б), желтка (Ж) и меланжа (белок+желток(Б+Ж)). Результаты исследований приведены на рисунках 1-10.

В связи с тем, что результаты экспериментальных исследований регистрируются на ПК установки ВД как в цифровом виде (200 регистраций в секунду каждого из контролируемых параметров), так и в графическом виде, зависимости на рисунках 1-10 получены как

усредненные от 3-х зависимостей, полученных на ПК при исследовании каждого из образцов.

Упругие свойства исследуемых образцов определяли с увеличением давления от атмосферного до 250 МПа. С целью изучения гистерезисного явления при исследовании компрессионных показателей у исследуемых объектов, запись контролируемых параметров осуществляли как в период увеличения давления от 0,1 МПа до величины Р (0,1→Р), так и в обратном направлении при уменьшении величины давления от значения Р до 0,1 МПа (Р→0,1) [10].

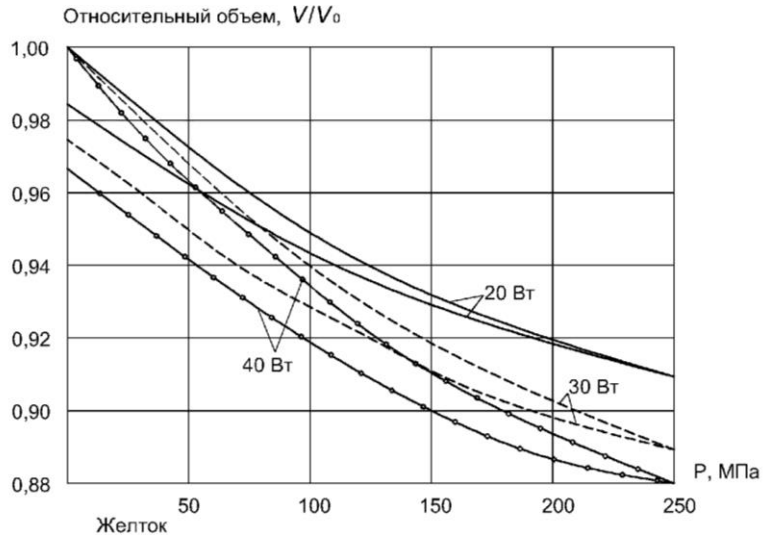


Рисунок 1 – Изменение относительного объема исследуемых образцов желтка при частоте ультразвука f = 22 кГц и температуре $t = 5^0$C

Область экспериментирования была определена, исходя из следующих соображений – давление 0-250 МПа (так как более высокое давление при совместном воздействии с УЗ может привести к локальной денатурации белка), температура 5^0C, (так как последующий нагрев продукта в результате обработки УЗ приводит к повышению температуры до критических значений начала денатурации белка). Частота 22 кГц обеспечивает стабильную кавитацию в обрабатываемом продукте. Изменяемым параметром принята мощность излучения со значениями 20, 30 и 40 Вт, т. к. данный фактор приводит к изменению компрессионных характеристик и продолжительности процесса обработки, но более высокие значения мощности облучения могут привести к необратимым изменениям обрабатываемого продукта.

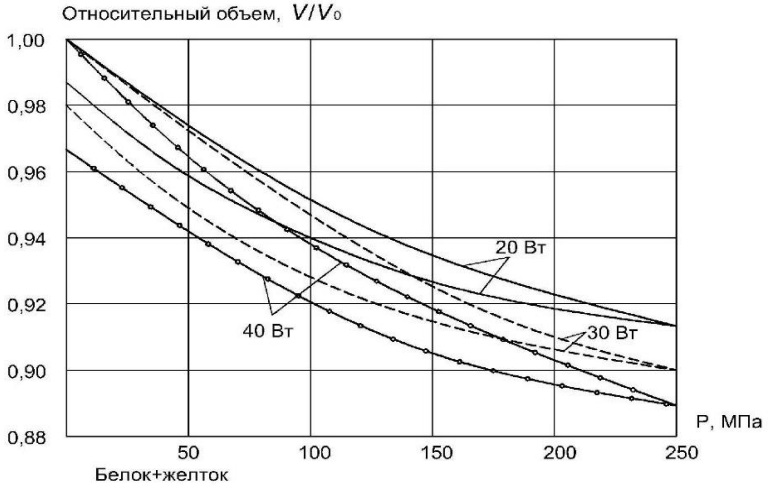


Рисунок 2 – Изменение относительного объема исследуемых образцов меланжа при частоте ультразвука f = 22 кГц и температуре $t = 5^0$C

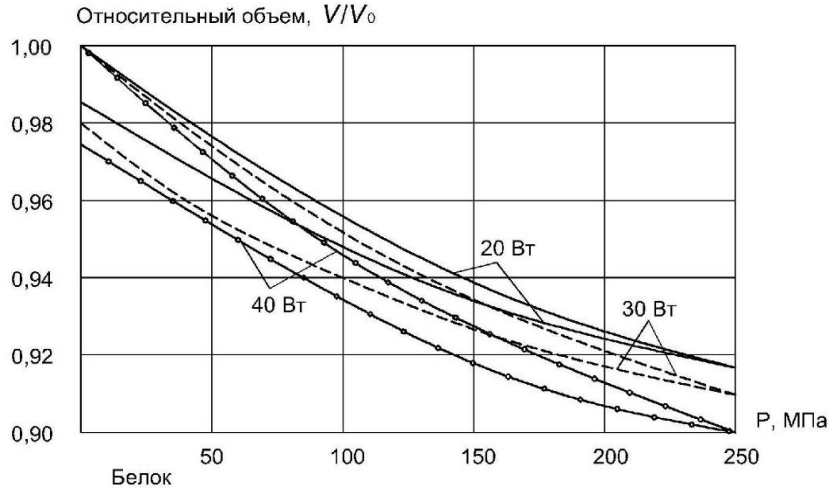


Рисунок 3 – Изменение относительного объема исследуемых образцов белка при частоте ультразвука f = 22 кГц и температуре $t = 5^0$C

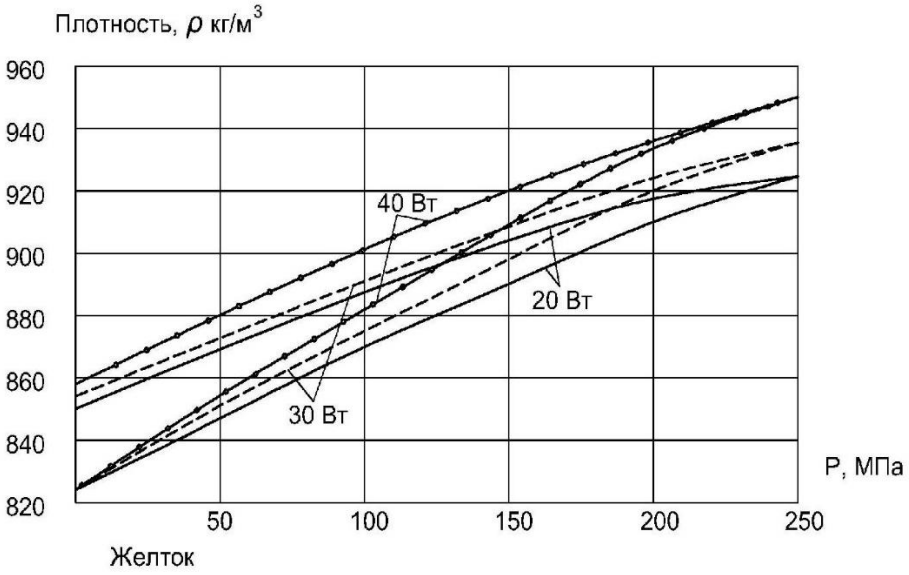


Рисунок 4 – Изменение плотности исследуемых образцов желтка при частоте ультразвука f = 22 кГц и температуре $t = 5^0$C

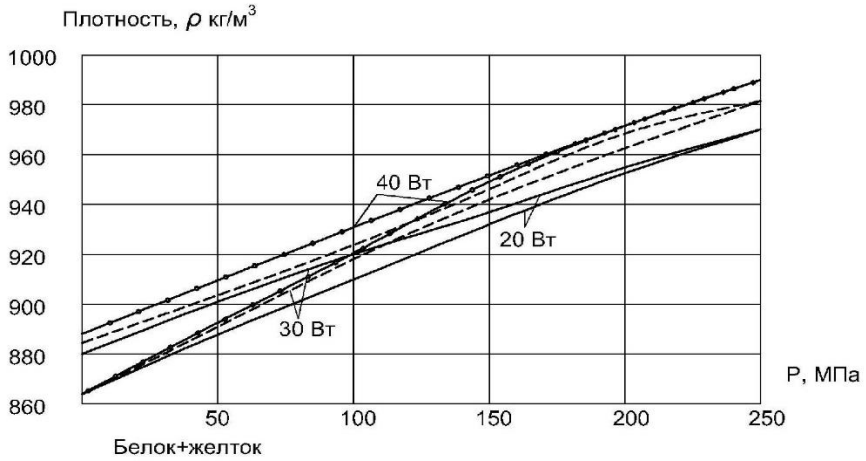


Рисунок 5 – Изменение плотности исследуемых образцов меланжа при частоте ультразвука f = 22 кГц и температуре $t = 5^0$C

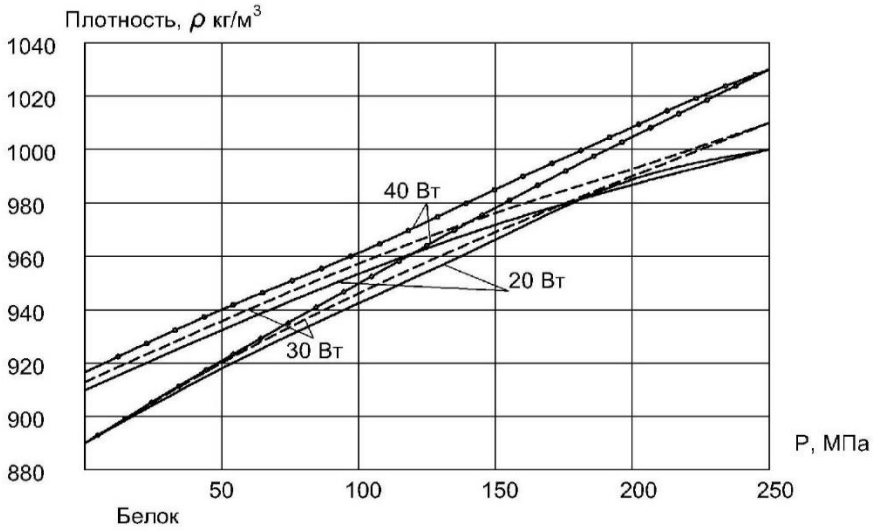


Рисунок 6 – Изменение плотности исследуемых образцов белка при частоте ультразвука f = 22 кГц и температуре t = 5^0С.

Анализ полученных зависимостей показал, что с ростом мощности излучения от 20 до 40 Вт происходит уменьшение значений относительного объема при давлении 250 МПа с 0,908 до 0,881 для желтка, с 0,918 до 0, 895 для белка и с 0,913 до 0,888 для меланжа, что составляет 2,97, 2,50 и 2,73% соответственно. При этом плотность исследуемых образцов при давлении 250 МПа увеличилась на 2,91, 2,46 и 2,64% соответственно.

Данные изменения мы объясняем тем, что при комплексной обработке объектов исследования происходит изменение структуры белка, его реструктуризация – свертывание структуры молекулы белка и его уплотнение.

Под давлением 250 МПа плотность желтка (Рис. 4) увеличивается в 1,12 раз (при мощности УЗ – 20 Вт) и в 1,16 раз (при мощности УЗ – 40Вт). Плотность меланжа (Рис. 5) при тех же параметрах процесса обработки увеличилась в 1,12 и 1,14 раз. Плотность белка (Рис. 6) увеличилась в 1,12 и 1,15 раз соответственно.

Наблюдаются существенные гистерезисные явления при комплексной обработке продуктов ВД+УЗ. После обработки плотность белка увеличилась на 3,59, 3,07 и 2,74% при мощности излучения 40, 30 и 20Вт соответственно. Плотность желтка увеличилась на 4,19, 3,88 и 3,29% и плотность меланжа увеличилась на 2,48, 2,21 и 1,93% при соответствующих значениях мощности облучения.

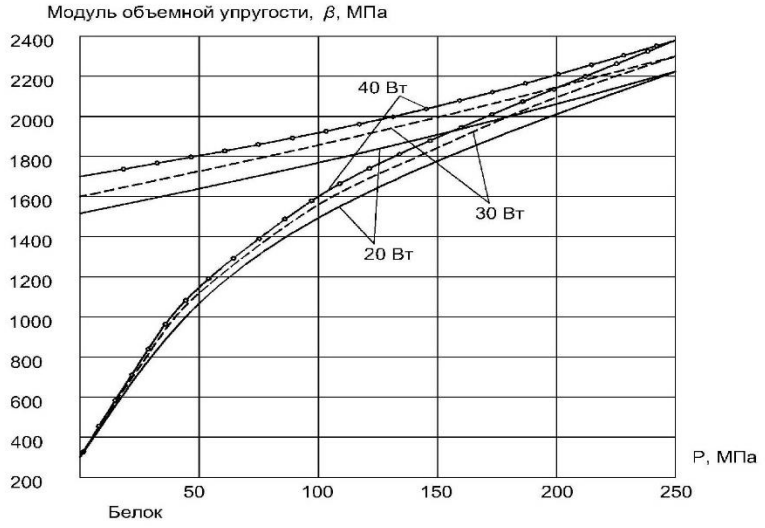


Рисунок 7 – Изменение модуля объемной упругости исследуемых образцов белка при частоте ультразвука f = 22 кГц и температуре t = 5^0С

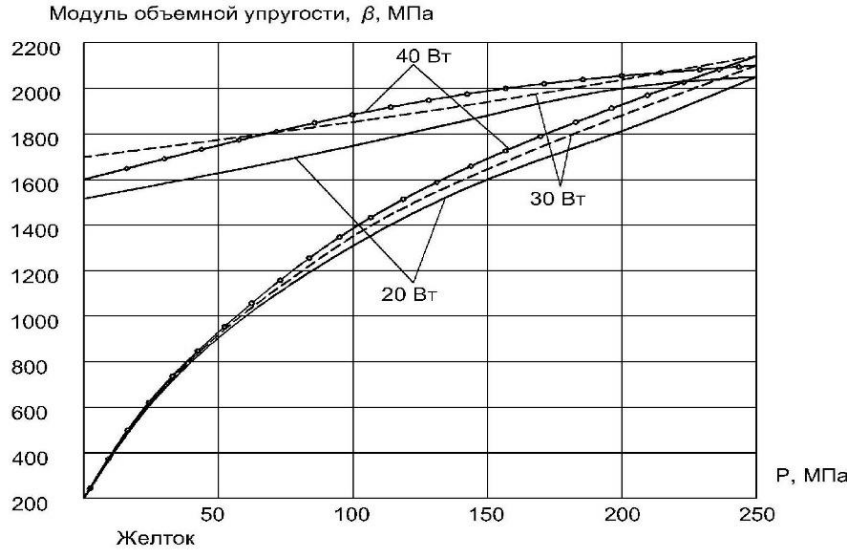


Рисунок 8 – Изменение модуля объемной упругости исследуемых образцов желтка при частоте ультразвука f = 22 кГц и температуре $t = 5^0$C

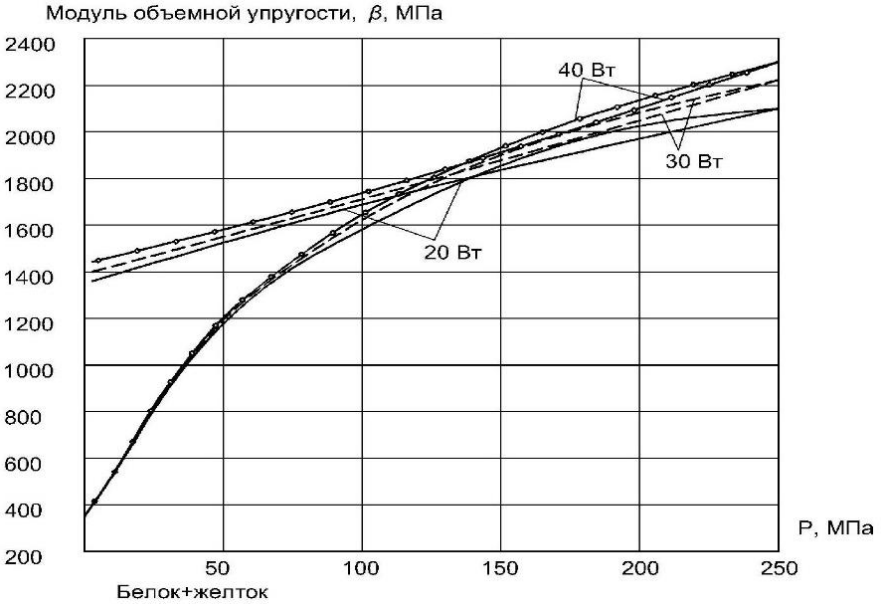


Рисунок 9 – Изменение модуля объемной упругости исследуемых образцов меланжа при частоте ультразвука f = 22 кГц и температуре $t = 5^0$C

Модуль объемной упругости белка (рис. 7) под давлением 250 МПа возрастает в 10,5 – 8,0 раз при мощности излучения 20 – 40 Вт. При тех же параметрах ВД и УЗ модуль объемной упругости желтка (рис.8) увеличивается в 10,5-10,25 раз. Модуль объемной упругости меланжа увеличивается в 6,05-5,52 раза соответственно.

При этом модуль объемной упругости (рис.7-9) после комплексной обработки ВД от 0,1 до 250 МПа увеличивается для желтка в 8,5 – 7,55 раз при увеличении мощности изучения от 20 до 40 Вт; в 5,67 – 5,03 раза для желтка и в 3,71 – 3,61 раза для меланжа. Коэффициент сжимаемости при давлении 250 МПа незначительно снижается (рис. 10).

Математическая аппроксимация полученных графических зависимостей была выполнена с применением пакета Table Curve 2D v5.01. [11]. При этом были использованы степенные функции, позволяющие анализировать физический смысл описываемых процессов.

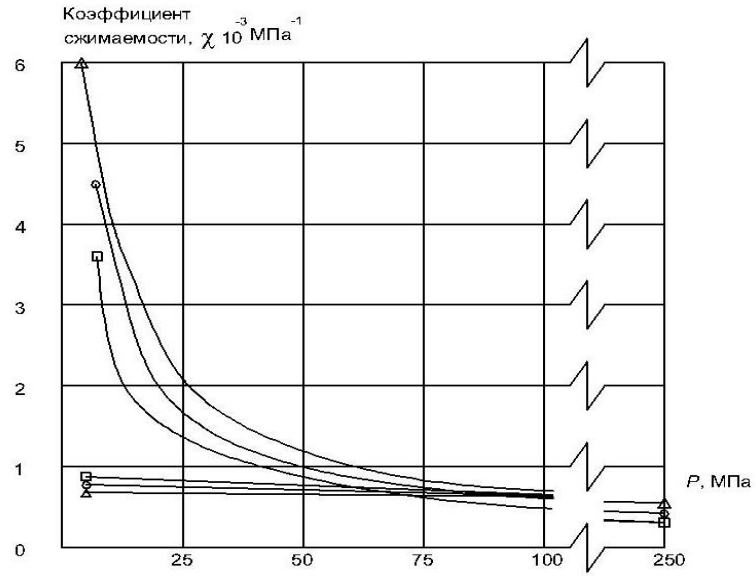


Рисунок 10 – Изменение коэффициента сжимаемости исследуемых образцов при частоте ультразвука f = 22 кГц и температуре $t = 5^0$C

Для аппроксимации функции зависимости плотности исследуемых образцов от давления была использована аппроксимирующая функция зависимости их относительного объема от давления:

$$y(x) = A + B \cdot e^{-\left(\frac{x-D}{C}\right)}, \tag{9}$$

где A, B, Д и C – коэффициенты, определяемые экспериментально.

Аппроксимирующая функция зависимости плотности образцов от давления была представлена в виде:

$$y(x) = \frac{m}{A + B \cdot e^{-\left(\frac{x-D}{C}\right)}}, \tag{10}$$

где m, A, B, Д и C – коэффициенты, определяемые экспериментально.

Коэффициенты аппроксимирующей функции (10) представлены в таблице 1.

Для аппроксимации коэффициента сжимаемости была принята функция вида:

$$y(x) = y_0 + A_1 \cdot e^{-\left(\frac{x}{t_1}\right)} + A_2 \cdot e^{-\left(\frac{x}{t_2}\right)}, \tag{11}$$

где y_0, A_1, t_1, A_2 и t_2 – коэффициенты, определяемые экспериментально и приведенные в таблице 2.

Модуль объемной упругости был аппроксимирован функцией вида:

$$y(x) = \frac{1}{y_0 + A_1 \cdot e^{-\left(\frac{x}{t_1}\right)} + A_2 \cdot e^{-\left(\frac{x}{t_2}\right)}}, \tag{12}$$

где y_0, A_1, t_1, A_2 и t_2 – коэффициенты, равные коэффициентам из аппроксимирующей функции (11) (табл. 2).

Таблица 1 – Коэффициенты аппроксимирующей функции (10) зависимости относительного объема исследуемых образцов от давления

Объект исследования	Направление изменения Р	A	B	C	D	σ	R^2	Стандартная ошибка	Критерий Фишера F	Доверительный интервал
Меланж	0 → Р	0,8511	0,07632	187,60	125,00	0,000012	0,999673	0,000610	35632,65	0,95
	Р → 0	0,8682	0,04443	154,10	125,30	0,000023	0,998684	0,000881	8097,16	
Белок	0 → Р	0,8575	0,07857	208,00	124,80	0,000009	0,999693	0,000548	32605,39	
	Р → 0	0,8644	0,06127	207,40	125,00	0,000028	0,998141	0,001002	5548,72	
Желток	0 → Р	0,8314	0,09020	200,60	125,00	0,000012	0,999656	0,000693	26129,47	
	Р → 0	0,8380	0,07159	208,90	125,00	0,000044	0,997181	0,001451	2831	

Таблица 2 – Коэффициенты аппроксимирующей функции (11) для исследуемых образцов

Объект исследования	Направление изменение Р	y_0	A_1	t_1	A_2	t_2	σ	R^2	Стандартная ошибка	Критерий Фишера F	Доверительный интервал
Меланж	О → Р	0,5614	4,847	11,480	2,147	36,86	0,005443	0,999804	0,018445	25453,54	0,95
	Р → О	3776,0	5166	10830	-8941	18890	0,011792	0,902339	0,028038	44,89	
Белок	О → Р	0,3975	5,812	11,130	0,9871	73,89	0,019587	0,998792	0,034988	4136,56	
	Р → О	687,400	1886	7423,0	-2573	10230	0,009813	0,935600	0,025577	70,03	
Желток	О → Р	0,2714	8,676	4,309	1,814	44,73	0,012441	0,998691	0,028800	3624,03	
	Р → О	1260,0	3360	13070	-4620	18090	0,011332	0,913312	0,027486	39,53	

В качестве статистического анализа принятых аппроксимирующих функций были использованы среднеквадратичное отклонение σ, коэффициент смешанной корреляции R^2, стандартная ошибка и критерий Фишера F, которые подтвердили обоснованность принятых аппроксимирующих функций.

Выводы. Экспериментальными исследованиями получены компрессионные характеристики при комплексной обработке образцов ультразвуком частотой 22 кГц, мощность 40 Вт и давлением от 0 до 250 МПа и от 250 до 0 МПа: изменение значений относительного объема, плотности, коэффициента сжимаемости, модуля объемной упругости жидкого меланжа, белка и желтка. Для формального описания влияния обработки давлением и ультразвуком на изменения относительного объема, плотности, коэффициента сжимаемости и модуля объемной упругости исследуемых объектов предложены зависимости и соответствующие аппроксимирующие функции.

Список использованной литературы:

1. *Виндхорст Г.В.* Изменение тенденций на яичном рынке // Яичный мир: приложение к журналу «Птица и птицепродукты». 2006. №2. С. 28-33.
2. *Агафонычев В.П., Петрова Т.И., Кругалев С.С.* К вопросу оценки потребительских свойств куриных яиц разной категории // Птица и птицепродукты. 2012. №2. С. 12-17.
3. *Штеле А.Л., Филатов А.И.* Оценка качества пищевых яиц и моделирование их энергетической ценности // Достижения науки и техники АПК. 2012. №9. С. 64-66.
4. *Восканян О.С, Паронян В.Х., Шленская Т.В.* Исследование структурно-реологических свойств эмульсионных продуктов нового поколения // Хранение и переработка сельхозсырья. 2004. №10. С. 39-40.
5. *Tang T., Du H., Tang S., Jiang Y., Tu Y., Hu M., Xu M.* Effects of incorporating different kinds of peptides on the foaming properties of egg white powder // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2021. №72. 102742. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102742.
6. *Zhao Y., Feng F., Yang Y., Xiong C., Xu M., Tu Y.* Gelation behavior of egg yolk under physical and chemical induction: A review // Food Chemistry. 2021. №355. 129569. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129569.
7. *Knorr D., Heinz V.* Recent advances in high pressure processing of foods // New Food. 1999. Vol. 2, № 3. pp. 15-19.
8. *Сукманов В.А., Соколов С.А., Дебелый В.Л., Букин Г.В.* Разработка экспериментального комплекса по определению физических характеристик продуктов, обработанных высоким давленым // Сборник научных трудов Луганского национального аграрного университета. Серия Технические науки. Луганск: ЛНАУ, 2005. Вып. 49. С. 274-282.
9. *Соколов С.А., Яковлев О.В., Малич А.А.* К вопросу описания деформированно-напряженного состояния рыбного паштета под действием высокого гидростатического давления // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2021. №1. С. 112-126. https://doi.org/10.47404/2619-0605_2021_1_112.
10. *Соколов С.А., Яшонков А.А., Малич А.А.* Экспериментальные исследования влияния высокого давления на упругие характеристики рыбного фарша // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2020. №3. С. 57-67. https://doi.org/10.47404/2619-0605_2020_3_57.
11. *Tumbarkova N. Deliiski N.* Applying the software package table curve 2d for computation of processing air medium temperature during freezing in a freezer and defrosring of logs // Innovation in woodworking industry and engineering design. 2017. Vol. VI. С. 69-76.

References:

1. Vindhorst G.V. Izmenenie tendencij na yaichnom rynke [Changing trends in the egg market]. *YAichnyj mir: prilozhenie k zhurnalu «Ptica i pticeprodukty»* [Egg world: appendix to the

magazine "Poultry and poultry products"], 2006, no. 2, pp. 28-33. (In Russian).
2. Agafonychev V.P., Petrova T.I., Krugalev S.S. K voprosu ocenki potrebitel'skih svojstv kurinyh yaic raznoj kategorii [On the issue of assessing the consumer properties of chicken eggs of different categories]. *Ptica i pticeprodukty* [Poultry and poultry products], 2012, no. 2, pp. 12-17. (In Russian).
3. SHtele A.L., Filatov A.I. Ocenka kachestva pishchevyh yaic i modelirovanie ih energeticheskoj cennosti [Assessment of the quality of food eggs and modeling of their energy value]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of agriculture], 2012, no.9, pp. 64-66. (In Russian).
4. Voskanyan O.S, Paronyan V.H., SHlenskaya T.V. Issledovanie strukturno-reologicheskih svojstv emul'sionnyh produktov novogo pokoleniya [Investigation of structural and rheological properties of new generation emulsion products]. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya* [Storage and processing of agricultural raw materials], 2004, no. 10, pp. 39-40. (In Russian).
5. Tang T., Du H., Tang S., Jiang Y., Tu Y., Hu M., Xu M. Effects of incorporating different kinds of peptides on the foaming properties of egg white powder. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2021, no. 72. 102742. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102742. (In English).
6. Zhao Y., Feng F., Yang Y., Xiong C., Xu M., Tu Y. Gelation behavior of egg yolk under physical and chemical induction: A review. *Food Chemistry*, 2021, no. 355. 129569. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129569. (In English).
7. Knorr D., Heinz V. Recent advances in high pressure processing of foods. *New Food*, 1999, Vol. 2, no. 3., pp. 15-19. (In English).
8. Sukmanov V.A., Sokolov S.A., Debelyj V.L., Bukin G.V. Razrabotka eksperimental'nogo kompleksa po opredeleniyu fizicheskih harakteristik produktov, obrabotannyh vysokim davlenym [Development of an experimental complex for determining the physical characteristics of products treated with high pressure]. *Sbornik nauchnyh trudov Luganskogo nacional'nogo agrarnogo universiteta. Seriya Tekhnicheskie nauki* [Collection of scientific papers of Luhansk National Agrarian University. Technical Sciences Series], Lugansk: LNAU, 2005, Vol. 49., pp. 274-282. (In Russian).
9. Sokolov S.A., YAkovlev O.V., Malich A.A. K voprosu opisaniya deformirovanno-napryazhennogo sostoyaniya rybnogo pashteta pod dejstviem vysokogo gidrostaticheskogo davleniya [To the question of describing the deformed-stressed state of fish paste under the influence of high hydrostatic pressure]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2021, no.1, pp. 112-126. https://doi.org/10.47404/2619-0605_2021_1_112. (In Russian).
10. Sokolov S.A., YAshonkov A.A., Malich A.A. Eksperimental'nye issledovaniya vliyaniya vysokogo davleniya na uprugie harakteristiki rybnogo farsha [Experimental studies of the effect of high pressure on the elastic characteristics of minced fish]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2020, no.3, pp. 57-67. https://doi.org/10.47404/2619-0605_2020_3_57. (In Russian).
11. Tumbarkova N. Deliiski N. Applying the software package table curve 2d for computation of processing air medium temperature during freezing in a freezer and defrosring of logs. *Innovation in woodworking industry and engineering design*, 2017, Vol. VI., pp. 69-76. (In English).

Сведения об авторах / Information about authors

Декань Алексей Алексеевич — канд. техн. наук, доцент кафедры общеинженерных дисциплин Донецкий национальный университет экономики и торговли

имени Михаила Туган-Барановского
83050, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Щорса, 31
engineer@kaf.donnuet.education

Dekan' Aleksej Alekseevich — Ph.D. (Engin.) Associate Professor at the Department of General Engineering Disciplines
Donetsk national University of Economics and trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky
83050, Donetsk, Shchorsa str., 31
engineer@kaf.donnuet.education

Соколов Сергей Анатольевич — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств
Керченский государственный морской технологический университет
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
sokoloff1906@mail.ru

Sokolov Sergey Anatolyevich — Dr. Sci. (Engin.), professor, Professor of the Department of machines and apparatus of food production Kerch State Maritime Technological University
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
sokoloff1906@mail.ru

Яшонков Александр Анатольевич — канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств
Керченский государственный морской технологический университет
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
jashonkov@ranbler.ru

Yashonkov Alexander Anatolyevich — Ph.D. (Engin.), Associate professor, Head of the Department of machines and apparatus for food production
Kerch State Maritime Technological University
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
jashonkov@ranbler.ru

УДК 639.3:636/639 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.007**

Климов В.А., Никифоров-Никишин Д.Л., Кочетков Н.И., Смородинская С.В.

ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОЛУЧАЕМОЙ РЫБОПРОДУКЦИИ ИЗ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ КОРМОВ С ХЕЛАТНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И КАРОТИНОИДОВ

Аннотация. В данной работе рассмотрена возможность прижизненного формирования качества рыбной продукции путем внесения в продукционные корма дополнительных компонентов, таких, как хелатные соединения и каротиноиды (ликопин). Представлена технология добавления активных компонентов в комбикорма на этапе гранулирования без потери функциональных свойств добавок. Оценка качества филе радужной форели после опытного кормления показала улучшение как органолептических показателей продукции (запах, консистенция, вкус), так и увеличение содержания ряда микроэлементов. Было зафиксировано достоверное увеличение относительного содержания железа и кобальта ($p < 0,05$). В опытной группе отмечалось увеличение интенсивности окраса мышечной ткани, что свидетельствует о эффективном применении ликопина в кормосмеси для рыб. По результатам проведенного анализа по определению массового содержания микроэлементов, полученная рыбная продукция может быть отнесена к функциональной.
Ключевые слова: Радужная форель, формирование качества продукции, рыбопродукция, микроэлементы, органолептические показатели.

Klimov V.A., Nikiforov-Nikishin D.L., Kochetkov N.I., Smorodinskaya S.V.

FORMATION OF THE QUALITY OF FISH PRODUCTS PRODUCED FROM RAINBOW TROUT (ONCORHYNCHUS MYKISS) THROUGH THE APPLICATION OF FEED WITH CHELATE COMPOUNDS OF MICROELEMENTS AND CAROTENOIDS

Abstract. In article, the possibility of in vivo formation of the quality of fish products by introducing additional components into the production feed, such as chelate compounds and carotenoids (lycopene), is considered. The technology of adding active components to compound feeds at the stage of granulation without losing the functional properties of additives is presented. Evaluation of the quality of rainbow trout fillets after experimental feeding showed an improvement in both the organoleptic indicators of the product (smell, texture, taste) and an increase in the content of a number of microelements. A significant increase in the relative content of iron and cobalt was recorded ($p<0.05$). In the experimental group, an increase in the intensity of the color of muscle tissue was noted, which indicates the effective use of lycopene in the feed mixture for fish. According to the results of the analysis to determine the mass content of microelements, the resulting fish products can be classified as functional.
Keywords: Rainbow trout, formation of product quality, fish products, microelements, organoleptic indicators.

Введение. Прижизненное формирование заданного состава пищевой продукции является задачей, так как требует пересмотра технологий выращивания животных, а также разработке подходов к многофакторной оценке качества произведенной продукции [1]. Состав сельскохозяйственного сырья растительного происхождения можно регулировать путем внесения определенных типов удобрений, получая продукцию органического земледелия. В случае сельскохозяйственных животных помимо контроля за содержанием добавляемых элементов в корма, необходимо учитывать скорость метаболизма животных и способность элементов добавки к биоаккумуляции [2, 3].

На территории Российской федерации у населения ряда регионов отмечается дефицит микроэлементов, которые могут быть восполнены за счет потребления специальных

медицинских препаратов или потребления функциональной пищевой продукции. Например, в Белгородской области у населения был установлен дефицит цинка и селена, что отражено в докладе о состоянии здоровья населения за 2020 год [4]. Учитывая, что рыбная продукция является источником полноценного белка и незаменимых жирных кислот, прижизненное формирование качества рыбного филе в условиях аквакультуры позволит решить ряд задач поддержания здоровья населения [5].

Аквакультура является одной из наиболее активно развивающейся отраслей сельского хозяйства, за счет высокого спроста на рыбную продукции у населения и широкого внедрения технологических решений, которые позволяют культивировать гидробионтов в естественных водоемах и искусственных условиях [6]. В центральном федеральном округе Белгородская область занимает первое место по производству продукции аквакультуры, преобладающими видами которых являете карп и форель [7]. Известно, что вкусовые качества рыбы, выращенной в естественных условиях обычно значительно лучше, чем у рыбы, выращенной на промышленных комбикормах. Это относится как к органолептическим показателям, так и к содержанию белка, ненасыщенных жирных кислот и полезных микроэлементов [8].

Премиксы, представляющие собой микроэлементные и витаминные добавки в корма, является важной частью любых кормовых смесей, обеспечивая потребность объектов выращивания в необходимых питательных веществах. Хелатные соединения микроэлементов являются доступной альтернативой минеральным солям, в виду лучшей биодоступности для животных [9, 10]. В предыдущих работах было показано, что применение хелатированных микроэлементов приводит к увеличению скорости роста и улучшению ряда физиологических параметров [11, 12]. Предполагается, что лучшая биодоступность микроэлементов в хелатной форме приведет к увеличению их биоаккумуляции в тканях рыб.

При формировании качества филе радужной форели особое внимание уделяется цвету мышечной ткани, которая должна иметь насыщенный розовый оттенок, характерной для дикой рыбы. В условиях промышленной аквакультуры данное задача решается добавлением синтетического каротиноидов (астаксантин) в корма на последних этапах выращивания в количестве 2-3% от массы корма. Высокая стоимость данного компонента ограничивает его широкое применение и не всегда применяется в региональных рыбоводных хозяйствах. Ликопин, является жирорастворимым каротиноидом растительного происхождения, обладает похожими функциональными свойствами, а именно: высокая антиоксидантная, противосполительная и детоксикационная активности [13, 14, 15]. Благодаря этим свойствам и относительно низкой стоимости ликопин широко применяется в пищевой промышленности и часто включается в состав продуктов мясного происхождения, сыров и некоторых видов хлебобулочной продукции [16].

Следует отметить, что получение качественной функциональное рыбной продукции возможно, только при длительном использовании кормов направленного действия с включением незаменимых питательных компонентов [17].

Целью данной работы является оценка возможности прижизненного формирования качества филе радужной форели за счет применения кормов с хелатными соединениями металлов и каротиноидов по микроэлементному составу мышечной ткани, а также по органолептическим показателям.

Материалы и методы исследования. Апробация исследуемой кормовой добавки проводилась в лабораторных условиях на базе уникальной научной установки (УНУ) НТИРФ Рег. №3662433 – «Научно-исследовательский комплекс передовых технологий аквакультуры и гидроэкологии» факультета биотехнологий и рыбного хозяйства МГУТУ им. Разумовского (ПКУ), а также в условиях индустриальной аквакультуры на базе рыбоводного хозяйства ООО «Форелевый рай» (Белгородская область).

В лабораторных опытах использовалась сеголетки радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) форели массой 36,3±7,66 гр и размером 14,38±1,07 см. Культивация рыб производилась в емкостях объёмом 750 л, оснащенных системами механической и биологической фильтрации с подменой 10 % воды в системе в сутки. Каждая экспериментальная группа

включала 30 особей. На данных рыбах по окончании опыта производилась оценка экстерьерных показателей и состояние мышечной ткани.

В рыбоводном хозяйстве экспериментальное кормление проводилось на рыбах массой 120,75±29,04 гр. Выращивание форели производилось в проточных бассейнах каскадного типа объёмом 5 т. Каждая экспериментальная группа включала 250 особей. По окончанию опыта проводилась органолептическая оценка качества филе и бульона, а также определялось содержание микроэлементов.

Для каждого опыта были сформированы две экспериментальные группы: контрольная (Кон), получавшая корма стандартной рецептуры; опытная (ОП) получавшая в составе корма исследуемую добавку. Продолжительность опытного кормления составляла 60 суток.

Опытные корма приготавливались на базе лаборатории анализа и производства кормов факультета Биотехнологий и рыбного хозяйства ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского» методом холодного гранулирования на двухвалковом грануляторе «ZLSP-120».

Таблица 1 – Рецептуры кормов для радужной форели (Oncorhynchus mykiss), используемые в исследовании

Компоненты корма (%)	Контрольная рецептура (Кон)	Опытная рецептура, ОР5 (0,5 г/кг)
Рыбная мука	46	46
Мука мясокостная	10	10
Кровяная мука	6,4	6,4
Мука пшеничная	10,6	10,6
Шрот соевый	10	10
Растительный жир	15	14,415
Астаксантин	2	2
Хелатные соединения микроэлементов	0	0,5
Ликопин	0	0,075
Питательные свойства (%)		
Сырой протеин	47	47
Сырой жир	8	9
БЭВ	25	25
Клетчатка	5	6
Минеральные вещества	10	11

В состав добавки входили следующие компоненты: хелатные соединения микроэлементов, где в качестве хелатирующего агента использовался ЭДДЯ (этилдиметилдиянтарная кислота) (табл. 2) и ликопин в концентрации 75 мг/кг. Данные концентрации были определены по результатам предыдущих исследований [11, 12].

Таблица 2 – Состав экспериментального раствора хелатных соединений микроэлементов

Микроэлементы	Содержание мг/кг
Железо	10
Марганец	30
Медь	1
Цинк	10
Кобальт	0,1
Селен	0,2
Йод	0,9

Органолептическая оценка филе рыбы осуществлялась комиссией экспертов-дегустаторов. Дегустационная комиссия сформирована из числа лиц, прошедших проверку на сенсорную чувствительность.

После вскрытия и обработки рыба (по 20 из каждой группы), промывалась чистой питьевой водой, помещалась в сосуды для термической обработки и заливалась питьевой водой в соотношении 1:5. Процесс варки составил 20 минут. После варки и охлаждения у рыбы вырезались куски спинных мышц весом 5-10 г.

Органолептические показатели образцов после термической обработки оценивали по стандартной методике [18]. Данный метод включает оценку следующих показателей по пятибалльной шкале: прозрачность, цвет, вкус, запах, внешний вид. Для проведения исследования было привлечено 8 сотрудников факультета биотехнологии и рыбного хозяйства – дегустаторов.

После окончания опытного кормления у трех экспериментальных особей из каждой группы отбиралось мышечная ткань в области ниже спинного плавника. Далее проводилась пробоподготовка для проведения дальнейшего анализа. Определение элементного состава производилось методом рентгеновского энергодисперсионного микроанализа на двухлучевом сканирующем электронном микроскопе (Zeiss CrossBeam 340 with a Schottky cathode) с использованием детектора X-Max 80 Oxford Instruments. Для обеспечения достоверности полученных результатов и уменьшения погрешности измерений проводили предварительную калибровку детектора на стандартных образцах при пониженных ускоряющих напряжениях 7.5 и 10 кВ. Кроме того, в процессе измерений учитывали осажденную на поверхность углеродную пленку толщиной 25 нм. Сигнал, вносимый атомами пленки, вычитали из общего сигнала образца с помощью специализированного программного обеспечения.

Данные сравнения анализируемых переменных представлены в виде средних ± SD. Статистическая достоверность определялась с использованием непараметрического U-критерия Манна-Уитни в зависимости от распределения данных и однородности вариаций (тесты Шапиро-Уилка и Левена). Значение p <0,05 было принято, как статистически достоверное. Обработка статистических данных производилась с использованием GraphPad Prism version 9.0 software (GraphPad, San Diego, CA, USA).

Результаты исследования и их обсуждение. Экстерьерные показатели. По результатам выращивания рыб в экспериментальных группах масса достигала 300,04±45,12 гр, что соответствует минимальному товарному размеру порционной форели (рисунок 1). Качества товарной рыбы было высоким, рыба не имел внешних повреждений (разрывы плавников, изменение в окраски, помутнения роговицы), что говорить о хороших условиях содержания и качестве воды и кормосмеси.

Рисунок 1 – Состояние мышечной ткани радужной форели двух опытных групп на 60 сутки эксперимента в контрольной (а) и опытной группе (б).

В результате исследований структуры филе было установлено, что плотность мышечной ткани у контрольной и опытной рыбы была достаточно высокой, плотно прилегала к костям и имела розовую окраску, характерную для радужной форели. При этом, выявлено, что в опытной группе, визуально, окрашивание было более ярким.

Органолептические показатели. Органолептические показатели являются важным этапом оценки качества товарной рыбы и позволяют определять пригодность и привлекательность готовой рыбопродукции. Мясо опытных рыб после термической обработки отличалось светло-розовой окраской, естественным рыбным запахом, без посторонних привкусов. Всеми дегустаторами отмечена хорошая текстура филе без значительных жировых включений и соединительной ткани. Высокая итоговая оценка качества филе контрольной группы рыб (13,9 баллов) была получена в результате использования качественных кормов за все время проведения эксперимента и стабильных показателей гидрохимического режима, которые также влияют на качество итоговой рыбопродукции. Наиболее отличия наблюдались по показателю вкуса. Так дегустаторы отмечали лучшие вкусовые качества у рыб опытной группы (4,7 балла). Результаты органолептической оценки филе и бульона опытных и контрольных рыб представлены на профилограмме органолептических показателей качества (рисунок 2).

Органолептическая оценка бульона рыб производилась параллельно с оценкой качества филе. В опытной группе бульон имел характерный рыбный вкус без привкусов комбикормов, высокую прозрачность с отдельными капельками жира. Итоговая оценка в опытной группе была немного выше контрольной и составила 21,6, при 18,1 балла в контроле. Отличия отмечались дегустаторами по показателю цвета, так в опытной группе бульон обладал золотистым оттенком.

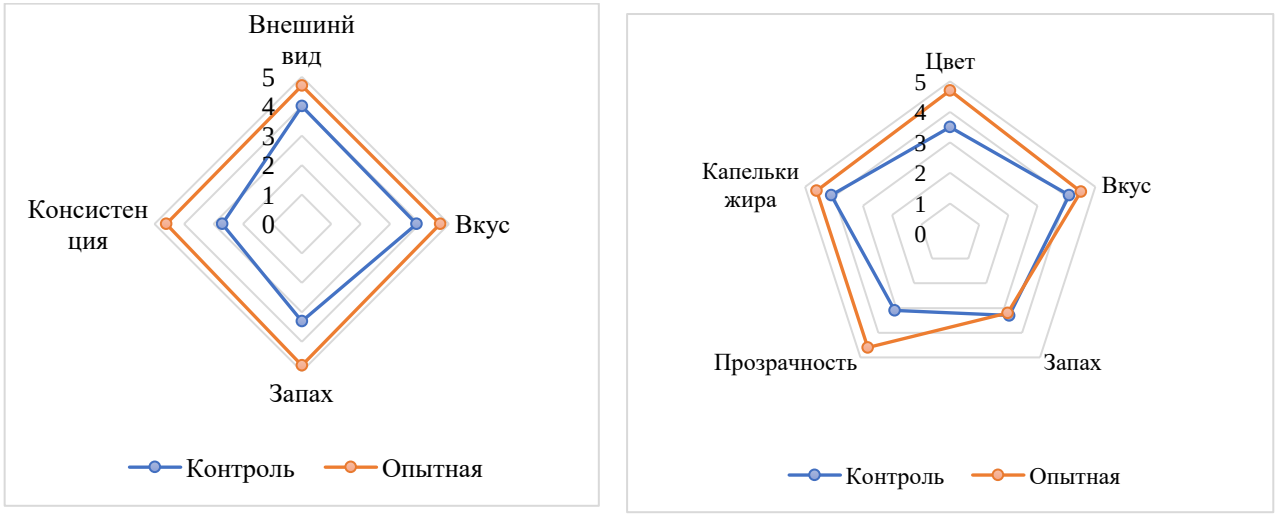


Рисунок 2 – Результаты оценки органолептических показателей филе (а) и бульона (б) форели при использовании исследуемой кормовой добавки.

Микроэлементный состав. После экспериментального кормления в течении 60 суток удалось выявить разницу между исследуемыми группами. Так в мясе рыб получавшей составе корма хелатные соединения микроэлементов отмечалось достоверно большее относительное количество железа ($p < 0.05$; рис. 3, в). При этом весовой процент цинка снизился, но его уровень по отношению к другим микроэлементам изменился незначительно (рис. 3, б). Достоверное отличие наблюдалось по относительному количеству марганца, количество которого в опытной группе снижалось до 7,2±0,67 % ($p < 0.05$; рис. 3, г).

Было зафиксировано достоверное увеличение относительного количества кобальта в опытной группе ($p < 0.05$; рис. 3, б). Весовой процент других микроэлементов изменялся в меньшей степени.

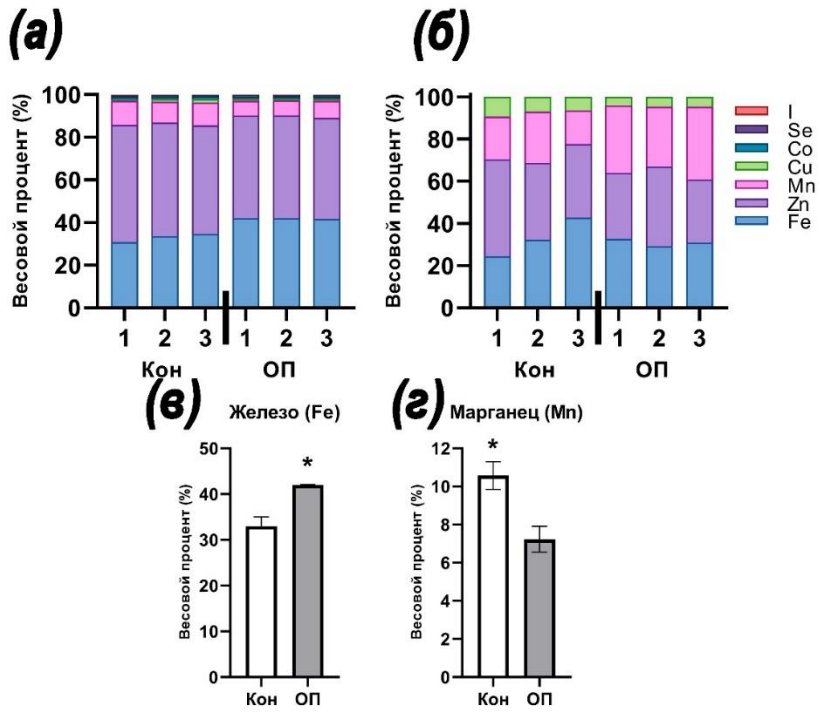


Рисунок 3 – Микроэлементный состав мышечной ткани радужной форели: Данные представлены в виде Mean ± SD относительного веса, с вычетом кислорода и углерода. (а) микроэлементный состав с включением всех исследуемых элементов; (б) микроэлементный состав элементов с содержанием ниже 1%. Символ (*) статистически значимую разницу между группами.

Полученные в результате исследования данные показывают, что использование разработанной кормовой добавки приводит к улучшению качественных и количественных показателей рыбной продукции.

Различия между цветом филе опытной и контрольной группы является следствием добавления в корм ликопина, являющегося каротиноидным пигментом. Несмотря на то, что цвет филе был несколько менее ярко выражен, чем при применении астаксантина, следует отметить, что окраска мышечной ткани была более приближенна к естественному цвету филе лососей, выловленных в природной среде. Более интенсивного окрашивания можно добиться более длительным периодом кормления или внесением больших концентраций ликопина [19].

Плотность мышечной ткани во многом зависит от состояния мышечных волокон (миоцитов), качество которых во многом зависит от интенсивности обмена веществ рыбы и наличия необходимого количества микроэлементов для формирования белков миофибриллярного комплекса и коллагенового матрикса [20].

Формирования органолептических свойств филе рыб зависит от большого количества факторов, связанных как с кормлением, так и с качеством среды культивации. Полученные в опыте результаты говорят о том, что прижизненное формирование вкусовых качеств филе может быть реализовано без значительного изменения рецептуры их кормления. Разработанная кормовая добавка, предположительно обладала действием, повышающим иммунный статус рыбы, за счет чего происходило улучшение качества филе практически по всем оцениваемым параметрам.

Изменение микроэлементов состава тканей рыб может наблюдается при действии различных факторов, ключевым из которых является условия обитания [21]. Так повышенное содержание железа может быть связанно с его доступностью в хелатной форме для включения в железосодержащие белки (гемоглобин, миоглобин), что способствует эффективному росту мышечной ткани [22]. Цинк является одним из самых распространенных внутриклеточных микроэлементов и выполняет множество специфичных функций [23]. Наблюдаемое

увеличение связано с высокой доступностью в хелатной форме, по сравнению с минеральными солями.

Уменьшение относительного содержание других микроэлементов скорее всего связанно с тем, что рыба в основном получает их из водной среды, а не из пищи. Высокое содержание железа и цинка, а также присутствие других микроэлементов позволяет считать полученную рыбную продукцию функциональным продуктом питания [24].

Требуется проведение дополнительных длительных исследований, сосредоточенных на определение накопления массовой доли микроэлементов в 100 г рыбной продукции. Так содержание данных элементов не превышает 15% от рекомендуемой среднесуточной нормы потребления для человека то такая продукция будет оказывать благоприятной воздействие на здоровье человека [25].

Выводы. Проведенные исследования по формированию качества рыбной продукции путем использования в ходе кормления разработанной кормовой добавки направленного действия показали возможность прижизненного формирования свойств рыбного сырья в условиях аквакультуры. Мясо рыбы, получавшей в составе корма хелатные соединения микроэлементов и ликопин обладало естественным цветом, высокими органолептическими показателями и бульона (запах, консистенция, вкус), а также увеличению относительного содержания микроэлементов железа и кобальта в условиях экспериментального кормления. Применение кормовых добавок направленного действия является перспективным для широко внедрения в аквакультуру, так как обеспечивают не только более эффективный рост рыб, но способствует увеличению биоаккумуляции микроэлементов.

Благодарности. Исследование было выполнено в рамках проекта «Увеличение продукционного потенциала индустриальной аквакультуры Белгородской области за счет внедрения комбикормов направленного действия» научно-образовательного центра мирового уровня «Инновационные решения в АПК».

Список использованной литературы:

1. *Лисицын А.Б., Чернуха И.М., Лунина О.И., Федулова Л.В.* Прижизненное формирование состава и свойств животного сырья. М.: РАН, 2018. 440 с. ISBN 978-5-901768-45-7. EDN YNTHCH.
2. *Казарян Р.В., Бородихин А.С., Ачмиз А. Д. и др.* Формирование качества и пищевой ценности продукции птицеводства // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2019. № 5-6 (371-372). С. 16-18. DOI 10.26297/0579-3009.2019.5-6.3. EDN SYSZTL.
3. *Кузьмина Н.Н., Петров О.Ю., Ерофеев Б.С.* Формирование качества функциональных мясных продуктов в процессе их производства // Составитель. 2021. С. 67.
4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 256 с.
5. *Шубина Л.Н., Иванова Е.Е., Косенко О.В. и др.* Использование нетрадиционных видов сырья и биологически активных добавок для формирования технологических и потребительских свойств функциональных и обогащенных пищевых продуктов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2019. № 2-3 (368-369). С. 9-12. DOI: 10.26297/0579-3009.2019.2-3.2.
6. FAO. The State of the World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in Action; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome. Italy. 2020.
7. *Корнейко О.В., Покорменюк М.Д.* Аквакультура в России: состояние и проблемы развития // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2017. Т. 6. №. 4 (21). С. 202-204.
8. *Гусева Л.Б.* Эмпирические закономерности формирования органолептических свойств пищевых дисперсных систем из дальневосточных рыб // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской

Федерации: материалы VI Национальной научно-технической конференции. Владивосток: Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет. 2023. С. 149-154.
9. *Ashmead H.D.* The roles of amino acid chelates in animal nutrition: summary and conclusion. 1992.
10. *Garcia-Aranda J.A., Wapnir R.A., Lifshitz F.* In vivo intestinal absorption of manganese in the rat // The Journal of nutrition. 1983. Vol. 113. № 12. P. 2601-2607.
11. *Nikiforov-Nikishin D. et al.* Effects of chelated complexes and probiotics on histological and morphometric parameters of the gastrointestinal tract of juvenile carp (Cyprinus carpio) // New Zealand Journal of Zoology. 2022. P. 1-12.
12. *Gramm S.Y. et al.* Histological changes in the liver, intestines and kidneys of Clarias gariepinus when using feed with chelated compounds // International Journal of Pharmaceutical Research. 2020. Vol. 12. № 3. P. 2380-2391.
13. *Grabowska M. et al.* Let food be your medicine: nutraceutical properties of lycopene // Food & function. 2019. Vol. 10. № 6. P. 3090-3102.
14. *Petyaev I.M.* Lycopene deficiency in ageing and cardiovascular disease. Oxidative medicine and cellular longevity. 2016. Vol. 2.
15. *Гаджиева А.М., Алиева М.Г., Резникова Ю.В.* Свойства ликопина как природного антиоксиданта // Неделя науки – 2017. 2017. С. 200-202.
16. *Смородинская С.В. и др.* Применение экстракта ликопина как компонента функционального питания в хлебобулочных изделиях из дрожжевого теста // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84. № 2 (92). С. 93-100.
17. *Агаева Т.И.* Комплексная ветеринарно-санитарная оценка качества мяса радужной форели, содержащаяся в бетонных каналах // Перспективы развития АПК в современных условиях: материалы X международной научно-практической конференции. Владикавказ, 2021. С. 200-203.
18. *Сафронова Т.М.* Справочник дегустатора рыбы и рыбной продукции. М.: ВНИРО. 1998. 224 с.
19. *Рукшан Л.В., Кохович А.Г., Кошак Ж.В.* Улучшение потребительских свойств ценных видов рыбы // Качество и безопасность товаров: от производства до потребления. 2019. С. 412-417.
20. *Базутко Н.П. и др.* Соотношение тканей в мышцах радужной форели при скармливании комбикормов, обогащенных селеном // Актуальные проблемы инновационного развития животноводства. 2019. С. 384-388.
21. *Lall S.P., Kaushik S.J.* Nutrition and metabolism of minerals in fish // Animals. 2021. Vol. 11. №. 9. P. 2711.
22. *Jobling M.* National Research Council (NRC): Nutrient requirements of fish and shrimp. Aquaculture International. Washington. 2012. № 20 (3). P. 601-602. DOI: 10.1007/s10499-011-9480-6.
23. *Vallee B.L., Falchuk K.H.* The biochemical basis of zinc physiology // Physiological reviews. 1993. Vol. 73. №. 1. С. 79-118.
24. *Андропова И.И., Артемов Е.С., Галочкина Н.А. и др.* Обогащенные пищевые продукты: разработка технологий обеспечения потребительских свойств: монография. Воронеж, 2015. 215 с. ISBN 978-5-7267-0774-7. EDN UHSORX.
25. ГОСТ Р 55577-2013. Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности. М.: Стандартинформ, 2014. 19 с.

References:

1. Lisitsyn A.B., Chernukha I.M., Lunina O.I., Fedulova L.V. *Prizhiznennoye formirovaniye sostava i svoystv zhivotnogo syr'ya* [In vivo formation of the composition and properties of

animal raw materials]. Moscow, RAS Publ., 2018, 440 p. (In Russian). ISBN 978-5-901768-45-7. EDN YNTHCH.
2. Kazaryan R.V., Borodikhin A.S., Achmiz A.D. et al. Formirovaniye kachestva i pishchevoy tsennosti produktsii ptitsevodstva [Formation of the quality and nutritional value of poultry products]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya* [News of Higher Educational Institutions. Food Technology], 2019, no. 5-6 (371-372), pp. 16-18. (In Russian). DOI 10.26297/0579-3009.2019.5-6.3. EDN SYSZTL.
3. Kuzmina N.N., Petrov O.Yu., Erofeev B.S. Formirovaniye kachestva funktsional'nykh myasnykh produktov v protsesse ikh proizvodstva [Formation of the quality of functional meat products in the process of their production]. *Sostavitel'* [Compiler], 2021, p. 67. (In Russian).
4. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossiyskoy Federatsii v 2020 godu: Gosudarstvennyy doklad [On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2020: State report]. Moscow, Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare Publ., 2021, 256 p. (In Russian).
5. Shubina L.N., Ivanova E.E., Kosenko O.V. et al. Ispol'zovaniye netraditsionnykh vidov syr'ya i biologicheski aktivnykh dobavok dlya formirovaniya tekhnologicheskikh i potrebitel'skikh svoystv funktsional'nykh i obogashchennykh pishchevykh produktov [The use of non-traditional types of raw materials and biologically active additives for the formation of technological and consumer properties of functional and enriched food products]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya* [Izvestia of Higher Educational Institutions. Food Technology], 2019, no. 2-3 (368-369), pp. 9-12. (In Russian). DOI: 10.26297/0579-3009.2019.2-3.2.
6. FAO. The State of the World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in Action; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 2020. (In English).
7. Korneiko O.V., Pokormenyuk M.D. Akvakul'tura v Rossii: sostoyaniye i problemy razvitiya [Aquaculture in Russia: state and development problems]. *Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravleniye* [Azimuth of Scientific Research: Economics and Management], 2017, vol. 6, no. 4 (21), pp. 202-204. (In Russian).
8. Guseva L.B. Empiricheskiye zakonomernosti formirovaniya organolepticheskikh svoystv pishchevykh dispersnykh sistem iz dal'nevostochnykh ryb [Empirical regularities in the formation of organoleptic properties of food dispersed systems from Far Eastern fish]. *Materialy 6 Natsional'noy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Innovatsionnoye razvitiye rybnoy otrasli v kontekste obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii»* [Proceedings of the 6th National Scientific and Technical Conference “Innovative Development of the Fishing Industry in the Context of Ensuring Food Security of the Russian Federation”], Vladivostok, Far Eastern State Technical Fisheries University Publ., 2023, pp. 149-154. (In Russian).
9. Ashmead H.D. The roles of amino acid chelates in animal nutrition: summary and conclusion, 1992. (In English).
10. Garcia-Aranda J.A., Wapnir R.A., Lifshitz F. In vivo intestinal absorption of manganese in the rat. *The Journal of nutrition*, 1983, vol. 113, no. 12, pp. 2601-2607. (In English).
11. Nikiforov-Nikishin D. et al. Effects of chelated complexes and probiotics on histological and morphometric parameters of the gastrointestinal tract of juvenile carp (Cyprinus carpio). *New Zealand Journal of Zoology*, 2022, pp. 1-12. (In English).
12. Gramm S.Y. et al. Histological changes in the liver, intestines and kidneys of Clarias gariepinus when using feed with chelated compounds. *International Journal of Pharmaceutical Research*, 2020, vol. 12, no. 3, pp. 2380-2391. (In English).
13. Grabowska M. et al. Let food be your medicine: nutraceutical properties of lycopene. *Food & Function*, 2019, vol. 10, no. 6, pp. 3090-3102. (In English).
14. Petyaev I.M. Lycopene deficiency in aging and cardiovascular disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016, vol. 2. (In English).
15. Gadzhieva A.M., Alieva M.G., Reznikova Yu.V. Svoystva likopina kak prirodnogo

antioksidanta [Properties of lycopene as a natural antioxidant]. *Nedelya nauki – 2017* [Week of Science – 2017], 2017, pp. 200-202. (In Russian).
16. Smorodinskaya S.V. et al. Primeneniye ekstrakta likopina kak komponenta funktsional'nogo pitaniya v khlebobulochnykh izdeliyakh iz drozhzhevogo testa [The use of lycopene extract as a component of functional nutrition in bakery products from yeast dough]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy* [Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 2022, vol. 84, no. 2 (92), pp. 93-100. (In Russian).
17. Agaeva T.I. Kompleksnaya veterinarno-sanitarnaya otsenka kachestva myasa raduzhnoy foreli, soderzhashchayasya v betonnykh kanalakh [Comprehensive veterinary and sanitary assessment of the quality of rainbow trout meat contained in concrete channels]. *Materialy X mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Perspektivy razvitiya APK v sovremennykh usloviyakh»* [Proceedings of the 10th international scientific and practical conference “Prospects for the Development of the Agro-Industrial Complex in Modern Conditions”], Vladikavkaz, 2021, pp. 200-203. (In Russian).
18. Safronova T.M. *Spravochnik degustatora ryby i rybnoy produktsii* [A guide for the taster of fish and fish products]. M.: VNIRO Publ., 1998, 224 p. (In Russian).
19. Rukshan L.V., Kokhovich A.G., Koshak Zh.V. Uluchsheniye potrebitel'skikh svoystv tsennykh vidov ryby [Improving the consumer properties of valuable fish species]. *Kachestvo i bezopasnost' tovarov: ot proizvodstva do potrebleniya* [Quality and Safety of Goods: From Production to Consumption], 2019, pp. 412-417. (In Russian).
20. Bazutko N.P. et al. Sootnosheniye tkaney v myshtsakh raduzhnoy foreli pri skarmlivanii kombikormov, obogashchennykh selenom [The ratio of tissues in the muscles of rainbow trout when fed with compound feed enriched with selenium]. *Aktual'nyye problemy innovatsionnogo razvitiya zhivotnovodstva* [Actual Problems of Innovative Development of Animal Husbandry], 2019, pp. 384-388. (In Russian).
21. Lall S.P., Kaushik S.J. Nutrition and metabolism of minerals in fish. *Animals*, 2021, vol. 11, no. 9. p. 2711. (In English).
22. *Jobling M.* National Research Council (NRC): Nutrient requirements of fish and shrimp. *Aquaculture International*. Washington, 2011, no. 20 (3), pp. 601-602. DOI: 10.1007/s10499-011-9480-6. (In English).
23. Vallee B.L., Falchuk K.H. The biochemical basis of zinc physiology. *Physiological Reviews*, 1993, vol. 73, no. 1, pp. 79-118. (In English).
24. Andropova I.I., Artemov E.S., Galochkina N.A. et al. *Obogashchennyye pishchevyye produkty: razrabotka tekhnologiy obespecheniya potrebitel'skikh svoystv* [Fortified food products: development of technologies for ensuring consumer properties]. Voronezh, 2015, 215 p. ISBN 978-5-7267-0774-7. EDN UHSORX. (In Russian).
25. *GOST R 55577-2013. Produkty pishchevyye spetsializirovannyye i funktsional'nyye. Informatsiya ob otlichitel'nykh priznakakh i effektivnosti* [State Standard R 55577-2013. Specialized and functional food products. Information about distinctive features and effectiveness]. Moscow, Standartinform Publ., 2014, 19 p. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

Климов	Аспирант
Виктор Александрович	МГУТУ им. Разумовского (ПКУ)
	109004, Москва, ул. Земляной Вал, 73
	v.klimov@mgutm.ru, mirvar@rambler.ru
Klimov	Graduate student
Viktor Alexandrovich	Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky (FCU)
	109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73
	v.klimov@mgutm.ru, mirvar@rambler.ru

Никифоров-Никишин Дмитрий Львович
канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник центра Аквакультуры Факультета биотехнологий и рыбного хозяйства
МГУТУ им. Разумовского (ПКУ)
109004, Москва, ул. Земляной Вал, 73
niknikdl@rambler.ru

Nikiforov-Nikishin Dmitry Lvovich
Ph.D. (Biol.), Leading Researcher, Aquaculture Center, Faculty of Biotechnology and Fisheries
Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky (FCU)
109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73
niknikdl@rambler.ru

Кочетков Никита Ильич
младший научный сотрудник центра Аквакультуры Факультета биотехнологий и рыбного хозяйства
МГУТУ им. Разумовского (ПКУ)
109004, Москва, ул. Земляной Вал, 73
samatrixs@gmail.com

Kochetkov Nikita Ilyich
Junior Research, Aquaculture Center, Faculty of Biotechnology and Fisheries
Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky (FCU)
109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73
samatrixs@gmail.com

Смородинская Светлана Валерьевна
канд. техн. наук, зав. лабораторией центра Аквакультуры Факультета биотехнологий и рыбного хозяйства
МГУТУ им. Разумовского (ПКУ)
109004, Москва, ул. Земляной Вал, 73
kler.smo@gmail.com

Smorodinskaya Svetlana Valerievna
Ph.D. (Engin.), Head of the laboratory of the Aquaculture Center of the Faculty of Biotechnology and Fisheries
Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky (FCU)
109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73
kler.smo@gmail.com

УДК 664:502.174 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.008**

Логунова Н.А. Яшонков А.А. Кураш М.А.

ОБРАЩЕНИЕ С ПИЩЕВЫМИ ОТХОДАМИ И ПЕРЕРАБОТКА ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Аннотация. В работе рассмотрены экономические и социальные аспекты обращения с пищевыми отходами. Представлена информация о целесообразности и технологических перспективах их переработки. Дана оценка глобальной проблемы излишков продовольствия и пищевых отходов, решение которой поможет справиться с продовольственным кризисом. Непрерывный рост населения мира увеличивает спрос на продукты питания, тем самым увеличивая потери продуктов питания по всей цепочке поставок, что приводит к нехватке природных ресурсов и, как следствие, к загрязнению окружающей среды. Переработка и повторное использование являются основными принципами экономики замкнутого цикла, которые сосредоточены на извлечении энергии и ресурсов из пищевых отходов для устойчивого состояния окружающей среды. Пищевые отходы в основном богаты органическими веществами, такими как углеводы, белки и липиды, которые можно использовать в качестве сырья для производства и/или восстановления биоудобрений, биотоплива, биогаза, ценных биологически активных соединений, природных питательных веществ и ферментов. При анализе проблемы были использованы исследования отечественных и зарубежных авторов, а также статистические данные из открытых источников. Результаты исследования охватывают международный и российский опыт и направлены на поиск путей решения проблем, связанных с пищевыми отходами.
Ключевые слова: пищевая промышленность, пищевые отходы, пищевые излишки, безотходные технологии, экономика замкнутого цикла, продовольственные потери.

Logunova N.A., Yashonkov A.A., Kurash M.A.

FOOD WASTE MANAGEMENT AND NUTRIENT RECYCLING: PROBLEMS AND SOLUTIONS

Abstract. The paper considers the economic and social aspects of food waste management. Information is provided on the feasibility and technological prospects of their processing. The assessment of the global problem of food surpluses and food waste is given, the solution of which will help to cope with the food crisis. The continuous growth of the world's population increases the demand for food, thereby increasing the loss of food throughout the supply chain, which leads to a shortage of natural resources and, as a result, environmental pollution. Recycling and reuse are the basic principles of a closed-loop economy that focus on extracting energy and resources from food waste for a sustainable environment. Food waste is mainly rich in organic substances, such as carbohydrates, proteins and lipids, which can be used as raw materials for the production and/or recovery of biofertilizers, biofuels, biogas, valuable biologically active compounds, natural nutrients and enzymes. When analyzing the problem, studies by domestic and foreign authors, as well as statistical data from open sources were used. The results of the study cover international and Russian experience and are aimed at finding ways to solve problems related to food waste.
Keywords: food industry, food waste, food surpluses, waste-free technologies, closed-cycle economy, food losses.

Введение. Потери, как и порча продуктов питания и продовольственного сырья представляют собой серьезную угрозу устойчивости глобальных пищевых систем. По данным продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, примерно одна треть мирового производства продуктов питания для потребления человеком теряется или выбрасывается [1]. Одна из целей в области устойчивого развития (ЦУР), изложенных в документах ООН в 2015 году, предполагает к 2030 году сокращение вдвое глобальных

пищевых отходов на душу населения на розничном и потребительском уровнях и сокращение потерь продуктов питания в цепочках производства и поставок, включая послеуборочные потери. В рамках выполнения этой декларации региональные правительства разрабатывают и внедряют собственные продовольственные программы для решения обозначенных ФАО проблем. Политики, пищевая промышленность и розничная торговля, исследователи и неправительственные организации работают вместе, чтобы инициировать общественное движение, направленное на осознание ценности продуктов питания, минимизацию излишнего потребления, повсеместное сокращение общих пищевых отходов и их негативного влияния на экологию.

Пищевые отходы представляют собой глобальную проблему, требующую пристального внимания в развитых и развивающихся странах, которая включает в себя качество пищевых продуктов, продовольственную безопасность и другие основные аспекты устойчивости. Устойчивое потребление и производство – это современная концепция достижения продуктивного роста, в которой большое внимание уделяется эффективному и безопасному использованию ресурсов, энергии и инфраструктуры для обеспечения достойного качества жизни человека. Эта концепция направлена на разработку общих стратегий развития, направленных на сокращение экономических, экологических и социальных расходов, повышение глобальной производительности и снижение бедности. Использование мировых природных ресурсов увеличилось на 254 %, достигнув 92,1 млрд тонн в 2022 г. с 27 млрд тонн в 1970 г., при этом годовой объем добычи показывает устойчивую динамику роста, начиная с 2000 г. [2]. Биоэкономика характеризуется как разработка биологических возобновляемых ресурсов и преобразование этих ресурсов в продукты с добавленной стоимостью, которые включают продукты питания, корма, биотопливо и биоэнергию. Концепцией предусмотрено развитие биоэкономики на основе эффективного и синергетического использования ресурсов и повсеместного снижения нагрузки на природные источники их пополнения.

Актуальность проблемной ситуации усиливается тем обстоятельством, что на сегодняшний день вопросы обращения с пищевыми отходами, как с точки зрения экологической безопасности, так и экономической эффективности, рассматриваются на всех уровнях управления, но управленческие решения до сих пор носят в большей мере декларативный характер и не подкреплены достаточной нормативно-правовой и законодательной базой.

Целью исследования является изучение проблематики в сфере обращения с пищевыми отходами и разработка мер по реализации требований экономики замкнутого цикла за счет эффективного управления пищевыми отходами.

Материалы и методы исследования. На наш взгляд, чтобы начать реальную борьбу с продовольственным кризисом необходимо разобраться с понятием глобальной проблемы излишков продовольствия и пищевых отходов, оценить текущее состояние потребительского рынка в области продовольственных потерь и органических отходов. В современных исследованиях достаточно распространен комплексный подход к рассмотрению проблем излишков продовольствия и их следствия – пищевых отходов. Однако, несмотря на значительное количество публикаций в данной области, их высокий научный уровень и значительный охват исследованных аспектов данной проблемы, она требует дальнейшего изучения.

Методическую основу исследования составляют следующие приемы и методы исследования: индукция, дедукция, сравнение, системный и комплексный подходы, экономико-статистические методы, прием сравнения, табличный и графический, а также метод экспертных оценок и другие.

В целях сбора информации и содержательной интерпретации статистических данных нами были проанализированы открытые источники – официальные статистические отчеты крупнейших агропромышленных холдингов и торговых сетей, законы и нормативные акты, Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных наций (ФАО).

Результаты исследования и их обсуждение. Потери пищевых продуктов затрагивают

всю производственную цепочку, поэтому мы можем определить «потери пищевых продуктов» как отходы, образующиеся во время производства, транспортировки и хранения продуктов питания и пищевого сырья. С другой стороны, пищевые отходы определяются как пищевые продукты, выбрасываемые на этапе розничной продажи и потребления. Как потери, так и пищевые отходы измерялись ЮНЕП [3] и ФАО [4] с помощью специальных индексов. Доля мировых продовольственных потерь и отходов больше всего приходится на фрукты и овощи и составляет 44 % (рис. 1).

Рисунок 1 – Доля мировых продовольственных потерь и отходов (% от общего числа потерь)
Источник: составлено авторами по данным [5]

По данным Росприроднадзора, в 2022 году в Российской Федерации образовалось 62,8 млн. тонн отходов сельского хозяйства и пищевой промышленности.

Для мировой экономики общие ежегодные экономические, экологические и социальные затраты, связанные с продовольственными потерями и пищевыми отходами, составляют порядка 2,6 трлн долларов США [4], таблица 1.

Таблица 1 – Мировая стоимость пищевых отходов

Аспект	Стоимость (Доллары США)
Экономический	1 триллион
Экологический	700 миллиардов
Социальный	900 миллиардов
Общий	2,6 триллиона

Источник: составлено авторами с использованием данных ФАО [2].

Естественно, необходимы дальнейшие исследования, чтобы понять, как эти макрооценки можно применить на уровне отдельных регионов.

Согласно мировой статистике по пищевым отходам, в 2022 году Нигерия произвела 189 кг пищевых отходов на душу населения. На втором месте оказалась Греция со 142 кг, за ней следует Ирак со 120 кг пищевых отходов на душу населения. Саудовская Аравия находится на четвертом месте со 105 кг, и замыкает пятерку Австралия – со 102 кг. Другие страны, упомянутые в отчете, имеют менее 100 кг пищевых отходов на душу населения. В отчете Россия находится на последнем месте с 33 кг пищевых отходов на душу населения, что отражено на рисунке 2 [5].

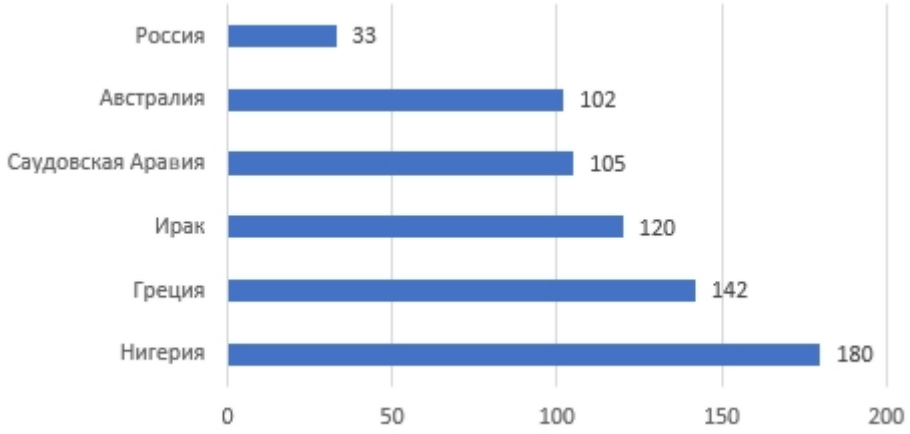


Рисунок 2 – Пищевые отходы на душу населения в 2022 году, кг/год
Источник: составлено авторами с использованием [6]

Чтобы сократить или полностью предотвратить пищевые отходы, необходимо понимать, где, когда и почему они образуются. С этой целью нами была проведена классификация пищевых отходов по видам, которая представлена на рис. 3, где отражены источники пищевых потерь и образования отходов в пищевой цепочке от фермы к столу.

В сельскохозяйственном производстве возможны потери из-за механических повреждений и/или потерь при уборке урожая (помол, сбор урожая и т.д.). Послеуборочная обработка приводит к потерям при хранении за счет разложения урожая во время обработки, также возможны его повреждения во время транспортировки между фермой и поставщиком. Кроме того, промышленная или домашняя обработка пищевых продуктов также приводит к потерям во время различных единичных операций, включая сортировку, мытьё, очистку, нарезку, тепловую или физическую обработку по причине сбоев или аварий на технологических линиях.

Рисунок 3 – Продовольственные потери и отходы по всей пищевой цепи
Источник: составлено авторами с использованием [7]

Распределение продуктов питания на оптовых рынках, в супермаркетах и на уровне розничной торговли также приводит к потерям и порче пищевых продуктов. Последним в этой цепочке является уровень потребления, включая потери и отходы домохозяйств или предприятий массового питания.

Пищевые отходы и потери можно разделить на три категории: предотвратимые, частично предотвратимые и неизбежные пищевые отходы [7]. Пищевые отходы, которых

можно избежать, возникают по ряду причин, включая чрезмерные покупки, неправильные методы приготовления пищи, ненадлежащее хранение и значительные размеры порций. Такие отходы составляют около 56% всех пищевых отходов домашних хозяйств [8]. Они образуются из-за различных потребительских привычек.

Неизбежные пищевые отходы обычно возникают во время приготовления и потребления пищи. В основном это несъедобные компоненты (кости, кожура и т.п.). В промышленно развитых странах большая часть пищевых отходов образуется на более позднем этапе цепочки поставок на уровне потребителя. В ЕС более 50 % всех пищевых отходов образуются на уровне домохозяйств или потребителей. Другими секторами, вносящими вклад в пищевые отходы в ЕС, являются: пищевая промышленность (19 %), общественное питание (12 %), производство (11 %), оптовая и розничная торговля (5 %) [9]. Таким образом, в настоящее время наибольший потенциал сокращения отходов приходится на потребительский сектор. Различные специалисты пищевой промышленности, продовольственные банки, правительственные и неправительственные учреждения предложили и внедрили инновационные стратегии для решения проблемы пищевых отходов. В основе этих стратегий положены три принципа обращения с отходами: сокращение, повторное использование и переработка. Агентство по охране окружающей среды США (EPA) предложило иерархию управления отходами в зависимости от их содержания и типа [10]. На рисунке 4 представлена возможная иерархия управления отходами, ранжирующая три основные стратегии обращения с отходами и их подкатегории от наиболее предпочтительных до наименее экологически предпочтительных мер.

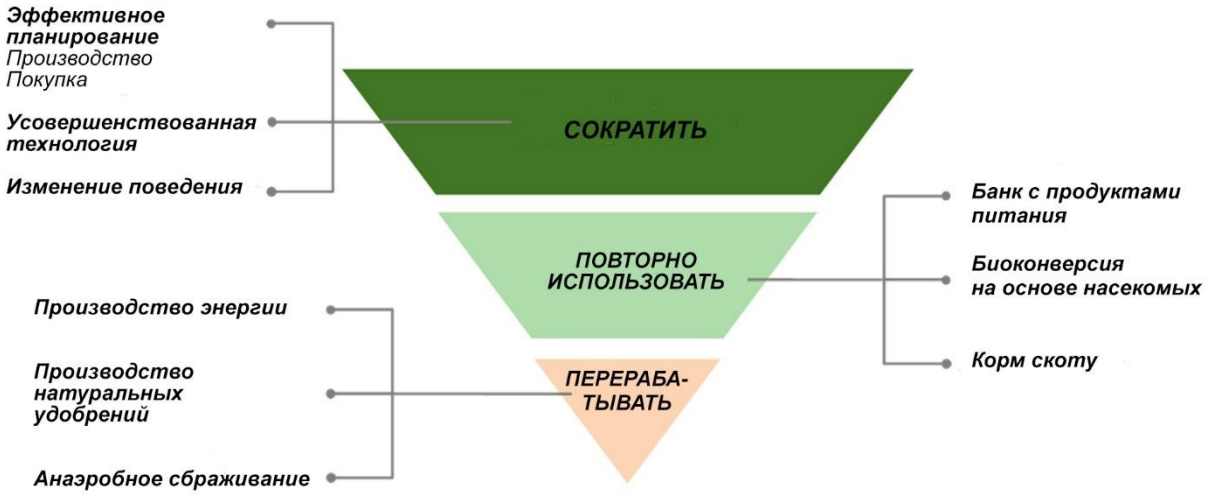


Рисунок 4 – Концепция сокращения, повторного использования, переработки пищевых отходов

Источник: составлено авторами на основании [7].

Пищевые отходы можно сократить, улучшив каждое звено пищевой цепочки. Повторное использование пищевых отходов может быть достигнуто за счет создания эффективного канала между потенциальными потребителями продовольствия и организациями по оказанию помощи голодающим. Пищевые отходы можно перерабатывать для скармливания скоту, анаэробного сбраживания, компостирования и создания биоэнергии и натуральных удобрений. Большинство разработанных программ по борьбе с пищевыми отходами сосредоточены на структурных изменениях и технологическом развитии, в то время как роль домашних потребителей зачастую упускается из виду. Изменение поведения потребителей – еще одно потенциальное направление, способствующее минимизации бытовых отходов [11].

Несмотря на то, что в мире генерируется огромное количество пищевых отходов, различные исследования опираются на гипотетическую экономическую теорию, в которой все агропродовольственные отходы используются для создания продуктов с добавленной

стоимостью. Пищевые отходы на самом деле - ценный питательный и богатый энергией ресурс. Если бы все эти отходы были переработаны, а энергия извлечена, человечество могло бы обеспечить свой быт возобновляемой электроэнергией. Пищевые отходы собираются и сортируются соответствующим образом и превращаются в полезные продукты, в виде богатых питательными веществами биоудобрений и возобновляемых источников энергии, в виде биометана и электричества. Сырье, включая ископаемое топливо, минералы, металлы, биомасса, будут производиться, обмениваться, использоваться, а затем входить в иерархию отходов путем обмена, повторного использования, перераспределения и переработки [12]. В экономике замкнутого цикла биоотходы заводов по переработке отходов далее используются на малых и средних химических предприятиях.

Так, углекислый газ, выбрасываемый очистными сооружениями, используется растениями для фотосинтеза, а готовые продукты, получаемые на химических предприятиях, используются конечными потребителями, а затем снова отходы от пользователей перемещаются на очистные сооружения. Циркулярная экономика предоставляет широкие возможности для передвижения ресурсов и отходов в замкнутой сети. Остатки пищевых продуктов попадают в сборники пищевых отходов, рекуператоры энергии или утилизируются на свалках. Биоразлагаемые продукты могут подвергаться переработке в качестве альтернативы улавливанию углерода для секвестрации CO2 [12]. Для дальнейшего изучения возможностей экономики замкнутого цикла в устойчивом управлении пищевыми отходами необходимо понимание сложившейся ситуации в обращении с пищевыми отходами во всем мире.

Так как численность населения Земли постоянно увеличивается, а немногочисленные существующие источники (энергия, сырье для промышленности, продовольствие и т.д.) не в состоянии удовлетворить возрастающие потребности населения, весьма актуальной становится организация производства по принципу «малоотходной или, на каком-то этапе, безотходной технологии» [13].

Прежде чем перейти к анализу исследований, проводимых в данной области, необходимо учесть, что трансформация отходов, образующихся в различных производственных сферах в полезную форму, привела к возникновению нового направления – биологическая конверсия отходов. Можно сказать, что она стала носить прогрессивный характер в большинстве стран мира. Исследования, проводимые в этом аспекте, посвящены закупке продуктов питания, кормов и медицинских изделий в соответствии с целевым назначением. Как правило, развивающиеся страны имеют значительный объем потерь продовольствия во время производства в сельскохозяйственном секторе, при этом на потребительском уровне пищевых отходов образуется больше в домохозяйствах со средним и высоким доходом (в среднем 31-39 % от общего объема отходов по сравнению с регионами с низким уровнем доходов (4-16 %)) [14]. Отходы, образующиеся в пищевой промышленности, отличаются друг от друга по источникам образования, а также по объему и химическому составу. Примечательно, что в ряде случаев при производстве одних и тех же пищевых продуктов образуются как жидкие, так и твердые отходы. Так, по этому признаку вода, используемая для промывания при производстве мяса, свернувшаяся кровь, образующаяся в процессе забоя скота, тоже получает статус отходов. Проведенные исследования, связанные с определением химического состава отходов, показали, что отходы, образующиеся в процессе производства продуктов питания растительного происхождения, содержат большую часть полисахаридов, а в процессе производства аналогичных продуктов животного происхождения, отходы содержат большое количество жиров и белков. Следовательно, к отходам, образующимся в различных производственных зонах, можно подходить с разных сторон: как к не полностью использованному сырью, либо как к источнику загрязнения окружающей среды. Несмотря на все эти проблемы, наиболее важным вопросом остаётся поиск эффективного метода утилизации отходов, независимо от их происхождения и роли в природе.

В настоящее время в нашей стране регулярно возникают проблемы выброса

неиспользованных продуктов в окружающую среду в хаотичном порядке из-за непрогрессивности производственных процессов в сфере переработки вторичных продуктов, в том числе отходов.

Актуальным остаётся вопрос несовершенства применяемых технологий при производстве продуктов питания, когда не соблюдаются санитарно-гигиенические нормы, что приводит к преждевременной биологической порче производимой продукции. Все перечисленные вопросы позволяют охарактеризовать утилизацию отходов, образующихся в процессе производства пищевых продуктов, как большую проблему, вытекающую из реалий современной эпохи и ожидающую своего решения.

Учитывая вышеизложенное, нами была поставлена задача по изучению возможностей эксплуатации отходов, образующихся в процессе производства мясных продуктов и фруктов, ориентированных на пищевые цели, с точки зрения их практической востребованности. В ходе исследований было необходимо определить объем образующихся отходов и основные характеристики состава производимых отходов. Полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Отходы, образующиеся при производстве мяса и фруктов, и их среднее количество

№	Продукт	Наименование образующихся отходов	Образующееся в течение года, (тыс. тонн)
1	Куриное мясо	Вода, используемая для очистки	1000-1200
2	Говядина и баранина	Кровь, пролитая вовремя убоя, вода, использованная для мытья, кожа и несъедобные или больные органы	1000-1500
3	Фрукты	Скорлупа, кожура, отходы, образующиеся при агротехническом уходе, непригодные к употреблению	1250-1300

Как видно из таблицы, посторонние вещества образуются как при производстве фруктов, так и при производстве мяса, и только в нашей стране годовой объем этих посторонних веществ измеряется миллионами тонн [15].

Следует отметить, что производством данных видов продукции в большинстве случаев занимаются отдельные фермерские хозяйства, однако, статистический учет производства продукции значительной части фермерских хозяйств зачастую не доступен.

В настоящее время в сфере переработки пищевых отходов в производственных зонах стран мира используются 2 основных метода.

1) Метод компостирования. Суть этого метода заключается в смешивании полученных пищевых отходов с возможными садовыми отходами. Эту смесь измельчают, а затем компостируют в помещении при температуре до 70°С в течение 2-4 недель. В результате происходит еще большее ускорение процесса компостирования, кроме того, уничтожается вредная микрофлора. На следующем этапе материал выдерживается на открытом воздухе для созревания в течение 1-3 месяцев при регулярном контроле качества перед использованием в виде кондиционера почвы.

Политика процесса компостирования может привести к увеличению продаж компоста. При этом повышение устойчивости экосистем может быть обеспечено соответствующими муниципальными учреждениями за счет сведения к минимуму выбросов парниковых газов, в том числе предотвращения эрозии и улучшения качества почвы.

2) Анаэробное сбраживание. Анаэробное сбраживание пищевых отходов создает возобновляемую энергию и повторно использует питательные вещества почвы, что соответствует современной концепции экономики замкнутого цикла. Анаэробное

сбраживание использует микроорганизмы для расщепления пищевых отходов, в том числе энергетических культур, при отсутствии кислорода в замкнутой системе. При разрушении выделяется газ метан, который используется для отопления, получения биотоплива и электроэнергии. Он может производить богатый дигестат, который также можно применять в качестве удобрения для регенерации почвы [14, 15].

Снижение количества пищевых отходов будет способствовать:

1. Экономии трудозатрат благодаря более эффективному управлению, приготовлению и хранению пищевых продуктов, готовых к употреблению.
2. Экономии материальных ресурсов за счет покупки оптимального (достаточного) количества продуктов.
3. Сокращению выбросов метана со свалок, предотвращению загрязнения, связанного с выращиванием, производством, транспортировкой и реализацией пищевых продуктов.

Исследование показывает, что для того, чтобы устранить отходы, которые образуются в пищевой промышленности, к данному процессу должны быть подключены все его участники, начиная от фермеров и предприятий пищевой промышленности до супермаркетов и индивидуальных клиентов. Особое внимание следует уделить обеспечению баланса между предложением и спросом, а в случае переизбытка продукции - своевременному перераспределению продовольствия.

Выводы. Результаты исследования подтвердили, что пищевые отходы и излишки продуктов питания являются жизненно важными проблемами для многих стран мира. Восстановление ресурсов возможно путем принятия концепций сокращения, повторного использования, переработки и восстановления отходов с помощью их переработки путем скармливания скоту, анаэробного сбраживания, компостирования и создания биоэнергии. Добавленная стоимость играет жизненно важную роль в управлении пищевыми отходами в экономике замкнутого цикла. В будущем в основу управления отходами пищевой промышленности могут быть положены уже имеющиеся достижения учёных в области интегрированных биологических процессов, позволяющие осуществлять производство энергии и рекуперацию ресурсов с удалением твердых частиц.

Список использованной литературы:

1. *Катанаева Ю. А., Соколов С.А.* Обзор современных технологий извлечения компонентов с высокой добавленной стоимостью из отходов пищевой промышленности // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2020. № 1. С. 123-139.
2. *Gustavsson J., Cederberg C., Sonesson U., Otterdijk R., Meybeck A.* Global Food Losses and Food Waste – Extent, Causes and Prevention. Rome: FAO, 2011. 37 p. URL: https://www.fao.org/3/i2697e/i2697e.pdf (дата обращения: 08.04.2023).
3. Site United Nation. Department of Economic and Social Affairs. URL: https://sdgs.un.org/ (дата обращения: 08.04.2023).
4. UNEP Food Waste Index Report 2021. URL: https://www.unep.org/resources/report/unep-food-waste-index-report-2021 (дата обращения: 08.04.2023).
5. *Koester U., Galaktionova E*. FAO Food Loss Index methodology and policy implications // Stud Agric Econ. 2021. Vol. 123(1). pp. 1-7. URL: https://doi.org/10.7896/j.2093 (дата обращения: 10.04.2023).
6. Distribution of food waste during the consumption and distribution stage in Russia in 2017, by product category. Statista. Available online. URL: https://www.statista.com/statistics/1074026/food-waste-share-by-category-russia/ (дата обращения: 10.04.2023).
7. *Ojha S, Bußler S, Schlüter O.K.* Food waste valorisation and circular economy concepts in insect production and processing // Waste Management. 2020. Vol. 118. P. 600-609. DOI: 10.1016/j.wasman.2020.09.010.
8. *Kranert M., Hafner G., Barabosz J., Schneider F., Lebersorger S., Scherhaufer S., Schuller H.,*

Leverenz D. Determination of Discarded Food and Proposals for a Minimization of Food Wastage in Germany. Abridged Version: University Stuttgart Institute for Sanitary Engineering, 2012. 38 p.
9. *Edjabou M.E., Petersen C., Scheutz C., Astrup T.F.* Food waste from Danish households: Generation and composition // Waste Manage. 2016. Vol. 52. P. 256-268. Available at: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.032 (дата обращения: 10.04.2023).
10. *Stenmarck Å., Jensen C., Quested T., Moates G.* Estimates of European food waste levels. 2016. 79 p. DOI:10.13140/RG.2.1.4658.4721.
11. *Sakai S.-I., Yoshida H., Hirai Y., Asari M., Takigami H., Takahashi S., Tomoda K., Peeler M.V., Wejcher J., Schmid-Unterseh T.* International comparative study of 3R and waste management policy developments // Journal of Material Cycles and Waste Management. 2011. Vol. 13 (2). P. 86-102. DOI: 10.1007/s10163-011-0009-x.
12. *Осадчий Н. К.* Анализ ключевых вопросов сокращения образования пищевых отходов: международный и российский опыт // Современная экономика: проблемы и решения. 2022. № 7 (151). С. 29-47. DOI: 10.17308/meps/2078-9017/2022/7/29-47.
13. *Carus M., Dammer L.* The Circular Bioeconomy – Concepts, Opportunities, and Limitations // Industrial Biotechnology. 2018. Vol. 14. DOI 10.1089/ind.2018.29121.mca.
14. *Salemdeeb R., Font V.D., Al-Tabbaa A., Zu Ermgassen E.K.* A holistic approach to the environmental evaluation of food waste prevention // Waste Management. 2017. Vol. 59. P. 442-450. DOI: 10.1016/j.wasman.2016.09.042.
15. *Sadigov R.A.* The influence of the “Main Canals” of the New Shamkirchay Reservoir on the soil and environmental conditions of the basin // Successes in modern science and education. 2016. Vol.11. № 12. P. 10-14.

References:

1. Katanaeva Yu. A., Sokolov S.A. Obzor sovremennyh tekhnologij izvlecheniya komponentov s vysokoj dobavlennoj stoimost'yu iz othodov pishchevoj promyshlennosti [Overview of modern technologies for extracting high-value-added components from food industry waste]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2020, no. 1, pp. 123-139. (In Russian).
2. Gustavsson J., Cederberg C., Sonesson U., Otterdijk R., Meybeck A. *Global Food Losses and Food Waste – Extent, Causes and Prevention*. Rome, FAO, 2011, 37 p. (In English). Available at: https://www.fao.org/3/i2697e/i2697e.pdf (accessed 08.04.2023).
3. Site United Nation. Department of Economic and Social Affairs. (In English). Available at: https://sdgs.un.org/ (accessed 08.04.2023).
4. UNEP Food Waste Index Report 2021. (In English). Available at: https://www.unep.org/resources/report/unep-food-waste-index-report-2021. (accessed 08.04.2023).
5. Koester U., Galaktionova E. FAO Food Loss Index methodology and policy implications // *Stud Agric Econ,* 2021, vol. 123(1), pp. 1-7. (In English). Available at: https://doi.org/10.7896/j.2093 (accessed 08.04.2023).
6. Distribution of food waste during the consumption and distribution stage in Russia in 2017, by product category. Statista. Available online. (In English). Available at: https://www.statista.com/statistics/1074026/food-waste-share-by-category-russia/ (accessed 10.04.2023).
7. Ojha S, Bußler S, Schlüter O.K. Food waste valorisation and circular economy concepts in insect production and processing. *Waste Management,* 2020, vol. 118, pp. 600-609. (In English). DOI: 10.1016/j.wasman.2020.09.010.
8. Kranert M., Hafner G., Barabosz J., Schneider F., Lebersorger S., Scherhaufer S., Schuller H., Leverenz,D. Determination of Discarded Food and Proposals for a Minimization of Food Wastage in Germany. *Abridged Version: University Stuttgart Institute for Sanitary Engineering*, 2012, 38 p. (In English).

9. Edjabou M.E., Petersen C., Scheutz C., Astrup T.F. Food waste from Danish households: Generation and composition. *Waste Manage*, 2016, vol. 52, pp. 256-268. (In English). Available at: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.032. (accessed 10.04.2023).
10. Stenmarck Å., Jensen C., Quested T., Moates G. *Estimates of European food waste levels.* 2016, 79 p. (In English). DOI:10.13140/RG.2.1.4658.4721.
11. Sakai S.-I., Yoshida H., Hirai Y., Asari M., Takigami H., Takahashi S., Tomoda K., Peeler M.V., Wejcher J., Schmid-Unterseh T. International comparative study of 3R and waste management policy developments. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 2011, vol. 13 (2), pp. 86-102. (In English). DOI: 10.1007/s10163-011-0009-x.
12. Osadchij N. K. Analiz klyuchevyh voprosov sokrashcheniya obrazovaniya pishchevyh othodov: mezhdunarodnyj i rossijskij opyt [Analysis of the key issues of reducing the generation of food waste in the russian federation, on the example of the USA and European countries]. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya* [Modern Economics: Problems and Solutions], 2022, no. 7(151), pp. 29-47. (In Russian). DOI: 10.17308/meps/2078-9017/2022/7/29-47.
13. Carus M., Dammer L. The Circular Bioeconomy – Concepts, Opportunities, and Limitations. *Industrial Biotechnology*, 2018, vol. 14. (In English). DOI: 10.1089/ind.2018.29121.mca.
14. Salemdeeb R., Font V.D., Al-Tabbaa A., Zu Ermgassen E.K. A holistic approach to the environmental evaluation of food waste prevention. *Waste Management*, 2017, vol. 59, pp. 442-450. (In English). DOI: 10.1016/j.wasman.2016.09.042.
15. Sadigov R.A. The influence of the “Main Canals” of the New Shamkirchay Reservoir on the soil and environmental conditions of the basin. *Successes in Modern Science and Education*, 2016, vol. 11, no. 12, pp. 10-14. (In English).

Сведения об авторах / Information about authors

Логунова Наталья Анатольевна	д-р экон. наук, профессор, проректор по научной работе Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 kgmtu@kgmtu.ru
Logunova Natalya Anatolyevna	Dr. Sci. (Econ.), Professor, Vice-rector for research Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 kgmtu@kgmtu.ru
Яшонков Александр Анатольевич	канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе,82 jashonkov@ranbler.ru
Yashonkov Alexander Anatolyevich	Ph.D. (Engin.), Associate professor, Head of the Department of machines and apparatus for food production Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 jashonkov@ranbler.ru
Кураш Мария Александровна	ассистент кафедры общеинженерных дисциплин Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского 83050, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Щорса, 31 buenamaria@mail.ru
Kurash Maria Aleksandrovna	assistant of the department of general engineering disciplines Donetsk National University of economics and trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky 83050, Donetsk People's Republic, Donetsk, Shchorsa str., 31 buenamaria@mail.ru

УДК 664.951.32 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.009**

Мазалова Н.Ф., Бабич В.В., Битютская О.Е.

ПАЛОЧКИ ХОЛОДНОГО КОПЧЕНИЯ ИЗ АКУЛЫ КАТРАН С ПРИМЕНЕНИЕМ КОПТИЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ

Аннотация. Разработка технологий производства новых видов продукции из мяса акул, как малоиспользуемого сырья, остается актуальным направлением исследований. В настоящее время востребованным является только печень акул, из которой производят биологически активные добавки. Однако эксперты сходятся во мнении, что готовые балыки из мяса акулы по вкусу и виду напоминают аналогичную продукцию из осетровых рыб. Целью исследования является расширение ассортиментного ряда деликатесной рыбной продукции холодного копчения из катрана. Результаты экспериментов позволили рекомендовать разделку мяса катрана на куски-палочки и отмачивание, совмещенное с посолом (12 % раствор поваренной соли при pH 6,5) для уменьшения содержания мочевины до 1200 мг% и сокращения времени процесса отмачивания-посола до 3 ч. С целью увеличения срока годности готовой продукции и приданию продукту новых органолептических свойств в коптильную жидкость был введен водный раствор вытяжки грецкого ореха. Разработан пакет технической документации на производство рыбных палочек холодного копчения из акулы катран.

Ключевые слова: акула катран, копченая продукция, коптильный препарат, вытяжка грецкого ореха, антимикробные свойства.

Mazalova N.F., Babich V.V., Bitutskaya O.E.

COLD SMOKED STICKS FROM SHARKS-KATRAN WITH THE APPLICATION OF SMOKING LIQUID

Abstract. Technologies development of new products types from shark meat, as a little-used raw material, remains an urgent area of research. Only shark liver was in demand, from which a number of biologically active additives are produced. However, experts agree that ready-made shark meat balls taste and look like similar products from sturgeon fish. The aim of the work was to expand the assortment of delicatessen cold-smoked fish products. The assessment of physico-chemical and microbiological parameters of raw materials and finished products was carried out according to standard methods. The results of the experiments allowed us to recommend cutting into chopsticks and soaking katran meat combined with salting (12 % salt solution at pH 6.5) to reduce the urea content to 1200 mg% and reduce the time of the soaking-salting process to 3 hours. In order to increase the shelf life of the finished product and give the product new organoleptic properties, an aqueous solution of walnut extract was introduced into the smoking liquid. A package of technical documentation for the production of cold-smoked fish sticks from shark katran has been developed.

Keywords: shark katran, smoked products, smoke preparation, walnut extract, antimicrobial properties.

Введение. Короткоперая колючая акула (син. катран, обыкновенный катран, обыкновенная колючая акула, пятнистая колючая акула, тупорылая колючая акула, морская собака, песочный катран) *Squalus acanthias* L. (1758) – морская хрящевая рыба из семейства катрановых акул обитает в умеренных водах континентального шельфа по всему миру. Дальневосточные моря России населяет вид *Squalus suckleyi* Girard (1855), в Азово-Черноморском бассейне (АЧБ) обитает подвид обыкновенного катрана – *Squalus acanthias ponticus* Myagkov et Kondjurin (1986). *S. acanthias p.* относится к малоиспользуемым промысловым рыбам и, наряду с такими хрящевыми рыбами АЧБ как шиповатый скат и скат-хвостокол, чаще встречается в качестве прилова к другим объектам промысла. В то же время промысел катрана ведется круглогодично практически на всем протяжении шельфа на

глубинах от 20 до 60 м пассивными орудиями лова – ставными сетями и наживными крючьями. На таких глубинах в течение всего промыслового сезона распределяются рыбы, достигшие половой зрелости. Молодь катрана и впервые созревшие особи держатся, преимущественно, на глубинах 60–70 м. Динамика вылова катрана за последние 20 лет представлена на рисунке 1, как видно суммарный объем выловленной рыбы не превышал 14 000 т, максимальное изъятие приходилось на 2005 и 2009 гг. [1].

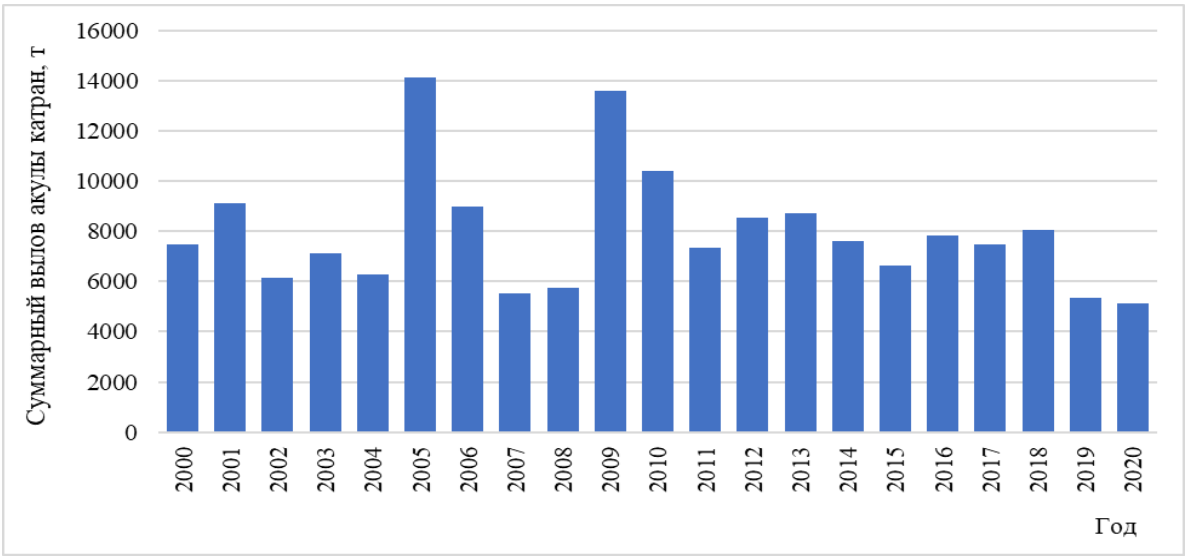


Рисунок 1 – Динамика мирового промысла акул за период 2000-2020 гг.

Согласно данным ФАО [1] промысел данного вида вели 40 стран, на гистограмме (рис. 2) представлены страны, объем вылова которых за год был не менее 100 т. Наибольший объем вылова за последние годы приходится на Ливию и Индонезию.

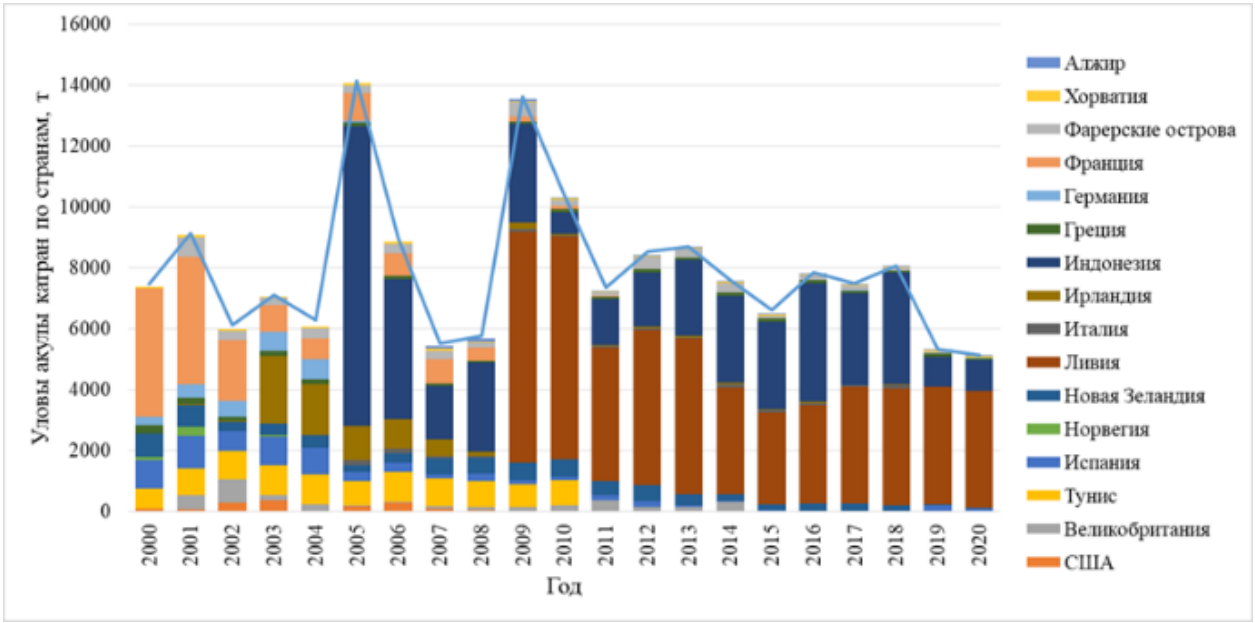


Рисунок 2 – Объем вылова акулы в разрезе стран

В России наиболее производительные районы промысла расположены у м. Тарханкут и в северо-восточной части моря от м. Меганом до Анапской банки. Здесь вылавливается около 80 % общего объема уловов катрана [1, 2].

Рекомендованный объем вылова катрана в Черном море в 2022 г. составлял в 166,4 т [6]. В целом суммарные запасы акулы достаточно велики и при соответствующих усилиях

специалистов и рыбаков могли бы дать существенную прибавку улову (рис. 3). При этом следует отметить, что такие физиологические особенности черноморского катрана, как позднее созревание (половозрелость наступает в возрасте 13–17 лет) и медленный цикл воспроизведения, в том числе очень продолжительный срок развития яиц и эмбрионов в теле самки (около 18 мес.), делают акул чрезвычайно чувствительными к переловам [7]. В региональном отношении: в Грузии катран имеет охранный статус вида, вызывающего наименьшие опасения (LC), в Украине и Румынии – вида, близкого к уязвимому положению (NT), в Турции – вымирающего вида (EN) [8].

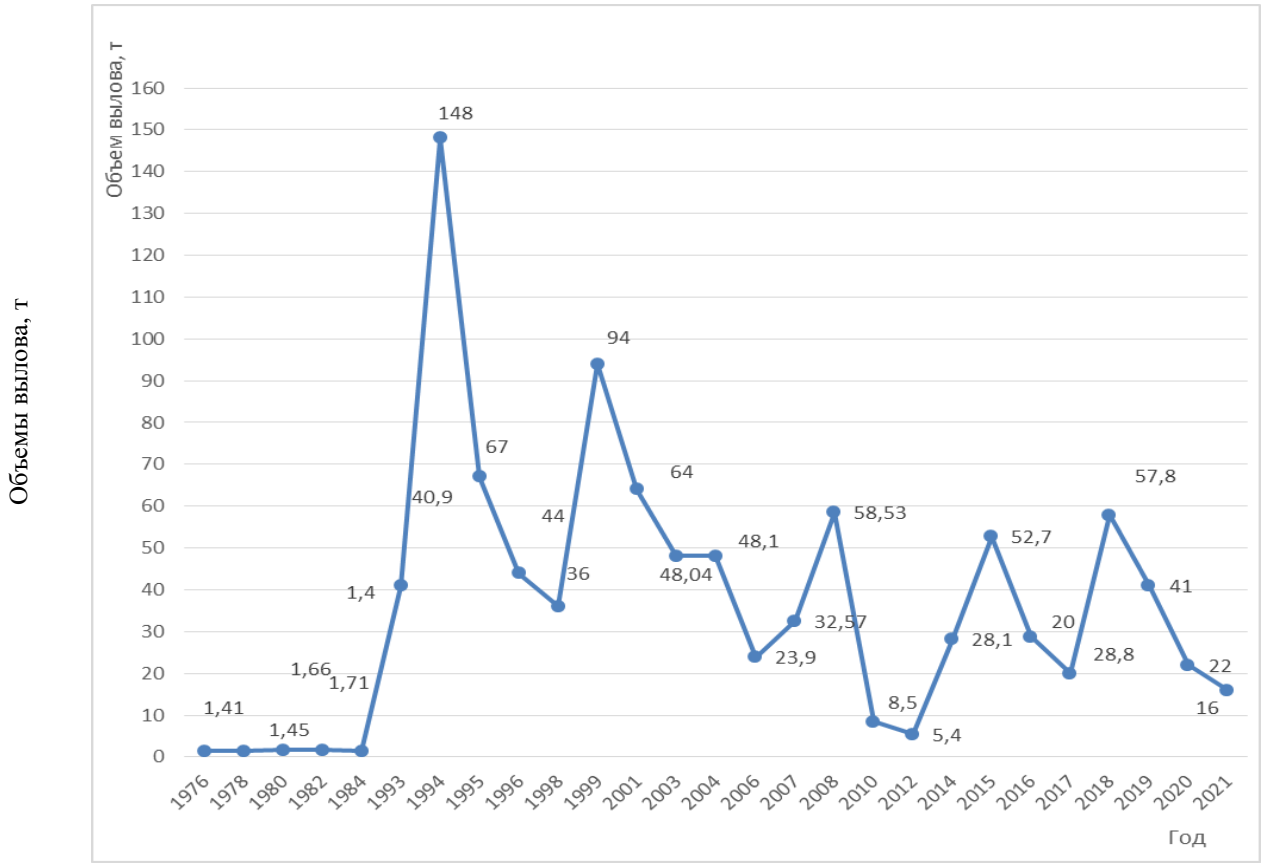


Рисунок 3 – Вылов катрана в Черном море в период 1975–2021 гг.
Источник: составлено авторами на основании [3-5]

Мясо акулы-катран не содержит костей, богато белком (19,9 г), витаминами и минеральными веществами (% РСП): B_4 – 13, B_5 – 13,9, B_6 – 20, B_{12} – 49,7, РР – 14,7, калием – 12, фосфором – 30, железом – 11,1, йодом – 33,3, кобальтом – 200, медью – 13, селеном – 66,4; холестерина – не более 50 мг. Содержание жира – 7 г (ω-3 0,98 г; ω-6 0,184 г), золы – 1,2 г, воды – 71,9 г; калорийность мяса катрана составляет 143 ккал [1]. Жир печени катрана содержит комплекс полиненасыщенных жирных кислот, алкилглицеролов, сквалена, витаминов (A, D_3, E) и в настоящее время используется в качестве биологически активной добавки [9, 10].

В некоторых странах вкусное и жирное мясо акулы-катран, не имеющее специфического и сильно выраженного для многих акул аммиачного запаха, цениться даже выше, чем сельдь. Основные направления пищевого использования мяса акул в разных странах обусловлены традициями национальной кухни. В Индии мясо акул используют в пищу в свежем или солено-сушеном виде, в Японии получают пастообразную продукцию, в частности камабоко, в Германии – копченую продукцию («локоны Шиллера») и белковые концентраты [7]. Эксперты сходятся во мнении, что готовые балыки из мяса акулы по вкусу и виду напоминают осетровые.

У нас в стране широкому употреблению в пищу мяса акул препятствует две основные причины:

- традиции, привычки, устоявшиеся вкусы потребителя;
- специфический привкус и запах, проявляющийся особенно ярко при хранении мяса в свежем виде.

Целью исследования являлось расширение ассортиментного ряда деликатесной рыбной продукции холодного копчения из акулы катран.

Материалы и методы исследования. Сырьем служило мясо свежевыловленной акулы катран (Черное море, ноябрь 2021 г.). Оценку физико-химических (определение соли, влаги, жира, фенолов, белка, кислотного числа) и микробиологических показателей продукции проводили согласно стандартным методикам.

Для определения мочевины использовали следующую методику [11]. Мясо пропускали через мясорубку, тщательно перемешивали и растирали в ступке. К 1 г фарша добавляли 100 мл дистиллированной воды. Экстрагирование мочевины проводили при перемешивании смеси на Штуттель-аппарате в течение 1 ч, после чего доливали 10 мл 20%-ной трихлоруксусной кислоты. По окончании осаждения водорастворимых белков (через 25–30 мин) содержимое колбы пропускают через плотный фильтр. Колбу и фильтр с осадком промывали дистиллятом (4 раза по 15 мл). Объем фильтрата доводили водой до 200 мл. Далее анализ проводили по прописи Чериотти и Спандрио [11]. В пробирку с притертой стеклянной пробкой емкостью 15-20 мл вливали 1 мл фильтрата, 4 мл воды, 1 мл 0,5%-ного раствора диацетилмоноксима в 5%-ной уксусной кислоте и 4 мл 0,4%-ного раствора антипирина в 40%-ной серной кислоте. Термостатировали при температуре 100 °С в течение 50 мин. Содержание пробирок окрашивается в желтый цвет различной интенсивности в зависимости от содержания мочевины. Окраска стабильна по цвету в течение 8 ч. Колориметрирование проводили на ФЭК с фильтром № 3 в кюветах размером 3,06 мм. Для построения калибровочного графика готовили растворы с содержанием 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 и 13 мг% мочевины.

Дымовое копчение осуществляли на коптильной установке Н41-ВДП.

Результаты исследования и их обсуждение. Характеристика размерно-массового состава акулы катран, поступившей на разделку: при длине 0,80 м, массе 6,6 кг массовая доля (%) составила: головы – 18,2 %; тушки – 44,6 %, в том числе мяса – 38,7 %, кожи и хрящей – 5,8 %; плавников – 3,9 %; внутренностей – 33,3 %, в том числе печени – 15,4 %. У тушек рыбы, поступающей на разделывание, удалялись плавники и делалась зачистка внутренностей полости от остатков внутренностей, почек, сгустков крови. Целесообразнее копченые палочки из катрана выпускать без шкуры, т.к. она портит внешний вид изделия и ухудшает качество в процессе хранения. Для обеспечения процесса обесшкуривания с минимальными потерями рыбу ошпаривали в течение 2–3 мин для сворачивания коллагена кожи, после чего кожа снималась руками без прирезков мяса. После ошпаривания куски рыбы подавали на стол для удаления кожи и хрящей. Мясо хорошо промывали проточной водой при температуре не выше 20 °С. Обесшкуренного катрана разрезали на поперечные куски. Учитывая, что мочевина хорошо растворима как в воде, так и в растворе поваренной соли, нами испытаны следующие технологические приемы: отмачивание в пресной воде, отмачивание мяса в проточной воде и совмещение отмачивания с посолом.

Экспериментально установлено предельное содержание мочевины, после которого ощущение ее нивелируется – 1200 мг%. Как правило, при количестве мочевины ниже этого предела, на вкус она не ощущается. При введении пищевых добавок, придающих мясу акулы ярко выраженный вкус (копчение) мочевина не ощущается и при несколько более высоком ее содержании – 1400 мг%. Изучена зависимость динамики удаления мочевины от продолжительности пребывания мяса катрана в воде, растворе поваренной соли и размеров кусков. Эти опыты проводили с целью выбора таких параметров и режимов, при которых происходят максимальное удаление мочевины и минимальные потери белковых веществ. Отмачивание в пресной воде показало, что процесс удаления мочевины в первый период

идет быстрее, чем в завершающий (табл. 1): практически через 4–6 ч скорость удаления мочевины замедляется, а после 8 ч почти прекращается. За первые 4 ч удалялось 8 % мочевины, за последующие 4 ч – всего 0,7 %. Наступает такое равновесное состояние, когда дальнейшее пребывание мяса в воде, даже в течение суток, не оказывает заметного изменения количества остаточной мочевины. Увеличение скорости удаления мочевины из мяса отмечено при уменьшении величины кусков мяса до размеров палочек 1х1х12 см.

Таблица 1 – Изменение содержания мочевины при отмачивании кусков (палочек) из акулы-катран в пресной воде

Образцы	Количество мочевины, мг%						
	при продолжительности отмачивания, час						
	0	2	3	4	6	8	10
№ 1	1630	1600	1558	1508	1496	1496	1496
№ 2	1630	1610	1550	1502	1489	1489	1489

При отмачивании мяса акулы в проточной воде в течение 4 часов содержание мочевины снижается на 12 %, а белковых веществ – на 3 % от их исходного содержания (рис. 4). Интенсивность экстракции водорастворимых белков за единицу времени становиться большей, чем мочевины, поэтому отмочка длительностью более 4 часов не рекомендуется. Соотношение мяса и солевого раствора при отмачивании кусков мяса акулы составляло 1:4.

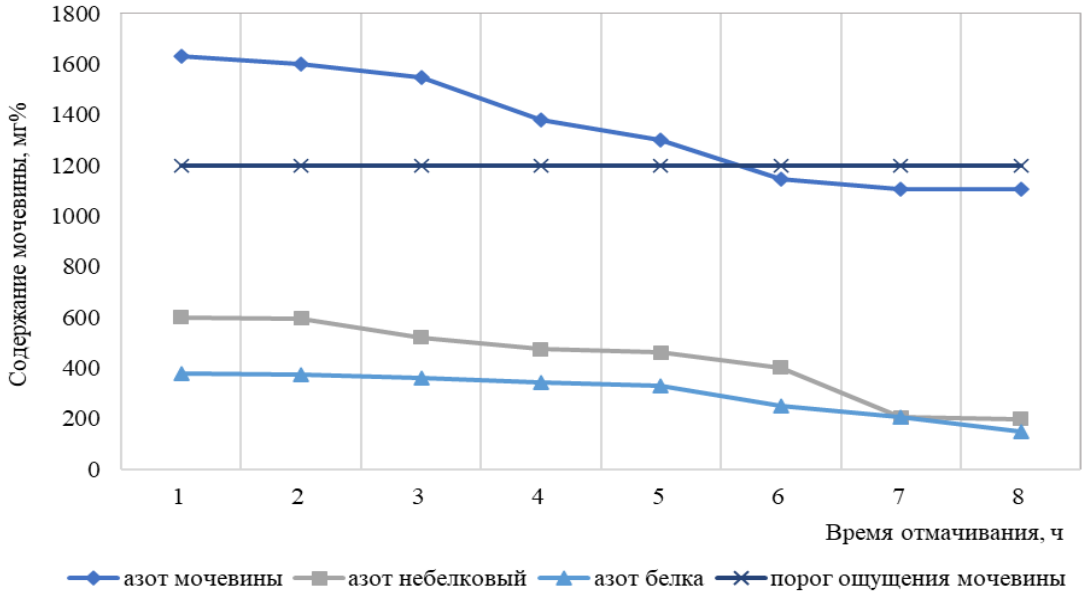


Рисунок 4 – Изменение различных форм азота в мясе катрана во время отмачивания в проточной воде

При совмещении процесса отмачивания и посола (в 12%-ном растворе поваренной соли с подкислением до pH 6,5) удаление мочевины идет в течение всего периода нахождения мяса в растворе. Содержание мочевины при 3-хчасовом отмачивании уменьшается на 21 %, а содержание белков – на 3,3 % (рис. 5).

Солевой раствор в концентрации 12 % с подкислением до pH 6,5 готовили из пищевой соли первого сорта. Кусочки катрана взвешивали, помещали в посольную емкость и заливали подготовленным рассолом так, чтобы рыба находилась под «зеркалом» тузлука (соотношение катрана и заливки 1:2). Совмещенные посол и отмачивание осуществляли при температуре рассола не выше плюс 15 °С в течение 2,5-3 ч. Посол прерывали при достижении солености мяса 6-8 %. Содержание соли в мясе определяли через каждый час. В течение часа рыба просолилась до 4 %, а через 5-6 ч соленость достигла 14-16 %.

Выгруженную из посольной смеси рыбу ополаскивали пресной водой и давали ей стечь.

Таким образом, результаты экспериментов позволяют рекомендовать разделку на мелкие куски-палочки и отмачивание мяса катрана, совмещенного с посолом (12 % раствор поваренной соли подкисленный до pH 6,5) для уменьшения содержания мочевины до 1200 мг% и сокращения времени отмачивания-посола до 3 ч при достижении солености 6-8 %.

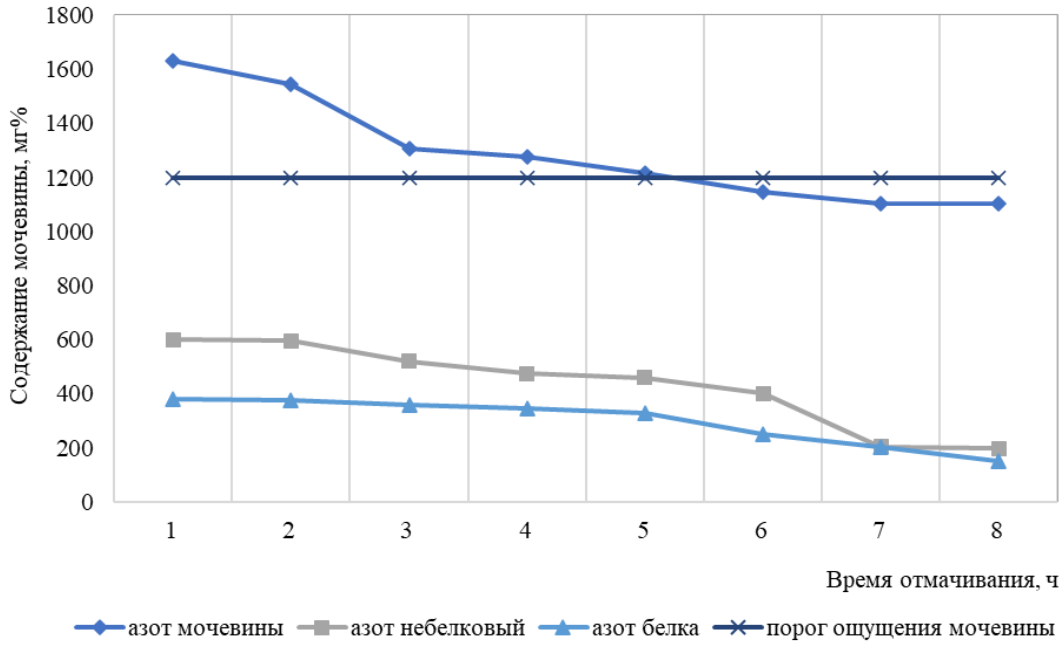


Рисунок 5 – Изменение различных форм азота в мясе катрана во время отмачивания совмещенным с посолом

В работе копчение проводили традиционным способом и с применением коптильного препарата «Жидкий ольховый дым», представляющего собой рафинированный конденсат дыма, полученный при сжигании опилок ольхи. Бездымное копчение обеспечивает стойкость обработанных изделий к окислительной порче при хранении не хуже обработки дымом. Известно, что наибольшей антиокислительной активностью обладают коптильные препараты, приготовленные с использованием древесины дуба, ольхи, березы и осины, причем в представленном ряду их антиокислительная способность убывает [12]. Наиболее перспективным является применение бездымных коптильных сред, химический состав которых и параметры применения поддаются регулированию, а также максимально имитирующих копчение на поверхности, а не в глубине изделий. Из бездымных коптильных сред наибольшее применение нашли среды (коптильные жидкости), изготавливаемые преимущественно на водной основе. Они более всего соответствуют свойствам коптильного дыма и позволяют варьировать химический состав при гарантированном удалении смолистой фракции, содержащей канцерогенные вещества.

С целью снижения концентрации массовой доли коптильных компонентов с 9-18 мг% до 2-4 мг% по фенольному показателю обрабатывали куски акулы коптильной жидкостью разное время (от 1 до 10 мин), подвергали тепловой обработке и определяли содержание фенолов. При таком способе обработки коптильные компоненты сорбируются лишь на поверхности продукта и при дальнейшей обработке перераспределяются в толще, улучшая аромат и вкус готового изделия. Поэтому концентрация фенолов зависит только от продолжительности воздействия коптильной жидкости. Эта зависимость является практически линейной: 1,5 мг% при продолжительности обработки в течение 60 с, 5 мг% – при 10 мин. Установлено оптимальные значение времени обработки коптильной жидкостью – 3 мин. Окончание процесса контролировали по остаточной влажности мяса рыбы (не более 41 %) и органолептическим показателям. Поверхность кусочков мяса должна быть темно-

золотистого или коричневатого цвета, готовый продукт имеет характерный аромат копчености и содержание влаги и соли в рыбе находиться на уровне, соответствующему данному виду продукции и предполагаемым срокам годности.

При дымовом копчении после отмочки и посола палочки укладывали на сетки и загружали в сушильную установку, при бездымном – коптильный препарат «Жидкий ольховый дым» разводили до получения жидкости в соотношении 1:10. Полуфабрикат палочек из катрана выдерживали в течение 3 минут в коптильном препарате, затем помещали на сетки в один слой и загружали в сушилку. В сушилке палочки подсушивали и подвяливали в потоке теплого воздуха при температуре 28-30 °С. Во избежание пересушивания поверхности рыбы и обеспечения равномерного обезвоживания в начальный период (6 ч) подвяливание проводили при температуре не выше 30 °С. В дальнейшем температуру повышали до 35 °С. Кроме того, в процессе подсушивания через каждые 3 ч подогрев и циркуляцию воздуха прекращали на 2-3 ч с целью выравнивания влажности по толщине кусочков рыбы. Затем процесс копчения продолжали до его завершения при 30-37 °С в течение 14 ч. Готовую продукцию упаковывали в полиэтиленовые пакеты под вакуумом.

Для повышения антиоксидантных и антимикробных свойств в коптильную жидкость был введен водный раствор вытяжки грецкого ореха, имеющий в качестве активного вещества – 5-β-D-гликозида α-гидроюглона, окисляемого до юглона (5-окси-1, 4-нафтохинона), чем объясняются также и его антиканцерогенные качества; при этом, в отличие от других цитостатиков (в особенности химических препаратов) он не токсичен. В качестве тест-объектов были выбраны типичные представители грамположительных и грамотрицательных бактерий – *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*, а также плесневые грибы – *Aspergillus fumigatus* и *Aspergillus niger*. Степень чувствительности тест-объектов к вытяжке из грецкого ореха определялась с помощью диффузного метода, основанного на логарифмической зависимости размеров зон угнетения роста тест-микроорганизмов от концентрации вытяжки грецкого ореха. Исходя из анализа литературных источников и практики обогащения слабоалкогольных напитков, апробировали концентрацию вытяжки грецкого ореха в коптильной жидкости от 0,1 до 0,7 мл/л (рис. 6). Итоги микробиологической оценки свойств испытательных микроорганизмов выявили, что исследуемые штаммы обладают выраженной восприимчивостью к вытяжке грецкого ореха. Отмечены зоны задержки роста микроорганизмов вокруг участков, пропитанных исследуемым веществом в разных концентрациях. Установлена прямая зависимость между диаметрами зон задержки роста (ДЗЗР) и концентрацией вытяжки грецкого ореха (рис. 6).

Следует отметить, что вытяжка грецкого ореха оказывает выраженный антимикробный эффект в отношении обоих исследуемых видов бактерий, однако *E. coli* проявила большую чувствительность к ореховой вытяжке, чем *S. aureus*; оба вида плесневых грибов проявляли приблизительно одинаковую чувствительность.

Образцы рыбных палочек холодного копчения были заложены на хранение (вакуумная упаковка) при температуре от минус 5 до минус 8 °С. Оценивали показатели качества и безопасности: отмечено увеличение перекисного числа жира с 0,006 до 0,03-0,04 (%I_2) к концу срока хранения (6-й месяц) [13]; показатели КМАФАнМ, плесени и дрожжи не превышали нормативных показателей (4-ый мес. хранения: $4{,}5 \cdot 10^3$ КОЕ/г и 20 КОЕ/г, соответственно), патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, сульфитредуцирующие клостридии, золотистные стафилококки, парагемолитические вибрионы не обнаружены. Экспериментально установлены условия и сроки годности палочек холодного копчения из акулы катран – не более 3 месяцев при температуре от минус 5 до минус 8 °С.

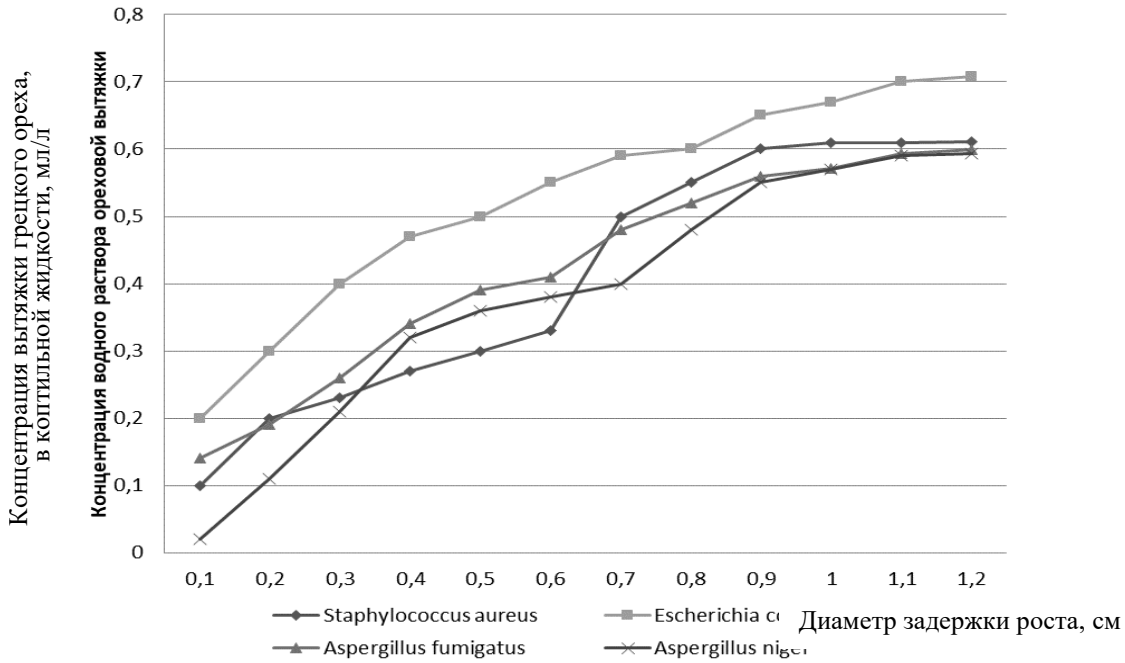


Рисунок 6 – Зависимость диаметра зон задержки роста (ДЗЗР) от концентрации водного раствора ореховой вытяжки

Пищевая ценность готовой продукции представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Пищевая ценность палочек холодного копчения из акулы катран

Массовая доля, в г/ 100 г продукта			Энергетическая ценность, ккал/кДж
белка (N_o 6,25)	жира	минеральных веществ	
38,7	18,3	7,0	307,2/1286,1

Выводы. На основании проведенных исследований установлено, что оптимальными технологическими параметрами и режимами производства палочек холодного копчения из катрана являются:

- посол небольших кусков рыбы (палочек), совмещенный с отмачиванием, при температуре 15 °С в 12%-ном растворе тузлука с подкислением до pH 6,5 в течение 3 ч;

- обработка коптильной жидкостью, обогащенной водной вытяжкой из грецкого ореха в количестве 1 % до содержания фенолов 2 мг%;

- подвяливание при температуре 26-30 °С в течение 6 ч, подсушка при температуре 30-37 °С в течение 14 ч.

Применение водного раствора вытяжки грецкого ореха позволило придать новые органолептические свойства готовому продукту и пролонгировать срок годности копченой продукции до 3 мес. (фасование в пленочные пакеты под вакуумом; хранение при температуре от минус 5 до минус 8 °С). Показатели безопасности готовой продукции соответствовали требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции».

Список использованной литературы:

1. FAO. Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2020 (FishStatJ). In: FAO Fisheries and Aquaculture. 2022. URL: www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en (дата обращения: 14.02.2023).
2. Черноморская акула катран – ценный сырьевой ресурс. URL: https://azniirkh.vniro.ru/content/read/archive/novosti/chernomorskaya-akula-katran-tsennyiy-

syirevoy-resurs (дата обращения: 14.04.2023).
3. *Фащук Д.Я. Куманцов М.И.* Рыбный промысел Советской России и СССР в Чёрном море в первой половине XX века // Известия РАН. Серия географическая. 2017. № 1. С. 147-160.
4. *Шляхов В.А., Гришин А.Н.* Состояние планктонного сообщества и промысла пелагических рыб Чёрного моря после вселения гребневиков *Mnemiopsis leidyi* и *Beroe ovata* // Рыбное хозяйство Украины. 2009. № 5. С. 53-60.
5. *Кожурин Е.А., Шляхов В.А., Губанов Е.П.* Динамика уловов промысловых рыб Крыма в Черном море // Труды ВНИРО. 2018. Т. 171. С. 157-169.
6. Рекомендованные объемы добычи (вылова) водных биологических ресурсов, общий допустимый улов которых не устанавливается в Азовском и Черном морях на 2022 год. URL: http://www.rostov-fishcom.ru/assets/files/docs/departments/oorr/obemy2022.docx (дата обращения: 14.04.2023).
7. Продукты из акул. URL: https://mojakulinarija.blogspot.com/2012/03/blog-post_8450.html (дата обращения: 14.02.2022).
8. *Agapov S., Bat L., Boltachev A., Diasamidze R. et al.* Black Sea Fishes List IUCN STATUS / compiled by M. Yankova. Black Sea Commission Publication, 2011. P. 18. URL: https://www.researchgate.net/publication/299356271_Black_Sea_Fish_Check-List#fullTextFileContent (дата обращения: 14.04.2023).
9. Патент № 2171606C2 РФ. Способ получения рыбьего жира из печени акулы катран для лечебно-профилактического питания / А. М. Солдаев, К. Абкелямов. 99107924. 2001. URL: https://patents.google.com/patent/RU2171606C2/ru (дата обращения: 14.04.2023).
10. Патент № 2494752C1 РФ. Способ получения жира из печени акулы катран / Л. Г. Хетагурова, Е. А. Гриднев, М. И. Нартикоева, Ф.Э. Батагова. 2012131799. 2013. URL: https://patents.google.com/patent/RU2494752C1/ru (дата обращения 14.04.2023).
11. *Скачков В. П.* Изыскание способов удаления карбамида из мяса акул // Рыбное хозяйство. 1970. № 6. С.71-73.
12. Свойства коптильных препаратов. URL: https://www.activestudy.info/svojstva-koptilnyx-preparatov (дата обращения: 04.04.2023).
13. *Бабич В. В., Мазалова Н. Ф.* Динамика показателей качества и безопасности в процессе хранения рыбных палочек из акулы катран // Образование, наука и молодежь – 2022: труды Научно-практической конференции студентов и курсантов. Керчь, 2022. С. 89-93. URL: http://www.kgmtu.ru/documents/nauka/onm2022.pdf (дата обращения: 04.04.2023).

References:

1. FAO. Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2020 (FishStatJ). In: FAO Fisheries and Aquaculture. 2022. (In English). Available at: www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en (accessed 04.04.2023).
2. *Chernomorskaya akula katran – cennyj syrevoj resurs* [The Black Sea katran shark is a valuable raw material resource]. (In Russian). Available at: https://azniirkh.vniro.ru/content/read/archive/novosti/chernomorskaya-akula-katran-tsennyiy-syirevoy-resurs (accessed 04.04.2023).
3. Faschuk D.Ya. Kumanczov M.I. Ry`bny`j promy`sel Sovetskoj Rossii i SSSR v Chyornom more v pervoj polovine XX veka [Fisheries of Soviet Russia and the USSR in the Black Sea in the first half of the 20th century]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya* [Izvestiya RAN. Geographic Series], 2017, p. 140-160. (In Russian).
4. Shlyahov V.A., Grishin A.N. Sostoyanie planktonnogo soobshhestva i promy`sla pelagicheskix ry`b Chyornogo morya posle vseleniya grebnevikov *Mnemiopsis leidyi u Beroe ovata* [State of the plankton community and fishery of pelagic fishes of the Black Sea after the introduction of ctenophores *Mnemiopsis leidyi* and *Beroe ovata]*. *Rybnoye khozyaystvo Ukrainy* [Fisheries of Ukraine], 2009, no. 5, pp. 53-60. (In Russian).
5. Kozhurin E.A., Shlyaxov V.A., Gubanov E.P. Dinamika ulovov promy`slovy`x ry`b Kry`ma v

Chernom more [Dynamics of catches of commercial fish of the Crimea in the Black Sea]. *Trudy VNIRO* [Proceedings of VNIRO], 2018, vol. 171, pp. 157–169. (In Russian).
6. *Rekomendovannyye ob"yemy dobychi (vylova) vodnykh biologicheskikh resursov, obshchiy dopustimyy ulov kotorykh ne ustanavlivayetsya v Azovskom i Chernom moryakh na 2022 god* [Recommended volumes of extraction (catch) of aquatic biological resources, the total allowable catch of which is not established in the Azov and Black Seas for 2022]. (In Russian). Available at: http://www.rostov-fishcom.ru/assets/files/docs/departments/oorr/obemy2022.docx (accessed14.04.2022).
7. *Produkty` iz akul* [Shark products]. (In Russian). Available at: https://mojakulinarija.blogspot.com/2012/03/blog-post_8450.html (accessed 14.02.2022).
8. Agapov S., Bat L., Boltachev A., Diasamidze R. et al. Black Sea Fishes List IUCN STATUS / compiled by M. Yankova. Black Sea Commission Publication, 2011, p 18. (In English). Available at: https://www.researchgate.net/publication/299356271_Black_Sea_Fish_Check-List#fullTextFileContent (accessed 04.04.2023).
9. Soldaev A.M., Abkelyamov K. *Sposob polucheniya ry`b`ego zhira iz pecheni akuly` katran dlya lechebno-profilakticheskogo pitaniya* [Method of obtaining fish oil from the liver of the shark katran for therapeutic and preventive nutrition]. Patent RF no. 2171606 C2, 2001. (In Russian). Available at: https://patents.google.com/patent/RU2171606C2/ru (accessed 04.04.2023).
10. Khetagurova L.G., Gridnev E.A., Nartikoeva M.I., Batagova F.E. *Sposob polucheniya zhira iz pecheni akuly` katran* [The method of obtaining fat from the liver of the shark katran]. Patent RF 2494752 C1, 2012. (In Russian). Available at: https://patents.google.com/patent/RU2494752C1/ru (accessed 04.04.2023)
11. Skachkov V.P. Izy`skanie sposobov udaleniya karbamida iz myasa akul [Finding ways to remove carbamide from shark meat]. *Rybnoye khozyaystvo* [Fisheries], 1970, no. 6, pp. 71-73. (In Russian).
12. Svojstva koptil`ny`x preparatov [Properties of smoking preparations]. (In Russian). Available at: https://www.activestudy.info/svojstva-koptilnyx-preparatov (accessed 04.04.2023).
13. Babich V.V., Mazalova N.F. Dinamika pokazatelej kachestva i bezopasnosti v processe xraneniya ry`bnsx palochek iz akuly` katran [Dynamics of quality and safety indicators in the process of storing fish sticks from shark katran]. *Trudy Nauchno-prakticheskoj konferencii studentov i kursantov «Obrazovanie, nauka i molodezh – 2022»* [Proceedings of the Scientific and Practical Conference of Students and Cadets “Education, Science and Youth – 2022”], 2022, pp. 89-93. (In Russian). Available at: http://www.kgmtu.ru/documents/nauka/onm2022.pdf. (accessed 04.04.2023).

Сведения об авторах / Information about authors

Мазалова Наталья Федоровна	канд. наук гос. управ., доцент кафедры технологии продуктов питания Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 mazalovanf@gmail.com
Mazalova Natalia Fedorovna	Ph.D. (Publ. Adm.), Associate Professor of the Department of technology food Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 mazalovanf@gmail.com
Битютская Ольга Евгеньевна	канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой технологии продуктов питания Керченский государственный морской технологический

университет
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
olha98306@yandex.ru

Bityutskaya Olha Evgenievna
Ph.D. (Engin.), Associate Professor, Head of the Department of technology food
Kerch State Maritime Technological University
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
olha98306@yandex.ru

Бабич Владислав Валентинович
магистрант 2-го курса направления подготовки «Продукты питания животного происхождения»
Керченский государственный морской технологический университет
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
vladyslav.babitch@yandex.ru

Babich Vladislav Valentinovich
Master's student of the 2nd year of the training direction “Animal food products”
Kerch State Maritime Technological University
vladyslav.babitch@yandex.ru

УДК 664.951.022.6 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.010**

Олейникова Р.Е., Гукасян А.В., Степанов Д.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО СПОСОБА РАЗДЕЛКИ МЕЛКОЙ РЫБЫ

Аннотация. Рассмотрены актуальные вопросы механизации трудоемкой ручной разделки мелкой рыбы длиной от 90 до 120 мм на примере азово-черноморской хамсы. Показана перспективность применения гидропневматического способа для удаления внутренностей мелкой рыбы. Изложена аппроксимация ударной волны путем применения метода Бюргерса, в результате которой получена двумерная прямоугольная область. Применение принципа суперпозиции одномерных решений дало возможность получить приближенное решение дифференциального уравнения двумерного течения ударной волны в прямоугольном канале. Решение дифференциального уравнения рассчитано на широкий диапазон чисел Рейнольдса. Описаны факторы, влияющие на процесс удаления внутренностей мелкой рыбы. Установлены рациональные параметры процесса удаления внутренностей у 100 % обработанных целых тушек азово-черноморской хамсы. Выявлены закономерности процесса удаления внутренностей мелкой рыбы гидропневматическим способом.
Ключевые слова: рыбная промышленность, разделка, рыба, удаление внутренностей, процесс.

Oleynikova R.E., Gukasyan A.V., Stepanov D.V.

INVESTIGATION OF THE HYDROPNEUMATIC METHOD OF CUTTING SMALL FISH

Abstract. Topical issues of mechanization of labor-intensive manual cutting of small fish with a length from 90 to 120 mm are considered on the example of the Azov-Black Sea hamsa. The prospects of using a hydropneumatic method for removing the entrails of small fish are shown. The approximation of the shock wave by applying the Burgers method is described, as a result of which a two-dimensional rectangular area is obtained. The application of the principle of superposition of one-dimensional solutions made it possible to obtain an approximate solution of the differential equation of the two-dimensional shock wave flow in a rectangular channel. The solution of the differential equation is designed for a wide range of Reynolds numbers. The factors influencing the process of removing the entrails of small fish are described. Rational parameters of the process of removing the insides of 100% of the processed whole carcasses of the Azov-Black Sea hamsa have been established. The regularities of the process of removing the entrails of small fish by the hydropneumatic method are revealed.
Keywords: fishing industry, cutting, fish, removal of entrails, process.

Введение. Основу сырьевой базы Азово-Черноморского бассейна составляют мелкие пелагические рыбы: тюлька, килька, азовская и черноморская хамса. Перспективным видом рыб для последующей переработки с целью получения рыбопродукции, является азово-черноморская хамса. Из азово-черноморской хамсы можно производить большое количество рыбопродукции: консервы, пресервы, копченую, соленую, мороженную, фарш и различные кулинарные полуфабрикаты [1].

Выпуск качественной и безопасной продукции будет осуществляться только при условии разделывания рыбы на тушку с полным удалением внутренних органов.

Перспективным при разделке хамсы является применение гидропневматического способа удаления внутренностей, который недостаточно исследован применительно к обработке мелкой рыбы. Приобретают актуальность вопросы научного обоснования параметров способа разделывания хамсы.

Целью исследования является совершенствование гидропневматического способа разделки мелкой рыбы и разработка соответствующего рыборазделочного оборудования.

Материалы и методы исследования. Для достижения цели решались следующие основные задачи: аналитическое исследование усилия перемещения и отрыв внутренностей в брюшной полости при их обтекании гидропневматической струей, аналитическое исследование процесса распространения ударных волн в конденсированных средах, экспериментальное исследование процесса удаления внутренностей мелкой рыбы, на примере азово-черноморской хамсы с использованием гидропневматической струи, а также установление его закономерностей и рациональных параметров.

Научные задачи были решены при помощи теоретических и экспериментальных методов. Были использованы современные КИП и устройства. При проведении теоретических исследований использовались классические зависимости гидродинамики. В ходе проведения экспериментов применялись методы математического планирования, физических моделей и скоростной киносъемки. Обработка результатов экспериментов проводилась методами математической статистики.

В настоящее время применение математического моделирования на основе метода Галеркина недостаточно исследовано применительно к распространению одномерной ударной волны в конденсированных средах. Для решения уравнением Бюргерса такого рода задач как удаление внутренностей гидропневматическим способом ранее не использовалась функция Хависайда [2-4]. Применение данной функции позволило моделировать режимы, которые были реализованы в экспериментальной установке, и соответственно описать их численно. Моделирование на основе метода Галеркина позволило перейти к решению двумерной задачи с использованием принципа суперпозиций одномерных решений. В экспериментальных режимах предполагаем диссипацию незначительной, для процесса удаления внутренностей стало возможным получить решение двумерной задачи (в двух координатных плоскостях по Х и по У не зависимо друг от друга) распространения ударной волны. Это позволило определить профиль давления и скоростей струи выходящей из сопла и установить его рациональные сечения.

Результаты исследования и их обсуждение. Обзор информационных источников показал, что в рыбной промышленности для разделки мелких рыб существующие рыборазделочные машины не обеспечивают полную очистку брюшной полости хамсы от внутренностей у всей обработанной рыбы. Удаление внутренностей с применением импульсной водо-воздушной струи является перспективным, так как позволит повысить надежность разделки, сократить потребление воды и электроэнергии.

Аналитическое исследование усилия перемещения внутренностей в брюшной полости при их обтекании гидропневматической струей показало, что преимущество капельной жидкости состоит в большой плотности, а достоинство газообразной жидкости, заключается в большой скорости истечения при небольших напорах. Эти преимущества можно «объединить» и использовать в механической смеси вода-воздух, применение которой сокращает также расход воды, что особенно важно для южных районов Российской Федерации.

Физическая сущность процесса удаления внутренностей с помощью струй капельных и газообразных жидкостей различна, поскольку различны их физические свойства и скорости движения, образуемых из них струй. Струи капельных жидкостей движутся со скоростями до 40-45 м/с, а струи газообразных жидкостей – со скоростями звука (~340 м/с), поэтому под удалением внутренностей с помощью жидкостей подразумевается вытеснение их из брюшной полости гидравлическим «поршнем», а с помощью газообразных жидкостей - их выбрасывание из брюшной полости рыбы [3].

Важным фактом является то, что приведенное теоретическое описание процесса удаления внутренностей с помощью гидропневматической струи, характеризуют выбрасывание внутренностей через приголовный рез тушки. Указанное протекание процесса удаления внутренностей более характерно для крупных рыб, таких рыб как скумбрия, ставрида, сельдь, сардинелла, сардина, мойва и других.

Процесс удаления внутренностей у мелких рыб гидропневматической струей происходит

следующим образом. Гидропневматическая струя соприкасается с внутренними органами рыбы, деформирует их и перемещает к задней стенке брюшной полости, одновременно снимая черную пленку и зачищая кровяную почку, задняя часть брюшной полости заполняется смесью и появляется водо-воздушная пульпа, что приводит к повышению давления в зоне анального отверстия. Под действием гидропневматической струи внутренние органы рыбы через образовавшийся разрыв выбрасываются за пределы брюшной полости.

В зависимости от нарушения второй связи внутренностей с телом рыбы, возможны два варианта протекания процесса. Если вторая связь внутренностей с телом рыбы нарушилась при их выбрасывании за пределы брюшной полости, то внутренние органы затем обтекаются гидропневматической струей и перемещаются за пределы тела рыбы. Если вторая связь внутренностей с телом не нарушилась при их выбрасывании за пределы брюшной полости, то пучок внутренностей при его перемещении струей за пределы тела рыбы натягивает заднюю часть кишечника, что приводит к ее отрыву в зоне анального отверстия [4-5].

Важнейшую роль играет создаваемое гидропневматической струей усилие отрыва кишечника, которое может оказаться недостаточным для нарушения второй связи внутренностей, тогда пучок внутренностей зависает на наружной поверхности тела рыбы или располагается рядом с тушкой. Получена система уравнений и неравенств, описывающая первую стадию процесса удаления внутренностей гидропневматической струей мелких рыб с малой прочностью брюшка (хамсы и пр.).

$$\begin{cases} [R_{г.р.}] \geq R_З \geq [R_{разр.}] \text{ - условие разрыва брюшной полости без гидрорезания} \\ \Delta P = \frac{\rho_{см} \cdot \upsilon_{см}}{\sqrt{\frac{\rho_{см}}{E_{см}} + \frac{2\rho_{см} r}{\delta E_{рыбы}}}}, \text{ - давление, возникающее при гидроударе} \\ \nu_{см} = \sqrt{\frac{m_{возд}\nu_{возд}^2 - m_{воды}\nu_{воды}^2}{m_{воды} + m_{возд}}} \text{ - скорость движения водо-воздушной смеси} \\ \mu_{кр} = A_{кр} \frac{6{,}5\sqrt{\frac{\rho_{вод} \cdot d}{\rho_{воз}}}}{\sqrt{\frac{33\,ab}{\left[\frac{3}{2}(a+b) - \sqrt{ab}\right]}}} \text{ максимальная концентрация воды в смеси} \end{cases} \quad (1)$$

Для второй стадии процесса удаления внутренностей гидропневматической струей усилие отрыва внутренностей определяется с учетом характера обтекания:

$$R_{отрыва} = \frac{C_З \rho_{см} F_{п.в} \upsilon_{см}^2}{2} \quad (2)$$

где $F_{п.в.}$ – площадь поверхности внутренностей, м^2;

$C_З$ – коэффициент гидравлического сопротивления.

Наиболее сложной операцией в процессе удаления внутренностей азово-черноморской хамсы является нарушение второй связи внутренностей с телом рыбы в зоне анального отверстия. Важно не только разорвать брюшную полость в зоне анального отверстия и «выбросить» за пределы тушки рыбы, но и оторвать их.

Применительно к задаче обтекания внутренностей гидропневматической струей, форма внутренностей может изменяться случайным образом: от шарообразной до цилиндрической. Например, желудок при обтекании потоком жидкости может принять форму шара, а задняя часть кишечника – «каната». С изменением формы внутренностей будет изменяться площадь поверхности обтекания, режим обтекания и, следовательно, коэффициент гидравлического сопротивления [5, 6].

При визуальном рассмотрении расположения и формы внутренностей внутри брюшной полости хамсы, принимаем цилиндрической форму внутренностей. Выбор цилиндрической

формы внутренностей произведен исходя из следующих соображений: такие тела имеют простую геометрическую форму, известны математические формулы для определения их объема и площади в любом сечении. Для тел, имеющих форму цилиндра, в научной литературе имеется значительный объем теоретических и экспериментальных данных по определению коэффициентов гидравлического сопротивления.

Для нарушения второй связи внутренностей с телом рыбы скорость гидропневматической струи должна быть не более 25 м/с, так как в противном случае начинается процесс гидрорезания мускульной ткани рыбы. Получены расчетные значения усилий отрыва гидропневматической струей внутренностей в форме цилиндра (таблица 1).

Таблица 1 – Зависимость усилия отрыва гидропневматической струей внутренностей в форме цилиндра

ẍ воды массовое соотношение в смеси	ẍ воздуха массовое соотношение в смеси	диаметр насадка в мм	L длина рыбы	P_1 начальное давление воды, атм	P_1 начальное давление воздуха, атм	$R_{отрыва}$ (цилиндр), Н
30	0,2	2	0,08	5	4	0,392309
40	0,2	2	0,09	5	4	0,405721
10	0,2	3	0,1	5	4	0,396569
40	0,2	2,5	0,11	5	4	0,396705
43	0,3	2	0,12	5	4	0,396956

При удалении гидропневматической струей внутренностей, которые имели форму цилиндра, скорость струи изменяли от 1 м/с до 25 м/с. Верхняя граница скорости струи 25 м/с обусловлена началом процесса гидрорезания мускульной ткани рыбы, что ухудшает качество разделки. Установлено, что расчетные значения сил, соответствующих предельно допускаемому усилию отрыва внутренностей 0,4 Н, находятся в пределах от 0,392 до 0,405 Н. Расчет критерия Рейнольдса показал, что режим течения среды, которая обтекает внутренности, является ламинарным, полное гидродинамическое сопротивление в основном обуславливается сопротивление трения. При указанных выше параметрах возможно создание импульсной гидропневматической струи с силой, достаточной для отрыва внутренностей рыбы при их обтекании.

Для исследования устойчивости и сходимости вычислительных алгоритмов предложено использовать точные аналитические решения уравнения Бюргерса в качестве модельного уравнения динамики вязкой среды в канале.

«Методы Галёркина используются при решении задач гидродинамики, массообмена, а также в неравновесной термодинамике переноса тепла, массы и давления Уравнение Бюргерса для создания простого и устойчивого решения инженерной модели применительно к задаче о распространяющейся ударной волне создаваемой струей имеет вид:

$$\frac{\partial}{\partial t}u(x,t)=\frac{\nu\cdot A}{Q\cdot D_{\Gamma}}\cdot\frac{\partial^2}{\partial x^2}u(x,t)-u(x,t)\cdot\frac{\partial}{\partial x}u(x,t); \qquad (3)$$

где $u(x,t)$ – профиль ударной волны создаваемой струей, изменяющейся по оси x во времени t;

ν – кинематическая вязкость среды, м^2/сек;

A – площадь сечения сопла, м^2;

Q – объемный расход потока, м^3/сек;

D_{Γ} – гидравлический диаметр, м» [2,3,6].

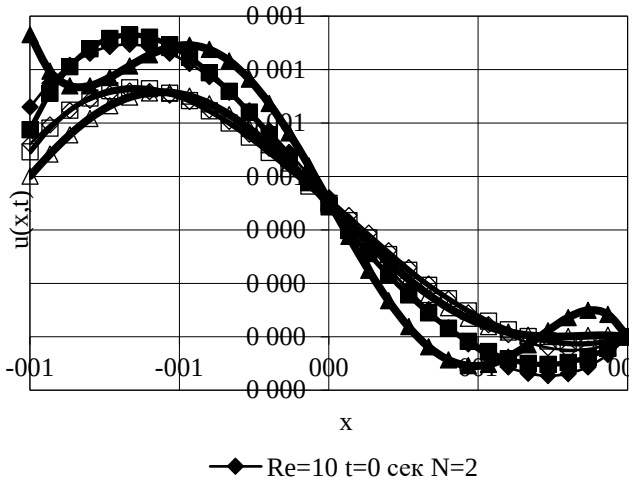


Рисунок 1 – Профиль ударной волны при изменении числа членов пробной функции в приближенном решении (Re = 10)

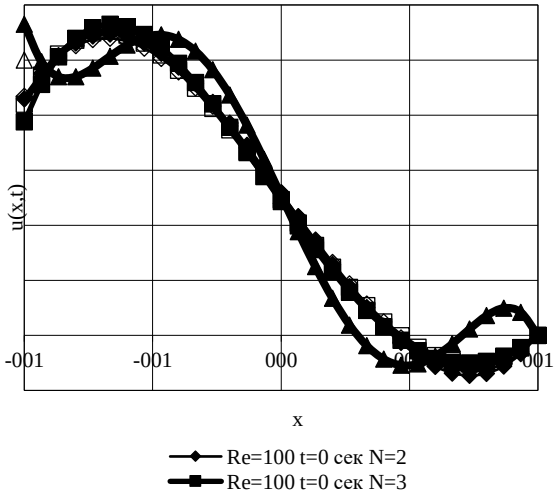


Рисунок 2 – Профиль ударной волны при изменении числа членов пробной функции в приближенном решении (Re = 100)

Приведен сравнительный анализ численного моделирования (Рисунок 1 и рРисунок 2). Получено приближенное инженерное решение распространения профиля «ударной волны уравнения Бюргерса в среде PTC MathCAD из ограниченного числа членов предложенной пробной функции, достаточной для точного моделирования решения в широком диапазоне чисел Рейнольдса, характеризующих отношение нелинейного и диссипативного членов в уравнении Навье – Стокса» [2,3]. Для уточнения полученного решения было принято решение перейти к описанию распространения ударной волны Бюргерса в двумерной области, позволяющей моделировать процесс распространения профиля ударной волны для сечения канала, используемого в предлагаемом методе разделки азово-черноморской хамсы гидропневматической струей как обладающей большей плотностью и высокой скоростью воздействия на удаляемые внутренности.

Процесс распространения жидкости, учитывает процесс трения и препятствия, которые возникаю. Предложено описания гидродинамических процессов внутри сопел с различной геометрической формой с помощью модели двумерной ударной волны.

Характерные ситуации показаны на графиках при различных числах Рейнольдса (Рисунок 3 - 5). Из представленных графических зависимостей данных видно, что «с ростом гидродинамического воздействия на материал (число Рейнольдса от 1 до 20) существенно изменяется крутизна ударной волны и её скорость» [2-4]. Использование пробной функции ue (x, t, Re) позволяет получить достаточную точность аппроксимации при описании распространение ударной волны в вязкой среде.

С помощью PTC Mathcad получен двумерный профиль ударной волны для сопла, которе имеет в сечении форму квадрата. Также учитывается продолжительность действия струи на вязкую среду:

$$U_e(\tau_i) = u_e(X, \tau_i, Re) \cdot (u_e(X, \tau_i, Re)^T); \quad (4)$$

где $U_e(\tau_i)$ – матрица профиля функции $u_e(X, \tau_i, Re)$ при времени (τi) распространения двумерной ударной волны в координатах xj вектора X».

Применительно к решаемой задаче профили двумерной ударной волны приведены на графических зависимостях для фиксированных значениях числа Рейнольдса в отдельные промежутки времени (Рисунок 6-8).

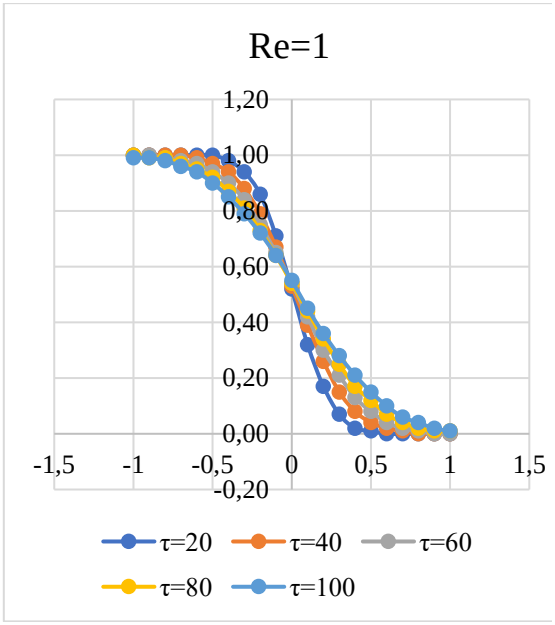


Рисунок 3 – Аппроксимация одномерной ударной волны Бюргерса при числе Рейнольдса равной 1 в моменты времени τ = 20; 40; 60; 80 и 100 миллисекунд

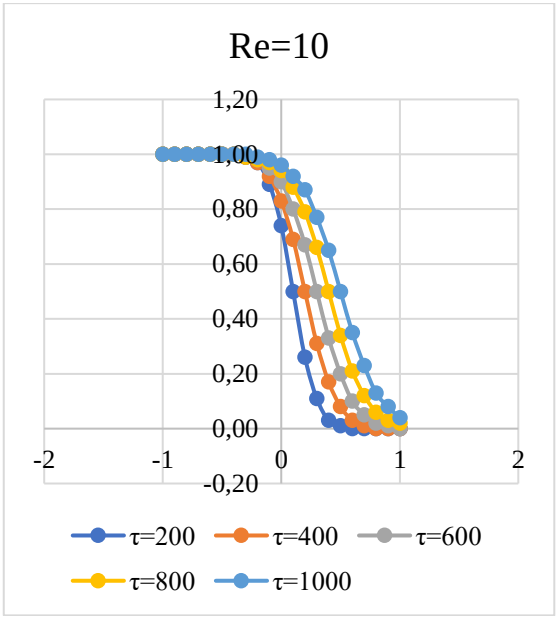


Рисунок 4 – Аппроксимация одномерной ударной волны Бюргерса при числе Рейнольдса равной 10 в моменты времени τ = 200; 400; 600; 800 и 1000 миллисекунд

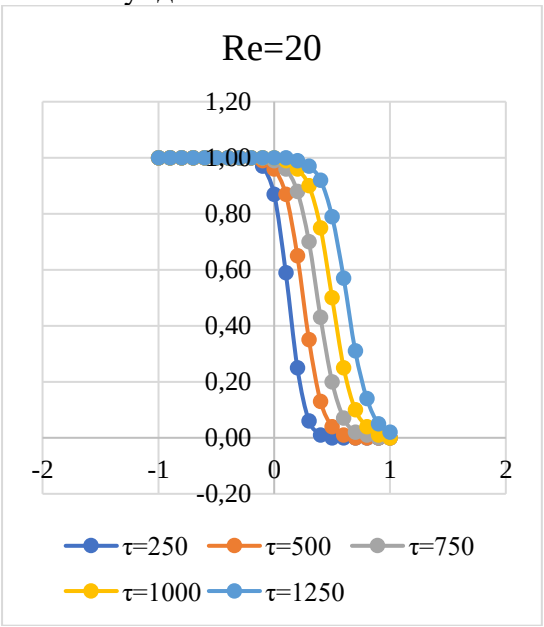


Рисунок 5 – Аппроксимация одномерной ударной волны Бюргерса при числе Рейнольдса равной 20 в моменты времени τ = 250; 500; 750; 1000 и 1250 миллисекунд

Координатные параметры приводятся к безразмерному виду по соотношениям x1 = xa·La, x2 = xb·Lb, (La, Lb – габариты сопла прямоугольного сечения) и после обезразмеривания уравнение (3) сохраняет свой вид и позволяет использовать уравнение 4 для расчета профиля двумерной ударной волны Бюргерса (рисунок 9). Анализ полученного решения показывает, что использование в точном решении функции Хэвисайда позволяет обобщить одномерное решение на случай вязкой жидкости, описываемой системой уравнений, успешно применявшейся при моделировании двумерных течений. Целесообразно выбирать характерное время процесса в виде τ = v/U0. При этом U0 – характерная скорость течения жидкости, присутствующая в формуле для вычисления числа Рейнольдса (Re). Как видно, использование функции Хевисайда позволяет рассчитывать крутизну моделируемой двумерной ударной волны для различных форм сопла.

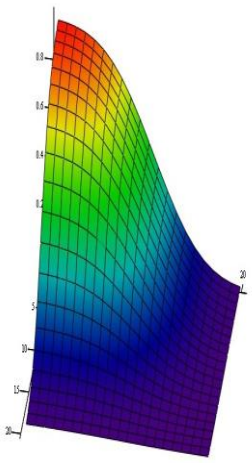


Рисунок 6 – Аппроксимация двумерной ударной волны Бюргерса при числе Рейнольдса равной 1 в моменты времени τ = 100 миллисекунд

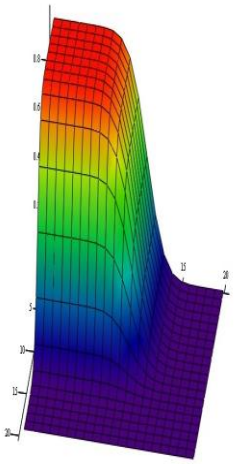


Рисунок 7 – Аппроксимация двумерной ударной волны Бюргерса при числе Рейнольдса равной 10 в моменты времени τ = 200 миллисекунд

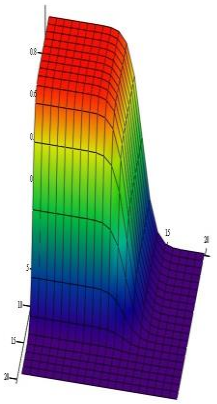


Рисунок 8 – Аппроксимация двумерной ударной волны Бюргерса при числе Рейнольдса равной 20 в моменты времени τ = 400 миллисекунд

В ходе экспериментальных исследований гидропневматического способа разделки хамсы установлено полное удаление внутренностей у 100 % обработанных рыб при следующих параметрах процесса: давление воды 5 атм., давление воздуха 4 атм., диаметр насадка $2{,}5 \cdot 10^{-3}$ м, время воздействия на внутренности $2{,}5 \cdot 10^{-3}$ с. [1, 2].

Установлено, что на процесс удаления внутренностей оказывают комплексное влияние диаметр насадка, давление воды и воздуха, время воздействия рабочей среды массовой доли воздуха, массовой доли воды в гидропневматической струе. При сочетаниях давления воды 3 атм. и воздуха 5 атм., давления воды 4 атм. и воздуха 3 атм., давления воды 3 атм. и воздуха 3 атм., давления воды 3 атм. и воздуха 4 атм., давления воды 4 атм. и воздуха 5 атм., давления воды 5 атм. и воздуха 3 атм., давления воды 5 атм. и воздуха 5 атм. невозможно обеспечить полное удаление внутренностей у 100 % обработанных рыб.

На очистку брюшной полости рыбы оказывают влияние как отдельные факторы (давление воды, давление воздуха, диаметр насадка, продолжительность времени воздействия), так и их сочетание [7-9]. В большей степени на очистку брюшной полости рыбы оказывает влияние сочетание диаметра насадка и продолжительность процесса. С увеличением диаметра растет площадь сечения гидропневматической струи, кинетическая энергия струи увеличивается. Рост всех перечисленных факторов и их сочетаний приводит к повышению очистки брюшной полости рыбы. Также оказывает влияние на процесс удаления

внутренностей сочетание давления гидропневматической струи и диаметра насадка [5-6].

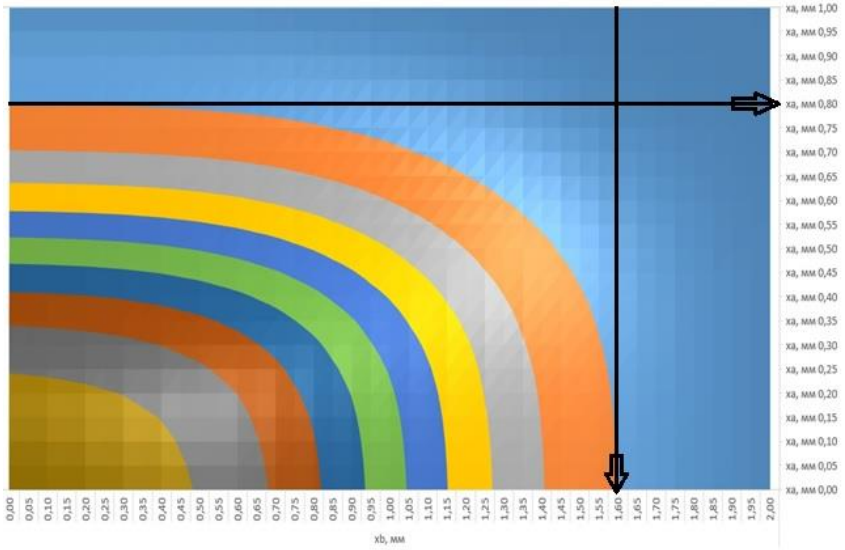


Рисунок 9 – Профиль двумерной ударной волны создаваемой прямоугольным соплом с габаритами 2 на 4 мм (показан четвертной вырез) при числе Рейнольдса равной 1 в моменты времени τ = 100 миллисекунд

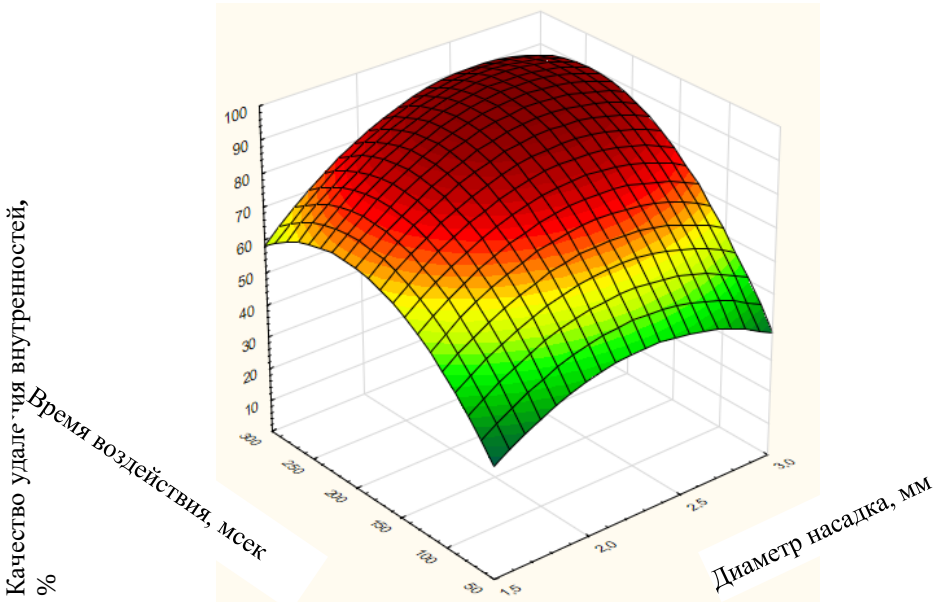


Рисунок 10 – График экспериментальной зависимости качества разделки свежей хамсы от диаметра насадка и времени воздействия при давлении воды 5 атм. и воздуха 4 атм.
K, % - качество удаления внутренностей, t, 10^{-3} с - время воздействия,
d $\cdot 10^{-3}$ м диаметр насадка

Обработка экспериментальных данных показала, что при выборе диаметра насадка необходимо учитывать промысловую длину рыбы. При использовании сопел, диаметр которых превышает ширину приголовного сечения брюшка рыбы, не установлено полное удаление внутренностей, так как начинается процесс гидрорезания тела рыбы и увеличивается количество бракованных рыб.

Экспериментально установлено, что гидропневматическая струя из насадка диаметром 2,5 мм обеспечивает:

– максимальное раскрытие брюшной полости рыбы за счет только внутреннего

воздействия на ее стенки;

– устойчивость брюшной полости рыбы в раскрытом состоянии, при котором отсутствуют благоприятные условия для изгибных колебаний и схлопывания;

– максимальную силу давления за счет равномерного распределения потока по площади сечения брюшной полости рыбы и внутренностей.

Превышение диаметра насадка над шириной приголовного сечения брюшной полости рыбы приводит к существенному взаимодействию со стенками брюшной полости и возникновению изгибной неустойчивости, сужению и «схлопыванию» брюшной полости.

При использовании насадков с диаметром менее чем ширина приголовного сечения брюшка рыбы, не установлено полное удаление внутренностей, так как не происходит устойчивый контакт гидропневматической струи с внутренностями.

При использовании насадков с другими размерами эффективность воздействия гидропневматической струи снижается, так как не весь поток жидкости попадает в брюшную полость и часть струи расходуется в холостую.

Применение насадков, у которых отношение диаметра насадка к ширине приголовного сечения брюшной полости находится в пределах 0,5 - 0,75, существенно уменьшает количество рыб с полной очисткой от внутренних органов, так как энергии гидропневматической струи становиться недостаточно для совершения работы по удалению внутренностей. В этом случае можно повысить очистку брюшной полости рыбы от внутренностей за счет изменения давления воды и воздуха.

В ходе проведения экспериментальных исследований с параметрами рабочей среды: давление воды 5 атм. и давление воздуха 4 атм. при диаметре насадков $1{,}5\cdot10^{-3}$ м, $2{,}0\cdot10^{-3}$ м, $3{,}0\cdot10^{-3}$ м и времени воздействия струи от $1{,}5\cdot10^{-3}$ до $3\cdot10^{-3}$ с, установлено качественная разделку в пределах 70 % рыб для диаметра насадка $1{,}5\cdot10^{-3}$ м., в пределах 90-95 % для насадков диаметрами $2{,}0\cdot10^{-3}$ м и $3{,}0\cdot10^{-3}$ м (рисунок 10).

Построенная экспериментальная графическая зависимость позволила спрогнозировать качественное удаление внутренностей при следующих параметрах: диаметр насадка $2{,}5\cdot10^{-3}$ м, время воздействия на внутренности $2{,}5\cdot10^{-3}$ с. Проведенный дополнительный эксперимент подтвердил полное удаление внутренностей у 100 % обработанных рыб при указанных режимах.

Качественное сопоставление экспериментальных и расчетных зависимостей позволяет отметить следующее. При увеличении промысловой длины обрабатываемой хамсы наблюдается незначительный рост необходимого избыточного давления воды. При уменьшении диаметра насадка процесс удаления внутренностей протекает при меньшем давлении воды, однако продолжительность процесса увеличивается. В случае использования насадков, имеющих отношение диаметра насадка к ширине приголовного сечения брюшной полости менее 0,75, требуемое давление воды и время гидровымыва увеличиваются.

Выводы. Использование в технологическом оборудовании удаления внутренностей у обезглавленных мелких рыб гидропневматическим способом позволит механизировать трудоемкую ручную разделку мелкой рыбы, длиной от 90 до 120 мм, например, азово-черноморской хамсы. Процесс удаления внутренностей зависит от следующих факторов: давление воды, давление воздуха, диаметр насадка, время воздействия гидропневматической струи на внутренности, массовая доля воздуха, массовая доля воды в гидропневматической струе. Установлены рациональные параметры процесса удаления внутренностей у 100% обработанных целых тушек мелкой рыбы длиной от 90 до 120 мм, гидропневматическим способом: давление воды – 5 атм., давление воздуха – 4 атм., насадок диаметром $2{,}5\cdot10^{-3}$ м, время воздействия на внутренности $2{,}5\cdot 10^{-3}$ с., расстояние от насадка до приголовного сечения брюшной полости рыбы 0,005 м. Техническая новизна способа удаления внутренностей у обезглавленных мелких рыб с применением импульсной водо-воздушной струи подтверждена патентом [10].

Список использованной литературы:

1. *Олейникова Р.Е., Степанов Д.В.* Актуальные проблемы разделки мелкой рыбы на примере хамсы // Актуальные проблемы социально-экономического развития общества: материалы I Национальной научно-практической конференции. Феодосия, 2019. С. 164-166.
2. *Олейникова Р.Е.* Решение уравнения ударной волны Бюргерса в среде PTC MATHCAD // Современная наука и инновации. Ставрополь-Пятигорск: ФГАОУ ВО «СКФУ», 2019. Вып. 4 (28). С. 81-89.
3. *Gukasyan A.V., Koshevoy E.P., Kosachev V.S.* Two-dimensional mathematical model of oil-bearing materials in extrusion-type transportation over rectangular screw core // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 1015. P. 032051.
4. *Кошевой Е.П., Косачев В.С., Меретуков З.А.* Теоретическое рассмотрение деформирования материала на выходе экструдера // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2004. № 5-6 (282-283). С. 86-88.
5. *Схаляхов А.А., Косачев В.С., Кошевой Е.П.* Математическое моделирование процесса разделения жидких смесей в мембранном модуле с различной организацией потоков // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2009. № 2-3. С. 71-74.
6. *Степанов Д.В.* Совершенствование процесса удаления внутренностей рыбы гидравлическим способом // Вестник КГМТУ. 2019. № 4. С. 152-165.
7. *Заплетников И.Н., Степанов Д.В.* Совершенствование процесса удаления внутренностей хамсы гидравлическим способом // Оборудование и технологии пищевых производств. Донецк, 2010. Вып. 23. С.23-28.
8. *Shlyakhov V.A., Chashchin A.K., Korkosh N.I.,* 1990. Intesity of fisheries and dynamics of Black Sea anchovy stock // Biological resources of the Black Sea. VNIRO, 1990. P. 93-102.
9. *Поспелов Ю.В., Крикун А.И.* Особенности определения усилия отрыва остатков внутренностей у мелких рыб гидравлическим способом // Теоретические и практические аспекты применения методов инженерной физико-химической механики с целью совершенствования и интенсификации технологических процессов пищевых производств: труды научной конференции. М.: МТИИП. 1990. 12-14 с.
10. Патент № 2780464 РФ. Способ удаления внутренностей у обезглавленных мелких рыб / А.В. Гукасян, Р.Е. Олейникова, Д.В. Степанов, В.С. Косачев. 2022111829. 2022. Бюл. № 27.

References:

1. Oleynikova R.Ye., Stepanov D.V. Aktual'nyye problemy razdelki melkoy ryby na primere khamsy [Actual problems of cutting small fish on the example of anchovies]. *Materialy 1 Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktual'nyye problemy sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya obshchestva»* [Proceedings of the 1st National scientific and practical conference “Actual Problems of Socio-economic Development of Society”], Feodosia, 2019, pp. 164-166. (In Russian).
2. Oleynikova R.Ye. Resheniye uravneniya udarnoy volny Byurgersa v srede PTC MATHCAD [Solution of the Burgers shock wave equation in the PTC MATHCAD environment]. *Sovremennaya nauka i innovatsii* [Modern Science and Innovations], Stavropol'-Pyatigorsk, SKFU Publ., 2019, vol. 4 (28), pp. 81-89. (In Russian).
3. Gukasyan A.V., Koshevoy E.P., Kosachev V.S. Two-dimensional mathematical model of oil-bearing materials in extrusion-type transportation over rectangular screw core. *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, vol. 1015, p. 032051. (In English).
4. Koshevoy E.P., Kosachev B.C., Meretukov Z.A. Teoreticheskoye rassmotreniye deformirovaniya materiala na vykhode ekstrudera [Theoretical consideration of the deformation of the material at the exit of the extruder]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya* [News of Higher Educational Institutions. Food Technology], 2004, no. 5-6 (282-283). pp. 86-88. (In Russian).
5. Skhalyakhov A.A., Kosachev V.S., Koshevoy E.P. Matematicheskoye modelirovaniye protsessa razdeleniya zhidkikh smesey v membrannom module s razlichnoy organizatsiyey potokov [Mathematical modeling of the process of separation of liquid mixtures in a membrane module with different organization of flows]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya*

tekhnologiya [News of Higher Educational Institutions. Food Technology], 2009, no. 2-3, pp. 71-74. (In Russian).
6. Stepanov D.V. Sovershenstvovaniye protsessa udaleniya vnutrennostey ryby gidravlicheskim sposobom [Improving the process of removing the insides of fish by hydraulic means].*Vestnik KGMTU* [Bulletin of KSMTU], 2019, no. 4, pp. 152-165. (In Russian).
7. Zapletnikov I.N., Stepanov D.V. Sovershenstvovanie processa udaleniya vnutrennostej hamsy gidravlicheskim sposobom [Improving the process of removing the viscera of anchovy hydraulic method]. *Oborudovanie i tekhnologii pishchevyh proizvodstv* [Equipment and technology for food production]. Donetsk, 2010, vol. 23, pp. 23-28. (In Russian).
8. Shlyakhov V.A., Chashchin A.K., Korkosh N.I. Intesity of fisheries and dynamics of Black Sea anchovy stock. *Biological Resources of the Black Sea*. VNIRO, 1990, pp. 93-102. (In English).
9. Pospelov Yu.V., Krikun A.I. Osobennosti opredeleniya usiliya otryva ostatkov vnutrennostej u melkih ryb gidravlicheskim sposobom [Features of determination of force of separation of the remains of intestines at small fishes by the hydraulic way]. *Trudy nauchnoj konferencii «Teoreticheskie i prakticheskie aspekty primeneniya metodov inzhenernoj fiziko-himicheskoj mekhaniki s cel'yu sovershenstvovaniya i intensifikacii tekhnologicheskih processov pishchevyh proizvodstv»* [Proceedings of the scientific conference “Theoretical and practical aspects of application of methods of engineering physical and chemical mechanics for the purpose of improvement and intensification of technological processes of food production”]. Moscow, MTIFI Publ., 1990, pp. 12-14. (In Russian).
10. Ghukasyan A.V., Oleynikova R.E., Stepanov D.V., Kosachev V.S. *Method for removing the entrails from decapitated small fish* [A method for removing the entrails from decapitated small fish]. Patent RF no. 2780464, 2022111829, 2022. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

Олейникова Раиса Евгеньевна	специалист по учебно-методической работе учебно-тренажерного центра Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 oleynikova_raisa@mail.ru
Oleynikova Raisa Evgenievna	Specialist in educational and methodological work of the Training and Training Center Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 oleynikova_raisa@mail.ru
Гукасян Александр Валерьевич	канд. техн. наук, заведующий кафедрой технологического оборудования и систем жизнеобеспечения Кубанский Государственный Технологический Университет 350072, г. Краснодар, г. Краснодар, ул. Красная, 135 aleksandr_gukasyan@mail.ru
Gukasyan Alexander Valeryevich	Ph.D. (Engin.), Head of the Department of technological equipment and life support systems Kuban State Technological University 350072, Krasnodar, Krasnaya str., 135 aleksandr_gukasyan@mail.ru
Степанов Дмитрий Виталиевич	канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры машин и аппаратов пищевых производств Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе,82 stepanovkgmtu@yandex.ru
Stepanov Dmitry Vitalievich	Ph.D. (Engin.), Associate Professor at the Department of machines and apparatus of food production Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 stepanovkgmtu@yandex.ru

УДК 681.5.037.24:519.718 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.011**

Подольская О.Г.

ПРОГРАММНЫЙ РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ЛИНЕЙНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. Во всех отраслях современного промышленного производства требуется качественная упаковка продукции. В пищевой, химической, медицинской промышленности широко применяются упаковочные линии для герметичной упаковки продукции, герметизации, отрезки упакованного пакета и перемещение его для дальнейших операций. Упаковочные линии в пищевой промышленности применяются для упаковки рыбной продукции, кондитерских изделий, конфет, и т. д. Основным требованием современного производства становится полная автоматизация упаковочного оборудования. Создание высококачественных автоматических систем невозможно без выполнения необходимого условия устойчивости, которое обеспечивает нормальное функционирование линейных автоматических систем. В статье рассматриваются определения устойчивости линейных автоматических систем с помощью алгебраического критерия Рауса. Рассмотрены примеры расчета устойчивости линейной автоматической системы «ручным» методом, с помощью электронных таблиц MS Excel и с помощью составленной автором статьи программы на Mathcad, которая позволяет определять устойчивость автоматической системы по характеристическому уравнению любого порядка. Рассмотрено использование программы для решения прикладной задачи пищевой промышленности при определении устойчивости системы летучие ножницы.
Ключевые слова: пищевая промышленность, упаковочные линии, автоматические системы управления, алгебраический критерий устойчивости Рауса, летучие ножницы, программа расчета устойчивости, MS Excel, Mathcad.

Podolskaya O.G.

SOFTWARE CALCULATION OF STABILITY OF A LINEAR AUTOMATIC SYSTEM IN THE FOOD INDUSTRY

Abstract. In all branches of modern industrial production, high-quality packaging of products is required. In the food, chemical, medical industry, packaging lines are widely used for hermetic packaging of products, sealing, cutting off the packaged package and moving it for further operations. Packaging lines in the food industry are used for packaging fish products, confectionery, sweets, etc. The main requirement of modern production is the full automation of packaging equipment. The creation of high-quality automatic systems is impossible without fulfilling the necessary stability condition, which ensures the normal functioning of linear automatic systems. The article deals with the definition of stability of linear automatic systems using the algebraic criterion of Rouse. Examples of calculating the stability of a linear automatic system by the "manual" method, using MS Excel spreadsheets and using the Mathcad program compiled by the author of the article, which allows you to determine the stability of an automatic system by a characteristic equation of any order, are considered. The use of the program for solving the applied problem of the food industry in determining the stability of the flying shear system is considered.
Keywords: food industry, packaging lines, automatic control systems, Rous's algebraic stability test, flying scissors, stability calculation program, MS Excel, Mathcad.

Введение. Во всех отраслях современного промышленного производства требуется качественная упаковка продукции. В пищевой, химической, медицинской промышленности широко применяются упаковочные линии для подушкообразной герметичной упаковки с трёхсторонней сваркой, в которой из пленки формируется рукав и производится его продольная сварка, укладка в него упаковываемой продукции, герметизация пакета, отрезка

упакованного пакета и перемещение его для дальнейших операций [1]. Упаковочные линии применяются для упаковки рыбной продукции, кондитерских изделий, конфет, и т. д. Основным требованием современного производства становится полная автоматизация упаковочного оборудования.

В современном высокопроизводительном оборудовании для синхронизации и коррекции положения применяется функция электронного кулачка для летающих ножниц [1]. Этот принцип применяется в пищевой промышленности – в линиях герметичной упаковки продукции, в медицине – для упаковки лекарственных средств, в промышленности применяются линии для качественной упаковки продукции, в прокатном производстве – для автоматического резания сортового металла, и т. д. Универсальные летучие ножницы производят автоматическое резание выходящего из прокатного стана сортового металла на определенные мерные длины с различными скоростями движения полос [2].

Создание высококачественных автоматических систем невозможно без выполнения необходимого условия устойчивости, которое обеспечивает нормальное функционирование линейных автоматических систем. Решение задач устойчивости необходимо решать в различных отраслях промышленности, как в пищевой промышленности [3, 4], так и в судовых энергетических установках [5, 6], в проектировании систем управления самолетом [7] и в управлении движением судна и т. д. Определение устойчивости линейной системы является одной их важных задач теории автоматического управления.

Целью исследования является определение устойчивости системы автоматического управления летучие ножницы в пищевой промышленности по коэффициентам передаточной функции при помощи разработанной программы на Mathcad.

Материалы и методы исследования. Существуют алгебраические критерии устойчивости, позволяющие исследовать устойчивость системы без непосредственного нахождения корней характеристического уравнения [8-12].

В статье предложен метод расчета устойчивости автоматических систем по критерию Рауса с помощью разработанной автором программы на Mathcad [13].

Для определения устойчивости линейных непрерывных систем применяют следующие методы: вычисление корней характеристического уравнения; алгебраические методы (критерии Рауса, Гурвица, Льенара-Шипара); метод анализа в частотной области; метод функций Ляпунова [14, 15]. Критерий Гурвица в аналитической форме связывает условия устойчивости с параметрами системы и выделяет области устойчивости.

Перечисленные методы можно использовать и для систем дискретного времени. Для дискретных систем можно применить, аналогичные критерию Рауса-Гурвица, критерий Шур-Кона и критерий Джури [11, 14].

В алгебраическом критерии устойчивости, разработанным английским математиком Э. Раусом в 1877 году, предполагается, для передаточной функции замкнутой системы вида (1)

$$W(s)=\frac{b_m s^m + b_{m-1}s^{m-1} + ... + b_0}{a_n s^n + a_{n-1}s^{n-1} + ... + a_0}, \quad m \le n \tag{1}$$

с характеристическим уравнением (2)

$$G(s) = a_n s^n + a_{n-1}s^{n-1} + ... + a_0, \tag{2}$$

если $\forall a_i < 0, \quad i = \overline{0,n}$ уравнения (2), то система не устойчива. Для устойчивости системы, необходимо и достаточно, чтобы все элементы первого столбца таблицы 1 были одного знака; если $a_n > 0,$ то все элементы должны быть положительны [16]. Алгоритм нахождения коэффициентов первого столбца записан в таблице 1.

Таблица 1 – Алгоритм определения элементов таблицы Рауса

$a_i, \quad i = 0,2,4,,...$	a_0	a_2	a_4	…
$a_i, \quad i = 1,3,5,,...$	a_1	a_3	a_5	…
$\rho_1 = \frac{a_0}{a_1}$	$c_{13} = a_2 - \rho_1 a_3$	$c_{23} = a_4 - \rho_1 a_5$	$c_{33} = a_6 - \rho_1 a_7$	…
$\rho_2 = \frac{a_1}{c_{13}}$	$c_{14} = a_3 - \rho_2 c_{23}$	$c_{24} = a_5 - \rho_2 c_{33}$	$c_{34} = a_7 - \rho_2 c_{43}$	…
$\rho_3 = \frac{c_{13}}{c_{14}}$	$c_{15} = c_{23} - \rho_3 c_{24}$	$c_{25} = c_{33} - \rho_3 c_{34}$	$c_{35} = c_{43} - \rho_3 c_{44}$	…
…	…	…	…	…

Результаты исследования и их обсуждение. В качестве примера определим устойчивость системы, имеющей характеристическое уравнение (3):

$$G(s) = s^5 + 5s^4 + 9s^3 + 10s^2 + 6s + 2 = 0 \tag{3}$$

Расчет системы по алгоритму Рауса (табл. 1) «вручную» в [9] показал, что все коэффициенты ρ_v, где ν = 1, 2, 3, 4, положительны. Следовательно, замкнутая система для рассматриваемого характеристического уравнения устойчива.

Решение данной задачи было проведено при помощи программного обеспечения MS Excel (рис. 1) и привело к аналогичному результату: коэффициенты первого столбца таблицы не содержат отрицательных значений, что подтверждает вывод об устойчивости системы.

	A	B	C	D
1	**Коэффициенты передаточной функции линейной системы управления**			
2	Коэффициенты с четными индексами	a_0	a_2	a_4
3		**1**	**9**	**6**
4	Коэффициенты с нечетными индексами	a_1	a_3	a_5
5		**5**	**10**	**2**
6	$\rho_1 = \frac{a_0}{a_1}$	c_{13}	c_{23}	c_{33}
7	**1/5**	**7**	**5 3/5**	**0**
8	$\rho_2 = \frac{a_1}{c_{13}}$	c_{14}	c_{24}	c_{34}
9	**5/7**	**6**	**2**	**0**
10	$\rho_3 = \frac{c_{13}}{c_{14}}$	c_{15}	c_{25}	c_{35}
11	**1 1/6**	**3 1/4**	**0**	**0**
12	$\rho_4 = \frac{c_{14}}{c_{15}}$	c_{16}	c_{26}	c_{36}
13	**1 5/6**	**2**	**0**	**0**

Рисунок 1 – Расчет коэффициентов таблицы Рауса в MS Excel

Проведем исследование устойчивости при помощи составленной программы на Mathcad (рис. 2):

$$b = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 9 & 6 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 10 & 2 & 0 & 0 \\ 0.2 & 7 & 5.6 & 0 & 0 & 0 \\ 0.714 & 6 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 1.167 & 3.267 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.837 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

OTV = "the system is stable"

Рисунок 2 – Результат проверки устойчивости системы на Mathcad

Программно проанализированы коэффициенты первого столбца, они положительны; результат – система устойчива (the system is stable).

Рассмотрим практическое применение программного исследования устойчивости системы универсальных летучих ножниц, применяемых в пищевой промышленности [7], а также, рассмотрим структурную схему (рис.4) и передаточную функцию следящей системы.

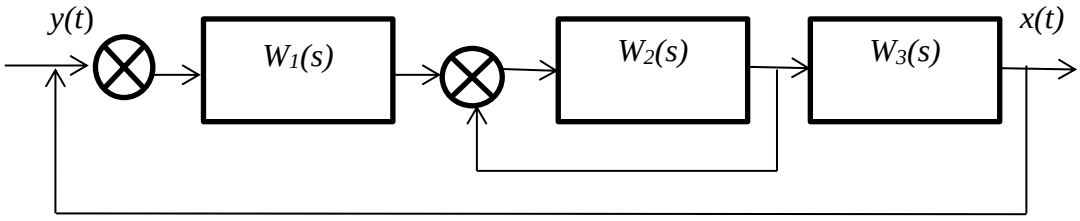


Рисунок 4 – Структурная схема следящей системы летучих ножниц

Передаточная функция следящей системы [7] имеет вид

$$W(s) = \frac{W_1(s)W_2(s)W_3(s)}{1 + W_1(s)W_2(s)W_3(s)} =$$

$$= \frac{73178014}{0{,}01256s^7 + 9{,}16s^6 + 1616{,}07s^5 + 91558{,}16s^4 + 1850386{,}5s^3 + 12844500s^2 + 1{,}5 \cdot 10^7 s + 73178014}$$

В критерии устойчивости Рауса вычисление элементов таблицы имеет рекуррентный вид, поэтому для их определения предложен программный метод расчета на Mathcad. В ниже представленной программе производится заполнение коэффициентов характеристического уравнения, рассчитываются и анализируются полученные коэффициенты нулевого столбца и делаются выводы об устойчивости системы (the system unstable – система не устойчива или the system stable – система устойчива).

Приведем программу расчета устойчивости автоматической системы по критерию Рауса.

Коэффициенты характеристического уравнения:

$$a := \left(0.01256 \;\; 9.16 \;\; 1616.07 \;\; 91458.16 \;\; 1850386.5 \;\; 12844500 \;\; 1.5 \cdot 10^7 \;\; 73178014\right)$$

Старшая степень знаменателя передаточной функции:

$$n := cols(a) - 1 \qquad cols(a) = 8$$

Подготовка вспомогательного массива коэффициентов:

$$i := 0..2 \quad j := 0..n + 2 \quad c_{i,j} := 0 \quad at := a^{T}$$

$$i := 0, 2..n \quad c_{1,i+1} := at_i \quad j := 1, 3..n \quad c_{2,j} := at_j$$

Проверка четности старшей степени характеристического уравнения:

$$k := \frac{n + mod(n, 2)}{2}$$

Формирование первых двух строк таблицы Рауса, где m – количество столбцов для четного/нечетного количества элементов матрицы *a*:

$$b := \left| \begin{array}{l} \text{for } m \in 1..k + 1 \\ \quad \left| \begin{array}{l} b_{0,m} \leftarrow c_{1,2m-2} \\ b_{1,m} \leftarrow c_{2,2m-1} \end{array} \right. \\ b \end{array} \right.$$

Первые две строки таблицы b по алгоритму Рауса:

$$b = \begin{pmatrix} 0 & 0.013 & 1.616 \times 10^{3} & 1.85 \times 10^{6} & 1.5 \times 10^{7} & 0 \\ 0 & 9.16 & 9.146 \times 10^{4} & 1.284 \times 10^{7} & 7.318 \times 10^{7} & 0 \end{pmatrix}$$

Заполнение таблицы Рауса:

$$i := 2..n \quad j := 0..n \quad b_{i,j} := 0$$

$$b := \left| \begin{array}{l} \text{for } i \in 2..n \\ \quad \left| \begin{array}{l} b_{i,0} \leftarrow \dfrac{b_{i-2,1}}{b_{i-1,1}} \\ \text{for } j \in 1..n - 1 \\ \quad b_{i,j} \leftarrow b_{i-2,j+1} - b_{i,0} \cdot b_{i-1,j+1} \end{array} \right. \\ b \end{array} \right.$$

Анализ устойчивости системы:

$$OTV := \text{for } i \in 2..n$$

$$\left| \begin{array}{l} \text{if } b_{i,0} < 0 \\ \quad \left| \begin{array}{l} \text{"the system is unstable"} \\ \text{break} \end{array} \right. \\ \text{"the system is stable"} \end{array} \right.$$

В результате работы программы получен следующий ответ:

Таблица Рауса

$$b = \begin{pmatrix} 0 & 0.013 & 1.616\times 10^{3} & 1.85\times 10^{6} & 1.5\times 10^{7} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 9.16 & 9.146\times 10^{4} & 1.284\times 10^{7} & 7.318\times 10^{7} & 0 & 0 & 0 \\ 1.371\times 10^{-3} & 1.491\times 10^{3} & 1.833\times 10^{6} & 1.49\times 10^{7} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6.145\times 10^{-3} & 8.02\times 10^{4} & 1.275\times 10^{7} & 7.318\times 10^{7} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.019 & 1.596\times 10^{6} & 1.354\times 10^{7} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.05 & 1.207\times 10^{7} & 7.318\times 10^{7} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.132 & 3.867\times 10^{6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3.122 & 7.318\times 10^{7} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

OTV = "the system is stable"

Рисунок 5 – Результат работы программы: таблица Рауса, вывод об устойчивости системы

Первый столбец содержит положительные элементы, что по критерию Рауса подтверждает устойчивость данной автоматической системы: «the system is stable» - система устойчива.

Выводы

1. Рассмотрены алгебраические критерии определения устойчивости непрерывных и дискретных во времени линейных систем.
2. Использование критерия Рауса эффективно при степени характеристического уравнения больше пяти, если коэффициенты заданы численно. К достоинствам данного метода относится простая реализация рекурсивного алгоритма, к недостаткам – сложность получения информации о степени устойчивости системы.
3. Проведен расчет устойчивости системы с помощью алгебраического критерия Рауса «ручным» методом, с применением электронных таблиц MS Excel, в программе Mathcad.
4. Корректность работы компьютерной программы была проверена на примерах с известными результатами расчета таблицы Рауса [9].
5. Проведенный расчет устойчивости системы летучие ножницы [7] программным методом показал простоту и быстродействие получения результата об устойчивости системы с известными коэффициентами характеристического уравнения.

Список использованной литературы:

1. Применение сервоприводов Delta ASDA-A2 в высокопроизводительной упаковочной машине. URL: https://www.delta-electronics.info/article/6468051583 (дата обращения: 20.04.2023).
2. Техническая кибернетика. Теория автоматического регулирования / под ред. В.В. Солодовникова. М.: Машиностроение, 1967. 768 с.
3. *Злобин Д.Л., Злобин Л.А., Краснов А.Е.* Цифровые системы управления в пищевой промышлености. М.: Высшая школа, 2007. 672 с.
4. *Лазарев В.Л.* Робастные системы управления в пищевой промышленности. СПб.: СПбГУНиПТ, 2003. 150 с.
5. *Бордюг А.С.* Повышение устойчивости режимов работы малооборотных дизелей в условиях дестабилизирующих воздействий // Вестник государственного университета

морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2017. Т. 9. № 5. С. 1051-1062.
6. *Бордюг А.С.* Идеология формирования типоразмерных рядов центробежных компрессоров судовой энергетической установки на базе автоматизированного проектирования // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2021. № 4. С. 126-138.
7. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник в 5 т. Т. 3. Синтез регуляторов систем автоматического управления / под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 616 с.
8. *Курош А.Г.* Курс высшей алгебры. М.: Наука, 1971. 431 с.
9. *Цыпкин Я.З.* Основы теории автоматических систем. М.: Наука, 1977. 650 с.
10. Справочник по теории автоматического управления / под ред. А.А. Красовского. М.: Наука, 1987. 712 с.
11. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник в 5-ти т. Т. 1: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. М., МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 656 с.
12. *Попов Е.П.* Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. М.: Наука, 1978. 720 с.
13. *Дьяконов В.* Mathcad 2000: учебный курс. СПб.: Питер, 2000. 586 с.
14. *Ким Д.П.* Теория автоматического управления. Т. 1. Линейные системы. М.: Физматлит, 2016. 312 с.
15. *Острем К., Виттенмарк Б.* Системы управления с ЭВМ. М.: Наука, 1986. 616 с.
16. *Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.В.* Теория автоматического управления техническими системами. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1993. 492 с.

References:

1. *Primeneniye servoprivodov Delta ASDA-A2 v vysokoproizvoditel'noy upakovochnoy mashine* [Application of Delta ASDA-A2 servos in a high-performance packaging machine]. (In Russian). Available at: https://www.delta-electronics.info/article/6468051583 (accessed 20.04.2023).
2. Solodovnikov V.V. (ed.) *Tekhnicheskaya kibernetika. Teoriya avtomaticheskogo regulirovaniya* [Technical Cybernetics. Theory of automatic regulation]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1967, 768 p. (In Russian).
3. Zlobin D.L., Zlobin L.A., Krasnov A.E. *Tsifrovyye sistemy upravleniya v pishchevoy promyshlennosti* [Digital control systems in the food industry]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2007, 672 p. (In Russian).
4. Lazarev V.L. *Robastnyye sistemy upravleniya v pishchevoy promyshlennosti* [Robust control systems in the food industry]. St. Petersburg, SPbGUNiPT Publ., 2003, 150 p. (In Russian).
5. Bordyug A.S. Povysheniye ustoychivosti rezhimov raboty malooborotnykh dizeley v usloviyakh destabiliziruyushchikh vozdeystviy [Improving the stability of low-speed diesel engines operating modes under conditions of destabilizing influences]. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova* [Bulletin of the Admiral S.O. Makarov State University of Marine and River Fleet], 2017, vol. 9, no. 5, pp. 1051-1062. (In Russian).
6. Bordyug A.S. Ideologiya formirovaniya tiporazmernykh ryadov tsentrobezhnykh kompressorov sudovoy energeticheskoy ustanovki na baze avtomatizirovannogo proyektirovaniya [Ideology of formation of standard-sized rows of centrifugal compressors of a marine power plant based on computer-aided design]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2021, no. 4, pp. 126-138. (In Russian).
7. Pupkov K.A., Egupov N.D. (eds.) *Metody klassicheskoy i sovremennoy teorii avtomaticheskogo upravleniya. T. 3. Sintez regulyatorov system avtomaticheskogo upravleniya*

[Methods of classical and modern theory of automatic control. Vol. 3. Synthesis of regulators of automatic control]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2004, 616 p. (In Russian).
8. Kurosh A.G. *Kurs vysshey algebry* [Course of higher algebra]. Moscow, Nauka Publ., 1971, 431 p. (In Russian).
9. Tsypkin Ya.Z. *Osnovy teorii avtomaticheskikh sistem* [Fundamentals of the theory of automatic systems]. Moscow, Nauka Publ., 1977, 650 p. (In Russian).
10. Krasovsky A.A. (ed.) *Spravochnik po teorii avtomaticheskogo upravleniya* [Handbook on the theory of automatic control]. Moscow, Nauka Publ., 1987, 712 p. (In Russian).
11. Pupkov K.A., Egupov N.D. (eds.) *Metody klassicheskoy i sovremennoy teorii avtomaticheskogo upravleniya. T. 1. Matematicheskiye modeli, dinamicheskiye kharakteristiki i analiz sistem avtomaticheskogo upravleniya* [Methods of classical and modern theory of automatic control. Vol. 1. Mathematical models, dynamic characteristics and analysis of automatic control systems]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2004, 656 p. (In Russian).
12. Popov E.P. *Teoriya lineynykh sistem avtomaticheskogo regulirovaniya i upravleniya* [Theory of linear systems of automatic regulation and control]. Moscow, Nauka Publ., 1978, 720 p. (In Russian).
13. Dyakonov V. *Mathcad 2000: uchebnyy kurs* [Mathcad 2000: a training course]. St. Petersburg, Piter Publ., 2000, 586 p. (In Russian).
14. Kim D.P. *Teoriya avtomaticheskogo upravleniya. T. 1. Lineynyye sistemy* [Theory of automatic control. Vol. 1. Linear systems]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2016, 312 p. (In Russian).
15. Ostrem K., Wittenmark B. *Sistemy upravleniya s EVM* [Computer control systems]. Moscow, Nauka Publ., 1986, 616 p. (In Russian).
16. Solodovnikov V.V., Plotnikov V.N., Yakovlev A.V. *Teoriya avtomaticheskogo upravleniya tekhnicheskimi sistemami* [Theory of automatic control of technical systems]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 1993, 492 p. (In Russian).

Сведения об авторе / Information about author

Подольская Ольга Георгиевна	канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры математики, физики и информатики Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 sep-77o@yandex.ru
Podolskaya Olga Georgievna	Ph.D. (Engin.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mathematics, Physics and Computer Science Kerch State Maritime Technological University 28309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 sep-77o@yandex.ru

УДК 637.523.2:66.012.3 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.012**

Соколов С.А., Красногрудов А.В., Севаторов Н.Н.

СРАВНЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВАРЕНЫХ КОЛБАС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ

Аннотация. В статье рассмотрена сравнительная оценка энергозатрат на традиционную обработку пищевых продуктов (с использованием высокой температуры) и при использовании высокого давления, проведено определение путей изменения внутренней энергии обрабатываемого объекта и сравнение их при различных методах обработки: традиционной - тепловой и обработки высоким давлением. Результаты показывают, что энергопотребление при использовании метода высокого давления ниже, чем при традиционной термической обработке. Также обсуждается концепция внутренней энергии и ее связь с передачей энергии. Рассмотрено использование высокого давления как метода консервирования пищевых продуктов, объяснены принципы термодинамики, затрагиваемые в процессе, и проведено сравнение с традиционной термической обработкой. Приведены преимущества и недостатки метода высокого давления и его потенциал для улучшения качества пищевых продуктов. Исследование показало, что метод высокого давления требует в 3,4 раза меньше энергии, чем традиционная термическая обработка. Также проанализировано изменение температуры в пищевых продуктах во время обработки высоким давлением и предложены дальнейшие исследования для определения оптимальных параметров процесса.
Ключевые слова: сравнительная оценка энергозатрат, тепловая обработка, обработка высоким давлением.

Sokolov S.A., Krasnogrudov A.V., Sevatorov N.N.

COMPARISON OF ENERGY CONSUMPTION IN THE PROCESSING OF BOILED SAUSAGES USING DIFFERENT METHODS OF ENERGY TRANSFER

Abstract. The article presents a comparative assessment of energy consumption for traditional food processing (using high temperature) versus using high pressure, determining the ways in which the internal energy of the processed object changes and comparing them for different processing methods: traditional thermal and high pressure processing. The results show that energy consumption is lower when using the high pressure method compared to traditional thermal processing. The concept of internal energy and its relationship to energy transfer is also discussed. The use of high pressure as a method of food preservation is explored, and the thermodynamic principles involved in the process are explained and compared to traditional thermal processing. The advantages and disadvantages of the high pressure method are presented, as well as its potential for improving food quality. The study found that the high pressure method requires 3.4 times less energy than traditional thermal processing. The temperature changes in food products during high pressure processing are also analyzed, and further research is suggested to determine the optimal process parameters.
Keywords: comparative assessment of energy consumption, heat treatment, high pressure treatment.

Введение. Важную характеристику любого производственного процесса составляют затраты на его осуществление. Ввиду того, что обработка продуктов высоким давлением рассматривается в качестве альтернативы термическим методам обработки продуктов, которые могут обеспечить сохранность ферментативного и витаминного комплекса, а также повысить срок хранения продуктов [1], представляется интересным сравнение затрат на их обработку с использованием высокого давления.

Целью данной работы является сравнительная оценка энергозатрат на традиционную обработку пищевых продуктов (с использованием высокой температуры) и при использовании высокого давления.

Материалы и методы исследования. Обработка исследуемых образцов высоким

давлением осуществлялась на установке высокого давления в проблемной научно-исследовательской лаборатории «Использование высокого давления в пищевых технологиях» Донецкого национального университета экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского [2], которая позволяет обрабатывать исследуемые образцы под давлением до 1000 МПа при температуре от -20 °С до +90 °С. Управление процессом исследования и фиксация результатов исследования – с использованием ПК. Методика проведения исследований – согласно технической документации проведения исследований на данной установке [3].

Результаты исследования и их обсуждение. Технологические процессы возможны при подводе дополнительной энергии к объекту или создании условий для выделения внутренней энергии. То есть движущей силой процесса является изменение энергии вещества.

Термодинамическое понятие внутренней энергии - это величина, приращение которой в процессе равно сообщенной системе теплоте, сложенной с работой, совершенной над системой внешними по отношению к ней силами.

По первому закону термодинамики изменение внутренней энергии замкнутой системы ΔU определяется в виде:

$$\Delta U = Q_т^т + A_р^т, \quad (1)$$

где $Q_т^т$ – количество теплоты, сообщенное системе;

$A_р^т$ – работа, совершенная над системой.

Внутренняя энергия вещества является энергией составляющих вещество молекул. В обычных термодинамических процессах изменение претерпевает кинетическая и потенциальная части внутренней энергии. Первая – зависит от скорости движения молекул (поступательного, вращательного, колебательного), а также от энергии внутримолекулярного колебательного движения атомов и атомных групп, составляющих молекулы, и энергии вращения электронов в атомах. Вторая – обусловлена наличием сил взаимодействия между молекулами и расстояния между ними.

Полную величину внутренней энергии вещества определить нельзя, т. к. не известна ее величина при 0 °К. Поэтому рассмотрим только дополнительную внутреннюю энергию.

Согласно кинетической теории материи, при передаче энергии теплотой изменяется кинетическая часть внутренней энергии, и это сопровождается изменением температуры тела, а при передаче работой изменяется потенциальная часть, что отражается в видимых и невидимых деформациях [4].

При передаче энергии работой возникает внутреннее трение, называемое вязкостью. В вязкопластичных материалах вязкость обусловлена силами когезии между молекулами и представляет собой трение между слоями материала при движении их относительно друг друга [5]. Согласно второго закона Ньютона:

$$dP = -\eta \frac{dU}{dx} dF, \quad (2)$$

где dP – сила внутреннего трения, действующая на элементарную площадку dF поверхности слоя;

dU/dx – градиент скорости движения слоев в направлении x, перпендикулярном к поверхности слоя;

η – коэффициент внутреннего трения, численно равный силе трения между двумя слоями с площадью, равной единице, при градиенте скорости равной единице.

Данная вязкость называется динамической или первой вязкостью. Она проявляется при деформации чистого сдвига. При объемном деформировании, возникающем при сжатии и расширении материала, возникают процессы, стремящиеся восстановить нарушенное равновесие [6]. В виду необратимости всех реальных процессов, это ведет к росту энтропии, т. е. имеет место рассеяние энергии за счет преобразования ее в другие виды энергии –

диссипация энергии.

Величина диссипации энергии определяется второй вязкостью (коэффициент второй вязкости) $\boldsymbol{\xi}$, которая зависит от давления, температуры и химической природы деформируемого материала.

Баланс энергии сжимаемой неньютоновской системы описывается дифференциальным уравнением:

$$\rho \frac{dU}{d\tau} = \varepsilon' + div(KgradT) - PdivV + \Phi, \quad (3)$$

где dU – изменение внутренней энергии за время dτ;

ρ – плотность жидкости;

T – абсолютная температура, °К;

P – давление, действующее на систему, Па;

v – скорость движения системы, м/с;

K – коэффициент теплопроводности Вт/(м град);

ε' – количество теплоты, поступающее в единицу объема материала за единицу времени, кроме теплопроводности, например, химических превращений;

Φ – диссипативная функция, которая определяется из уравнения:

$$\Phi = \eta\left\{2\left[\left(\frac{\partial v_x}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v_y}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial v_z}{\partial z}\right)^2\right] + \left[\left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v_x}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v_y}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial y}\right)^2\right] - \right.$$
$$\left. - \frac{2}{3}(divV)^2\right\} + \xi(divV)^2 \quad (4)$$

где η – коэффициент первой вязкости;

ξ – коэффициент второй вязкости.

Задачей данных исследований было определение путей изменения внутренней энергии обрабатываемого объекта и сравнение их при различных методах обработки: традиционной - тепловой и обработки высоким давлением.

При тепловой обработке энергия передается в виде теплоты. Работа внешними силами не совершается. Из уравнения (1) следует:

$$\Delta U = Q_т^т = Q_т^ф + A_р^ф. \quad (5)$$

Энергия, переданная в виде теплоты, расходуется на увеличение кинетической составляющей внутренней энергии, что отражается на изменении внутренней температуры, и, вследствие теплового расширения имеет место деформация, т. е. изменение и потенциальной энергии.

Количество переданной теплоты определяется по формуле:

$$Q_T^\phi = mC\Delta T_T^\phi, \quad (6)$$

где m – масса объекта, которому передаётся энергия;

C – теплоемкость объекта;

ΔT_T^Φ – градиент температуры.

С увеличением температуры происходит расширение исследуемого образца, т.е. объемная деформация и, как следствие, возникает внутреннее давление. Работа, совершаемая при тепловом расширении, определится как

$$A_T^\phi = P_в \Delta V_T = P_в V_0 \alpha_v \Delta T_T^\phi, \quad (7)$$

где $P_в$ – давление, возникающее в теле, т.е. напряжение от объемных деформаций;
α_v – коэффициент объемного расширения;
V_0 – начальный объем объекта;
ΔT_T^ϕ – градиент температуры.
С учетом (6) и (7) уравнение (1) преобразуется в виде:

$$\Delta U = mC\Delta T_T^\phi - P_в V_0 \alpha_v \Delta T_T^\phi. \quad (8)$$

Количество теплоты, переданное теплопроводностью:

$$Q^\phi = -K\Delta T_T^\phi S\tau, \quad (9)$$

где K – коэффициент теплопроводности;
ΔT_T^ϕ – градиент температуры;
S – поверхность, по нормали к которой передается теплота;
τ – время, за которое передается данное количества теплоты.
Количество передаваемой теплоты можно увеличить путем:
- увеличения длительности процесса, что ведет к снижению производительности;
- увеличения поверхности теплообмена, что требует дополнительной энергии для создания новых поверхностей (измельчения);
- увеличением градиента температуры, что ведет к снижению качества термолабильных материалов;
Таким образом, при тепловой обработке термолабильных материалов, улучшение одного из параметров возможно только за счет ухудшения другого.
В соответствии с первым законом термодинамики величина давления может быть уменьшена за счет некоторого увеличения температуры процесса. Данное обстоятельство представляет интерес для разработки технологических процессов, требующих достаточно больших значений давления (800-1000 МПа).
Рассмотрим случай одновременного изменения внутренней энергии продукта за счет передачи энергии теплотой Q_T^T и работой A_P^T.
При одновременном воздействии температуры и давления процесс описывается уравнением (1).
Количество энергии, переданное работой A_p, определяется:

$$A_p^T = p_p \Delta V_p^T = A_p^\phi + Q_p^\phi = P_p \Delta V_p^\phi + mc\Delta T_p^\phi, \quad (10)$$

где P_P – величина внешнего давления, действующего на объект;
V_P – величина объемной деформации объекта.
С учетом (6) и (10) уравнение (5) преобразуется в

$$\Delta U = mC\Delta T_T^\Phi + P_p \Delta V_p^\Phi + P_в V_0 d_v \Delta T_T^\phi + mC\Delta T_p^\Phi. \quad (11)$$

При действии давления плотность объекта увеличивается и, как следствие, увеличивается теплопроводность:

$$K = \alpha c\rho, \quad (12)$$

где α – коэффициент температуропроводности;
c – коэффициент теплоёмкости;
ρ – плотность.

Таким образом, совмещение передачи энергии теплотой и работой интенсифицирует рост внутренней энергии. При этом создаются предпосылки для снижения температурного градиента, длительности процесса и поверхности теплообмена.

При обработке давлением изменение внутренней энергии происходит путем передачи энергии работой – созданием всестороннего объемного сжатия

$$\Delta U = A_p^T = A_P^Ф + Q_p^Ф. \quad (13)$$

Величина переданной энергии определяется из уравнения (10).

При сжатии материала за счет диссипации энергии, обусловленной внутренним трением, часть энергии преобразуется в теплоту $Q_p^Ф$:

$$Q_p^Ф = mC\Delta t_p^Ф, \quad (14)$$

где m – масса объекта;

C – теплоемкость объекта;

$\Delta t_p^Ф$ – градиент температуры, обусловленный диссипацией энергии, т. е. внутренним трением.

Тогда выражение (13) с учетом выражений (14) и (10) примет вид:

$$\Delta U = P_p \Delta V_P^Ф + mC\Delta t_p^Ф. \quad (15)$$

При передаче энергии работой увеличивается потенциальная составляющая внутренней энергии, т. е. по своему принципу передача энергии работой приводит к незначительному изменению температуры тел, имеющих небольшой коэффициент съемного сжатия [7].

Скорость распространения градиента напряжения больше, чем при распространении теплоты теплопроводностью, т.е. можно предположить сокращение времени обработки и практическое отсутствие зависимости времени обработки от геометрических размеров объекта.

Таким образом, подвод энергии работой, т.е. обработка давлением, может привести к более высокому качеству готовой продукции вследствие изотермичности действия. При объемном сжатии вещества, скорость распространения градиента силы повышается и время обработки уменьшается, что делает этот метод более эффективным, чем тепловая обработка. Интересно, что основная часть энергии при обработке мяса теплом расходуется на нагрев воды из-за ее высокой теплоемкости по сравнению с белком (теплоемкость воды (c = 4150 Дж/(кг·К)), белка (c = 3500Дж/(кг·К)) [8]. Белки, в свою очередь, имеют свою пространственную структуру, формирующуюся благодаря равномерной аминокислотной последовательности, которая определяет их первичную структуру. При объемной деформации, сначала разрываются вторичные связи, затем – ковалентные. Интересно отметить, что при деформации высокого давления основная энергия распространяется на деформацию белка, поскольку его коэффициент объемного сжатия меньше, чем у воды, и затраты энергии при передаче меньше. Однако, несмотря на множество достоинств, метод обработки высоким давлением всё ещё остается менее изученным и не получил такого распространения, как тепловые методы.

Для определения готовности белковых продуктов используется показатель «остаточная активность кислой фосфатазы», однако визуальное определение затруднительно [9]. В рамках данного исследования была использована модель, представленная желтком куриного яйца объемом 10 мл. Для обработки продукта использовалась установка высокого давления с давлением 700 МПа и временем выдержки 20 минут. Также был соблюден принцип изотермичности процесса с низкой скоростью набора давления. Для контрольного образца был применен нагрев до 70 °С в течение 20 минут, что привело к получению твердой структуры, свидетельствующей об окончании денатурации продукта. Эксперименты были

проведены пять раз с обработкой результатов методами математической статистики, обнаружив ошибку на уровне 3,5 %. Для количественной оценки двух способов передачи энергии была необходима информация о величине переданной энергии. Поскольку сжатие материала осуществлялось в изотермических условиях, величина энергии, переданной путем приложения работы сжатия опытного образца давлением 700 МПа, была определена по величине перемещения поршня цилиндра. При предположении линейной зависимости сжимаемости желтка от величины давления, величина работы сжатия $A_{ж}$ была определена следующим образом:

$$A_{ж} = ½\ p\ \Delta V_{ж} = ½\ p\ \pi r^2\ \Delta h, \quad (16)$$

где $\Delta V_{ж}$ – изменение объема желтка,

r – внутренний радиус цилиндра камеры,

Δh – перемещение поршня цилиндра, определяли при помощи датчика перемещения поршня

Количество энергии, переданное теплотой в изобарных условиях, определяли по формуле:

$$Q_{ж} = V_{ж}\,\rho_{ж}\,c_{\rho ж}\,(T_{ж} - T_{ж}^{o}), \quad (17)$$

где $V_{ж}$ – объем модельного продукта;

$\rho_{ж}$ – плотность желтка;

$c_{\rho ж}$ – изобарная теплоемкость желтка;

$T_{ж}$ – конечная температура продукта;

$T_{ж}^{o}$ – начальная температура продукта.

Определено, что энергия, затраченная на обработку желтка различными методами передачи энергии (работой и теплотой), связана с величиной давления. К примеру, при обработке давлением затрачивается значительно меньше энергии, чем при тепловой обработке (приблизительно в 3,4 раза). Также следует отметить, что процесс сжатия продукта не является изотермическим в реальных условиях [10], что также влияет на расходование энергии. При обработке продуктов высоким давлением требуется учитывать диссипацию энергии в виде теплоты, которая оказывает влияние на температуру продукта. Для оценки атермичности обработки необходимо определить количество теплоты, которое выделяется при изотермическом сжатии по соответствующей формуле (15).

Предположим, что теплоемкость желтка зависит от величины давления, которому он подвергается. В этом случае, при адиабатическом сжатии, температура изменится на значение, которое может быть вычислено экспериментальным путем. Чтобы максимально приблизить реальный процесс сжатия к адиабатическим условиям, скорость прироста давления на экспериментальном стенде была установлена на уровне 10 МПа/с. В качестве объектов исследования были выбраны белок и желток куриного яйца, а также мясо свинины. Эксперименты были повторены пять раз. Полученные данные были усреднены и обработаны с помощью методов математической статистики. Результаты проведенных исследований представлены на рисунке 1.

Анализ изменения температуры объектов при сжатии в промежутке давлений до 600 МПа показал, что данные изменения имеют линейный характер и могут быть описаны уравнением следующего вида:

$$T_{p} = T_{o} + k'P, \quad (18)$$

где T_{o} – начальная температура, 293 °К;

k' – коэффициент пропорциональности, равный $3{,}25 \cdot 10^{-8}$ К/Па.

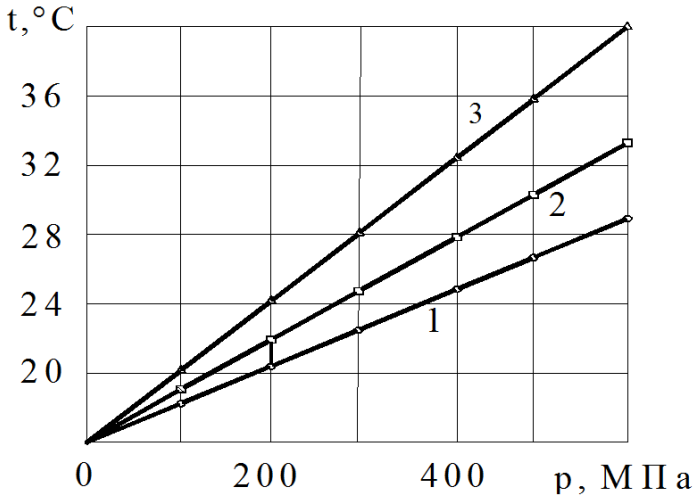


Рисунок 1 – Зависимости изменения температуры продуктов от давления:
1 – мышечная ткань свинины; 2 – яичный белок; 3 – яичный желток

Тогда величина, на которую изменится температура, например, желтка, будет составлять:

$$\Delta T = T_p - T_o = k'P. \quad (19)$$

С учетом (19) решением уравнения (14) будет:

$$Q_p = c_p \Delta T V_{ж} \rho_{ж} = 316 \text{ Дж}. \quad (20)$$

В ходе проведения сравнительного анализа между энергией, передающейся в процессе работы, и энергией, выделяющейся при сжатии, было замечено, что выделяемая энергия из продукта является большей, чем подводимая. Это можно объяснить воздействием давления на внутренние химические реакции и повышением температуры при сжатии. Результаты экспериментальных исследований изменения температуры в процессе обработки белка, желтка и мяса высоким давлением представлены на рисунке 2.

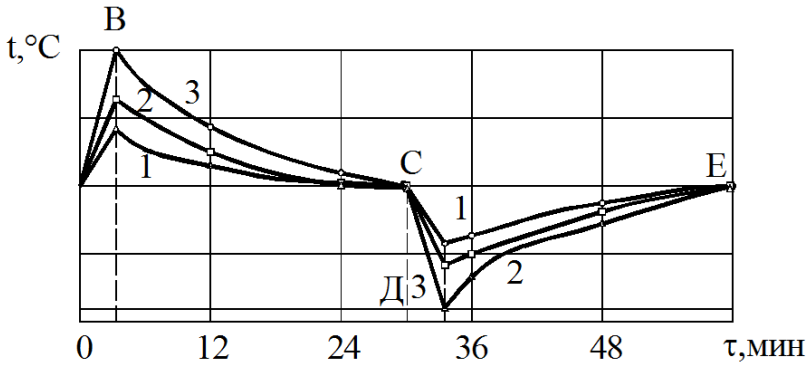


Рисунок 2 – Зависимость изменения температуры продуктов при обработке высоким давлением от времени:
1 – мышечная ткань свинины; 2 – яичный белок; 3 – яичный желток

Экспериментальные значения точек, приведенных на графике, соответствуют среднему значению параметра, полученному при пятикратной повторяемости каждого измерения. Участок кривых 0-В соответствует нагружению исследуемых образцов высоким давлением; часть энергии превращается в теплоту и как результат, повышается температура продукта. Участок кривой В-С – выдержка образцов под давлением – температура образцов снижается

за счет теплообмена с окружающей средой. На участке С-Д – сброс давления – имеет место резкое снижение температуры. Это обусловлено тем, что часть внутренней энергии расходуется на восстановление объема, т. е. упругую деформацию и на участке кривой Д-Е температура образцов увеличивается до температуры окружающей среды.

Выводы. После проведения теоретического анализа процессов обработки различных пищевых продуктов, используя методы передачи энергии, такие как тепловая обработка и обработка с использованием высокого давления, а также ряд экспериментальных исследований модельных материалов, было установлено, что для готовки продукта потребуется в 3,4 раза меньше энергии при обработке с использованием давления, чем при тепловой обработке. Кроме того, был подробно проанализирован характер изменения температуры обработанных образцов при использовании высокого давления.

Исследования в данном направлении будут продолжены с целью определения рациональных параметров процесса обработки пищевых продуктов высоким давлением, опытного определения сроков хранения и реализации продуктов, обработанных давлением и оценки их потребительских характеристик.

Список использованной литературы:

1. *Катанаева Ю.А., Соколов С.А., Севаторов Н.Н.* Современное состояние технологий с использованием высокого давления для обработки пищевых продуктов // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2022. № 3. С. 143-161.
2. *Сукманов В.О., Соколов С.А., Головінов В.П., Декань О.О., Сабіров О.В.* Розробка автоматизованого експериментального комплексу для обробки продуктів високим тиском // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. / Голов. ред. О.О. Шубін. Донецьк: ДонНУЕТ, 2006. Вип. 14. С. 65-71.
3. Патент № 83643 Украина. Способ производства ветчины куриной «Дуэт» с использованием высокого давления / В.А. Сукманов, С.А. Соколов, Н.Н. Севаторов, А.А. Декань, А.В. Гура, Д.С. Афенченко, Ю.А. Селезнева. МПК A22C7/00. № u201302473. Бюл. № 18/2013. 2 с.
4. *Cengel Y.A., Boles M.A.* Introduction to Thermodynamics and Heat Transfer. 5th ed. McGraw-Hill, 2018. P. 62-63.
5. *Malkin A.Y., Raizer Y.P.* Viscosity of Solids // Journal of Applied Mechanics. 2002. № 69 (5). P. 732-733. DOI: 10.1115/1.1471338.
6. *Bird R.B., Armstrong R.C., Hassager O.* Dynamics of Polymeric Liquids: Volume 1, Fluid Mechanics. 2nd ed. Wiley-Interscience, 1987.
7. *Incropera F.P., DeWitt D.P.* Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 7th ed. Wiley, 2013.
8. *Bhat Z.F., Kumar S.* High pressure processing technology: A review // Journal of Food Processing and Preservation. 2020. № 44 (5). e14444. DOI: 10.1111/jfpp.14444.
9. *Kudryashova E.V., Rudakov S.V., Melnikov V.M.* High-pressure processing of egg yolk as a model protein foodstuff: Effect on acid phosphatase residual activity and physicochemical properties // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2019. № 54. P. 64-71. DOI: 10.1016/j.ifset.2019.03.003
10. *Афенченко Д.С., Севаторов Н.Н., Яшонков А.А.* Исследование распределения температуры в камере высокого давления // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2022. № 2. С. 149-170.

References:

1. Katanayeva Yu. A., Sokolov S.A., Sevatorov N.N. Sovremennoye sostoyaniye tekhnologiy s ispol'zovaniyem vysokogo davleniya dlya obrabotki pishchevykh produktov [The current state of technology using high pressure for processing food products], *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Maritime Technological University], 2022, no. 3, pp. 143-161. (In Russian).

2. Sukmanov V.O., Sokolov S.A., Holovinov V.P., Dekan′ O.O., Sabirov O.V. Rozrobka avtomatyzovanoho eksperymental′noho kompleksu dlya obrobky produktiv vysokym tyskom [Development of an automated experimental complex for high-pressure processing of food products]. *Tematychnyj zbirnuk naukovyh prats «Obladnannya ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv»* [Thematic collection of scientific works “Equipment and technologies of food production”]. Donetsk, DonNUET Publ., 2006, vol. 14, pp. 65-71. (In Ukrainian).
3. Sukmanov V.A., Sokolov S.A., Sevatorov N.N., Dekan' A.A., Gura A.V., Afenchenko D.S., Selezneva Yu.A. Sposob proizvodstva vetchiny kurinoy «Duet» s ispol'zovaniyem vysokogo davleniya [Method for producing “Duet” chicken ham using high pressure]. Patent Ukraine no. 83643, MPK A22C7/00, no. u201302473, 2013, 2 p. (In Russian).
4. Cengel Y.A., Boles M.A. *Introduction to Thermodynamics and Heat Transfer*. 5th ed. McGraw-Hill, 2018, pp. 62-63. (In English).
5. Malkin A.Y., Raizer Y.P. Viscosity of Solids. *Journal of Applied Mechanics*, 2002, no. 69 (5), pp. 732-733. (In English). DOI: 10.1115/1.1471338.
6. Bird R.B., Armstrong R.C., Hassager O. *Dynamics of Polymeric Liquids: Volume 1, Fluid Mechanics*. 2nd ed. Wiley-Interscience, 1987. (In English).
7. Incropera F.P., DeWitt D.P. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. 7th ed. Wiley, 2013. (In English).
8. Bhat Z.F., Kumar S. High pressure processing technology: A review. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2020, no. 44 (5), e14444. (In English). DOI: 10.1111/jfpp.14444.
9. Kudryashova E.V., Rudakov S.V., Melnikov V.M. High-pressure processing of egg yolk as a model protein foodstuff: Effect on acid phosphatase residual activity and physicochemical properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2019, no. 54, pp. 64-71. (In English). DOI: 10.1016/j.ifset.2019.03.003.
10. Afenchenko D. S., Sevatorov N. N., Yashonkov A. A., Issledovaniye raspredeleniya temperatury v kamere vysokogo davleniya [Research on the Temperature Distribution in a High Pressure Chamber]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Maritime Technological University], 2022, no. 2, pp. 149-170. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

Соколов Сергей Анатольевич	д-р техн. наук, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 sokoloff1906@mail.ru
Sokolov Sergey Anatolievich	Dr. Sci. (Engin.), Professor of the Department of Machines and Apparatuses for Food Production Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 sokoloff1906@mail.ru
Красногрудов Александр Васильевич	канд. техн. наук, заведующий кафедрой «Пожарная безопасность» Луганский государственный университет им. Владимира Даля 291040, Луганская Народная Республика, г. Луганск, кв. Молодежный, 20 krasnogrudov@mail.ru
Krasnogrudov Alexander Vasilievich	Ph.D. (Engin.), Head of the Department of Fire Safety Luhansk State University named after Vladimir Dahl 291040, Luhansk People's Republic, Lugansk, sq. Youth, 20 krasnogrudov@mail.ru

Севаторов Николай Николаевич
канд. техн. наук, доцент кафедры машин и аппаратов пищевых производств
Керченский государственный морской технологический университет
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
nicksevatorov@yandex.ru

Sevatorov Nikolai Nikolaevich
Ph.D. (Engin.), Associate Professor at the Department of Machines and Apparatuses for Food Production
Kerch State Maritime Technological University
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
nicksevatorov@yandex.ru

УДК: 532.5; 574.63; 629.3 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.013**

Уколов А. И., Малько С. В., Семенова А. Д.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОКАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ МОРСКОЙ ВОДЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПЛАНКТОННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Аннотация. Применение гидродинамической кавитации для обеззараживания воды имеет экологические и экономические преимущества. В данной работе исследуется микробиоцидная эффективность гидродинамической кавитации, для дезинфекции морской воды. Эксперименты, проведенные в этом исследовании, показывают, что этот метод является перспективной технологией обеззараживания морских балластных вод. Получены значения степени гибели и прочности стенки клетки. Рассмотрен гидромеханический эффект кавитации, который включает динамику полости и турбулентность, а также описаны физико-химические условия поражения микроорганизмов по свободнорадикальному (пероксидному) механизму. В общем, кавитация передовая технология является экологически чистой, поскольку в ней не используются внешние химические вещества, не образуются вредные побочные продукты, она является энергоэффективной, экономичной и может быть расширена для дезинфекции в больших масштабах.
Ключевые слова: зоопланктон, очистка, дезинфекция, гидродинамическая кавитация, балластная вода

Ukolov A.I., Malko S.V., Semenova A.D.

INFLUENCE OF HYDROCAVITATION TREATMENT OF BALLAST SEA WATER ON THE STABILITY OF MICROORGANISMS

Abstract. The use of hydrodynamic cavitation for water disinfection has environmental and economic benefits. This paper investigates the microbiocidal effectiveness of hydrodynamic cavitation for the disinfection of sea water. The experiments carried out in this study show that this method is a promising technology for the physicochemical disinfection of marine ballast water. The values of the degree of death and strength of the cell wall were obtained. The hydromechanical effect of cavitation, which includes cavity dynamics and turbulence, is considered, and the physicochemical conditions for damage to microorganisms by the free radical (peroxide) mechanism are described. In general, cavitation advanced technology is environmentally friendly because it does not use external chemicals, does not generate harmful by-products, is energy efficient, economical, and can be scaled up for disinfection on a large scale.
Keywords: zooplankton, cleaning, disinfection, hydrodynamic cavitation, ballast water.

Введение. Кавитация – это явление образования, роста и схлопывания микропузырьков внутри жидкости. При гидродинамической кавитации изменение давления происходит в текущей жидкости. Паровая полость может образоваться в любом месте, где локальное давление снижается до давления насыщенных паров при температуре протекающей жидкости. Повышение скорости приведет к дальнейшему падению давления и увеличению плотности пузырьков. Восстановление давления происходит ниже по течению, где пузырьки схлопываются, создавая импульс давления. Если содержание газа внутри полости достаточно мало, давление может быть порядка нескольких сотен бар, что достаточно для разрыва биологических составляющих воды. Эта технология может служить для очистки и обеззараживания сточных вод, образующихся в результате различной антропогенной деятельности. Помимо превращения загрязненной воды в воду для питьевого назначения, она может найти применение при очистке судового балласта.

Балластная вода использовалась во всем мире с начала 20-го века для обеспечения устойчивости, маневренности и эффективности движения. Однако сброс водяного балласта в различных районах может поставить под угрозу водные экосистемы, муниципальные и

промышленные водозаборы, пищевые ресурсы и здоровье человека. Ущерб, причиняемый увеличением числа экзотических видов, переносимых с водяным балластом, в целом классифицируется следующим образом: в секторе рыболовства вторжение водных видов влияет на производство промыслового вылова из-за конкуренции, хищничества или изменения среды обитания, в то время как вредные водоросли ставят под угрозу качество продукции морской аквакультуры; в туристическом секторе экзотические виды могут вызывать загрязнение или издавать неприятные запахи на пляжах, влияя на рекреационную деятельность; в экологическом секторе местные виды замещаются или даже исчезают, что приводит к утрате биоразнообразия; в секторе здравоохранения экзотические виды или интродуцированные патогены могут быть токсичными, что приводит к экономическим и социальным потерям, включая косвенные потери, такие как стоимость решения проблемы (мониторинг, управление, исследования, и т. д.) [1].

Основные четыре системы управления балластными водами, используемые во всем мире, входят ультрафиолетовое излучение (45 %), электролиз (28 %), деоксигенация (7 %) и озон (5 %). Преимущества и недостатки каждого метода лечения приведены в таблице 1 [2, 3].

Таблица 1 – Преимущества и недостатки методов обработки [2, 3]

Метод	Преимущества	Недостатки
Ультрафиолетовое излучение	Экологически чистый	Мутность воды влияет на ее способность
	Короткое время обработки	Воздействие ультрафиолета может быть вредным
	Эффективен для микроорганизмов	
	Простота установки и обслуживания	
	Эффективен при различных уровнях солености и температур	
Электролиз	Сильная убийственная способность	Балластная вода нуждается в нейтрализации перед сбросом
	Может работать с различной соленостью	Риск химического воздействия на экипаж корабля
	Эффективен для широкого спектра организмов	Эффективность зависит от качества воды
	Не требует много места	Сложный в установке и обслуживании
		Низкая эффективность при низких уровнях солености или температуры
Деоксигенация	Не нужно нейтрализовать	Длительное время обработки
	Не нужно беспокоиться о коррозии в цистерне балластной воды	Высокая эксплуатационная стоимость
	Низкая частота обслуживания	
Озон	Сильная убийственная способность	Высокая эксплуатационная стоимость
	Эффективен для микроорганизмов	Высокая стоимость обслуживания
		Высокая частота обслуживания
		Токсичные химикаты
		Балластная вода нуждается в нейтрализации перед сбросом

Большинство применяемых систем используют очистку балластных вод при приеме (например, системы, использующие активные вещества и не включающие в свою работу нейтрализующие реагенты), в то время как некоторые системы могут обрабатывать

балластные воды, как при приеме, так и при сбросе (например, УФ технологии, системы, использующие активные вещества в сочетании с нейтрализующими агентами, используемыми непосредственно перед сбросом, большинство механических методов), а часть систем выполняет очистку во время рейса (системы, использующие в своей работе процесс оксигенации). В большинстве применяемых систем используется предварительная очистка (например, фильтрация или комбинация фильтрации и гидроциклонов).

Выбор и установка системы очистки балластных вод является сложной задачей, на решение которой влияют различные факторы, такие как характеристики судна, технология очистки и производительность системы.

Гидродинамическая кавитация (ГК) – еще один эффективный метод физической обработки, недавно разработанный Национальным институтом океанографии Индии для обработки балластных вод [4]. Этот метод будет внедрен и опробован на кораблях в ближайшем будущем. Наиболее заметными механическими эффектами ГК считаются турбулентность, являющаяся следствием высокоскоростных струй жидкости; столкновение микроорганизмов с твердыми поверхностями; скорость сдвига, производимая в близлежащих областях; струи и ударные волны, образующиеся при взрыве пузырьков. С физической точки зрения существует три основных типа кавитации в воде: паровая кавитация, парогазовая кавитация и газовая кавитация.

Основным параметром, описывающим процесс кавитации, является кавитационное число (1). Он рассчитывается по следующему уравнению [5, 6]:

$$\sigma = \frac{2(p_0 - p_v)}{\rho v^2} \quad (1)$$

где ρ – плотность жидкости, p_0 – характеристическое давление, p_v – давление насыщенного пара жидкости, υ – скорость потока.

С уменьшением кавитационного числа σ возрастает возможность возникновения кавитации.

Гидродинамическая кавитация очень эффективна в уничтожении микроорганизмов и микрозагрязнителей, безвредна для окружающей среды и проста в обращении. Она не требует никаких дорогих деталей, хранения химикатов, использует меньше площади для всей установки фильтрации и дезинфекции, меньше энергии, проста в обслуживании [4]. Установлено, что технология кавитации вызывает проблемы при скорости откачки выше 5000 м^3/ч, нарушении требований по охране труда и технике безопасности, а также целостности корпуса при многократном воздействии высокоскоростной волны [7]. Кавитация является устоявшейся технологией в лабораторных масштабах, и требуются дополнительные усилия для эффективного внедрения этой технологии в эксплуатацию судов. Кроме того, эксплуатационные расходы гидродинамической технологии высоки, но при оптимальном подборе рабочих параметров и методов можно получить больше общих преимуществ. Таким образом, **целью данной** работы является экспериментальное исследование влияния гидродинамической кавитации на устойчивость планктоных организмов, находящийся в морской воде.

Материалы и методы исследования. В эксперименте использовался естественная морская вода, набранная в районе Керченского пролива. Время между забором проб и обработкой воды гидродинамической кавитацией не превышало 1 часа. Кавитация в потоке жидкости создавалась по схеме, описанной в работах [8, 9]. Морская вода при помощи центробежного насоса через специальное сопло-кавитатор нагнеталась в емкость, которая соединена с входом насоса. Давление на входе в сопло-кавитатор 4,4 атм. Расход Q = 36 л/мин. Диметр сопла d = 4 мм. Объем воды 12 л. Отбор проб для микроскопического анализа осуществлялся каждые 15 мин. Общее время обработки 60 мин. Эксперимент повторялся 3 раза с временным интервалом один месяц (декабрь-январь-февраль).

Для микроскопических наблюдений отбирались усредненные пробы, которые помещались на предметные и накрывались покровными стеклами в шести повторениях

каждой пробы, а затем изучались под микроскопом (Ломо «Микромед-5») на предмет целостности клеток и наличия подвижных форм микроорганизмов. Проявление движения фиксировался с помощью видеоокуляра HDMI VGA 18MP HD USB TF. По видеозаписи выполнялся подсчет перемещающихся форм на единицу площади. Результирующее значение находилась как среднее арифметическое из шести проб и трех экспериментов. Эти исследования выполнялись с интервалом 1, 24 и 48 часов после обработки кавитацией.

Результаты исследования и их обсуждение. На рисунке 1 показаны микроскопические фотографии высокоскоростной съемки, последовательно полученные с одного и того же участка наблюдений. Время обработки кавитацией 15 мин. В морской воде наблюдается подвижные формы микроорганизмов. Желтыми стрелками на рис. 1, *а-е* показано перемещение планктона. По истечении 1 часа живые (движущиеся) микроорганизмы обнаруживались во всех образцах морской воды после гидродинамической кавитации продолжительностью обработки менее 30 мин.

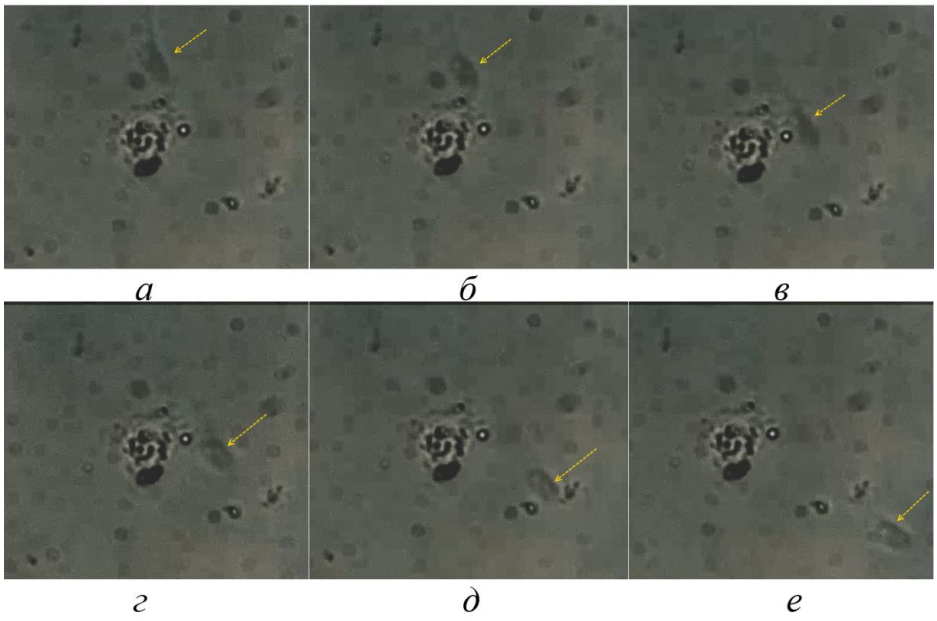


Рисунок 1 – Последовательные оптические снимки морской воды после обработки гидродинамической кавитацией 15 мин; временной интервал между *а-е* равен 1 с; увеличение×400

На рисунке 2 показаны микроскопические фотографии различных участков образца воды после 45 мин (рис. 2, *а, б*), и после 60 мин (рис. 2, *в, г*) обработки гидродинамической кавитацией. Увеличение времени воздействия кавитационных пузырьков на морскую воду интенсивно снижает численность живых форм планктона. Через 45 мин в пробах морской воды наблюдались единичные движущиеся представители планктона, но уже после 60 мин ГК они отсутствовали во всех пробах. Кроме того, наблюдаются фрагменты клеток отдельных микроорганизмов (рис. 2). Количественно зависимость число наблюдаемых подвижных микроорганизмов на $см^2$ от времени обработки ГК показана на рис. 3.

Рассмотрим механизм разрушения клеток, происходящий из-за кавитации. Экспериментальные данные [10, 11] свидетельствуют о том, что разрушение клетки будет происходить за счет одновременного сочетания нескольких воздействий, таких как высокоскоростная струя, ударная волна, и турбулентность в результате схлопывания кавитационного пузырька.

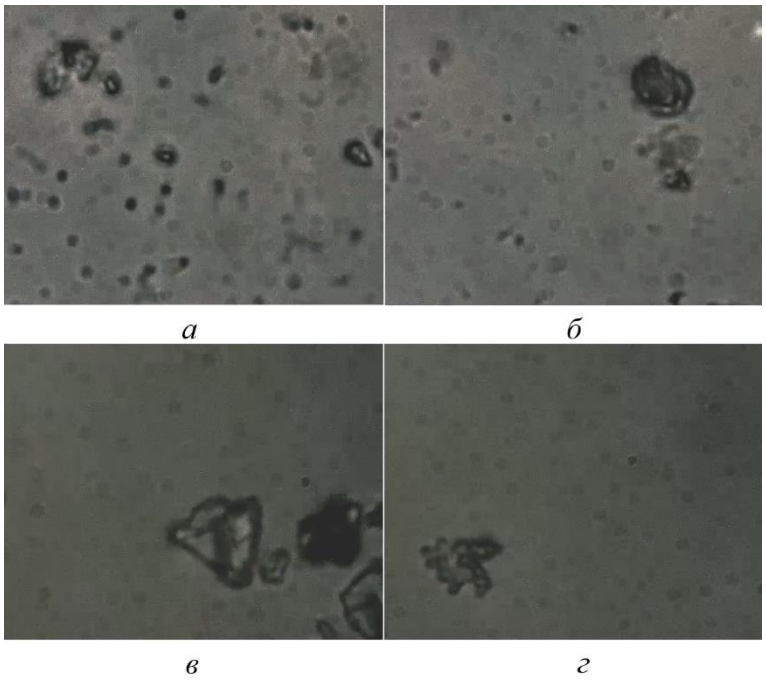


Рисунок 2 – Оптические снимки морской воды после обработки гидродинамической кавитацией, *а*, *б* – 45 мин, *в*, *г* – 60 мин; увеличение×400

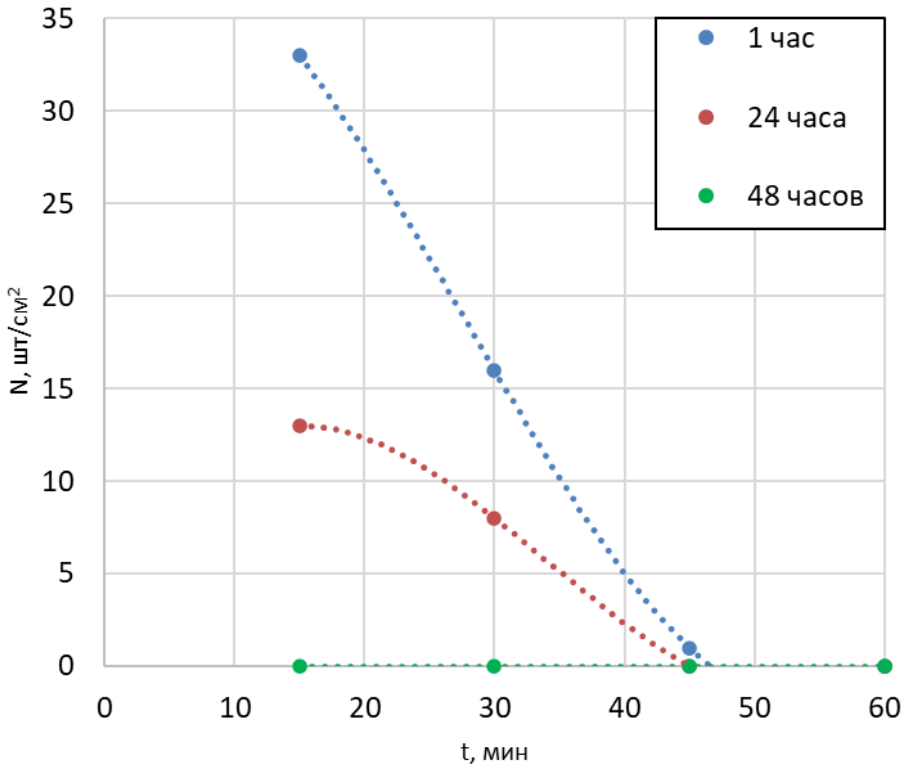


Рисунок 3 – График зависимости количества подвижных микроорганизмов на единицу площади от времени обработки ГК

Полость вблизи твердой поверхности принимает форму быстро ускоряющейся струи жидкости, что приводит к асимметричному схлопыванию, создавая тем самым высокоскоростную струю и турбулентность с высокой энергией. Присутствие клеток планктона, размер которых сопоставим с размером полости, также может привести к асимметричному коллапсу. Однако вся энергия, передаваемая ударной волной, микроструей

или турбулентностью, в результате рассеивается в жидкости в виде вязкой диссипации и, в конечном счете, в виде тепловой энергии. Мы основываем нашу модель разрушения клеток на вязком напряжении, создаваемом полостью. В литературе нет корректной информации о прочности клеточной стенки планктона. Для получения эмпирического уравнения степени гибели микроорганизмов X сопоставим напряжение, создаваемое полостью Δp_{cavi}, с прочностью стенки клетки S_{cell} на основе результатов, полученных в ходе настоящих экспериментов. Степень гибели оценим как:

$$X = \frac{N_i - N_{i+1}}{N_i} \quad (2)$$

где N_i и N_{i+1} – численность живого планктона для двух последующих этапов обработки ГК. Из рисунка 3 следует:

$$X = \frac{33-16}{33} = 0{,}51.$$

Для объема используемой воды 12 л при расходе Q = 36 л/мин система совершит 3 прогона. За 15 мин – 45 раз морская вода пройдет через сопло-кавитатор. Тогда степень гибели микроорганизмов за один цикл обработки составит 0,0113.

С другой стороны в [12] представлено уравнение для прогнозирования степени разрушения клеток X при однократном прохождении морской воды через кавитационное устройство.

$$X = Ke^{-\frac{S_{cell}}{\Delta p_{cavi}}}. \quad (3)$$

Средняя по времени скорость диссипации турбулентной энергии ε связана с напряжением Δp_{cavi}, которое будет создаваться в окружающей жидкости, как [10]

$$\Delta p_{cavi} = \sqrt{\rho \mu \varepsilon}, \quad (4)$$

где ρ = 1030 кг/м^3 – плотность морской воды, μ = 1,002 мПа·с – динамическая вязкость. Мгновенные скорости рассеяния энергии турбулентности ε(t) можно оценить, зная мгновенную кинетическую энергию k(t) турбулентности и типичный размер турбулентного вихря l:

$$\varepsilon(t) = \frac{k(t)^{\frac{3}{2}}}{l}. \quad (5)$$

Размер вихря l можно принять равным усредненному по времени радиусу полости, а кинетическую энергию определить через расход Q и диаметр сопла d.

$$k(t) = \frac{v^2}{2} = \frac{Q^2}{2S^2} = \frac{Q^2}{2S^2} = \frac{8Q^2}{\pi^2 d^4}. \quad (6)$$

С учетом гидродинамических и геометрических характеристик:

$$k(t) = \frac{8 \cdot 36^2 \cdot 10^{-6}}{60^2 \cdot \pi^2 \cdot 4^4 \cdot 10^{-12}} = 1920 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

Объедения формулы (4-6) получим $\Delta p_{cavi} \approx 30$ кПа. Приравнивая выражения (2) и (3) получим прочностью стенки клетки S_{cell}

$$S_{cell} = ln\frac{K}{X} \cdot \Delta p_{cavi} = ln\frac{5{,}5}{0{,}0113} \cdot 30 \cdot 10^3 = 185 \text{ кПа}$$

ГК может адекватно контролировать уровень концентрации зоопланктона, бактерий и микроводорослей [12]. Для использования влияния ГК на морские организмы в водяном балласте в реальных условиях эксплуатации судов достаточно системы, состоящей из насоса, способного развивать давление нагнетания от 4 до 10 атм и проточное кавитационное устройство. Расход и давление жидкости в основной линии можно регулировать клапанами, расположенными как на основной, так и на байпасной линии. В работе [12] с помощью устройства ГК, состоящего из проточного кавитационного элемента с одним отверстием, если балластная вода проходила через него только один раз, может быть достигнуто уменьшение количества зоопланктона на 57 % (размер >50 мкм), уменьшение количества фитопланктона на 24 % (размер >10 мкм) и уменьшение количества свободноживущих бактерий на 43 %. Прочность стенок зоопланктона составляла S_{cell}=117 Па, значение очень низкое, это отмечают и сами авторы [12]. Подобное напряжение трудно отличить от нормального атмосферного 100 кПа, а в потоке жидкости его можно достигнуть при скорости 0,5 м/с.

В данном исследовании при многократном прохождении морской воды (более 30 мин) через кавитационное устройство с расходом 36 л/мин, может быть достигнуто уменьшение количества планктона на 99,9 %, что составляет 1,13% за один проход. Прочность клеток в таком случае составляет S_{cell}=185 кПа (с учетом атмосферного). Данная величина согласуется с гидродинамикой эксперимента.

Следует отметить, что кавитационное воздействие на морскую воду имеет пролонгированный эффект, по отношению к организмам планктона. Через 24 часа в пробах, отобранных после обработки 15 мин, наблюдалось заметное снижение количества подвижных микроорганизмов (рис. 3). При 30 мин воздействия ГК через 24 часа обнаруживались единичные устойчивые виды. Однако, уже через 48 часов в морской воде полностью отсутствовало наблюдаемое ранее движение микроорганизмов. Следовательно, для достижения очистки балластной воды достаточно 15 мин воздействия ГК, если после обработки выждать не менее 48 часов. Предполагаемый нами механизм этого явления изложен ниже.

Гидродинамическая кавитация может влиять на физико-химические и химические свойства воды, особенно на концентрацию протонов (H^+) и гидроксидных ионов (OH^-) за счет пульсаций пузырьков, которые могут возникать с большой амплитудой при определенных условиях, таких как высокие температуры пузырьков, превышающие 5000° С, высокие локальные давления, изменение pH среды. Одним из наиболее заметных химических эффектов ГК является образование $OH^{\bullet}$, нестабильного свободного радикала, обладающего высокой химической активностью. Гидроксид-радикал практически не участвует в образовании других активных форм кислорода, однако является важным фактором окислительной модификации многих клеточных структур. Он может окислять молекулы белков и липидов, особенно активно атакуя мембранные липиды, которые содержат ненасыщенные двойные связи. Этот процесс приводит к образованию липидных гидроперекисей и изменению свойств клеточных мембран [13]. Гидроксид-радикал вызывает разрыв связей в молекуле ДНК, что может вызывать глубокие повреждения генетического аппарата клеток [14]. Известно, что константы скоростей его взаимодействия с большинством биологически важных молекул близки к диффузионным. Также вследствие высокой химической активности гидроксид-радикала, время его жизни в клетке составляет 100 нс, а расстояние, которое он может пройти от места образования до места взаимодействия с мишенью ~100 нм. Также гидроксид радикал может реагировать со своими аналогами с образованием окислителя умеренной силы, перекиси водорода (H_2O_2). Поэтому мы предполагаем, что в значительной мере поражение микроорганизмов происходит по свободнорадикальному (пероксидному) механизму [1-3].

$$H_2O \rightarrow^{\text{ГК}} H^{\bullet} + OH^{\bullet} \quad (7)$$

$$OH^{\bullet} + OH^{\bullet} \rightarrow H_2O_2 \quad (8)$$

$$\text{Микроорганизмы} + OH^{\bullet} \rightarrow CO_2 + H_2O + \text{Промежуточные продукты разложения} \quad (9)$$

Образование гидроксидных радикалов гидродинамической кавитацией, их интенсивность и скорость формирования зависят от факторов и условий реактора. Большая часть эффекта ГК связана с кавитационным давлением.

Степень гибели по свободнорадикальному (пероксидному) механизму, рассчитанная согласно (2), составляет X = 0,61 за 24 часа. Если учесть, что один прогон морской воды через сопло-кавитатор длится 20 с, то степень гибели за это же время отстоя после кавитации составит: X = 0,0084. Таким образом, влияние гидроксид-радикала на структуру клеток имеет не менее существенный эффект, чем механическое воздействие.

Выводы. Несмотря на то, что гидродинамическая кавитация (ГК) имеет обширную область применения, такую как химическая промышленность, биология, машиностроение, гидравлика, она представляет собой относительно новую и недостаточно изученную технологию. В данной работе рассмотрено влияние гидродинамической кавитации на устойчивость организмов планктона, находящихся в морской воде, и рассматривается несколько механизмов разрушения клеток. Кавитация, происходящая в системе, может вызывать несколько эффектов, таких как высокоскоростная струя жидкости, ударная волна и турбулентное напряжение сдвига, которые ответственны за механическое повреждение клеток. Кроме того, созданные кавитационные полости разрушаются, генерируются высокая температура и давление. В этих условиях образуются гидрооксидные радикалы, которые способны разрушать биомембраны и макромолекулы, тем самым угнетать физиологическую и биохимическую активность клеток микроорганизмов. Этим эффектом обусловлена гибель планктона после активного действия ГК. Данная технология использования повреждающего действия пероксидного окисления жидких кавитационных сред может считаться малоотходной и экологически чистой за счет биоразлагаемости различных органических соединений.

Гидрокавитационная обработка – актуальное предложение для рынка судоходства, как этап системы очистки балластных вод. Наиболее эффективными системами являются те, в которых используется комбинация двух или более различных технологий. Большинство одобренных типов систем очистки балластных вод используют активные вещества для повышения их эффективности, что может представлять опасность для экипажа и окружающей среды, а также увеличивать общую стоимость системы. Технологии очистки балластных вод, не использующие в своем рабочем процессе никаких химикатов, могут быть более приемлемой альтернативой с экономической, экологической и точки зрения безопасности.

К настоящему времени ГК показала очень высокую эффективность снижения численности планктона. Обработка безвредна для окружающей среды и проста в обращении для экипажа. Кроме того, использование ГК не требует дорогих деталей или какого-либо специального обслуживания. Из приведенного выше обсуждения следует, что устройства ГК, возможно, в сочетании с некоторой механической предварительной обработкой и без добавления каких-либо химических веществ, потенциально могут сыграть важную роль в области очистки балластных вод в самом ближайшем будущем.

Список использованной литературы:

1. *Gollasch S.* Overview on introduced aquatic species in European navigational and adjacent waters // Helgoland Marine Research. 2005. Vol. 60. P. 84-89.
2. *Cvetković M., Kompare B. Klemenčič A. K.* Application of hydrodynamic cavitation in ballast water treatment // Environmental Science and Pollution Research. 2015. Vol. 22. P. 7422-7438.
3. *Šateikienė D., Janutėnienė J., Bogdevičius M., Mickevičienė R.* Analysis into the selection of

a ballast water treatment system // Transport. 2015. Vol. 30. Iss.2. P. 145-151.
4. *Pandit A.B., Mukherjee A.C., Sangave P.P.* Water treatment Using Hydrodynamic cavitation // Indian J. Geo-MarineSci. 2014. Vol. 43. Iss. 11. P. 2033-2041.
5. *Omelyanyuk M., Pakhlyan I., Ukolov A., Bukharin N., El Hassan M.* Experimental and numerical study of cavitation number limitations for hydrodynamic cavitation inception prediction // Fluids. 2022. Vol. 7. № 6.
6. *Ozonek J, Lenik K.* Effect of different design features of the reactor on hydrodynamic cavitation process // Arch. Mater. Sci. Eng. 2011. Vol.52. P.112-117.
7. *Gregg M., Rigby G., Hallegraeff G.* Review of two decades of progress in the development of management options for reducing or eradicating phytoplankton, zooplankton and bacteria in ship's ballast water // J. Aquatic Invasions. 2009. Vol. 4. Iss.3. P. 521-565.
8. *Уколов А.И., Семёнова А.Д.* Гидрокавитационная подготовка морской воды для применения в тепломассообменном оборудовании пищевых производств // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2021. № 4. С. 244-260. DOI: 10.47404/2619-0605_2021_4_244.
9. *Уколов А.И., Битютская О.Е.* Установка для кавитационной обработки гидробионтов // В сборнике: Пищевые технологии: исследования, инновации, маркетинг. сборник трудов по материалам I Международной научно-практической конференции, посвященная Году науки и технологий. Керчь, 2021. С. 162-166.
10. *Naude C.F., Ellis A.T.* On the mechanism of cavitation damage by nonhemispherical cavities in contact with a solid boundary // ASME. J. Basic Eng. 1961. Vol. 83. P. 648-656.
11. *Benjamin T.B., Ellis A.T.* The collapse of cavitation bubbles and the pressures thereby produced against solid boundaries // Phil. Trans. Roy. Soc., London, Ser. A. 1966. Vol. 260. P. 221- 240.
12. *Sawant S.S, Anil A.C, Krishnamurthy V., Gaonkar C., Kolwalkar J., Khandeparker L., Desai D, Mahulkar A.V, Ranade V.V, Pandit A.B.* Effect of hydrodynamic cavitation on zooplankton: a tool for disinfection // Biochem Eng J. 2008. Vol. 42. P.320-328.
13. *Владимиров Ю.А*. *Арчаков А.И.* Перекисное окисление липидов. М.: Наука, 1972. 252 с.
14. *Губский Ю.И.* Регуляция перекисного окисления липидов в биологических мембранах // Биохимия животных и человека. 1988. №. 2. С. 72–84.

References:

1. Gollasch S. Overview on introduced aquatic species in European navigational and adjacent waters. *Helgoland Marine Research,* 2005, vol. 60, pp. 84-89. (In English).
2. Cvetković M., Kompare B. Klemenčič A. K. Application of hydrodynamic cavitation in ballast water treatment. *Environmental Science and Pollution Research,* 2015, vol. 22, pp. 7422–7438. (In English).
3. Šateikienė D., Janutėnienė J., Bogdevičius M., Mickevičienė R. Analysis into the selection of a ballast water treatment system. *Transport*, 2015, vol. 30, no.2, pp. 145-151. (In English)
4. Pandit A.B., Mukherjee A.C., Sangave P.P. Water treatment Using Hydrodynamic cavitation. *Indian J. Geo-MarineSci,* 2014, vol. 43, no. 11, pp. 2033-2041. (In English).
5. Omelyanyuk M., Pakhlyan I., Ukolov A., Bukharin N., El Hassan M. Experimental and numerical study of cavitation number limitations for hydrodynamic cavitation inception prediction. *Fluids,* 2022, vol. 7, no. 6, pp. 198-216. (In English).
6. Ozonek J., Lenik K. Effect of different design features of the reactor on hydrodynamic cavitation process. *Arch. Mater. Sci. Eng.*, 2011, vol. 52, pp.112–117. (In English).
7. Gregg M., Rigby G., Hallegraeff G. Review of two decades of progress in the development of management options for reducing or eradicating phytoplankton, zooplankton and bacteria in ship's ballast water. *J. Aquatic Invasions,* 2009, vol. 4, no.3, pp. 521-565. (In English).
8. Ukolov A.I., Semenova A.D. Gidrokavitacionnaya podgotovka morskoj vody dlya primeneniya v teplomassoobmennom oborudovanii pishchevyh proizvodstv [Hydrocavitational treatment of sea water for use in heat and mass transfer equipment for food production]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of KSMTU], 2021, no 4, pp. 244-260. DOI: 10.47404/2619-

0605_2021_4_244. (In Russian).
9. Ukolov A.I., Bityutskaya O.E. Ustanovka dlya kavitacionnoj obrabotki gidrobiontov [Installation for cavitation treatment of hydrobionts]. *Sbornik trudov po materialam 1 Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennaya Godu nauki i tekhnologij «Pishchevye tekhnologii: issledovaniya, innovacii, marketing*» [Food technologies: research, innovation, marketing]. Kerch, 2021. pp. 162-166. (In Russian).
10. Naude C.F., Ellis A.T. On the mechanism of cavitation damage by nonhemispherical cavities in contact with a solid boundary. *J. Basic Eng*., 1961, vol. 83, pp. 648-656. (In English).
11. Benjamin T.B., Ellis A.T. *The collapse of cavitation bubbles and the pressures thereby produced against solid boundaries*. Phil. Trans. Roy. Soc., London, Ser. A., 1966, vol. 260, pp. 221-240. (In English).
12. Sawant S.S, Anil A.C, Krishnamurthy V, Gaonkar C, Kolwalkar J, Khandeparker L, Desai D, Mahulkar A.V, Ranade V.V, Pandit A.B. Effect of hydrodynamic cavitation on zooplankton: a tool for disinfection. *Biochem Eng J*, 2008, vol. 42, pp. 320-328. (In English).
13. Vladimirov Yu.A. Archakov A.I. *Perekisnoe okislenie lipidov* [lipid peroxidation]. M.: Nauka, 1972, 252 p. (In Russian).
14. Gubskij Yu.I. Regulyaciya perekisnogo okisleniya lipidov v biologicheskih membranah [Regulation of lipid peroxidation in biological membranes]. *Biohimiya zhivotnyh i cheloveka* [Animal and human biochemistry], 1988, no. 2, pp.72–84. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

Уколов Алексей Иванович	канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры математики, физики и информатики Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 ukolov_aleksei@mail.ru
Ukolov Alexey Ivanovich	Ph.D. (Phys.-Math.), Associate Professor at the Department of mathematics, physics and informatics Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
Малько Сергей Владимирович	канд. биол. наук, доцент кафедры экологии моря Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
Malko Sergey Vladimirovich	Ph.D. (Biol.), Associate Professor at the Department of Marine Ecology Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
Семенова Анастасия Дмитриевна	студентка 4-го курса направления подготовки «Экология и природопользование» Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 katerina7586@mail.ru
Semenova Anastasiia Dmitrievna	4th year student of the training direction «Ecology and Nature Management» Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 katerina7586@mail.ru

УДК 621.867.52-047.84:621.318.38 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.014**

Фалько А.Л.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЁТА ВИБРОТРАНСПОРТИРУЮЩИХ КОНВЕЙЕРОВ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПРИВОДОМ

Аннотация. Данные исследования освещают вопросы конструирования вибрационных конвейеров с электромагнитным приводом. В процессе работы над созданием таких машин конструкторы знакомятся с разными методами расчётов необходимых им параметров, выбирая при этом те, которые больше подходят под их условия. Варианты производственных условий бесконечны, потому разумнее, стремится к единой методике расчёта, используя универсальную последовательность конструирования. Приведенный обобщающий материал показывает возможность создания подобного алгоритма. При создании алгоритма учтены различные типы электромагнитных вибраторов и схем их крепления к основанию и движущемуся органу машины. Учитываются также: частотные характеристики подаваемого напряжения, мощность вибратора, жёсткость рессор, частота колебаний рабочего органа с грузом и без него, скорость перемещения груза и пределы её изменения за счёт кинематических параметров, габариты машины и возможность её транспортирования на большие расстояния, а также перемещение внутри производственных помещений.
Ключевые слова: вибратор, вибрационный конвейер, перемещение груза, колебания, рабочий орган, электромагнитный привод, расчёт частоты колебаний.

Falko A.L.

FEATURES OF DESIGN AND CALCULATION OF VIBRO-TRANSPORTING CONVEYORSWITH ELECTROMAGNETIC DRIVE

Abstract. These studies highlight the issues of designing vibration conveyors with an electromagnetic drive. In the process of working on the creation of such machines, designers get acquainted with different methods for calculating the parameters they need, while choosing those that are more suitable for their conditions. The options for production conditions are endless, therefore it is more reasonable to strive for a single calculation method using a universal design sequence. The given generalizing material shows the possibility of creating such an algorithm. When creating the algorithm, various types of electromagnetic vibrators and schemes for their attachment to the base and the moving body of the machine were taken into account. Also taken into account are the frequency characteristics of the applied voltage, the power of the vibrator, the stiffness of the springs, the frequency of oscillation of the working body with and without the load, the speed of movement of the load and the limits of its change due to kinematic parameters, the dimensions of the machine and the possibility of transporting it over long distances, as well as movement within the production premises.
Keywords: vibrator, vibration conveyor, cargo movement, oscillations, working body, electromagnetic drive, oscillation frequency calculation.

Введение. Сегодня вибрационные машины и вибрационные методы ведения различных процессов внедрены во все отрасли народного хозяйства. Применение вибрационной техники облегчает трудоёмкие работы, повышает уровень автоматизации и механизации, положительно влияет на интенсификацию технологических процессов, как следствие, повышает производительность и экономическую эффективность [1]. Электромагнитные приводы в вибрационных машинах получили просто ошеломляющее распространение в повседневной жизни человека, начиная с предметов гигиены, телефонов и смартфонов, всегда имеющих вибрационный возбудитель, различного электроинструмента и бытовой техники, заканчивая крупными строительными машинами для прокладки дорог,

приготовления сыпучих и вязких пищевых, технических и строительных сред, уплотнения грунта и т. п. В технологическом оборудовании пищевой и перерабатывающей промышленности, включая рыбоперерабатывающую, количество используемых электромагнитных приводов составит не менее 35 % от числа всех остальных применяющихся в этом оборудовании [2].

Целью исследования является разработка и представление оптимального алгоритма для проектирования и расчёта конструкций конвейеров с электромагнитным приводом, в связи с тем, что в настоящее время применяется большое количеством методов такого конструирования и последовательностей расчёта, а это впоследствии ведёт к сложности ремонта и обслуживания такого технологического оборудования пищевой и рыбоперерабатывающей промышленности.

Главная составляющая вибрационных транспортирующих машин с электромагнитным приводом заключается в электромагнитном вибраторе как основе всей машины. Считается что электромагнитный вибратор это самый совершенный из всех существующих, потому что механические колебания части вибратора, называемого якорем, происходят без всяких промежуточных механизмов, не используется даже процесс вращения. Более простой конструкции нельзя и пожелать, так как в ней отсутствуют: трение скольжение или трение качение, узлы смазки. Это в свою очередь повышает безопасность на производстве и делает простым ремонт и техническое обслуживание. Интенсивность колебаний плавно изменяется напряжением или частотой тока без специальных механизмов [1, 6].

Отрицательным моментом таких машин является высокая частота работы якоря. Как движущегося объекта, частота приблизительно в 25…50 Гц требует достаточной жесткости двигающейся части транспортирующего устройства и ограничения её основных габаритов на один привод.

Учитывая недостатки транспортирующих устройств с электромагнитным приводом, они изготавливаются в виде секций, которые соединены между собой эластичными переходами. Это касается питателей, коротких конвейеров, дозаторов и т. п. Производство вибрационных конвейеров с рабочим органом большой длины является рациональным только в единичных случаях, если, например, необходимо перемещать очень горячие, ядовитые или химически активные материалы с соблюдением строгой их герметизации. Рабочий орган в таком случае должен быть единым герметичным целым объектом.

Самое широкое распространение имеют вибраторы называемые синхронными. Их отличительной особенностью является то, что в саму конструкцию монтируют способ питания электрическим током. Технология изготовления сразу включает в себя тип системы упругости и характерные особенности работы вибратора под нагрузкой [3, 7].

Такие вибраторы разделяют на реактивные вибраторы, вибраторы с выпрямителем и вибраторы с возбуждением. Возбуждение производится с подмагничиванием (от постоянного тока) или с помощью постоянных магнитов. Если подразделять синхронные вибраторы без учёта типа питания электроэнергией, то можно разделить их по принципу действия на однотактные и двухтактные. В первых присутствует один электромагнит, возмущающая сила двигает якорь и рабочий орган по одному вектору, возвратное перемещение происходит за счёт упругой системы, которая в данном случае обеспечивает восстанавливающую силу.

Классифицируют вибраторы и по виду упругой системы, а именно вибраторы со стальными элементами упругости и вибраторы с комбинированными (резинометаллическими и резиново-керамическими) или резиновыми элементами упругой системы [4, 6]. К стальным элементам любой упругой системы можно отнести торсионы, винтовые пружины, рессоры пластинчатые и т. п. Вибраторы также разделяют на вибраторы ударного и безударного (резонансного) действия.

Электромагнитная индукция – это явление, на основе которого разработан новый тип электромагнитных вибраторов большого хода [4, 5], появившихся в настоящее время.

Конструктивные особенности, описанные выше, никак не влияют на принцип

протекания самого процесса вибрационного транспортирования, а значит, выбор любой конструкции для данного случая может определяться лишь экономичностью, удобством в обслуживании и технологичностью производства [7, 8]. Характер действия вибратора серьёзно влияет на устойчивость работы всей конструкции и эффективность всего процесса вибрационного транспортирования. Это означает, что ударный или чисто вибрационный характер исключается из числа общих выше описанных особенностей.

Материалы и методы исследования

Практические исследования производились на экспериментальных вибрационных транспортирующих машинах с электромагнитными приводами ударного действия «FT series» и «BF series» производства DirectIndustry, задачей эксперимента было определение возможности приводов выполнять функции в транспортирующих машинах.

Выводы данных исследований указывали, что выбранные приводы наделены определёнными недостатками в связи с их ударным действием [9].

1) трудно достигать необходимой жесткости рабочего органа, значения жесткости вряд ли осуществимы для вибратора ударного действия;

2) осуществление процесса синфазной работы вибраторов закреплённых на рабочем органе затруднено. Вследствие того, что на одном органе закреплено 2 или 3 вибратора, проявляется нарушение равномерного движения груза по рабочей поверхности органа, наблюдается падение производительности, замедляется транспортирование под малым углом вверх, ускоряется выход из строя рессор;

3) шум от работы вибрационного транспортёра превышает допустимые значения, что нарушает требования по технике безопасности и эргономике машины;

4) по визуальному впечатлению металлоемкость и энергоемкость чрезмерна.

Согласно представленным причинам электромагнитные вибраторы ударного действия в таком варианте малоприменимы.

Рассмотрим схемы широко распространенных электромагнитных вибраторов, которые применимы для использования в приводах транспортирующих установок (конвейеров).

Вибратор однотактный с подключённым выпрямителем изображён на рисунке 1, *а* (схема). Включает в себя: статор (электромагнит), запитанный переменным током, проходящим через однополупериодный выпрямитель, а также якорь. Согласно представленному рисунку ток появляется в обмотке статора на промежуток времени одного полупериода, т. е. якорь притягивается к статору за весь период только раз, его движение изменяет жёсткость элементов упругой системы методом их сжатия или растяжения.

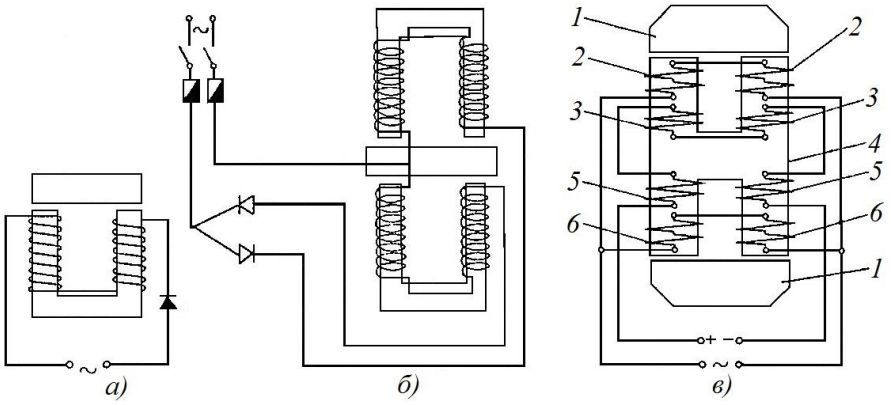


Рисунок 1 – Схемы электромагнитных вибраторов: *а* – однотактный вибратор; *б* – двухтактный вибратор; *в* – двухтактный вибратор (возбуждением постоянным током) [9]

Возвратные силы системы упругости во 2-м полупериоде перемещают якорь относительно статора, при этом частоты вибрации и питающего тока совпадают, что будет удовлетворять работе колебательной системы.

Статор и якорь будут сближаться в каждом полупериоде в момент присутствия

максимальной силы тока, а отдалятся друг от друга в момент малой силы тока, если статор запитан переменным током и выпрямитель в цепи отсутствует, при этом частота вибрации якоря окажется равной 2-м частотам тока. Если учитывать что частота тока в сети 50 Гц, то совершенно точно можно сказать, что рабочий орган такой машины с электромагнитным приводом будет иметь частоту колебаний рабочего органа 100 Гц [10].

Если использовать реактивные вибраторы, то следует отметить, что такие вибраторы нецелесообразны для приводов машин, применяющихся в пищевом машиностроении: у них происходит перемагничивание магнитного провода, что обеспечивает энергетические потери и малый КПД, а жёсткость системы упругости в таком случае должна быть просто запредельной. Использование реактивных вибраторов является логичным только для уплотнения различных пищевых смесей.

На рисунке 1, *б* изображена схема с наличием выпрямителя. Двухтактный вибратор, имеющий статор из двух включённых в одну цепь электрических магнитов, ток переменный, два выпрямителя (по одному на каждый магнит), называется «двухтактная схема выпрямления». В данной схеме воздействие на якорь происходит поочерёдно в каждом полупериоде: один раз одним магнитом, другой раз другим, и частота вибрации якоря равна частоте подаваемого тока, при этом у вибратора наблюдается увеличение мощности [10].

На рисунке 1, *в* изображен подобный вибратор с возбуждением постоянным током. Такой вибратор называют двухтактным вибратором с возбуждением от постоянного тока. Вибратор состоит из сердечника – 4 специальной формы в виде буквы «н», имеет два якоря – 1, которые оба жёстко прикреплены к одному рабочему органу и сам орган является жёстким. В состав вибратора входят 4 катушки переменного тока – 2 и – 6, а также постоянного тока – 3 и – 5.

На рисунке 2, *а* изображены графики магнитных потоков, показывающие способ функционирования выше описанного вибратора, когда переменные магнитные потоки ориентированы на внешний контур системы, они обозначены знаками «+» и «–». Магнитные потоки (которые постоянные) обозначены всегда одинаковыми знаками и направлены встречно. В результате получаем магнитные токи, которые имеют сдвиг по фазе. Такие токи называют «пульсирующими», получаются они сложением магнитных потоков, причём, если складываются потоки постоянные с переменными [11].

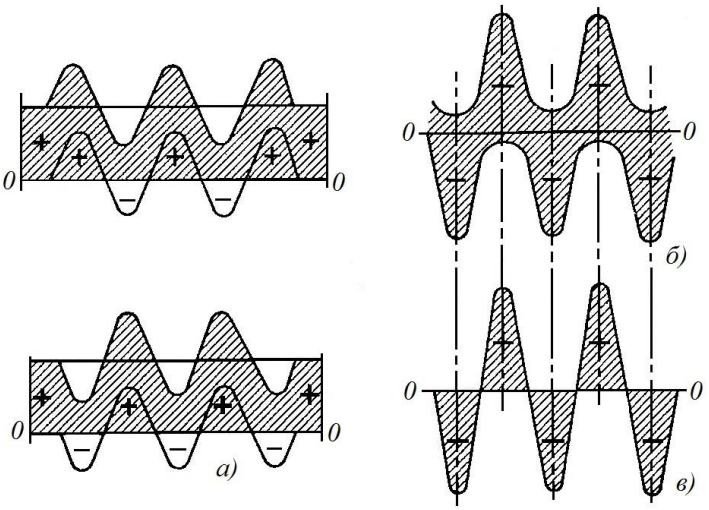


Рисунок 2 – Графики магнитных потоков двухтактного вибратора с возбуждением постоянным стоком [11]: *а* – постоянные и переменные магнитные потоки; *б* – диаграммы сил притяжения для двух половин вибратора; *в* – равнодействующая сила притяжения

На рисунке 2, *б* изображены диаграммы сил притяжения, они показаны для каждой из двух половин вибратора. Таким образом, в каждой половине вибратора показан сдвиг фаз магнитных токов относительно друг друга. На рисунке 2, *в* мы видим гармонический закон, проявляющийся в равнодействующем притяжении двух половин вибратора. Это показывает

возмущающую силу в вибрационном процессе, которая по своей сути повторяет возмущающую силу двухтактного вибратора.

Воздушный зазор между якорем и статором позволяет различать вибраторы «малого хода» и вибраторы с большим перемещением якоря условно. Схемы электромагнитных вибраторов, представленные выше, являются вибраторами «малого хода» у них сумма амплитуд колебаний реактивной и активной масс мала на столько, что не может быть больше величины воздушного зазора. При любой массе рабочего органа у вибраторов, функционирующих на частоте 50 Гц, воздушный зазор не превышает 2…3 мм.

На рисунке 3, *б* представлена схема электромагнитного вибратора большого хода, данный вибратор разработан в институте «Вибротех» [10]. Если сравнить его с представленным выше вибратором, можно заметить, что возмущающая сила, появляющаяся после взаимного действия якорей и сердечника, у вибраторов малого хода направлена вдоль магнитного поля. Это поле проявляется между полюсами сердечника и якорями в воздушном зазоре. Возмущающая сила в вибраторах большого хода направлена поперек магнитного поля, возникающего между полюсами в воздушном зазоре [10]. Из вышесказанного можно заключить, что величина хода может быть ещё меньшей, и она не определяется воздушным зазором. Во время исследований на предприятии «Вибротех» удалось получить ход якорей 10 мм, при самом минимальном воздушном зазоре.

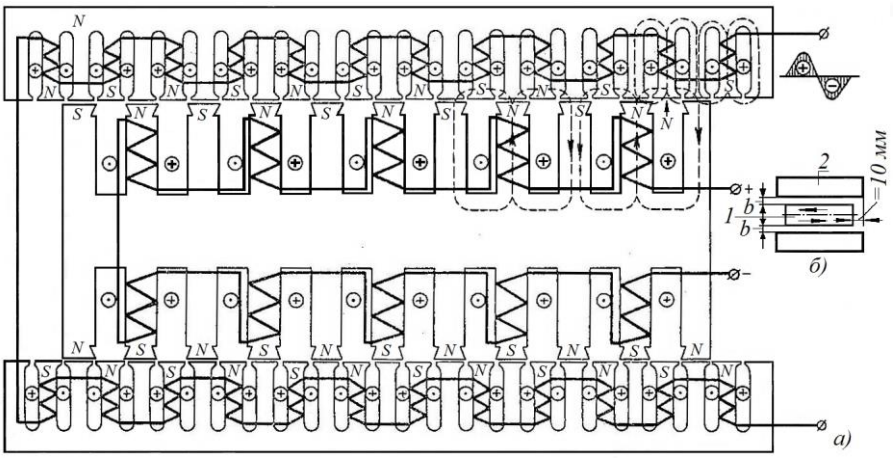


Рисунок 3 – Вибратор большого хода: *а* – принципиальная схема; *б* – схема соединения обмоток, *1* – якорь; *2* – статор [10]

Тип движения рабочего органа, его цикличность определяется типом тока и создаваемого им магнитного поля. Недопустима установка различных электрических устройств с целью смены направления перемещения колеблющихся масс. Процесс смены направлений должен осуществляться только за счёт переменного тока. В результате разная полярность, создающая магнитные потоки, определяет появление возмущающих сил с помощью магнитного поля созданного витками обмотки переменного напряжения [12].

Если удаётся изменять такую техническую величину как фаза обратной электродвижущей силы, которая индуцируется в обмотке переменного напряжения, то можно получать лучные условия функционирования электромагнитного вибратора. С помощью влияния на вышеуказанный электрический параметр, можно получать околорезонансный режим колебаний упругой системы [11, 13].

На рисунке 3, *а* изображена схема вибратора «большого хода», в частности присоединения его обмоток. Частота подающегося тока влияет на направление частоты переменного напряжения в обмотках сердечников, направление тока неизменно только на обмотках якоря.

Во всём мире сегодня серийно производятся и изготавливаются в качестве опытных образцов электромагнитные вибраторы самых альтернативных конструктивных схем и

габаритов, которые создают под различные специфические условия эксплуатации.

Из имеющихся технических источников информации известны все характеристики, конструкции и принципы действия абсолютного большинства иностранных и российских электромагнитных вибраторов. Нас интересуют только те вибраторы, которые пригодны для эксплуатации в виде приводов вибрационного транспортирующего оборудования.

Наиболее распространённый в современном производстве электромагнитный вибратор изображён на рисунке 4. Его электромагнитная система изображена на рисунке 1, в. Вибратор двухтактный и резонансный может использоваться в вибрационных конвейерах, дозаторах, питателях и т. п. Существует 8 моделей, различающихся по габаритам, с показателями мощности 0,062…8 кВт. Изготавливаются с таким вибратором и три модели «трубчатых» конвейеров, отличающихся по габаритам и по производительности: 75, 90 и 120 т/ч. Подобный вибрационный привод наибольшей мощности применяется и в строительном производстве с 2007 года, имея длину 45 м.

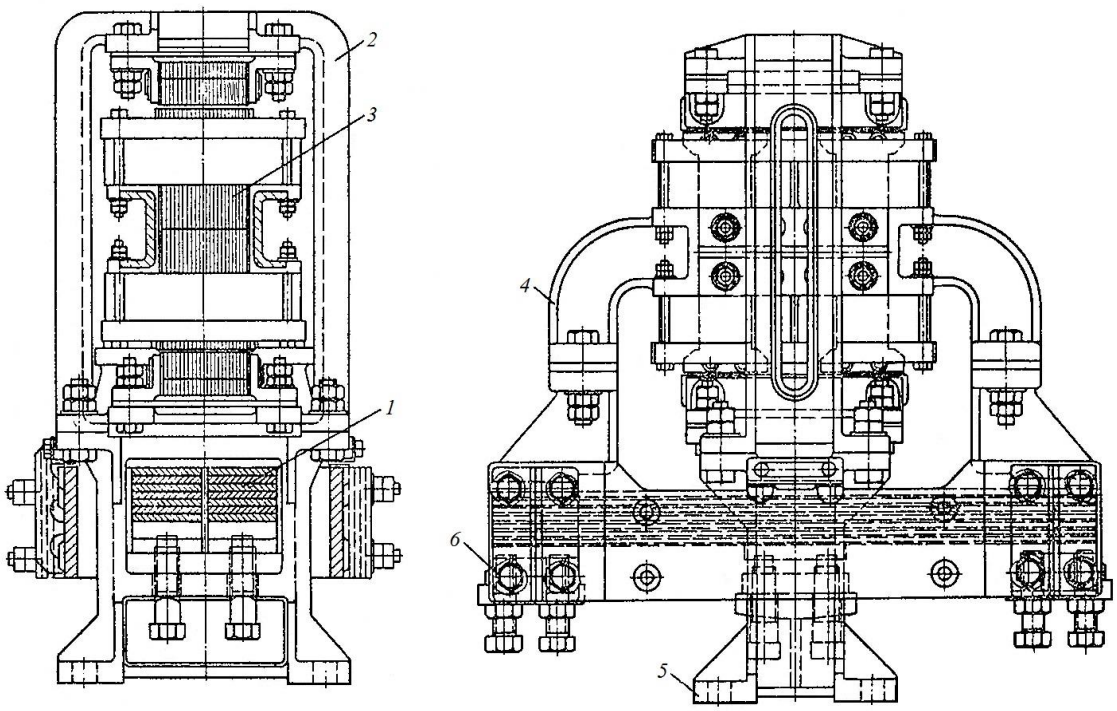


Рисунок 4 – Электромагнитный вибратор постоянного тока с подмагничиванием [8]

Рессоры являются упругой системой вышеописанного вибратора, изображенного на рисунке 4. Рессоры – 1 состоят стальных полос и закреплены внутри корпуса – 6. С помощью траверс – 4 крепится к корпусу – 6 статор – 3, посредством обоймы – 2 якорь крепится к рессорной системе. С обоймой – 2 жестко связан кронштейн – 5, который необходим для жёсткого крепления к рабочему органа.

Главным достоинством рассматриваемого вибратора постоянного тока с подмагничиванием является высокий КПД. Однако следует указать на недостатки, которых в данной конструкции немало. Из конструкции, изображённой на рисунке 4, понятно, что вибратор будет иметь хоть и небольшую, но не устраняемую разбалансированность, упругая рессорная система не может быть более улучшена, следовательно, будет иметь место остаточный магнетизм в сердечниках (гистерезис). Недостаток упругой рессорной системы обеспечит значительные энергетические потери, конструкция не технологична при изготовлении, высокая сложность фигурных деталей, получать которые необходимо точным литьём [14]. Таким образом, данный тип приводов не всегда применим в вибрационных конвейерах.

На рисунке 5 изображена конструкция электромагнитного вибратора типа ВСРД (вибратор сбалансированный, резонансный, двухтактный) [9]. На рисунке 1, *а* показана

схема его электромагнитной системы. Данный электромагнитный вибратор производится именно для вибрационных транспортирующих установок. Электромагниты *2* жёстко установлены в корпусе *3*, который соединён с болтом *5* (как одно целое). Витые пружины *7* являются упругой системой вибратора, в количестве 4 шт. Плита *10,* необходимая для крепления рабочего органа установки, соединяется с опорной плитой *4* посредством опорных шпилек *9* (количество 4 шт.). Шпилька *8* служит для увеличения жесткости плиты *4*. На противоположных частях корпуса *3* смонтированы грузы регулировочные *1*, к плите *4* жёстко прикреплён якорь *6*.

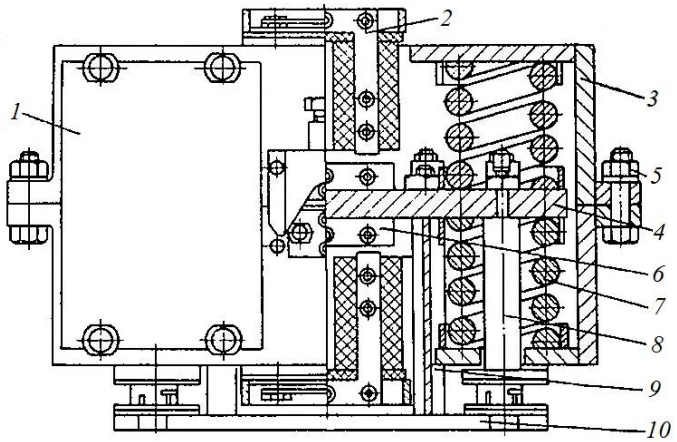


Рисунок 5 – Электромагнитный вибратор типа ВСРД

Среди достоинств вибратора следует отметить отсутствие корпусных деталей сложного профиля, следовательно, для его сборки подходит стальной лист с последующим свариванием. Налицо малые потери на трение, сбалансированность конструкции.

Согласно источнику [14] невысокий коэффициент полезного действия данного вибратора (рис. 5), обоснован применением выпрямителя, что является его основным недостатком. Вибраторы рассматриваемого типа позволяют выбрать наилучший режим работы, близкий к резонансному, это происходит из-за высокой чувствительности конструкции к настройке. Высокая чувствительность обосновывается малым гистерезисом благодаря совершенной упругой системе, состоящей из цилиндрических винтовых пружин. Параметр жёсткости упругой системы изменяется с помощью резьбовых соединений, находящихся на креплении рессор. Применяемая здесь система упругости сохраняет свою жёсткость до конца эксплуатации привода. Пружины в отличие от других упругих систем являются эффективными даже при синфазной настройке нескольких вибраторов с цельным рабочим органом [12, 13].

В конструкции, представленной на рисунке 5, теоретическая прямая, проходящая через центры всех масс колеблющегося объекта – это цель, достижение которой необходимо при конструировании любой вибрационной машины, имеющей электромагнитный привод. Обеспечить такую цель можно только в случае наложения направления равнодействующей восстанавливающих сил системы упругости, и направления вышеуказанной прямой, проходящей сквозь центры масс. Когда направление колебаний образует малый угол с линией, на которой находятся центры тяжести активной и реактивной массы (т. е. оба центра не на одной вертикали), получаем некоторый момент силы тяжести. Получаемый момент воздействует на элементы упругой системы, они деформируются и смещают движение центров масс от заданной линии колебаний, так рождаются паразитные вибрации.

Если описанный выше момент не обнаруживается в конструкции электромагнитного вибратора, то его считают сбалансированным. Опора реактивной части вибратора, которая может образовывать этот момент силы тяжести, находится точно в центре тяжести всей конструкции вибраторов типа ВСРД, которые являются примером сбалансированного двухтактного резонансного вибратора.

Упругая система вибратора может изготавливаться из самых различных материалов, сохраняющих длительное время свою эластичность и упругость, таким примером является электромагнитный вибратор ВРДР-100, на котором в качестве упругих элементов применены резиновые изделия, его конструкция показана на рисунке 6. Изображённое на рисунке 6 устройство представляет собой плиту *5*, сваренную с двумя трубами *2*, между которыми есть поперечина, плита 5 двумя болтами соединяется с рабочим органом, два электромагнита вибратора – это магнитные провода *1*, сердечник П-образный, катушка *4* (4 шт.) и якорь *3*, вмонтированный в поперечину. Оба электромагнита вмонтированы в чугунный корпус – 6, который является разборным (2 части). Схема подключения переменного напряжения 220 В (частота тока промышленная) предусматривает «селеновый» выпрямитель. Резиновая упругая система вибратора работает на сдвиг, этим он отличается от других подобных вибраторов [9].

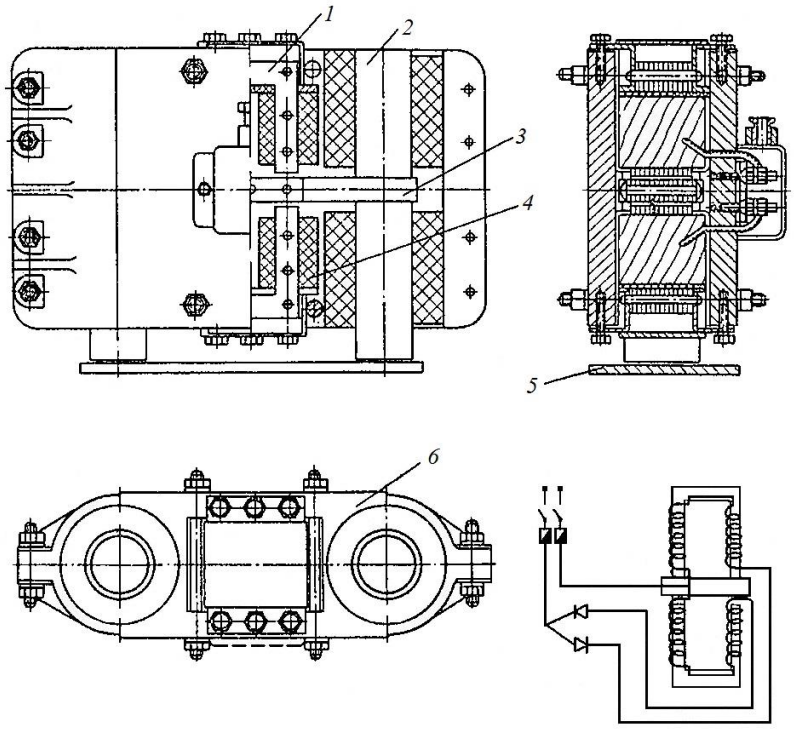


Рисунок 6 – Электромагнитный вибратор типа ВРДР-100

Экономические, технические и эксплуатационные параметры любого вибратора серьёзно изменяются при использовании резиновых упругих элементов в отличие от других (типа рессор или пружин). Значительно мягче становятся колебательные движения рабочей части, уменьшаются динамические напряжения в подвижных и опорных деталях конструкции. Шумовые характеристики машины улучшаются на 60…70 %. Специалисты считают, что из-за мягкости работы стальные детали можно заменять чугунными, что сразу удешевляет конструкцию, особенно это касается реактивной части устройства. Благодаря применению резины позволительно изменять жёсткость упругой системы в огромном диапазоне, а, следовательно, приводы ВРДР возможно создавать с любыми технологическими габаритами и мощностями.

Следует учесть более быстрый износ резиновых элементов и соответственно их более частую замену, также подбор сортов производимой резины для изготовления упругих элементов является непростой задачей для конструктора.

В производстве вибратора применяется резина № 2959, возможно применение заменителя № 1760 1-6 группы. Такая резина хорошо функционирует при температуре 0°С, для эксплуатации при минусовой температуре применяются импортные типы резин [11].

Упругие элементы можно производить микропористой резины, которые известны под названием резино-воздушные упругие элементы. Параметр жёсткости упругих элементов из

такой резины имеет ещё более широкий диапазон, но износ таких элементов может быть очень скоротечным. Хотя зарубежные компании имеют определённые марки резины для упругих технологических систем, они производятся по отличной технологии с химическими добавками в состав резины и на практике, полученные изделия показывают такой эксплуатационный ресурс, который в 2..2,5 раза превышает ресурс стальных рессор или пружин [9].

Результаты исследования и их обсуждение. Производственный опыт по изготовлению и эксплуатационным испытаниям вибрационных конвейеров, имеющих электромагнитный привод, позволяет составить оптимальный алгоритм конструирования и расчёта таких машин.

1. Определение транспортабельности предполагаемого груза (материала). Для этого существует специальная литература в области строительства, машиностроения, химической и пищевой, а в нашем случае, и рыбоперерабатывающей промышленности [2, 3, 13]. Если информация по материалам, предполагаемым для транспортирования, отсутствует или не установлена, то возможности транспортабельности устанавливаются экспериментальными исследованиями на аналогичных (уже существующих) вибрационных транспортирующих машинах. Допускается проведение опытных исследований на простейших специально изготовленных стендах, повторяющих технологию и процесс проектируемой машины. В сущности, таким путём определяются два фактора: оптимальная толщина движущегося слоя и средняя скорость вибрационного перемещения, вероятная производительность. Проведение таких опытов обосновывается тем обстоятельством, что не все материалы могут транспортироваться вибрационным перемещением. Каждый сыпучий материал имеет ряд физических, химических, механических и реологических свойств, определяющих его технологические и кинематические параметры вибрационного транспортирования.

2. Определение размеров, а также формы и габаритов и массы рабочего органа, опираясь на принятое поперечное сечение органа.

3. Разработка конструкции рабочего органа с достаточной прочностью и жесткостью, выбор или расчёт приблизительного расстояния между вибраторами (шаг установки).

Утолщение стенок корпуса рабочего органа с целью обеспечения удовлетворительной жесткости не является целесообразным, это приведёт лишь к чрезмерной его массе, создаст повышенную металлоёмкость. Если 3…4 мм стального листа не обеспечивают необходимой жёсткости, то вопрос решается за счёт рёбер, которые приваривают к обечайке конструкции, обычно это бывает при выборе нестандартных форм поперечного сечения рабочего органа таких как: трапецеидальная, треугольная, овальная и т. п.

Теоретическая величина $l_{\max}$ – шаг установки вибраторов определяется приблизительно. При использовании частоты вибрации 50 Гц его значение равно 2,5…4 м при условии использования рабочего органа из стали с корытными профилями поперечного сечения, 3,5…5 м – при использовании труб диаметром не более 400 мм [2, 10]. В случае использования синхронизаторов, расположенных между вибраторами $l_{\max}$, можно увеличить вдвое. Далее необходимо получить массу рабочего органа с кронштейном, который предназначен для жесткого крепления вибратора на один привод.

В дальнейших рассуждениях и выкладках будем иметь в виду установку с одним приводом.

4. Получить приблизительный общий вес $G_{ав}$ всех элементов вибратора, жёстко присоединённых к рабочему органу. Для этого нужно составить схему работы вибратора, принципиальную или конструктивную, определится с подбором упругой системы.

5. Используя техническую литературу, аналогичную источникам [2, 3], получить точное значение m_a – массы активной части вибратора.

6. Опираясь на источники аналогичные источникам [1, 2], задаться отношением m_a/m_r, где m_r – масса реактивной части вибратора и рассчитать G_r – вес реактивной части вибратора. Рассчитать приблизительные значения кинематических параметров активной части вибратора, выбрать максимально допустимый воздушный зазор.

7. Удовлетворительную жесткость упругой системы вибратора получим по формулам:

$$\left.\begin{array}{l} \mathrm{k} = \mathrm{c}\omega_0^2 m_n, \quad кг/см, \\ \quad или \\ \mathrm{k} \approx 0{,}0405\mathrm{cf}^2 G_n \quad кг/см \end{array}\right\}, \tag{1}$$

где c – поправочный коэффициент;

ω_0, $с^{-1}$ и $f = \omega_0 / 2\pi$, Гц – собственная частота колебаний рабочего органа (которая соответствует настройке близкой к резонансной);

m_n, кг × $с^2$/см и G_n – приведенные масса и вес системы соответственно.

Если выбранные упругие элементы, такие как пружины цилиндрические витые, то c = 0,9, если упругие элементы это рессоры пластинчатые, то c = 0,8, а если выбрана резина, работающая на сдвиг, то c = 0,7 [2]. Этим коэффициентом можно варьировать для удобства расчётов, т. к. его точное значение на практике всегда спорно.

Далее следует указать важные зависимости, которыми многие пренебрегают:

$$\left.\begin{array}{l} m_n = \dfrac{G_n}{g}, \ кг \cdot с^2 / см, \\ G_n = \dfrac{G_a \cdot G_r}{G_a + G_r}, \ кг. \end{array}\right\}. \tag{2}$$

Пренебрежение системой (2) может привести к неуравновешенной работе вибрационной машины. Эксплуатационный режим вибрационной установки базируется на настройке регулировочных грузов. Согласно с техническими нормативами вес регулировочных грузов представляет собой величину равную приблизительно $0{,}2G_n$. Для настройки вибрационной машины лучшим вариантом является изменение веса активной части, так стабильнее достигается режим работы, близкий к резонансному. Если в машине имеется механизм или возможность регулировки жесткости упругой системы, то значения регулировочного груза разумнее принять $0{,}1G_n$.

Решение уравнений систем (1) и (2) с учётом частоты рабочего органа и частоты подаваемого на обмотки электромагнитов тока, имеет вид:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{c \cdot m_n}}, \ с^{-1}, \tag{3}$$

$$f \approx \sqrt{\frac{k}{0{,}405 \cdot c \cdot G_n}}, \ Гц. \tag{4}$$

Следующим этапом будет определение прочности упругих элементов и их габаритов.

В источниках технической литературы аналогичных [1, 2, 3] можно ознакомиться с расчётом пружин и рессор, методики таких расчётов представлены для различных вариантов, условий особенностей. Габариты резиновых упругих элементов – это более тяжёлая задача, что связано с огромным количеством всевозможных механических характеристик материала, которые разнятся в зависимости от химического состава. При выборе резиновых упругих элементов не лишним будет проведение экспериментальных исследований.

8. Расчёт мощности привода. Такое действие можно осуществить двумя способами. Первый – это уравнивание мощностей, определяемых из механических и электрических предварительных расчётов (полученных соотношений), второй – метод сопоставления тягового усилия электромагнита и значения возмущающей силы, если кратко, необходимо

приравнять или сопоставить электрические и механические результаты расчётов.

Мощность привода, расходуемая на преодоление сопротивлений, состоит из потерь на упругий и конструкционный гистерезис. Одна часть полезной мощности расходуется на преодоление сопротивлений (в упругой системе), другая – на вибрационное перемещение материала (груза).

Потери на упругий гистерезис в любом случае зависят от материала упругих элементов, и немного от формы упругих элементов. Расчёт потерь на упругий гистерезис материала выполняется с использованием гистерезисных характеристик. Потери на конструкционный гистерезис, это потери на трение в соединениях деформируемых элементов. В конструкциях вибрационных машин с электромагнитным вибратором такие потери более существенны, чем потери на упругий гистерезис (в большинстве случаев). Данный вид потерь находят опытным путём. Расчёты затрат мощности на вибрационное перемещение груза подробно изложены в технической литературе.

Расчёт параметров электромагнитной системы вибратора: значения профилей и площадей якоря и сердечника, амплитуды и воздушного зазора, магнитной индукции стали, частоты тока, числа витков катушек, сечения проводов, мощности потребляемой вибратором и т. п., также хорошо изложены в технической литературе.

Когда мощность, потребляемая вибратором (потери не учитываются), правильно соотносится с полезной мощностью, то расчет мощности верный.

Иногда на практике пренебрегают механическим расчётом и выполняют только электрическую часть, а удовлетворяющую мощность выбирают по данным энергоемкости аналогичных вибрационных установок. Не рекомендуется такое упрощение расчётов, т. к. в некоторых случаях спроектированная таким образом конструкция на практике может оказаться не работоспособной.

Вывод. Предложенный алгоритм проектирования и расчёта некоторых конструкций вибрационных конвейеров с электромагнитным приводом составлен на основе аналитических исследований в данной области, а также практического опыта ремонта и технического обслуживания вибрационных конвейеров на пищевых и перерабатывающих предприятиях. Особенность представленного алгоритма заключается в универсальном подходе к конструированию. Применение данного алгоритма в любых нестандартных ситуациях покажет необходимость использовать только нужные его пункты в определённом объёме, что особенно важно для расчётов параметров машины, которые необходимо выдержать в жёстко установленных пределах, например, массу двигающейся части машины с учётом перемещаемого груза или жёсткость рессор и т. п. Также представленный алгоритм конструирования чётко указывает на преимущества электромагнитного привода над остальными, конструктор точно увидит выигрыш своей конструкции в данных ему для расчёта условиях и требованиях или явно поймёт неприменимость данного привода в этом конкретном случае.

Список использованной литературы:

1. *Гарькин И.Н., Мельников И.Е.* Использование вибрационных устройств в строительстве // Молодежный научный вестник. 2017. № 2 (14). С. 135-142. EDN XXBDCH.
2. *Мерданов Ш.М., Смолин Н.И., Иванов А.А., Шефер В.В.* Машины непрерывного транспорта: учебное пособие. Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2010. 208 с. EDN UZDWAJ.
3. *Кобылянский Д.М.* Геометрические параметры вибрационного процесса – основа создания вибровозбудителя винтового конвейера // Актуальные вопросы фундаментальных наук в техническом ВУЗе: сборник научных статей. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2018. С. 321-330. EDN MJDVLN.
4. *Гобозов С.Ф., Джиоев В.К.* Возбудители колебаний с продольным зазором магнитопровода (возбудители колебаний большого хода) // Энигма. 2021. № 37. С. 84-94. EDN MQQXMU.

5. *Фалько А.Л., Степанов Д.В., Фалько А.Л.* Перспективная конструкция вибрационного конвейера для использования в линиях по переработке свежей или размороженной рыбы // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2019. № 3 (29). С. 94-103. EDN EJFKFS.
6. *Фалько А.Л.* Сопротивление пищевых материалов внешнему и внутреннему сдвигу под воздействием вибрации // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2021. № 3. С. 124-144. DOI: 10.47404/2619-0605_2021_3_124. EDN YYRLQL.
7. *Фалько А.Л., Хоменко К.С.* Использование пьезоэлектрических приводов в конвейерах для транспортирования сыпучих пищевых масс // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2022. № 4. С. 397-412. EDN VLGMBG.
8. Патент № 2532235 C2 Российская Федерация. Вибрационная транспортирующая машина / В.И. Антипов, Р.И. Антипова, А.В. Кошелев, Н.Н. Денцов. МПК B06B 1/00. № 2012129338/28. EDN RNIJLM.
9. *Антипов В.И., Ефременков В.В., Руин А.А., Субботин К.Ю.* Повышение эффективности работы вибрационных механизмов за счет возбуждения низкочастотного резонансного режима колебаний // Стекло и керамика. 2007. № 5. С. 13-16. EDN IBDHFZ.
10. *Кристаль М.Г.* Разработка методов проектирования автоматических устройств повышенной производительности и надежности для сборки: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.02.08, 05.13.06 / Марк Григорьевич Кристаль. М., 2009. 32 с. EDN NKWGQR.
11. *Rodimtsev S.A., Kuznetsov Y.A., Kolomeichenko A.V. et al.* Evaluation of the noise level of impact systems in grain production // INMATEH – Agricultural Engineering. 2019. Vol. 57. № 1. P. 45-54. EDN WRMGBK.
12. Materials conveying, loading and storage // Plastics Technology. 1996. Vol. 42. № 8. P. 303-313. EDN CIPKOF.
13. *Frei P.U.* Theory, design and implementation of a novel vibratory conveyor. 2002. DOI: 10.3929/ETHZ-A-004304818. EDN FUTNQV.
14. *Yeleukulov Y., Atalykova A., Zhauyt A. et al.* Mechanical analysis of vibratory conveyor mechanism // MATEC Web of Conferences. XIV International Scientific-Technical Conference “Dynamic of Technical Systems” (DTS-2018). 2018. Vol. 226. P. 01019. DOI: 10.1051/matecconf/201822601019. EDN WTPWXB.

References:

1. Gar'kin I.N., Mel'nikov I.Ye. Ispol'zovaniye vibratsionnykh ustroystv v stroitel'stve [The use of vibration devices in construction]. *Molodezhnyy nauchnyy vestnik* [Youth Scientific Bulletin], 2017, no. 2 (14), pp. 135-142. EDN XXBDCH. (In Russian).
2. Merdanov Sh.M., Smolin N.I., Ivanov A.A., Shefer V.V. *Mashiny nepreryvnogo transporta* [Continuous Transport Machines]. Tyumen', Tyumenskiy gosudarstvennyy neftegazovyy universitet Publ., 2010, 208 p. EDN UZDWAJ. (In Russian).
3. Kobylyanskiy D.M. Geometricheskiye parametry vibratsionnogo protsessa – osnova sozdaniya vibrovozbuditelya vintovogo konveyyera [Geometric parameters of the vibration process are the basis for creating a screw conveyor vibration exciter]. *Sbornik nauchnykh statey «Aktual'nyye voprosy fundamental'nykh nauk v tekhnicheskom VUZe»* [Collection of scientific articles “Topical issues of fundamental sciences in a technical university”]. Kemerovo, Kuzbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet imeni T.F. Gorbacheva Publ., 2018, pp. 321-330. EDN MJDVLN. (In Russian).
4. Gobozov S.F., Dzhioyev V.K. Vozbuditeli kolebaniy s prodol'nym zazorom magnitoprovoda (vozbuditeli kolebaniy bol'shogo khoda) [Oscillators with a longitudinal gap of the magnetic circuit (exciters of large-stroke oscillations)]. *Enigma* [Enigma], 2021, no. 37, pp. 84-94. EDN MQQXMU. (In Russian).
5. Fal'ko A.L., Stepanov D.V., Fal'ko A.L. Perspektivnaya konstruktsiya vibratsionnogo konveyyera dlya ispol'zovaniya v liniyakh po pererabotke svezhey ili razmorozhennoy ryby [A

promising design of a vibrating conveyor for use in lines for processing fresh or thawed fish]. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* [Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products], 2019, no. 3 (29), pp. 94-103. EDN EJFKFS. (In Russian).

6. Fal'ko A.L. Soprotivleniye pishchevykh materialov vneshnemu i vnutrennemu sdvigu pod vozdeystviyem vibratsii [Resistance of food materials to external and internal shear under the influence of vibration]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of KSMTU], 2021, no. 3, pp. 124-144. (In Russian). DOI: 10.47404/2619-0605_2021_3_124. EDN YYRLQL.
7. Fal'ko A.L., Khomenko K.S. Ispol'zovaniye p'yezoelektricheskikh privodov v konveyyerakh dlya transportirovaniya sypuchikh pishchevykh mass [The use of piezoelectric drives in conveyors for the transportation of bulk food masses]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of KSMTU], 2022, no. 4, pp. 397-412. EDN VLGMBG.
8. Antipov V.I., Antipova R.I., Koshelev A.V., Dentsov N.N. Vibratsionnaya transportiruyushchaya mashina [Vibrating conveying machine]. Patent RF no. 2532235 C2, MPK B06B 1/00, no. 2012129338/28. EDN RNIJLM. (In Russian).
9. Antipov V.I., Yefremenkov V.V., Ruin A.A., Subbotin K.Yu. Povysheniye effektivnosti raboty vibratsionnykh mekhanizmov za schet vozbuzhdeniya nizkochastotnogo rezonansnogo rezhima kolebaniy [Increasing the efficiency of vibration mechanisms due to the excitation of a low-frequency resonant oscillation mode]. *Steklo i keramika* [Glass and Ceramics], 2007, no. 5, pp. 13-16. EDN IBDHFZ. (In Russian).
10. Kristal' M. G. *Razrabotka metodov proyektirovaniya avtomaticheskikh ustroystv povyshennoy proizvoditel'nosti i nadezhnosti dlya sborki. Avtoref diss. dokt. tekhn. nauk* [Development of design methods for automatic devices with increased performance and reliability for assembly. Dr. engin. sci. diss. abstr.]. Moscow, 2009, 32 p. EDN NKWGQR. (In Russian).
11. Rodimtsev S.A., Kuznetsov Y.A., Kolomeichenko A.V. et al. Evaluation of the noise level of impact systems in grain production. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 2019, vol. 57, no. 1, pp. 45-54. EDN WRMGBK. (In English).
12. Materials conveying, loading and storage. *Plastics Technology*, 1996, vol. 42, no. 8, pp. 303-313. EDN CIPKOF. (In English).
13. Frei P.U. Theory, design and implementation of a novel vibratory conveyor. 2002. EDN FUTNQV. (In English). DOI: 10.3929/ETHZ-A-004304818.
14. Yeleukulov Y., Atalykova A., Zhauyt A. et al. Mechanical analysis of vibratory conveyor mechanism. *MATEC Web of Conferences, 14th International Scientific-Technical Conference "Dynamic of Technical Systems" (DTS-2018)*, 2018, vol. 226, pp. 01019. DOI: 10.1051/matecconf/201822601019. EDN WTPWXB. (In English).

Сведения об авторе / Information about author

Фалько Александр Леонидович	д-р техн. наук, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 298324, Республика Крым, г. Керчь, ул. Ульяновых, 3а, кв. 80 falkoas@rambler.ru
Falko Alexander Leonidovich	Dr. Sci. (Engin.), Professor of the Department of machines and apparatuses of food production Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 298324, Republic of Crimea, Kerch, Ulyanov str., 3a, apt. 80 falkoas@rambler.ru

УДК 338.47:656:004.056 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.015**

Алексахина Л.В.

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ И РАЗВИТИЕМ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА И ЛОГИСТИКИ РЕГИОНА

Аннотация. В статье репрезентован организационно-экономический механизм обеспечения конфиденциальности информации в системе управления функционированием и развитием морского транспорта и логистики региона, нацеленный на повышение уровня информационной безопасности транспортно-логистического комплекса и роста его конкурентоспособности. Структурированы информационные потоки, которые протекают в рамках морской транспортно-логистической системы, рассматриваемой как совокупность взаимосвязанных основных, вспомогательных и опосредующих из коммуникационных процессов по созданию транспортно-логистического продукта. Представлена система информационного взаимодействия элементов морской транспортно-логистической системы региона, сформированная с целью обмена информацией и координации действий для обеспечения безопасной и эффективной перевозки грузов и пассажиров по морю. Продемонстрирована необходимость формирования организационной политики в части защиты информации, предполагающей внедрение правил и процедур доступа к информации, соблюдения условий ее использования и усиление ответственности за нарушение конфиденциальности.
Ключевые слова: морской транспорт, логистика, коммерческая тайна, информационная безопасность, конфиденциальность, управление, развитие.

Aleksakhina L.V.

ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC MECHANISM FOR ENSURING CONFIDENTIALITY OF INFORMATION IN THE MANAGEMENT SYSTEM OF FUNCTIONING AND DEVELOPMENT MARITIME TRANSPORT AND LOGISTICS OF THE REGION

Abstract. The article presents an organizational and economic mechanism for ensuring the confidentiality of information in the management system for the functioning and development of maritime transport and logistics in the region, aimed at improving the level of information security of the transport and logistics complex and increasing its competitiveness. The information flows that flow within the framework of the maritime transport and logistics system, considered as a set of interrelated main, auxiliary and mediating communication processes for the creation of a transport and logistics product, are structured. The system of information interaction of elements of the maritime transport and logistics system of the region, formed for the purpose of information exchange and coordination of actions to ensure safe and efficient transportation of goods and passengers by sea, is presented. The necessity of forming an organizational policy in terms of information protection, involving the introduction of rules and procedures for access to information, compliance with the conditions of its use and strengthening responsibility for confidentiality violations, is demonstrated.
Keywords: maritime transport, logistics, trade secrets, information security, confidentiality, management, development.

Введение. Преодоление территориального разрыва как между отдельными этапами производства в рамках промежуточного потребления, а также между производством и конечным потреблением, то есть выполнение основной миссии транспортной инфраструктуры в современных условиях предполагает необходимость реализации комплексного подхода к формированию транспортно-логистических систем. В приморских регионах необходимо

акцентировать внимание на развитии современного морского транспортно-логистического комплекса, рост требований потребителей услуг которого к качеству и своевременности их оказания, а также к научно-техническому уровню инфраструктурных объектов и процесса обслуживания постоянно растет. Формирование мультимодальных перевозок, встраивание их в единый бизнес-процесс транспортно-логистикой системы с возрастающими требованиями к физической и экономической безопасности не представляется возможным без использования современных информационных систем, программного обеспечения и цифровизации целого ряда частных бизнес-процессов, что ускоряет и упрощает их течение, но формирует условия для реализации ряда рисков утраты и утечки информации, доминирующая доля которой относится к конфиденциальной. Это актуализирует необходимость тщательного рассмотрения вопросов информационной безопасности и обусловливает, в частности, разработку и реализацию мер по обеспечению конфиденциальности информации в системе управления функционированием и развитием морского транспорта и логистики приморского региона.

Целью исследования является репрезентация организационно-экономического механизма обеспечения конфиденциальности информации в системе управления функционированием и развитием морского транспорта и логистики региона с целью повышения уровня информационной безопасности транспортно-логистического комплекса и роста его конкурентоспособности.

Материалы и методы исследования. В современных экономических публикациях получили распространение результаты исследований, посвященные изучению разных аспектов функционирования морской транспортной инфраструктуры, комплексному рассмотрению проблем ее современного развития в эпоху значительных глобальных изменений и трансформации транспортно-логистических цепочек, что находит свое отражение на локальном, региональных, отраслевых и государственном уровнях [1,2]. На фоне роста значимости научно-технического фактора внешней среды также особую актуальность приобрели исследования экономической, в частности, морской транспортной информационной безопасности [3-11]. Привлечение внимания учёных к данной предметной области оправдано резким ростом интенсивности цифровизации бизнес-процессов, ростом требований к защите конфиденциальной информации. Исследователи занимаются поиском комплексного и наиболее эффективного способа обеспечения безопасности морского транспорта в условиях растущей угрозы кибератак.

Несмотря на существенный созданный научный задел по данному направлению исследований, как с точки зрения теоретико-методологического аппарата, так и в части разработки прикладных аспектов и их адаптации к конкретным регионально-отраслевым условиям, требуется перманентное совершенствование подходов к защите конфиденциальной информации, в связи с высокой динамикой условий, в которых функционируют и развиваются предприятия морского транспорта и логистики приморских регионов, приближенных к зоне конфликта, а потому являющихся потенциальной мишенью вмешательства в систему обеспечения их безопасности.

Совокупность факторов, оказывающих влияние на ряд бизнес-процессов, протекающих в морском транспорте и логистике, обусловливают необходимость реализации системного и комплексного подходов к их изучению в рамках любого из функциональных блоков, в частности, в вопросах изучения механизма защиты конфиденциальной информации. Также в качестве методов исследования сообразно цели логично использовать метод научных абстракций, экономико-статистический и сравнительный анализ, графический метод репрезентации информации.

Результаты исследования и их обсуждение. Уровень развития морского транспорта и логистики в регионе, которые выступают важным элементом инфраструктурного обеспечения, предопределяет возможности для бесперебойного протекания совокупности взаимосвязанных бизнес-процессов в регионально-отраслевом пространстве. При этом опережающее развитие инфраструктурных объектов невозможно представить без использования современных технических средств, программного обеспечения, которые

позволяют повысить эффективность функционирования транспортного комплекса и обеспечить высокое качество услуг, что, однако, требует перманентного инновационного развития всей системы управления данным сегментом инфраструктуры и должно быть основано на ее цифровизации [9, с.61].

Высокий научно-технический уровень инфраструктурных объектов невозможен без накопления, хранения и использования актуальных массивов данных, необходимых для тщательного обоснования принимаемых управленческих решений, что при всевозрастающей скорости протекания и накопления информационных потоков и росте требований к релевантности используемой информации, базируется на внедрении современного подхода к информационному обеспечению создания транспортно-логистического продукта совместно с укреплением экономической безопасности субъектов хозяйствования в целом, и информационной безопасности, в частности.

В данной связи весьма актуализируется акцентирование внимания на вопросах обеспечения конфиденциальности информации и соблюдения коммерческой тайны на локальном и регионально-отраслевом уровнях.

В соответствии со ст.3 Федерального закона «О коммерческой тайне» от 29.07.2004 N 98-ФЗ под коммерческой тайной понимается «режим конфиденциальности информации, позволяющий ее обладателю при существующих или возможных обстоятельствах увеличить доходы, избежать неоправданных расходов, сохранить положение на рынке товаров, работ, услуг или получить иную коммерческую выгоду» [1]. В неё включаются «сведения любого характера (производственные, технические, экономические, организационные и другие), в том числе о результатах интеллектуальной деятельности в научно-технической сфере, а также сведения о способах осуществления профессиональной деятельности, которые имеют действительную или потенциальную коммерческую ценность в силу неизвестности их третьим лицам, к которым у третьих лиц нет свободного доступа на законном основании и в отношении которых обладателем таких сведений введен режим коммерческой тайны» [1].

Учитывая, что морская транспортная логистическая система - это сложный комплекс взаимосвязанных процессов и совокупности информационных потоков, обеспечивающий доставку грузов по морю, то целесообразно структурировать информационные потоки, которые протекают в рамках такой системы (см. рисунок 1).

Интеграция информационных потоков всех структурно-логических подсистем в единую систему управления позволит участникам логистической системы получать необходимую информацию в онлайн-режиме, оперативно принимать решения, а также осуществлять контроль за выполнением всех этапов перевозки груза (см. рисунок 2).

Так, системы транспортного управления нацелены на отслеживание расписания морского транспорта, состояния судов, на контроль складских запасов, на работу с грузовыми документами, а также на осуществление управления и координации всех логистических процессов.

Использование систем управления портами позволяет получить доступ к информации о состоянии порта и его возможностях, а также предоставляет операторам порта инструментарий для управления стоянкой судов и регулирования движения грузов на территории порта.

Управление складскими запасами и отслеживание движения грузов на складе, а также автоматизация процессов отгрузки и приемки грузов возможны благодаря внедрению системы управления складами.

Обеспечение возможности грузоотправителям заказывать перевозку грузов, отслеживать их состояние, а также осуществлять расчеты и обмен финансовой информацией завязано на внедрение систем управления торговлей.

Контроль же за выполнением правил и нормативов в рамках перевозки грузов обеспечивается системами безопасности и контроля, которые вместе с тем позволяют оперативно реагировать на вероятные аварийные ситуации.

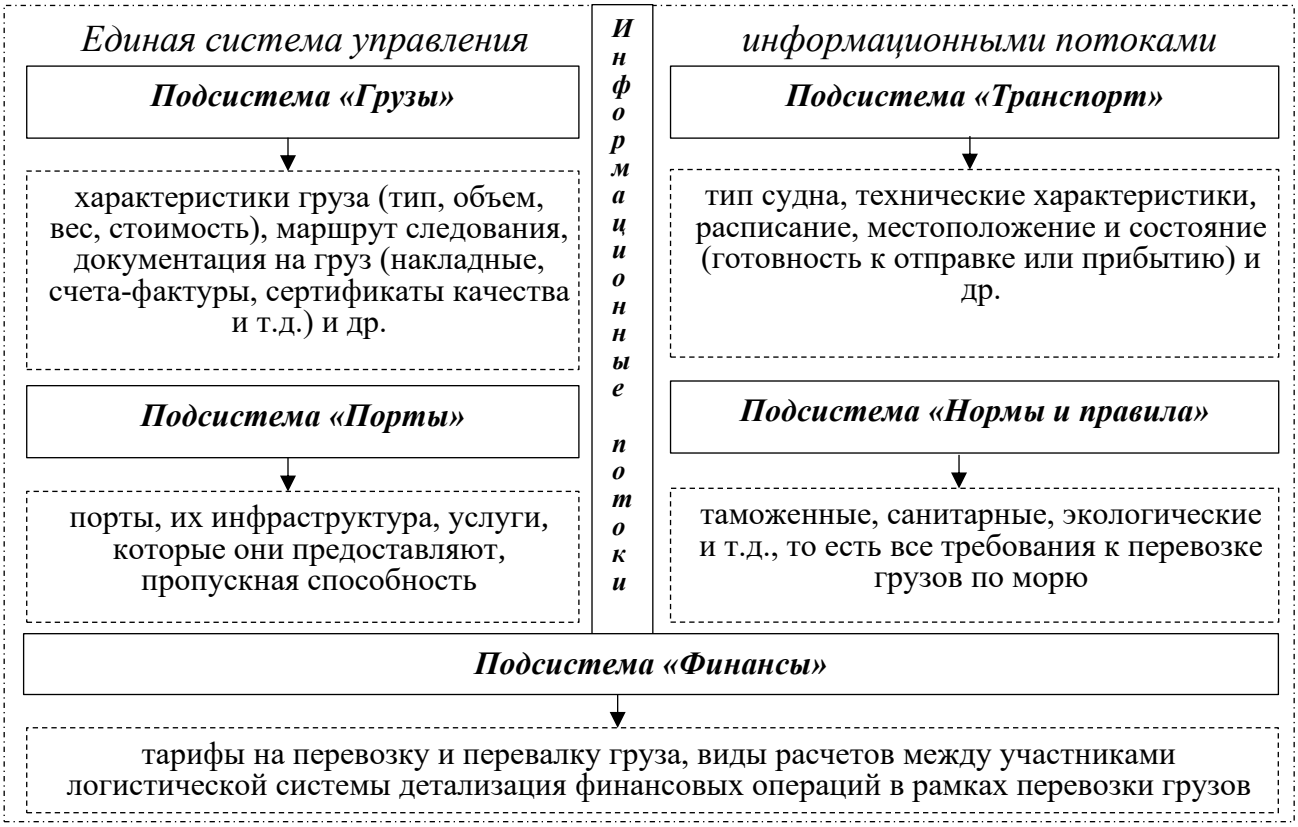


Рисунок 1 – Структурно-логическая схема информационных потоков
в системе морского транспорта и логистики региона
Источник: составлено автором с использованием [3-11]

Выбор программного обеспечения, которое целесообразно использовать в морской логистике, предопределяется конкретными задачами и потребностями предприятий. Для целей управления логистическими процессами с возможностью оптимизации перевозки грузов для грузоперевозчиков и грузоотправителей, управления контрактами, регулирования тарифов и координации действий различных участников логистической цепи имеет смысл использовать *SAP Transportation Management*.

Управление стоянкой судов и складом, координация разгрузки и загрузки грузов возможно облегчить с помощью *Navis N4*, которая как система управления портом весьма полезна операторам порта.

Кроме того, *Manhattan SCALE* как система управления складом, позволяет автоматизировать процессы приемки, хранения и отгрузки грузов, сократить время выполнения логистических операций и обеспечить эффективное использование складских ресурсов.

Отслеживание движения грузов в режиме реального времени, координация логистических процессов и управление документацией как грузоотправителям и грузоперевозчикам, так и операторам порта могут быть реализованы в рамках системы управления транспортом *CargoSmart*.

Электронный обмен данными для контейнерных перевозок о грузах, бронирование контейнеров и оплата услуги через Интернет возможны благодаря внедрению программного продукта – информационно-коммуникационной системы *Inttra*.

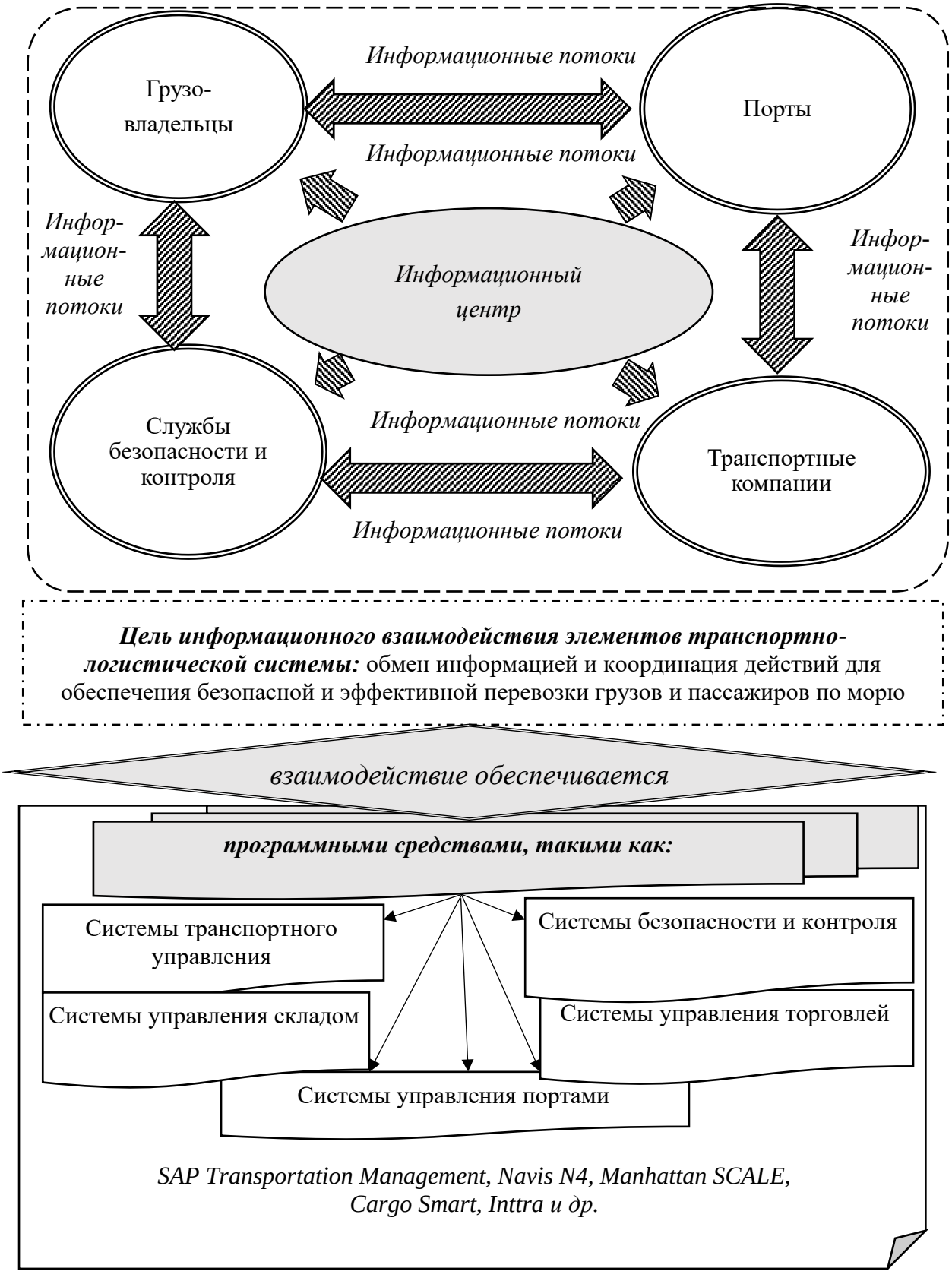


Рисунок 2 – Системы информационного взаимодействия элементов морской транспортно-логистической системы региона
Источник: составлено автором с использованием [3-11]

В рамках взаимодействия элементов транспортно-логистической системы в части обмена информацией и координации действий для обеспечения безопасной и эффективной перевозки грузов по морю возникает необходимость в обеспечения конфиденциальности информации и сохранения коммерческой тайны контрагентов вне зависимости от их роли в едином транспортно-логистическом процессе по созданию качественного транспортно-логистического продукта.

Организационно-экономический механизм обеспечения конфиденциальности информации в системе управления функционированием и развитием морского транспорта и логистики региона целесообразно рассматривать как комплекс мер, направленных на защиту информации от несанкционированного доступа и раскрытия. Одной из его составляющих выступает организационная политика, которая определяет правила доступа к информации, условия ее использования и ответственность за нарушение конфиденциальности, то есть у каждого субъекта морского транспорта должен быть сформулирована своя методология обеспечения конфиденциальности как набор методов, процедур, правил, требований и мер безопасности, направленных на предотвращение утечки конфиденциальной информации для ее защиты. Он представлена на рисунке 3. Индивидуализация методологии обеспечения конфиденциальности на локальном уровне обеспечит ее соответствие специфическим потребностям и требованиям безопасности.

В качестве значимых элементов организационно-экономического механизма обеспечения конфиденциальности информации следует рассматривать технические средства защиты информации (в частности, шифрование данных, системы контроля доступа и аутентификации), обучение персонала и проведение аудитов безопасности.

Мониторинг конфиденциальности будем понимать, как процесс наблюдения и анализа защищенности конфиденциальной информации (данные о клиентах, финансовой информации, технологические секреты, интеллектуальную собственность и другое), с целью выявления сегмента информации, требующей дополнительных мер безопасности. Мониторинг конфиденциальности должен проводиться регулярно, чтобы определять возможные уязвимости и проблемы в системах безопасности, которые могут привести к утечке конфиденциальной информации или нарушению ее целостности.

Действенный организационно-экономический механизм обеспечения конфиденциальности информации должен обеспечивать баланс между уровнем защиты информации и затратами на ее защиту, учитывая специфику деятельности организации и требования законодательства.

Поэтому с экономической точки зрения он должен включать оценку стоимости утраты конфиденциальности и выбор оптимального соотношения между затратами на защиту информации и возможными рисками.

Важным этапом обоснования и принятия эффективных мер по минимизации рисков снижения уровня или утраты информационной безопасности выступает их анализ на всех уровнях построения морской транспортно-логистической системы. В рамках данного анализа изначально определяются потенциальные угрозы функционированию и развитию и оценивается вероятность их возникновения.

Серьёзной угрозой для надёжности и безопасности морских логистических процессов, которые могут привести к потере контроля над системами управления судами, портовой инфраструктурой и другими элементами морского транспорта в современных условиях существенного роста цифровизации бизнес-процессов выступают кибератаки на морской транспорт (фишинговые атаки как попытки получить конфиденциальную информацию путем отправки поддельных электронных писем, содержащих вредоносные ссылки или вложения; атаки на системы управления судном (Shipboard Control Systems) с целью изменения маршрута движения судна или отключения системы управления грузом, а также изменения параметров работы двигателя; атаки на портовую инфраструктуру путем влияния на систему автоматизации порта; распространение вирусов и программ-вымогателей и др.).

Рисунок 3 – Организационно-экономический механизм обеспечения конфиденциальности информации в системе управления функционированием и развитием морского транспорта и логистики региона
Источник: составлено автором с использованием [1-11]

Для защиты от кибератак на морской транспорт региона необходимо проводить анализ рисков и разрабатывать меры безопасности, которые позволят минимизировать вероятность возникновения угроз и уменьшить их последствия, выраженные в снижении уровня конкурентоспособности, минимизации упущенных выгод, вероятных потерь доходов и прибыли.

Отметим, что неисправность системы защиты информации или неадекватное ее использование может привести к потере конфиденциальной информации, что может негативно повлиять на деловую репутацию организации и привести к финансовым потерям. Кроме того, наличие высокой вероятности юридических последствий несоблюдения законов и правил относительно защиты конфиденциальной информации, необходимость соответствия законодательству в данной сфере также требуют от предприятий морского транспорта и

логистики региона активизации усилий по внедрению организационно-экономического механизма обеспечения конфиденциальности информации во избежание штрафов, неустоек и других видов ответственности.

Экономические аспекты минимизации рисков утечки конфиденциальной информации следует рассматривать с позиции обеспечения превышения вероятных экономических (рыночных, репутационных, финансовых и др.) потерь от снижения уровня конфиденциальности и расходами на построение комплексной системы защиты информации, то есть стоит задача оптимизации соотношения между этими двумя параметрами, что является сложной и многоаспектной задачей, включающей в себя выявление, детализацию, иерархизацию и количественную оценку на основе большого количества критериев и показателей.

Так, защита конфиденциальной информации требует затрат на разработку (или адаптации), внедрения на предприятиях и поддержку функционирования комплексной системы защиты информации, а также ее совершенствование в соответствии с динамично меняющимися требованиями внешней среды. Рассмотрим некоторые из основных экономических аспектов обеспечения защиты конфиденциальной информации на предприятиях морского транспорта и логистики в регионе.

В частности, затраты на приобретение и установку системы защиты информации с необходимостью должны включать в себя стоимость приобретения программного обеспечения и оборудования, которые необходимы для реализации системы защиты информации.

Учитывая тот факт, что «человеческий фактор – ошибки и небезопасные действия людей — причина 82% инцидентов информационной безопасности, произошедших с компаниями во всем мире в 2022 г.» [11], успешное использование системы защиты информации невозможно без обеспечения компетенций персонала и создания эффективного мотивационного механизма, в связи с чем в финансовый план морских транспортно-логистических компаний следует включать статью затрат на обучение персонала, на тренинги по её использованию, по применению правил безопасности и др.

Необходимость мониторинга за работоспособностью системы и проведения ее обновлений предполагает осуществление затрат на поддержку и обслуживание системы защиты информации с учётом наличия (или отсутствия) специалистов в данной области, что обусловливает объективную необходимость целевого обучения кадров в данной сфере и/или формирования устойчивых партнерских связей с учебными учреждениями и аутсорсинговыми компаниями.

Затраты на формирование, внедрение и поддержание в работоспособном состоянии системы защиты конфиденциальной информации могут быть значительными. Однако, в средне- и долгосрочной перспективе, инвестирование в систему защиты информации обеспечит предотвращение утечек данных, сохранение репутации предприятий морского транспорта и логистики в регионе и укрепление их экономической безопасности вообще и кибербезопасности, в частности.

Выводы. Развитие морского транспорта и логистики в регионах предполагает выполнение целого комплекса условий, обеспечивающих с необходимостью должен быть выделен и стать объектом пристального внимания Внедрение организационно-экономического механизма обеспечения конфиденциальности информации как элемента системы управления функционированием и развитием морского транспорта и логистики региона позволит существенно повысить уровень защиты конфиденциальной информации и обеспечить безопасность системы управления. С целью обеспечения конфиденциальности информации в качестве первоочередной задачи выступает разработка организационной политики в части защиты конфиденциальности информации, которая будет построена на ряде принципов защиты информации, в рамках субъектам хозяйствования возможно будет которой регламентировать порядок доступа к информации и предоставление прав пользователей на ее использование, совместно с обучением всех работников, имеющих доступ к

конфиденциальной информации, правилам ее защиты и конфиденциальности. Это, наряду с регулярным анализом безопасности информационных систем, внедрением мер по ее повышению и контролем за использованием и обработкой конфиденциальной информации, позволит своевременно выявлять и устранять возможные уязвимости в системе защиты конфиденциальной информации и поспособствует снижению рисков несанкционированного доступа и раскрытия.

Список использованной литературы:

1. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента РФ от 5 декабря 2016 г. № 646). URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71456224/ (дата обращения: 15.05.2023).
2. Федеральный закон от 9 февраля 2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности». URL: https://base.garant.ru/12151931/ (дата обращения: 15.05.2023).
3. Морские вести России. Цифровизация морских портов. URL: https://morvesti.ru/analitika/1688/85857/ (дата обращения: 15.05.2023).
4. *Алексахина Л.В.* Информационная безопасность морского транспорта и логистики региона как объект стратегирования // Вестник КГМТУ. 2022. № 4. С. 428-440.
5. *Крутин Ю.В.* Защита коммерческой тайны. URL: https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/32289/1/Krutin_YuV_Zashchita_kom_2020.pdf (дата обращения: 15.05.2023).
6. *Масюк Н.Н., Блюдик А.Р.* Современные тенденции цифровой трансформации в морской отрасли // ЕГИ. 2022. № 44 (6). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-tsifrovoy-transformatsii-v-morskoy-otrasli (дата обращения: 15.05.2023).
7. Морские интеллектуальные технологии. URL: http://morintex.ru/wp-content/files_mf/1576766117MITVOL46No4PART42019.pdf (дата обращения: 15.05.2023).
8. *Семенов С.А.* Транспортная безопасность: проблемы становления // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2018. № 3 (76). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/transportnaya-bezopasnost-problemy-stanovleniya (дата обращения: 15.05.2023).
9. *Семенов С.А.* Кибербезопасность морского и речного транспорта // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2018. № 1 (74). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kiberbezopasnost-morskogo-i-rechnogo-transporta (дата обращения: 15.05.2023).
10. Cybersecurity in shipping and port technologies: examples of cyberattacks in maritime. Marine Digital. URL: https://marine-digital.com/cybersecurity_in_shipping_and_ports (дата обращения: 15.05.2023).
11. Сайт сообщества по информационной безопасности и защите информации. URL: https://cisoclub.ru/kak-vovlech-sotrudnikov-v-voprosy-informacionnoj-bezopasnosti-i-pochemu-jeto-vazhno/ (дата обращения: 15.05.2023).

References:

1. Russian Federation. Decree of the President of Russian Federation № 646 of December, 5, 2016, *Doktrina informacionnoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii* [Information Security Doctrine of the Russian Federation]. (In Russian). Available at: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71456224/ (accessed 15.05.2023).
2. Russian Federation. The Federal Law of the Russian Federation № 16-FZ of February, 9, 2007, *O transportnoj bezopasnosti* [On Transport Security]. (In Russian). Available at: https://base.garant.ru/12151931/ (accessed 15.05.2023).
3. *Morskie vesti Rossii. Cifrovizaciya morskih portov* [Sea news of Russia. Digitalization of seaports]. (In Russian). Available at: https://morvesti.ru/analitika/1688/85857/ (accessed 15.05.2023).

4. Aleksahina L.V. Informacionnaya bezopasnost' morskogo transporta i logistiki regiona kak ob"ekt strategirovaniya [Information security of maritime transport and logistics of the region as an object of strategizing]. *Vestnik KGMTU* [Bulletin of KSMTU], 2022, no. 4, pp. 428-440. (In Russian).
5. Krutin Yu.V. *Zashchita kommercheskoj tajny* [Protection of trade secrets]. (In Russian). Available at: https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/32289/1/Krutin_YuV_Zashchita_kom_2020.pdf (accessed 15.05.2023).
6. Masyuk N.N., Blyudik A.R. Sovremennye tendencii cifrovoj transformacii v morskoj otrasli [Current trends of digital transformation in the marine industry]. *EGI* [Natural sciences and humanities research], 2022, № 44 (6). (In Russian). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-tsifrovoy-transformatsii-v-morskoy-otrasli (accessed 15.05.2023).
7. *Morskie intellektual'nye tekhnologii* [Marine intelligent technologies]. (In Russian). Available at: http://morintex.ru/wp-content/files_mf/1576766117MITVOL46No4PART42019.pdf (accessed 15.05.2023).
8. Semenov S.A. Transportnaya bezopasnost': problemy stanovleniya [Transport security: problems of formation]. *Transport of the Russian Federation. Journal of Science, Practice, Economics* [Transport Rossijskoj Federacii. Zhurnal o nauke, praktike, ekonomike], 2018, № 3 (76). (In Russian). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/transportnaya-bezopasnost-problemy-stanovleniya (accessed 15.05.2023).
9. Semenov S.A. Kiberbezopasnost' morskogo i rechnogo transporta [Cybersecurity of sea and river transport]. *Transport of the Russian Federation. Journal of Science, Practice, Economics* [Transport Rossijskoj Federacii. Zhurnal o nauke, praktike, ekonomike], 2018, № 1 (74). (In Russian). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/kiberbezopasnost-morskogo-i-rechnogo-transporta (accessed 15.05.2023).
10. Cybersecurity in shipping and port technologies: examples of cyberattacks in maritime. Marine Digital. (In English). Available at: https://marine-digital.com/cybersecurity_in_shipping_and_ports (accessed 15.05.2023).
11. *Sajt soobshchestva po informacionnoj bezopasnosti i zashchite informacii* [Website of the Information Security and Information Protection Community]. (In Russian). Available at: https://cisoclub.ru/ (accessed 15.05.2023)

Сведения об авторе / Information about author

Алексахина Людмила Викторовна	канд. экон. наук, доцент кафедры экономики и гуманитарных дисциплин Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 lyu6097@yandex.ru
Aleksakhina Lyudmila Viktorovna	Ph.D. (Econ.), Associate Professor at the Department of economics and humanities disciplines Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 lyu6097@yandex.ru

УДК 331.108 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.016**

Верна В.В., Хойна М.Н.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К АДАПТАЦИИ ПЕРСОНАЛА ОРГАНИЗАЦИЙ: ОПЫТ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ

Аннотация. В статье рассматривается понятие адаптации персонала, ее влияние на эффективное функционирование организации. Представлены виды адаптации сотрудников, наиболее часто встречающиеся в организациях. Выделены направления адаптации персонала в зависимости от категории сотрудников, адаптирующихся к условиям работы предприятия. Обозначены условия, оказывающие непосредственное влияние на качество, сроки и эффективность адаптации специалистов в организации. Рассмотрены современные подходы к адаптации персонала организаций, которые оказывают влияние как на самого нового сотрудника, так и на коллектив, и всю организацию в целом. Показаны основные этапы, которые необходимо соблюдать для успешной адаптации сотрудников. В статье приведены примеры успешной реализации адаптационных программ в российских компаниях. По результатам исследования представлены наиболее эффективные методы адаптации персонала. Актуализирована необходимость внедрения программы по адаптации сотрудников в организации.
Ключевые слова: адаптация персонала, программа адаптации, обучение и развитие сотрудников, условия труда, наставничество.

Verna V.V., Hoyna M.N.

MODERN APPROACHES TO ADAPTATION OF PERSONNEL OF ORGANIZATIONS: EXPERIENCE OF RUSSIAN COMPANIES

Abstract. The article discusses the concept of staff adaptation, its impact on the effective functioning of the organization. The types of adaptation of employees, the most common in organizations, are presented. The directions of adaptation of personnel are identified depending on the category of employees adapting to the conditions of the enterprise. The conditions that have a direct impact on the quality, timing and effectiveness of the adaptation of specialists in the organization are indicated. Modern approaches to the adaptation of the personnel of organizations that have an impact on both the newest employee and the team, and the entire organization as a whole are considered. The main steps that must be followed for the successful adaptation of employees are shown. The article provides examples of successful implementation of adaptation programs in Russian companies. Based on the results of the study, the most effective methods of personnel adaptation are presented. The need to introduce a program for the adaptation of employees in the organization has been updated.
Keywords: adaptation of personnel, adaptation program, training and development of employees, working conditions, mentoring.

Введение. В современных экономических условиях, связанных с неопределенностью и глобальными внешними вызовами, адаптация персонала в организации является одной из наиболее значимых кадровых технологий в управлении персоналом, что обосновано рядом предпосылок. Одной из приоритетных причин является сохранение в организации высококвалифицированных и компетентных специалистов, способных эффективно реализовывать делегированные им полномочия и функции. Кроме того, чем тщательнее организован процесс отбора, найма и адаптации персонала, тем эффективнее будет реализовываться его трудовой потенциал, который в дальнейшем способен оказывать положительное влияние на развитие предприятия, а также позволит сократить расходы организации, выделенные на наем и адаптацию сотрудников.

Целью исследования является изучение современных подходов к адаптации

персонала организаций на основе опыта российских компаний.

Материалы и методы исследования. Вопросы изучения адаптации персонала в организации освещены в научных работах таких отечественных ученых, как В.Р. Медведева и А.Н. Низамутдинова [1], Ю.В. Забайкин, Е.В. Красавина и М.Ф. Харламов [2], Н.Ю. Лихачева [3], Ю.А. Попов [4], Н.С. Соловьева и О.В. Болотова [5], и др.

В.Р. Медведева и А.Н. Низамутдинова определяет адаптацию как приспособление сотрудника и организации, которое основывается на поэтапном включении нового работника в трудовой процесс организации [1]. В свою очередь, Ю.В. Забайкин, Е.В. Красавина и М.Ф. Харламов отмечают, что адаптация персонала представляет собой приспособление к новым условиям труда и среде организации, при которых новый сотрудник усваивает определенные паттерны поведения [1, 2]. Анализируя определения адаптации персонала можно сделать вывод, что адаптация персонала представляет собой приспособление сотрудников к предприятию, его экономическим, социально-психологическим и производственным условиям, формируя у персонала определенное организационное поведение.

Особое значение в системе адаптации сотрудников имеет наличие различных подходов к адаптации, позволяющих применить работающие методы приспособления работников к трудовой атмосфере и условиям рабочего места. Существующие подходы к адаптации персонала можно рассмотреть с двух точек зрения – традиционной и современной. Традиционный подход к реализации адаптационных мероприятий предполагает классические методы адаптации сотрудников, такие как наставничество, ознакомление с локально-нормативными актами предприятия, и т.д. В свою очередь, современный подход сопровождается welcome-тренингом и PR-методами [3-5].

Тем не менее, в работах ученых не рассмотрены действенные подходы, которые могут быть реализованы в российских реалиях, в соответствии с чем, это предопределяет необходимость исследования подходов к адаптации персонала на основе опыта российских компаний.

В качестве метода исследования выступает сравнительный анализ процессов адаптации персонала в различных российских компаниях.

Результаты исследования и их обсуждение. Формирование системы адаптации персонала основывается на специфики деятельности определенного предприятия, что в дальнейшем позволяет эффективно внедрить ее с целью снижения текучести кадров, повышения благополучия социально-психологического климата организации, экономии затрат на подбор персонала, сокращения процесса вхождения в должность новых сотрудников и включения их в рабочие процессы. Результатом грамотного построения процессов адаптации работников является желание персонала качественно выполнять свои трудовые обязанности в данной организации, улучшая и совершенствуя их для эффективного функционирования предприятия [1].

Для удовлетворения конкретных потребностей организаций используются различные виды адаптации, среди которых выделяют:

- профессиональная адаптация – это процесс формирования необходимых навыков и знаний, которые будут применены на данном месте работы;
- социально-психологическая адаптация – это процесс привыкания к трудовому коллективу и организационной культуре, сложившейся на предприятии;
- психофизиологическая адаптация – это процесс, в течении которого сотрудник приспосабливается к различным особенностям условий труда на рабочем месте;
- организационно-экономическая адаптация – это процесс привыкания к механизму и устройству функционирования предприятия [2].

В зависимости от категории сотрудников, адаптирующихся к условиям работы предприятия, выделяются различные направления адаптации:

1. Первичная адаптация – представляет собой процесс приспособления работников, не имевших ранее опыта работы и коммуникации в коллективе, среди которых выделяют молодых сотрудников и студентов учебных заведений.

2. Вторичная адаптация – проявляется в адаптации персонала, имеющих профессиональный опыт, при смене должности или переходе в другую организацию, транслирующей свои правила и ценности, к которым необходимо приспосабливаться [3].

Социальная составляющая являются главной в первичной адаптации, поскольку именно в данной адаптации происходит установление взаимодействия между сотрудниками в трудовом коллективе и формирование имиджа специалиста.

В процессе вторичной адаптации выделяют два типа перемещения работника в организации – вертикальное и горизонтальное. Вертикальное перемещение связано с сокращением или повышением сотрудника в должности, а горизонтальное перемещение предполагает ротацию работника в другой отдел, департамент или подразделение.

Стоит отметить, что вторичных адаптаций у сотрудника в процессе трудового пути может быть несколько, в то время как первичная трудовая адаптация проходит один раз в начале трудовой деятельности [4].

Основными факторами, оказывающими непосредственное влияние на качество, сроки и эффективность адаптации специалистов в организации, выступают следующие условия:

- соблюдение правил проведения адаптации сотрудников на конкретном предприятии, с которыми был ознакомлен специалист при приеме на работу;
- существование возможностей для инноваций и качественных изменений на рабочем месте;
- соответствие трудовой деятельности и специальности, полученной в процессе обучения и получения профессионального опыта;
- обеспечение необходимыми для осуществления трудовой деятельности принадлежностями и оборудованием;
- доступность получения информации из корпоративных источников, от коллег и руководства об организации и непосредственной работе;
- наличие возможностей карьерного роста на предприятии и развития сотрудников в целом;
- особенности социально-психологической атмосферы на предприятии [5].

От соблюдения указанных условий зависит успешная и эффективная адаптированность работника, обеспечивающая начало карьерного пути, и дальнейшего развития сотрудника путем улучшения его профессиональных навыков и увеличения накопленных знаний.

Проанализировав практику реализации программ адаптации на предприятиях Российской Федерации, нами выделены три наиболее часто используемых работодателями типа адаптационной политики в системе управления персоналом организаций, представленные на рисунке 1.

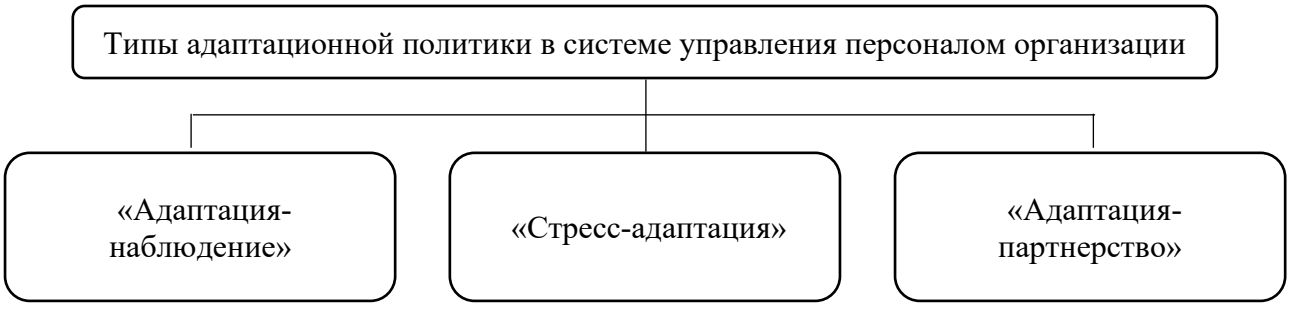


Рисунок 1 – Типы адаптационной политики в системе управления персоналом организации
Источник: составлено авторами на основе [6]

Тип адаптационной политики «адаптация-наблюдение» не предполагает обучения на рабочем месте, новый сотрудник сразу приступает к выполнению своих трудовых функций. Работодатели наблюдают за этим процессом, после чего предпочитают обсуждать заработную плату и обязанности сотрудника, посмотрев на него в деле. В случае если

работник недостаточно хорошо справляется со своими трудовыми функциями, нанимают другого. Данный подход не учитывает социально-психологическую сторону адаптации, а значит, может оставить негативное впечатление и разочарование у уволенного сотрудника.

Тип адаптационной политики «стресс-адаптация» представляет собой четко спланированный план испытательного срока нового специалиста. Испытательный срок в таком подходе сопровождается сложными и изматывающими заданиями, которые касаются непосредственной трудовой деятельности. Работник, который проходит испытательный срок остается в организации. Однако, часто при таком подходе к адаптации персонала, сотрудники, прошедшие испытательный срок и зачисленные в штат, начитают расслабляться и не так качественно выполнять трудовые обязанности. Коллектив же старается не замечать новых сотрудников, поскольку неизвестно как долго продержится новичок в организации. В результате чего, прием на работу лучших специалистов может закончится появлением конфликтов в коллективе.

В свою очередь, тип адаптационной политики «адаптация-партнерство» является наиболее эффективным для современных организаций, поскольку согласно ему, работодатель понимает, что кандидатов, идеально подходящих на должность, не бывает, а соответственно, поиск сотрудника осуществляется до тех пор, пока не найдется подходящий работник. Данного сотрудника обучают, знакомят с историей, ценностями и нормами организации, а также прикрепляют наставника для быстрого и безболезненного вхождения в трудовой процесс и коллектив предприятия [4, 6].

Сроки проведения процесса адаптации персонала устанавливаются каждой организацией индивидуально. Характерной особенностью данного процесса является то, что адаптация не имеет временных ограничений и может длиться до тех пор, пока сотрудник получит все необходимые знания и навыки для качественного выполнения своих трудовых функций и социализации в коллективе. Тем не менее, быстрая и профессионально осуществляемая адаптация снижает материальные затраты организации и нервное напряжение сотрудника, позволяя ему быстрее стать частью коллектива и начать выполнять свою работу полноценно [7].

На процесс адаптации сотрудников оказывают влияние большое количество факторов, среди которых основными являются объективные и субъективные факторы. К объективным факторам относятся условия труда, организация технологического процесса, отраслевая спецификация организации, ее территориальное расположение. В свою очередь, субъективными факторами являются социально-демографические и психофизиологические особенности персонала, их уровень квалификации, а также степень карьерной заинтересованности. Данные факторы следует рассматривать как условия, влияющие на течение, сроки и результаты процесса адаптации работников [8].

Оценка факторов адаптации персонала предопределяет в значительной мере ход и результат адаптационных процессов, ведь все факторы взаимодействуют друг с другом. Анализируемые виды факторов адаптации по-разному влияют на различные аспекты адаптации: для одних аспектов адаптации наиболее значимы одни факторы, для других – другие (например, для профессиональной адаптации наиболее значимы производственные и социально-экономические факторы, а для социально-психологической – субъективные факторы). Таким образом, персонифицированный подход к анализу факторов адаптации имеет важное значение в процессе управления, потому что специфика влияния факторов во многом зависит от конкретных условий производственной среды, от сферы трудовой деятельности, а также от индивидуальных особенностей личности [9].

Процесс адаптации персонала в организации является неотъемлемой частью работы службы персонала на предприятии, который включает прохождение определенных этапов.

Первый этап адаптации персонала – подготовительный, его основная задача заключается в создании у сотрудника положительного впечатления о предприятии. Он направлен на подготовку таких мероприятий, которые позволят новым работникам чувствовать себя частью коллектива, а также будут обеспечивать персонал необходимой

информацией, которая им нужна и которую они стремятся иметь, и способствовать усвоению принятых в организации норм и правил, созданию оптимальных для труда условий.

По результатам данного этапа для нового работника должны быть подготовлены все необходимые документы и мероприятия, которые позволят ему иметь четкое представление о правильности выбора рабочего места, на основании которого организация окончательно подтвердит зачисление работника в штат [10].

Первые рабочие дни сотрудника сопровождаются различными стрессовыми ситуациями. Страх неопределенности на новом рабочем месте может возникнуть у каждого специалиста, в соответствии с чем, рекомендуется разрабатывать и внедрять программу адаптации персонала [11].

Программа адаптации предполагает формирование общего представления у нового сотрудника об организации, особенностях взаимоотношений в ней, а также о ценностях и нормах предприятия. Существует общая и специализированная программы адаптации персонала.

Общая программа адаптации сотрудников включает проведение таких этапов, как ознакомление с продуктами и услугами предприятия, изучение организационной структуры и системы оплаты труда в организации, возможности обучения на рабочем месте, место нахождение комнат отдыха и питания. Кроме того, данная программа предполагает прохождение инструктажей по технике безопасности, охране труда, противопожарной безопасности.

После реализации общей программы адаптации предполагается реализация специализированной программы, которая включает вопросы, непосредственно связанные с рабочим местом, либо подразделением нового сотрудника. Специализированную программу адаптации проводят линейные руководители или наставники [9, 12, 13].

Второй этап адаптации персонала предполагает непосредственную реализацию адаптационных мероприятий. На данном этапе сотрудник знакомиться с должностными обязанностями, условиями труда, правилами и нормами, существующими в организации. Руководство указанным процессом осуществляет непосредственный руководитель и служба управления персоналом.

Основными направлениями работы на этапе проведения адаптации новых сотрудников являются:

- знакомство нового сотрудника с адаптационной программой и сопоставление выбранных мероприятий с ним;
- контроль эффективности программы адаптации, внесение необходимых изменений в случае безрезультативности определенных составляющих;
- осуществление взаимодействия адаптируемого сотрудника и руководства с целью понимания действия адаптационных мероприятий [6].

На данном этапе сотрудник приступает к исполнению трудовых обязанностей, что является важным показателем для проверки готовности работника самостоятельно справляться с работой. В процессе исполнения трудовых обязанностей сотрудник показывает результаты ознакомительных мероприятий и обучения, проводимого для нового работника в рамках адаптационных мероприятий. Тем не менее, наставник или непосредственный руководитель может оказывать поддержку и помощь, проводить консультации по возникающим вопросам, а также совместно с ним отслеживать успешность выполнения трудовых задач.

Процесс непосредственной адаптации персонала также характеризуется приспособлением к социально-психологическому климату, что отражается на отношениях с новыми коллегами и их установками в организации [4, 13].

В рамках третьего этапа совершенствования системы адаптации персонала происходит подведение итогов программы адаптации, проведение анализа эффективности мероприятий и внесение необходимых корректив в реализацию технологии адаптации персонала [8].

Современные российские организации используют различные подходы к адаптации

персонала, что позволяет им удерживать сотрудников и быть конкурентоспособными на рынке труда.

В компании «Selectel», предоставляющей на российском рынке услуги по аренде IT-инфраструктуры для бизнеса, существует кейс по адаптации новых сотрудников, позволяющий ускорить процесс адаптации, ведь чем сложнее услуги, которые предоставляет организация, тем дольше будет адаптироваться новый специалист. Для сотрудников, недавно принятых в компанию, создан полноценный обучающий курс с использованием LMS (системы дистанционного обучения). В данном курсе создатели подготовили информацию, разбитую на отдельные блоки, в которых использованы схемы, аналогии и метафоры для сложных высокоуровневых абстракций, а также разъясняются необходимые IT-термины. В процессе обучения сотрудник может пройти тест, который закрепит выученное и определит пробелы в обучении, к которым работнику необходимо вернуться.

С целью актуализации и оптимизации обучающего курса, специалисты систематически проводят проверку работы системы, а также оценивают COR (индекс доходимости) – процент тех, кто успешно завершил обучение от общего числа прошедших курс, а также NPS (индекс лояльности пользователей) и CSI (индекс удовлетворенности пользователей) [14].

ПАО «МТС», являясь ведущей компанией в России и странах СНГ по предоставлению услуг мобильной связи, также активно реализует адаптационные мероприятия для новых сотрудников. В первый рабочий день работника за ним прикрепляется наставник, который поддерживает и помогает новому сотруднику на принципе полного равенства. Это позволяет работнику получать необходимые для него знания и навыки, перенимая и адаптируя под свою трудовую деятельность опыт наставника. Кроме того, новый сотрудник получает кружку и открытку с приятными для него пожеланиями.

Для социально-психологической адаптации в ПАО «МТС» существует внутренняя социальная сеть, где пользователь может вступать в группы, общаться с другими сотрудниками компании, получать лайки и менять статусы. Социальная сеть создана в формате обучающего курса, который разделен на четыре тематические группы. Каждая группа содержит практические задания и теорию для изучения определенной темы, связанной с деятельностью компании. Уровень накопленных знаний отражает статус сотрудника, который определяется количеством лайков, поставленных другими сотрудниками во время обучения. Также на странице профиля у каждого работника указаны четыре шкалы, показывающие стадию изучения новым работником знаний в рамках предлагаемых блоков. Тем самым, в данной социальной сети персонал может познакомиться с необходимой для него информацией и коллегами по работе [15].

В металлургической и горнодобывающей компании «ЕВРАЗ» для каждого нового сотрудника предусмотрена разработка адаптационного плана для каждого нового сотрудника, в котором включены блоки по обучению и развитию работника. Кроме того, для поднятия организационного духа компания предлагает новым сотрудникам принять участие в различных мероприятиях спортивного и развлекательного характера, что также повышает сплоченность в коллективе.

План адаптации также широко используется мировым лидером в кибербезопасности – АО «Лаборатория Касперского». Данный план состоит из нескольких этапов, которые сопровождаются встречами с наставником. В рамках данных встреч обсуждаются задачи, необходимые для выполнения новым работником с целью прохождения им испытательного срока и дальнейшей работы в компании. Важным элементом адаптации персонала в компании является то, что для новых сотрудников организовываются специальные встречи, в ходе которых работник знакомится с компанией, ее услугами, ценностями и традициями, а опытные сотрудники делятся с новым работником информацией, необходимой для дальнейшей работы [12].

Особый интерес представляет адаптация сотрудников, занимающих высокооплачиваемые должности. Примером адаптационного мероприятия для топовых позиций является компания ПАО «ВымпелКом», в которой разработана специальная

программа под названием «100 дней». Данная программа предусматривает реализацию плана работы нового сотрудника на сто дней. Когда испытательный срок подходит к концу сотрудник выступает с подготовленной презентацией перед генеральным директором [13].

Выводы. Адаптация персонала является одним из важных этапов в профессиональной деятельности каждого работника, поскольку предопределяет удовлетворенность сотрудников своей рабочей деятельностью и организацией в целом, что оказывает значительное влияние на эффективность функционирования предприятия. Правильно подобранная программа адаптации персонала снижает уровень стресса работников при вхождении в организацию, способствует эффективному налаживанию рабочих связей в коллективе, повышению лояльности и производительности труда сотрудников, а также позволяет рационально использовать временные и экономические ресурсы предприятия.

Изучив особенности адаптационных программ среди российских организаций можно сделать вывод, что работа по адаптации сотрудников строится на развитии действующих и наиболее значимых инструментов управления адаптацией персонала. К таким инструментам можно отнести разработку адаптационных индивидуальных планов и обучающих курсов, в том числе и в дистанционном формате, а также закрепление за новыми сотрудниками наставника, создание внутренней организационной социальной сети, проведение мероприятий по сплочению коллектива и др.

Таким образом, проведенное исследование демонстрирует полный спектр возможностей совершенствования адаптационного подхода любой российской компании с использованием предложенных методов адаптации сотрудников, что в дальнейшем позволит снизить текучесть сотрудников, повысить их производительность труда, укрепить HR-бренд организации и многое другое.

Список использованной литературы:

1. *Медведева В.Р., Низамутдинова А.Н.* Управление процессом адаптации персонала современной организации как фактор повышения ее конкурентоспособности // Вестник современных исследований. 2018. № 11.6 (26). С. 258-262.
2. *Забайкин Ю.В., Красавина Е.В., Харламов М.Ф.* Основные подходы в современной научной литературе к адаптации выпускников высших образовательных организаций // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Т. 9. № 6А. С. 102-109.
3. *Лихачева Н.Ю.* Разработка и внедрение процесса адаптации персонала в организации // Вопросы устойчивого развития общества. 2021. № 12. С. 55-61.
4. *Попов Ю.А.* Адаптация персонала как одна из ключевых задач кадрового менеджмента организации // Вектор экономики. 2022. № 1 (67).
5. *Соловьева Н.С., Болотова О.В.* Проблема адаптации персонала в организации // Скиф. Вопросы студенческой науки. 2020. № 12 (52). С. 204-208.
6. Адаптация новых сотрудников: 3 подхода. URL: https://planfact.io/blog/posts/snachala-bolno-potom-priyatno-adaptaciya-novyh-sotrudnikov-3-podhoda (дата обращения: 02.04.2023).
7. *Герасимов Б.Н.* Развитие программы адаптации работников в рамках процесса управления персоналом организации // Экономика и бизнес: теория и практика. 2020. № 2-1 (60). С. 55-64.
8. *Богатырева М.Р., Шарипова А.А.* Процесс адаптации персонала: цель, факторы, влияющие на нее // Экономика. Управление. Финансы. 2022. № 4 (30). С. 225-231.
9. *Субботин А.В., Петров С.В.* Организация управления профориентацией и адаптацией персонала // Путеводитель предпринимателя. 2020. Т. 13. № 2. С. 176-183.
10. *Целютина Т.В., Литвин Ю.П.* Эффективная система управления адаптацией персонала как инструмент управления текучестью кадров // Интеграция наук. 2019. № 1 (24). С. 215-218.
11. *Тлехурай-Берзегова Л.Т.* Трудовая адаптация персонала: подходы, этапы, проблемы // Управленческий учет. 2021. № 11-1. С. 121-133.

12. *Семенова Е.Н.* Российский и зарубежный опыт адаптации персонала // Экономические исследования и разработки. 2020. № 10. С. 45-49.
13. *Герасимова А.В., Коноплева И.А., Киракосян М.Ж.* Система адаптации персонала организации: проблемы и пути решения // Заметки ученого. 2021. № 10. С. 309-317.
14. Кейс по адаптации новых сотрудников в компании Selectel. URL: https://lssrussia.ru/authorsarticles/keys-po-adaptatsii-novykh-sotrudnikov-v-kompanii-selectel/ (дата обращения: 02.04.2023).
15. Вводный электронный курс для МТС в формате социальной сети. URL: https://levellab.ru/projects/31/ (дата обращения: 02.04.2023).

References:

1. Medvedeva V.R., Nizamutdinova A.N. Upravlenie protsessom adaptatsii personala sovremennoy organizatsii kak faktor povysheniya ee konkurentosposobnosti [Management of the adaptation process of the personnel of a modern organization as a factor in increasing its competitiveness]. *Vestnik sovremennykh issledovaniy* [Bulletin of Modern Research], 2018, no. 11.6 (26), pp. 258-262. (In Russian).
2. Zabaikin Y.V., Krasavina E.V., Kharlamov M.F. Osnovnye podkhody v sovremennoy nauchnoy literature k adaptatsii vypusknikov vysshikh obrazovatelnykh organizatsiy [The main approaches in modern scientific literature to the adaptation of graduates of higher educational institutions]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today, Tomorrow]. 2019, vol. 9, no. 6A, pp. 102-109. (In Russian).
3. Likhacheva N.Y. Razrabotka i vnedrenie protsessa adaptatsii personala v organizatsii [Development and implementation of the personnel adaptation process in the organization]. *Voprosy ustoichivogo razvitiya obshchestva* [Issues of Sustainable Development of Society], 2021, no. 12, pp. 55-61. (In Russian).
4. Popov Y.A. Adaptatsiya personala kak odna iz klyuchevykh zadach kadrovogo menedzhmenta organizatsii [Personnel adaptation as one of the key tasks of the organization's personnel management]. *Vektor ekonomiki* [Vector of Economics], 2022, no. 1 (67). (In Russian).
5. Solovieva N.S., Bolotova O.V. Problema adaptatsii personala v organizatsii [The problem of personnel adaptation in the organization]. *Skif. Voprosy studencheskoi nauki* [Skif. Issues of Student Science], 2020, no. 12 (52), pp. 204-208. (In Russian).
6. *Adaptatsiya novykh sotrudnikov: 3 podkhoda* [Adaptation of new employees: 3 approaches]. (In Russian). Available at: https://planfact.io/blog/posts/snachala-bolno-potom-priyatno-adaptaciya-novyh-sotrudnikov-3-podhoda (accessed 02.04.2023).
7. Gerasimov B.N. Razvitie programmy adaptatsii rabotnikov v ramkakh protsessa upravleniya personalom organizatsii [Development of the employee adaptation program within the framework of the organization's personnel management process]. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika* [Economics and Business: Theory and Practice], 2020, no. 2-1 (60), pp. 55-64. (In Russian).
8. Bogatyreva M.R., Sharipova A.A. Protsess adaptatsii personala: tsel, faktory, vliyayushchie na nee [Personnel adaptation process: goal, factors influencing it]. *Ekonomika. Upravlenie. Finansy* [Economics. Control. Finance], 2022, no. 4 (30), pp. 225-231. (In Russian).
9. Subbotin A.V., Petrov S.V. Organizatsiya upravleniya proforientatsiei i adaptatsiei personala [Organization of management of career guidance and adaptation of personnel]. *Putevoditel predprinimatelya* [Guide of the Entrepreneur], 2020, vol. 13, no. 2, pp. 176-183. (In Russian).
10. Tselyutina T.V., Litvin Y.P. Effektivnaya sistema upravleniya adaptatsiei personala kak instrument upravleniya tekuchestyu kadrov [Effective personnel adaptation management system as a tool for personnel turnover management]. *Integratsiya nauk* [Integration of Sciences], 2019, no. 1 (24), pp. 215-218. (In Russian).
11. Tlekhurai-Berzegova L.T. Trudovaya adaptatsiya personala: podkhody, etapy, problem [Labor adaptation of personnel: approaches, stages, problems]. *Upravlencheskii uchet* [Management Accounting], 2021, no. 11-1, pp. 121-133. (In Russian).

12. Semenova E.N. Rossiiskii i zarubezhnyi opyt adaptatsii personala [Russian and foreign experience of staff adaptation]. *Ekonomicheskie issledovaniya i razrabotki* [Economic Research and Development], 2020, no. 10, pp. 45-49. (In Russian).
13. Gerasimova A.V., Konopleva I.A., Kirakosyan M.Zh. Sistema adaptatsii personala organizatsii: problemy i puti resheniya [The system of adaptation of the personnel of the organization: problems and solutions]. *Zametki uchenogo* [Notes of a Scientist], 2021, no. 10, pp. 309-317. (In Russian).
14. *Keis po adaptatsii novykh sotrudnikov v kompanii Selectel* [Case on adaptation of new employees at Selectel]. (In Russian). Available at: https://lssrussia.ru/authorsarticles/keys-po-adaptatsii-novykh-sotrudnikov-v-kompanii-selectel/ (accessed 02.04.2023).
15. *Vvodnyi elektronnyi kurs dlya MTS v formate sotsialnoi seti* [Introductory electronic course for MTS in the format of a social network]. (In Russian). Available at: https://levellab.ru/projects/31/ (accessed 02.04.2023).

Сведения об авторах / Information about authors

Верна Вероника Валериевна
канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры туризма
Крымский университет культуры, искусств и туризма,
доцент кафедры менеджмента, туризма и гостиничного бизнеса
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова (Севастопольский филиал)
295017, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 39
nica2605@rambler.ru

Verna Veronica Valerievna
Ph.D. (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Tourism
Crimean University of Culture, Arts and Tourism
Associate Professor of the Department of Management, Tourism and Hotel Business
Plekhanov Russian University of Economics
295017, Republic of Crimea, Simferopol, Kievskaya str., 39
nica2605@rambler.ru

Хойна Марина Николаевна
студент 2-го курса магистратуры направления подготовки «Управление персоналом»
Крымский Федеральный университет им. В.И. Вернадского
295007, Республика Крым, г. Симферополь, проспект Академика Вернадского, 4
hoynamarina@mail.ru

Hoyna Marina Nikolaevna
undergraduate of the 2st year of the training direction «Personnel Management»
V.I. Vernadsky Crimean Federal University
295007, Republic of Crimea, Simferopol, Academic Vernadsky blvd, 4
hoynamarina@mail.ru

УДК 65.012.23 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.017**

Войтюк В.Н.

УНИФИКАЦИЯ ПРОЦЕДУР АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ РИСКОВ ИНВЕСТИЦИОННОГО ЭТАПА ПРОЕКТОВ ПО СОЗДАНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Аннотация. Статья посвящена выявлению типологизации и декомпозиции основных задач по реализации проекта по созданию производственного комплекса, порождающих риски. Цель работы – разработка стандартных унифицированных процедур анализа и оценки рисков инвестиционного этапа проектов по созданию производственных комплексов. Предмет исследования: организационно-экономические отношения, порождающие риски инвестиционного этапа проекта по созданию производственного комплекса. Методология исследования основана на работах отечественных и зарубежных авторов, посвященных теоретическому обоснованию экономической целесообразности локализации промышленных предприятий. В качестве исходных данных использованы аналитические и статистические отчеты компаний-резидентов промышленных парков, отраслевых ассоциаций и органов исполнительной власти. Гипотеза исследования состоит в повышении качества оценки рисков инвестиционных проектов на основе группировок типовых рисков и процедур. В результате анализа выявлены и сгруппированы типовые задачи инвестиционного периода и предложен унифицированный алгоритм анализа и оценки рисков, порождаемых данными задачами. Выводы и рекомендации исследования могут быть использованы частными инвесторами, государственными органами исполнительной власти и органами местного самоуправления при разработке и оценке инвестиционных проектов по созданию производственных комплексов.
Ключевые слова: производственный комплекс, анализ рисков, оценка рисков, инвестиционный проект, инвестиционные риски, типовые процессы.

Voytyuk V.N.

UNIFICATION OF PROCEDURES FOR ANALYSIS AND ESTIMATION OF RISKS FOR THE INVESTMENT STAGE OF CREATE INDUSTRIAL COMPLEXES PROJECTS

Abstract. The article is devoted to identifying the typology and decomposition of the main tasks for the implementation of the project to create an industrial complex that generate risks. The purpose of the work is to develop standard unified procedures for analyzing and estimation the risks of the investment stage of projects to create industrial complexes. Subject of research: organizational and economic relations that give rise to risks of the investment stage of the project to create a production complex. The research methodology is based on the works of domestic and foreign authors devoted to the theoretical substantiation of the economic feasibility of localizing industrial enterprises. Analytical and statistical reports of resident companies of industrial parks, industry associations and executive authorities were used as initial data. The hypothesis of the study is to improve the quality of risk estimation of investment projects based on groupings of typical risks and procedures. As a result of the analysis, typical tasks of the investment period were identified and grouped, and a unified algorithm for analyzing and estimation the risks generated by these tasks was proposed. The conclusions and recommendations of the study can be used by private investors, state executive authorities and local governments in the development and evaluation of investment projects for the creation of industrial complexes.
Keywords: industrial park, investment potential, investment risks, attraction of investments, concentration of productive forces, industrial park resident, state support measures.

Введение. Наиболее ярко проявляет себя отсутствие единых подходов к оценке

инвестиционных рисков проектов по созданию производственных комплексов при их реализации на территории промышленных парков. В рамках деятельности управляющих компаний таких парков имеется уникальная возможность консолидировать информацию о ходе реализации инвестиционных проектов различными компаниями-резидентами промышленных парков.

Таблица 1 – Демографические показатели предприятий в группировке по видам экономической деятельности

Вид экономической деятельности	Ед. изм.	Количество вновь созданных предприятий					
		2017	2018	2019	2020	2021	2022
Обрабатывающие производства (C)	шт.	25 089	19 996	18 858	15 218	15 383	15 229
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха (D)	шт.	993	788	810	644	621	470
Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений (E)	шт.	1 904	1 560	1 480	1 215	1 376	1 053
ИТОГО:	шт.	*27 986*	*22 344*	*21 148*	*17 077*	*17 380*	*16 752*

По данным Федеральной службы государственной статистики только в обрабатывающей отрасли ежегодно открывается более 15 тыс. предприятий. Почти все они реализуют проекты становления, предполагающие создание основных средств для выпуска товаров, работ (например, в рамках производственной кооперации) и услуг (например, по толлинговым контрактам на услуги переработки давальческого сырья и выпуску компенсационных товаров).

Согласно данным сайта «Сделано у нас» (https://sdelanounas.ru/) в 2022 году в России было введено в эксплуатацию 137 промышленных предприятий, цехов и линий стоимостью более 100 млн рублей каждое.

Еще более убедительно выглядит приведенная ниже статистика Ассоциации индустриальных парков России за 2021 год (График 1 и 2). Так, только на территории 251 действующих индустриальных парков Российской федерации реализовали и продолжают реализовывать свои проекты 4 025 компаний-резидентов, относящихся к обрабатывающей отрасли.

Рисунок 1 – Результаты работы индустриальных парков России по привлечению инвестиций

Все это свидетельствует о наличии объективной необходимости в научном подходе к решению задачи управления процессами инвестиционной фазы проектов по созданию производственных комплексов. Такое решение требует не только, создать методический инструментарий, позволяющий реализовать на практике функцию управления задачами внутри проекта, но и обеспечить возможность оптимизации процессов анализа и оценки рисков таких проектов со стороны их участников на основе типовых методик.

Совершенно очевидно, что без научного подхода к управлению существующей системой инвестиционной деятельности, невозможно успешно решать задачи эффективного развития и управления промышленными комплексами.

В то же время существующие методы анализа, оценки и управления инвестиционной фазой создания объектов промышленной инфраструктуры не обеспечивают в полной мере использование имеющегося потенциала, с учетом применения лучших практик в области управления рисками, что не позволяет принимать участникам данных проектов (инициаторами, инвесторами, финансовыми институтами, институтами поддержки предпринимательства, органами исполнительной власти, надзорными органами и проектными командами) юридически взвешенные и экономически обоснованные управленческие решения по их реализации.

Целью исследования является разработка стандартных унифицированных процедур анализа и оценки рисков инвестиционного этапа проектов по созданию производственных комплексов. Применение типовых процедур анализа и оценки инвестиционных рисков позволит значительно сократить сроки на их реализацию и повысит обоснованность принимаемых управленческих решений.

Материалы и методы исследования. Потребность в создании системы управления процессом инвестиционной деятельности обусловлена наличием объективной необходимости научного подхода к решению типовых задач инвестиционного этапа проектов по созданию объектов промышленной инфраструктуры.

Для целей настоящей статьи под «производственным комплексом» понимается совокупность объектов промышленной, складской и административной инфраструктуры, а также объектов внутриплощадочных инженерных и транспортных сетей для обеспечения полного производственного цикла: закупка и хранение сырья, материалов и комплектующих, производство, хранение и реализация готовой продукции.

Прикладной характер проблемы проявляется в отсутствии широкого внедрения принципов и инструментов проектного управления и низкой эффективности проектных команд на прединвестиционной фазе, в части проведения анализа и оценки инвестиционных рисков.

Применительно к проектам по созданию производственных комплексов на локальных территориях, к основным объектам управления относятся внешние и внутренние процессы реализации инвестиционной фазы, а также создаваемые в рамках таких проектов комплексы объектов недвижимого имущества, состоящие из земельного участка (участков) с производственными, административными, складскими и иными зданиями, строениями и сооружениями, объектов инженерной и транспортной инфраструктуры, необходимой для создания нового промышленного производства, обладающие необходимым правовым режимом для осуществления производственной деятельности.

Именно место (регион, муниципалитет) локализации проекта по созданию производственного комплекса является определяющим фактором, формирующим большую часть рисков инвестиционного этапа, а в последствии и операционного.

Вот почему, изучение данной научной проблематики необходимо начать с изучения классиков научной экономической мысли.

Одним из первых обратил внимание на эффективность концепции размещения производительных сил по территориальному признаку – Иоганн Генрих фон Тюнен в своей работе «Изолированное государство» (1826 г.). Именно в ней он отметил в качестве основной силы, действующей па распределение систем хозяйства в пространстве, – рынок. В

этой же работе Тюнен развивает важную мысль о выгодности приобретения земли с производственными активами по отношению к покупке земли и создания таких активов по причине сокращения сроков уплаты процентов «на капитал, необходимый для возведения построек» [1, с. 29].

Дальнейшее обоснование эффективности локализации производства вблизи рынков сырья и сбыта было изложено в работах Альфреда Вебера. В своих исследованиях, изложенных в опубликованной им в 1909 году работе «О теории размещения промышленности» [2], рассматривает уже не только фактор транспортных издержек, положенных в основу модели «локационного треугольника», предложенного ярким представителем немецкой классической политической экономии – Карлом Вильгельмом Фридрихом Лаунхардтом в его работе «Практика эффективного размещения предприятий» (1882 г.) [3] , но и расширяет список факторов, влияющих на расположение производства, до трех:

1) транспортные издержки;

2) затраты на рабочую силу;

3) агломерационные /деагломерационые силы [4, с. 78].

Аналогичную позицию о важности транспортных магистралей для «ритмичного и интенсивного экономического развития» высказывает в своей работе «Области общения и экономическое развитие» П. Потье [13, с.61].

Иную оценку факторов целесообразности локализации производственных сил по территориальному признаку дал в своей книге «Принципы экономической науки» Альфред Маршал [5]. В качестве ключевого параметра эффективности им было предложено рассматривать не сокращение издержек, а производительность труда и формирующие его факторы: совместный рынок квалифицированной рабочей силы, взаимную торговлю расположенных в «промышленном районе» компаний и межфирменное разделение труда. Именно эти факторы, по мнению А. Маршала, формируют в промышленном районе специфический климат, определяющий рост производительных сил.

Хотелось бы упомянуть позицию американского экономиста Уолтера Айзарда, предложившего в своей работе «Методы регионального анализа: введение в науку о регионах» в качестве основной движущей силы размещения производственных предприятий в промышленных зонах – близость таких территорий к рынкам сбыта [6]. Данная проблематика нашла свое отражение в работах многих отечественных и зарубежных авторов, таких как Гранберг А.Г., отмечавший важное значение наличия зависимости издержек от формы сквозных динамических производственных способов [7, с.158], А.А. Глушко [8, с.12] – отмечающий важность при выборе места размещения предприятия такие факторы как технологические особенности производства (расход сырья, энергии, воды, а также затраты рабочей силы). Огромное значение территориально-производственных комплексов (далее – ТПК) для регионального развития доказал в своих работах профессор Бандман М.К. [9, с.17-20]. Он особенно подчеркивал необходимость рассмотрения ТПК в качестве территориально-производственной системы, в составе которой взаимодействуют элементы трех более крупных систем: экономической, демографической и природной. Нельзя не отметить работы отечественных ученых в области развития методологических подходов к оценкам инвестиционного потенциала и инвестиционного риска локальных территорий. Так в своей статье «Инвестиционный риск в анализе инвестиционного климата и привлекательности» [10] Мельников В.С. конкретизирует факторы, определяющие инвестиционный потенциал локальных территорий, расширяя и конкретизируя ранее проведенные теоретические изыскания. Панкратов А.А., Мусаев Р.А. и Бадина С.В., в своей работе отмечают наличие сходства положительных экономических эффектов от локализации производственных агломераций и в рамках кластерных моделей [11], Нельзя не отметить в качестве развития теоретической мысли в данном направлении работы Перру Ф., в одной из которых он предлагает расширить факторы, определяющие эффективность экономического взаимодействия посредством принятия «различия между эвклидовым и абстрактным

пространствами» для выявления столько «разных экономических пространств, сколько существует структур абстрактных связей, характеризующих каждый экономический объект» [12, с.80].

Х. Ричардсон в своей работе «Теория регионального роста» значительно расширяет перечень факторов, оказывающих влияние на эффективность экономического субъекта в зависимости от локации. Так, свою модель эффективности на основе производственной функции он основывает на:

- «экономии от агломерации;
- предпочтении по местоположению;
- размере и пространственном распределении основного капитала;
- уровне естественного прироста населения;
- относительной норме прибыли на капитал и труд;
- способности региона поглощать инновации» [14, с. 682].

Вопросы рисков инвестиционных проектах достаточно глубоко исследованы в части методологии идентификации и анализа потенциальных причин и последствий их возникновения, включая закрепления методов и инструментов в соответствующих международных (ИСО) и российских (ГОСТ) стандартах (ETA, FTA, HACCP, FMECA, FMEA, BOW-TIE, ISHIKAWA DIAGRAM, MONTE-CARLO и др.), так и в части применения риск-метрик в расчетных моделях (например, при расчете ставки дисконтирования денежных потоков проекта для финансового моделирования).

В тоже время, при объективном наличии типовых процессов при реализации инвестиционной фазы проектов до сих пор не разработана стандартизированная методика анализа и оценки инвестиционных рисков.

В целях предотвращения неоднозначной трактовки используемых терминов и определений необходимо закрепить терминологический инструментарий. Именно четкое определение границ таких терминов как «Инвестиции», «Инвестиционный проект», «Эффективность инвестиционного проекта», позволит обеспечить сопоставимость характеристик и свойств при проведении анализа указанных объектов.

Количество теорий, моделей и исследований, касающихся вопросов размещения производительных сил подтверждает наличие огромного интереса к ним со стороны научного сообщества, представляющего различные экономические школы.

В качестве источников исходных данных использованы отчеты и аналитические материалы ведущих аналитических агентств («Deloitte», «McKinsey» и «Refinitive»), отраслевых ассоциативных объединений России, а также результаты анализа работы коммерческих подразделений промышленных компаний на территории Калининградской области.

Результаты исследования и их обсуждение. Задача по идентификации причинно-следственных связей между процессами, процедурами и объектами, являющимися частью реализации инвестиционных проектов по созданию производственных комплексов и рисками, порождаемыми ими, должна сводиться к описанию типовых базовых задач по реализации таких проектов, последовательности и необходимых ресурсов (включая временные) для их выполнения.

Эффективность принципа учета функции времени при планировании отдельных этапов и задач при планировании инвестиционных проектов и стратегий подтверждают в своей работе О.В. Калинина и С.В. Фирова, предлагая в качестве основного метода использовать сетевое планирование: «…с целью оптимизации длительности процесса стратегического планирования инновационной деятельности предприятия целесообразно, на наш взгляд, использовать метод сетевого планирования» [15, с.130].

На примере исследования экосистем экономических субъектов первостепенность задач по выявлению и анализу факторов риска отмечена в работах таких ученых как Ю.А. Слепцова и Р.М. Качалов: «возможность корректировки управленческих решений своевременно, до возникновения существенного ухудшения условий устойчивого развития

предпринимательской экосистемы, при возникновении конфликтной ситуации появляется, как правило, благодаря наличию в составе экосистемы механизмов своевременного выявления факторов риска, их анализа и оценки, а также разработки адекватных антирисковых воздействий» [16, с.42].

Предлагается следующий алгоритм анализа и оценки типовых рисков инвестиционной фазы проекта по созданию производственного комплекса:

1. Идентификация рисков:

1.1. построение диаграммы Ганта типовых задач инвестиционного этапа:

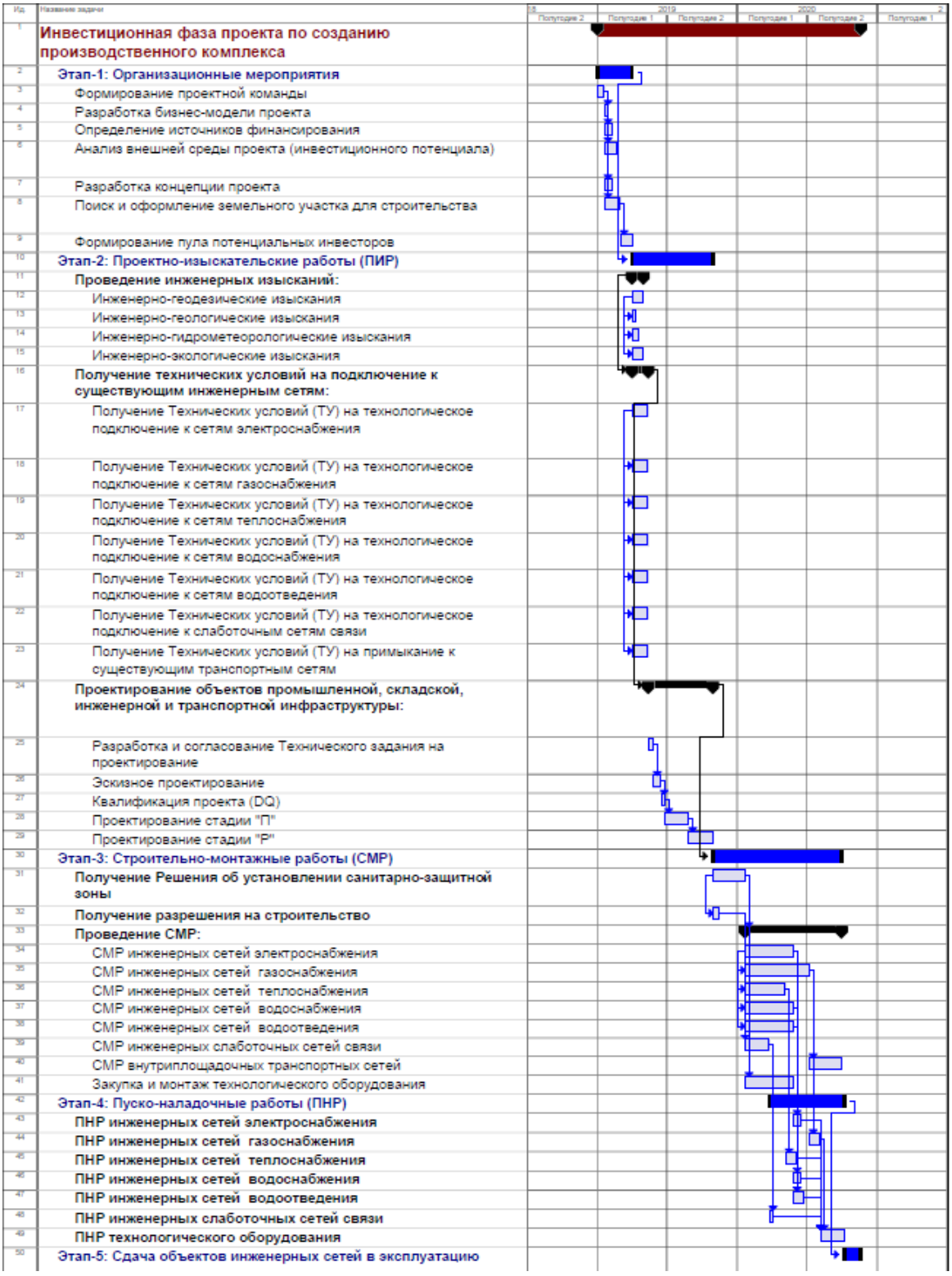


Рисунок 2 – Диаграмма Ганта 1. Типовые задачи инвестиционного этапа проекта

1.2. декомпозиция типовых задач диаграммы Ганта на бизнес-процессы по их реализации;

1.3. определение перечня объектов и субъектов управления при реализации каждого бизнес-процесса;

1.4. идентификация типовых рисков, порождаемых бизнес-процессами, субъектами и объектами i (1; N).

2. Качественный анализ типовых рисков:

2.1. определение перечня типовых источников рисков;

2.2. определение перечня потенциальных последствий наступления рисков.

3. Количественный анализ типовых рисков:

3.1. расчет вероятности наступления типовых рисков (P_i). При наличии репрезентативных статистических выборок стохастические расчеты выполняются методами математической статистики с учетом вида распределения случайной величины. При отсутствии статистических данных значение вероятности выполняется интервальными методами, и методами экспертных оценок, включая метод математического моделирования Монте-Карло.

3.2. определение величины потенциальных убытков (дополнительных затрат) при наступлении i-го риска в денежном выражении (C_i);

3.4. выполнение расчета величины i-го риска с учетом вероятности по формуле:

$$R_i = C_i * P_i, \quad (1)$$

где R_i – величина i-го риска с учетом вероятности его наступления в денежном выражении;

C_i – сумма потенциального убытка, причиненного проекту реализацией риска i-го вида (в денежном выражении);

P_i – величина вероятности наступления риска i-го вида (в %).

Так, например, одним из типовых рисков задачи «Получение Технических условий на технологическое присоединение к существующим сетям водоснабжения» является риск отказа в выдаче ресурсо-снабжающей организацией таких технических условий. Данный вид риска тесно коррелирует с точкой выбранной локации строительства производственного комплекса.

Типовыми источниками данного риска могут являться:

- отсутствие свободных лимитов на водоснабжение по причине недостаточной мощности существующих сетей водоснабжения населенного пункта/промышленной зоны;
- высокая проектная мощность по объему водопотребления у проектируемого производственного комплекса.

Типовым последствием реализации данного риска является необходимость внесения инициатором проекта изменений в проект и, как следствие понесение дополнительных затрат, предусматривающих мероприятия по проектирование и строительство собственного источника водоснабжения и сопутствующих сооружений. Например, для проектов по строительству собственных источников водоснабжения в рамках реализации проекта по созданию промышленного парка площадью 15 Га, размер дополнительных затрат на проектирование и строительство объектов внутриплощадочных сетей водоснабжения (скважины- 2 шт. с дебетом 10-15 $м^3$/мин., станция химводоподготовки, пожарный резервуар, сети водоснабжения) составят около 21% суммарных инвестиционных затрат (≈50,4 млн рублей). Вероятность наступления указанного риска варьируется от 30% до 70% (среднее значение 50%). Таким образом, его величина составит:

$$Ri = Ci * Pi = 50,4 * 0,5 = 25,2 \text{ млн. руб.}$$

4. Оценка типовых рисков проекта:

4.1. выполнение расчета суммарного риска инвестиционного этапа проекта:

$$R_{сум} = \sum_{i=1}^{N} C_i \cdot P_i \ . \qquad (2)$$

4.2. Ранжирование типовых рисков проекта с использованием методики построения карты/матрицы рисков (рисунок 3).

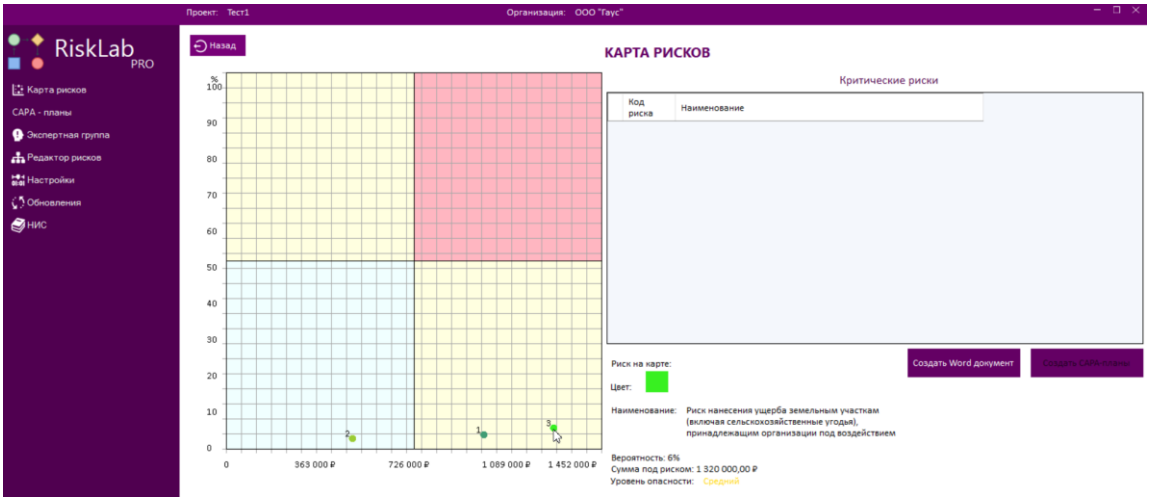


Рисунок 3 – Карта рисков (программа для ЭВМ «RiskLab-Pro»)

4.3. Формирование Реестра критических типовых рисков инвестиционной фазы проекта, из рисков, расположенных в верхнем правом секторе карты рисков – риски с высокой степенью вероятности наступления (более 50 %) и значительным потенциальным ущербом при их реализации (более 50 % от максимального ущерба по риску).

Именно в отношении рисков, включенных в Реестр критических рисков необходимо разрабатывать и реализовывать планы предупреждающих и корректирующих мероприятий, направленных на снижение или устранение рисков проекта.

Выводы. На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Управление процессом идентификации, анализа и оценки инвестиционных рисков проектов по созданию производственных комплексов должно осуществляться системно, быть основано на научных подходах и общих принципах организации инвестиционного, проектного и риск-менеджмента, включая принцип территориальности, предполагающем обеспечение максимального инвестиционного потенциала территории предполагаемой локализации проекта:

- лояльные требования правового регулирования правил землепользования и строительства;
- наличие развитой системы инженерных коммуникаций и свободных лимитов на поставку энергоресурсов;
- низкий уровень расходов на транспортную и складскую логистику;
- наличие развитого рынка, достаточного количества предложений и низких цен в отношении земельных участков под строительство промышленных объектов;
- наличие развитой и многопрофильной системы транспортных коммуникаций;
- развитый рынок труда и минимального уровня инвестиционных рисков такой территории.

2. Все проекты по созданию производственных комплексов, предполагающих наличие инвестиционной фазы по созданию объектов промышленной, инженерной и транспортной инфраструктуры, имеют типовые этапы ее реализации, задачи и бизнес-процессы.

3. Разработка и применение унифицированных, стандартизированных процедур по

идентификации, анализу и оценке типовых рисков инвестиционных проектов по созданию производственных комплексов позволит значительно сократить сроки принятия инвестиционных управленческих решений и их экономическую обоснованность всеми участниками проекта.

Дальнейшее развитие данного направления исследований целесообразно осуществлять в направлении автоматизации представленных алгоритмов и процедур, а также расширения применения риск-ориентированного подхода в правоприменительной практике контрольно-надзорной функции по отношению к инвестиционным проектам по созданию промышленных комплексов.

Список использованной литературы:

1. *Тюнен И.Г.* Изолированное государство. М.: Экономическая жизнь, 1926. 326 с.
2. *Weber A.* Ueber Den Standort Der Industrien. Reine Theorie Des Standorts // Mit Einem Mathematischen Anhang. 2018. Vol. 1. P. 273.
3. *Морозова Т.Г.* Региональная экономика. М.: ЮНИТИ, 2001. 472 с.
4. *Лаунхардт К. Ф. В.* Определение наиболее удобного места для промышленного объекта // Журнал Ассоциации немецких инженеров. 1882. Т. 26. С. 105-116.
5. *Маршалл А.* Принципы экономической науки. М.: Прогресс, 1993. Т.1. 358 с.
6. *Изард У.* Методы регионального анализа: введение в науку о регионах. М.: Прогресс, 1966. 660 с.
7. *Гранберг А.Г.* Динамические модели народного хозяйства. М.: Экономика, 1985. 240 с.
8. *Глушко А.А., Рябинина Л.И.* Территориальная организация хозяйства стран АТР. Владивосток: ДВГУ, 2003. 173 с.
9. *Бандман М.К.* Избранные труды и продолжение начатого. Новосибирск, ИЭОПП СО РАН, 2014. 448 с.
10. *Мельников В.С.* Инвестиционный риск в анализе инвестиционного климата и привлекательности // Сибирская финансовая школа. 2003. № 3. С. 99-105.
11. *Панкратов А.А., Мусаев Р.А., Бадина С.В.* Подходы к выявлению, измерению и прогнозированию кластерных эффектов // Проблемы прогнозирования. 2021. № 3. С. 126-134. DOI: 10.47711/0868-6351-186-126-134.
12. Перру Ф. Экономическое пространство: теория и приложения // Пространственная экономика. 2007. № 2. С. 77-93.
13. *Pierre Pottier.* Axes de communication et developpement economique // Revue Economique. 1963. Vol. 14. P. 58-132. DOI: https://doi.org/10.3406/reco.1963.407543.
14. *Richardson H. W.* Regional Growth Theory // Revue économique. 1975. Vol. 26. №4. P. 681-683. URL: https://www.persee.fr/doc/reco_0035-2764_1975_num_26_4_408224_t1_0681_0000_001 (дата обращения: 07.05.2023).
15. *Калинина О.В., Фирова С.В.* Планирование инновационной деятельности на основе управления стратегическими параметрами инвестирования // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2019. Т. 12. № 5. С. 130-141. DOI: 10.18721/JE.12510.
16. *Качалов Р.М., Слепцова Ю.А.* Управление риском как инструмент устойчивого развития бизнес-экосистем // ЭНСР. 2021. № 1 (92). С. 40-51.

References:

1. Tyunen I.G. *Izolirovannoye gosudarstvo* [Isolated state]. Moscow, Economicheskaya zhizn’ Publ., 1926, 326 p. (In Russian).
2. Weber A. Ueber Den Standort Der Industrien. Reine Theorie Des Standorts. *Mit Einem Mathematischen Anhang*, 2018, vol. 1, p. 273. (German).
3. Morozova T.G. *Regional'naya ekonomika* [Regional economy]. Moscow, YUNITI Publ., 2001, 472 p. (In Russian).
4. Launkhardt K.F.V. Opredeleniye naiboleye udobnogo mesta dlya promyshlennogo ob"yekta

[Determination of the most convenient place for an industrial facility]. *Zhurnal Assotsiatsii nemetskikh inzhenerov* [Journal of the Association of German Engineers], 1882, vol. 26, pp. 105-116. (In Russian).
5. Marshall A. *Printsipy ekonomicheskoy nauki* [Principles of economic science]. Moscow, Progress Publ., 1993, vol. 1, 358 p. (In Russian).
6. Izard U. *Metody regional'nogo analiza: vvedeniye v nauku o regionakh* [Methods of regional analysis: an introduction to the science of regions]. Moscow, Progress Publ., 1966, 660 p. (In Russian).
7. Granberg A.G. *Dinamicheskiye modeli narodnogo khozyaystva* [Dynamic models of the national economy]. Moscow, Ekonomika Publ., 1985, 240 p. (In Russian).
8. Glushko A.A., Ryabinina L.I. *Territorial'naya organizatsiya khozyaystva stran ATR* [Territorial organization of the economy of the Asia-Pacific countries]. Vladivostok, DVGU Publ., 2003, 173 p. (In Russian).
9. Bandman M.K. *Izbrannyye trudy i prodolzheniye nachatogo* [Selected works and continuation of what has been started]. Novosibirsk, IEOPP SO RAN, 2014, 448 p. (In Russian).
10. Mel'nikov V.S. Investitsionnyy risk v analize investitsionnogo klimata i privlekatel'nosti [Investment risk in the analysis of the investment climate and attractiveness]. *Sibirskaya finansovaya shkola* [Siberian Financial School], 2003, no. 3, pp. 99-105. (In Russian).
11. Pankratov A.A., Musayev R.A., Badina S.V. Podkhody k vyyavleniyu, izmereniyu i prognozirovaniyu klasternykh effektov [Approaches to identifying, measuring and predicting cluster effects]. *Problemy prognozirovaniya* [Problems of Forecasting], 2021, no. 3, pp. 126-134. (In Russian). DOI: 10.47711/0868-6351-186-126-134.
12. Perru F. Ekonomicheskoye prostranstvo: teoriya i prilozheniya [Economic space: theory and applications]. *Prostranstvennaya ekonomika* [Spatial Economics], 2007, no. 2, pp. 77-93. (In Russian).
13. Pierre Pottier. Axes de communication et developpement economique. *Revue Economique*, 1963, vol. 14, pp. 58-132. (In English). DOI: https://doi.org/10.3406/reco.1963.407543.
14. Richardson H. W. Regional Growth Theory. *Revue économique*, 1975, vol. 26, no. 4, pp. 681-683. (In English). Available at: https://www.persee.fr/doc/reco_0035-2764_1975_num_26_4_408224_t1_0681_0000_001 (accessed 07.05.2023).
15. Kalinina O.V., Firova S.V. Planirovaniye innovatsionnoy deyatel'nosti na osnove upravleniya strategicheskimi parametrami investirovaniya [Planning of innovation activity on the basis of management of strategic parameters of investment]. *Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskiye nauki* [St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economic Sciences], 2019, vol. 12, no. 5, pp. 130-141. (In Russian). DOI: 10.18721/JE.12510.
16. Kachalov R.M., Sleptsova YU.A. Upravleniye riskom kak instrument ustoychivogo razvitiya biznes-ekosistem [Risk management as a tool for sustainable development of business ecosystems]. *ENSR* [ENSR], 2021, no. 1 (92), pp. 40-51. (In Russian).

Сведения об авторе / Information about author

Войтюк
Валерий Николаевич
преподаватель
Западный филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы
236016, Калининградская обл., Калининград, ул. Артиллерийская, 62
valery.67@mail.ru

Voytyuk
Valeriy Nikolayevich
lecturer
Western branch of the Russian Academy of national economy and public administration
236016, Kaliningrad, Kaliningrad region, Artileriyskaya str., 62
valery.67@mail.ru

УДК 331.52 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.018**

Дедюх В.И, Гармашова Е.П.

ТЕНДЕНЦИИ И ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА ТРУДА ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЬ

Аннотация. В данной статье анализируются тенденции развития рынка труда в г. Севастополь за период с 2018 по 2022 год. Актуальность темы обосновывается высоким уровнем зависимости валового внутреннего продукта страны от уровня занятости населения. Поэтому данное исследование нацелено на изучение тенденций развития регионального рынка труда г. Севастополь, а именно на решение следующих задач: анализ структуры трудовых ресурсов, исследование динамики занятого и незанятого населения, а также анализ реальной и номинальной заработной платы. Оценка рынка труда и уровня занятости в городе Севастополь проводилась на основании статистических данных департамента Министерства труда и социальной защиты в Российской Федерации в городе Севастополь и данных Управления Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю.
Ключевые слова: занятость населения, уровень безработицы, номинальная и реальная заработная плата, численность рабочей силы, г. Севастополь.

Deduh V.I, Garmashova E.P.

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE LABOR MARKET OF THE CITY OF SEVASTOPOL

Abstract. This article is devoted to the analyses of Sevastopol labour market during the period from 2018 to 2022. The topic of research is relevant as the national well-being and stability of society depend on the labour market. The purpose of this article is to investigate the main factors of labourmarket on the basis of the analyses of labour resources, dynamics of the employed and unemployed rate, as well as on the study of the real and nominal wages. The evaluation of the labour market and the level of employment in the city of Sevastopol was carried out on the basis of statistical data of the Ministry of Labour and Social Protection of the Russian Federation in the city of Sevastopol and ofFederal State Statistics Service of the Republic of Crimea and Sevastopol City.
Key words: employment, unemployment rate, nominal and real wages, population, labour market, Sevastopol City.

Введение. Выявление положительных и отрицательных тенденций развития рынка труда, прогнозирование его дальнейшего развития является актуальной задачей, поскольку позволяет оперативно проводить соответствующую политику в сфере занятости и безработицы, а значит, дает возможность сглаживать последствия циклических колебаний и снижать макроэкономическую нестабильность.

Целью исследования является определение основных факторов и тенденций развития рынка труда города Севастополь на основании анализа его состояния, структуры и динамики.

Достижение данной цели требует решения следующих задач:

– провести анализ показателей структуры трудовых ресурсов;

– исследовать динамику занятого и незанятого населения;

– проанализироватьноминальную и реальную заработной платы.

Материалы и методы исследования. Вопросам занятости и безработицы на макроуровне посвящено множество научных работ. В частности, в работе Лохтиной Т.Н., Метелицы В.И. рассмотрен рынок труда России в контексте ключевых проблем населения [1]. В статье Тегетаевой О.Р. и Рыбалко В.Р. на основании анализа рынка туда авторы не только выделяют ключевые проблемы, но и предлагают пути их решения [2]. Много работ посвящено вопросам регулирования рынка труда на макроуровне [3]. Анализ рынка труда

г. Севастополь представлен значительно меньшим количеством работ. Так, в работе Кулинич И.Н. рассматриваются особенности рынка труда города [4]. В статье «Анализ занятости и безработицы в г. Севастополь» М.В. Ганичев и Е.П. Гармашова исследуют ключевые детерминанты занятости регионе [5]. Однако, в связи с тем, что рынок труда города Севастополь является очень динамичным и подвержен влиянию различных факторов, исследуемый вопрос является актуальным и требует постоянного мониторинга.

В основу данного исследования легли как общенаучные, так и специальные методы познания. Методы анализа и синтеза применялись при исследовании структуры и динамики трудовых ресурсов города. Статистические методы и графический анализ применялись для исследования уровня занятости и безработицы в г. Севастополь на основании данных Федеральной службы государственной статистики. Метод группировки и системный метод позволили выделить основные тенденции и факторы, повлиявшие на рынок труда.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Структура и динамика рабочей силы города Севастополь

Рабочая сила представляет собой совокупность физических и умственных возможностей, которые позволяют человеку выполнять определенные виды работ и обеспечивают необходимый уровень производительности труда. Рассмотрим в таблице 1 численность и состав рабочей силы в городе Севастополь в период с 2018 по 2022 год. При этом рабочая сила в таблице представляет собой сумму численности занятых и безработных, а под показатель «уровень участия в составе рабочей силы» − численность лиц в составе рабочей силы в процентном отношении к трудоспособному населению.

Таблица 1 – Численность и состав рабочей силы в г. Севастополь в 2018-2022 гг.

Годы	Численность рабочей силы, тыс. чел.	в том числе		уровень в %		
		занятые	безработные	участие в рабочей силе	занятости	безработицы
2018	218,3	209,0	9,3	67,1	64,2	4,3
2019	222,1	213,4	8,6	60,6	58,3	3,9
2020	217,5	207,5	10	58,7	56	4,6
2021	231,4	221,9	9,6	61,7	59,1	4,2
2022	258,5	248,2	10,3	61	58,5	4

Источник: [6-9]

Анализируя данные таблицы 1, можно заметить, что в период с 2018 по 2019 год численность рабочей силы возрастает, в 2020 году происходит резкий спад, который во многом был связан с пандемией Ковид-19. Начиная с 2020 года численность рабочей силы в городе возрастала: в 2020 году – на 217,5 тыс. чел, в 2021 году – на 231,4 тыс. чел., в 2022 году – на 258,5 тыс. чел. За весь рассматриваемый период рост численности рабочей силы составил 18,5 %. Тенденция роста численности трудовых ресурсов связана, в первую очередь, с ростом численности населения города за счет внутренней межрегиональной миграции. Подобный существенный рост численности населения города и, в частности, трудовых ресурсов требует более пристального анализа уровня занятости, поскольку зачастую такие тенденции без соответствующего спроса на рабочую силу (то есть без соответствующего числа новых рабочих мест) могут приводить не только к фрикционной, но и структурной безработице в регионе.

2. Уровень занятости в городе Севастополь

Занятость населения является одним из основных показателей при характеристике рынка труда. Уровень занятости населения рассчитывается для того, чтобы оценить способность экономики создавать рабочие места и используется в совокупности с показателем уровня безработицы для характеристики конъюнктуры рынка труда. Уровень занятости представляет собой важный фактор благосостоянием населения: зачастую чем больше численность работающего населения, тем при прочих равных условиях выше

уровень жизни населения.

Проанализируем динамику уровня занятости в городе Севастополь в течение последних 5 лет. Данные представлены на рисунке 1.

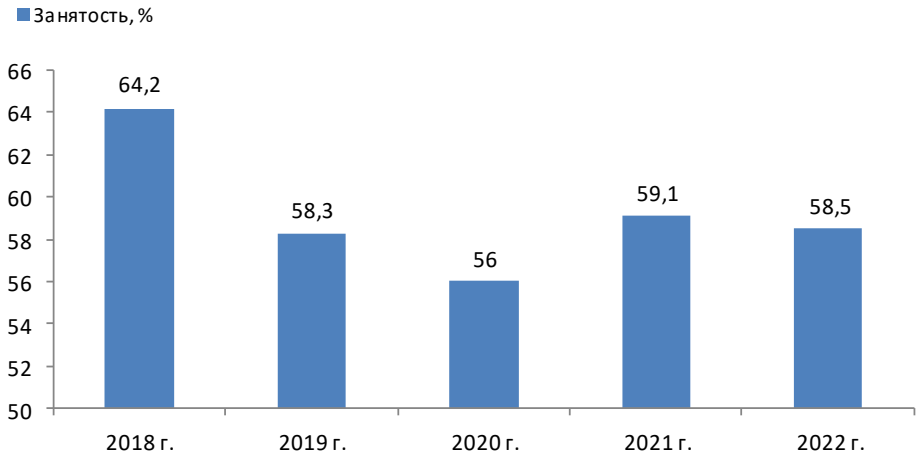


Рисунок 1 – Уровень занятости в г. Севастополь в период 2018-2022 гг.
Источник: составлено авторами на основании [6-9]

В 2018 году занятость населения составила 64,2 %, однако в 2019 году произошло снижение данного показателя на 5,9 % и он составил 58,3%. В 2020 году отрицательная динамика продолжалась, снижение составило соответственно 2,3 %. Начиная с 2021 года уровень занятости увеличивался, рост по сравнению с 2020 годом составил 3,1 %. В 2022 году положительная динамика продолжилась и уровень занятости составил 58,5 %. Можно заметить, что самая низкая занятость населения наблюдается в 2020 году, что связано со снижением деловой активности в период пандемии Ковид-19. В 2021 году ситуация улучшилась, в связи с тем, что после снятия ограничений предприятия возобновили работу в полном объеме, кроме того в 2021 году было зарегистрировано 507 субъектов малого и среднего предпринимательства, что повлекло за собой появление новых рабочих мест. Воздействие пандемии Ковид-19 на экономику города связано в том числе с ее структурой, в частности, со значительной долей (по сравнению со многими регионами России) предприятий сферы услуг, которые во всем мире сильнее других пострадали от ограничений в период пандемии.

Исходя из данных таблицы 2, видно, что большая часть занятого населения задействована в государственном управлении, обеспечении военной безопасности и социальном обеспечении, в промышленном производстве и в образовании. На сферу государственного управления, обеспечения военной безопасности и социального обеспечения приходится наибольшее количество занятых, однако здесь прослеживается тенденция снижения занятости. Так, в данной сфере на протяжении 5 лет количество занятых постепенно снижалось с 20863 человек в 2018 году до 14696 человек в 2022 году, что связано с проводимой политикой оптимизации кадров в сфере государственного управления. В отрасли сельского, лесного хозяйства, охоты и рыбоводства численность занятого населения практические не изменилась. Численность занятых в обрабатывающем производстве в период с 2018 по 2020 год была приблизительно одинаковой, но начиная с 2021 года в данной отрасли произошло снижение занятости на 14 %. В строительстве за период с 2018 по 2020 год также практически не наблюдалась изменений, однако в 2021 году произошел рост численности занятых до 9341 человек.

В 2022 году положительная динамика продолжилась и численность занятых составила 10023 человек. Также рост занятых в 2022 году наблюдался в сфере оптовой и розничной торговли. Так, если в 2021 году численность занятых в данной сфере составляла 12204 чел.,

то в 2022 году она увеличилась до 14985 человек. В научной и технической сферах численность занятых растет, начиная с 2020. Рост за период с 2018 по 2022 год составил 40 %. Численность занятых в сфере образования также постепенно растет: если в данной сфере в 2018 году было занято 12049 чел., то в 2022 году – уже 12965 человек. Рост за 5 лет составляет 7 %. Также за последние два года произошел рост занятых в сфере здравоохранения и социальных услуг, численность работающих в данной сфере увеличилась на 13 % по сравнению с 2020 годом.

Таблица 2 − Среднесписочная численность работников (без внешних совместителей) по полному кругу организаций по видам экономической деятельности в г. Севастополь в 2018-2022 гг., чел.

Вид деятельности	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	1986	1921	2141	1933	1935
Промышленное производство	13979	15023	15214	14220	13954
Обрабатывающие производства	8424	8628	8683	7892	7485
Строительство	4209	4448	4608	9341	10023
Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	10451	12508	12489	12204	14985
Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания	2383	2439	2928	2597	3240
Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	3609	4499	5160	4086	4972
Деятельность профессиональная, научная и техническая	4542	4342	6284	6097	6387
Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение	20863	20100	18503	14785	14696
Образование	12049	12407	12720	12777	12965
Деятельность в области здравоохранения и социальных услуг	10325	11436	11309	12263	12756

Источник: [7, 8]

Фактически, оптимального уровня занятости не существует, но есть выведенное специалистами значение, которое варьируется в пределах 60-70 %. Уровень занятости в городе Севастополь немного ниже нормативного значения, однако незначительно, и с учетом фактора внутренней иммиграции – допустимо. Можно констатировать, что рынок труда города Севастополь справляется с резким ростом численности трудовых ресурсов. Поэтому на данный момент большая часть населения, находящаяся в трудоспособном возрасте, имеет работу, что положительно сказывается на ВРП города и благосостоянии населения.

3. Уровень безработицы в городе Севастополь

Безработица – явление в экономике, при котором часть незанятого экономически активного населения не имеет возможности применить свою рабочую силу. На федеральном и региональном уровне ежегодно разрабатываются программы снижения безработицы. Это необходимо для того, чтобы максимально задействовать все экономически активное население. Последнее, в свою очередь оказывает положительное воздействие на экономику в целом, исходя из известного закона Ойкена.

По данным, представленным на официальном сайте Правительства Севастополя, уровень безработицы в городе в 2018 году составил 4,3 %, в 2019 году была отмечена положительная тенденция, так как произошло снижение данного показателя на 0,4% и он составил 3,9 %. В 2020 году тенденция меняется и происходит рост безработицы до 4,6 %, однако уже в 2021 году уровень безработицы снизился на 0,4 %, а в 2022 году – еще на 0,2 %.

Резкий рост безработицы в 2020 году связан с пандемией Ковид-19. Многие предприятия в связи со снижением деловой активности вовремя карантина сократили часть сотрудников, а отдельные предприятия предпочли покинуть рынок, что повлекло рост уровня безработицы. Положительные изменения 2021-2022 годов во многом связаны с проводимой в городе политикой по увеличению уровня занятости населения (рисунок 2).

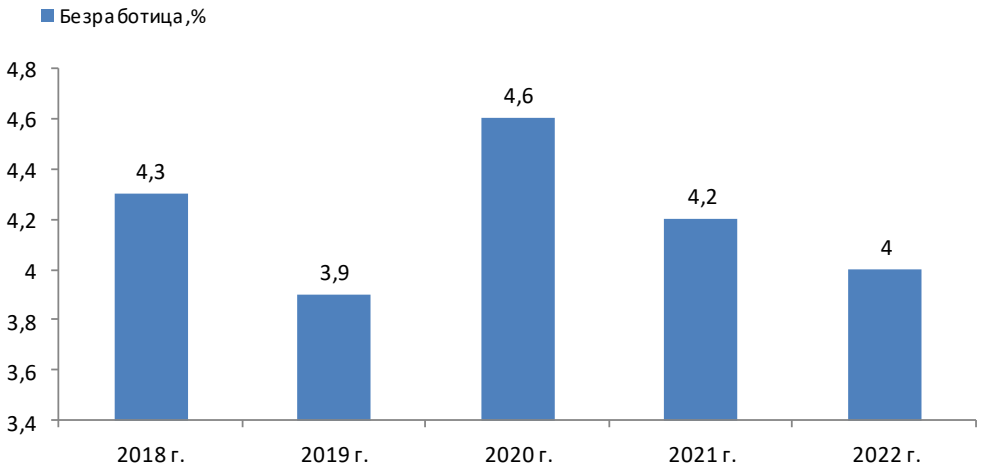


Рисунок 2 – Уровень безработицы в г. Севастополь в период 2018-2022 гг.
Источник: составлено авторами на основании [6-9]

Численность граждан, состоящих на учете в государственной службе занятости населения города Севастополь, в 2018 году составила 1023 чел. В 2019 году произошел незначительный рост на 110 человек. В связи с пандемией Ковид-19 в 2020 году на регистрационном учете состояло 4100 чел., что почти в 4 раза выше показателей предыдущих годов. Численность зарегистрированных безработных в 2021 году резко снизилась и составила 1968 чел., в 2022 году − 1125 чел. Такое снижение означает в том числе и то, что у жителей города Севастополь в 2022 году снизилась необходимость в помощи при трудоустройстве, и население самостоятельно справляется с поиском работы (рисунок 3).

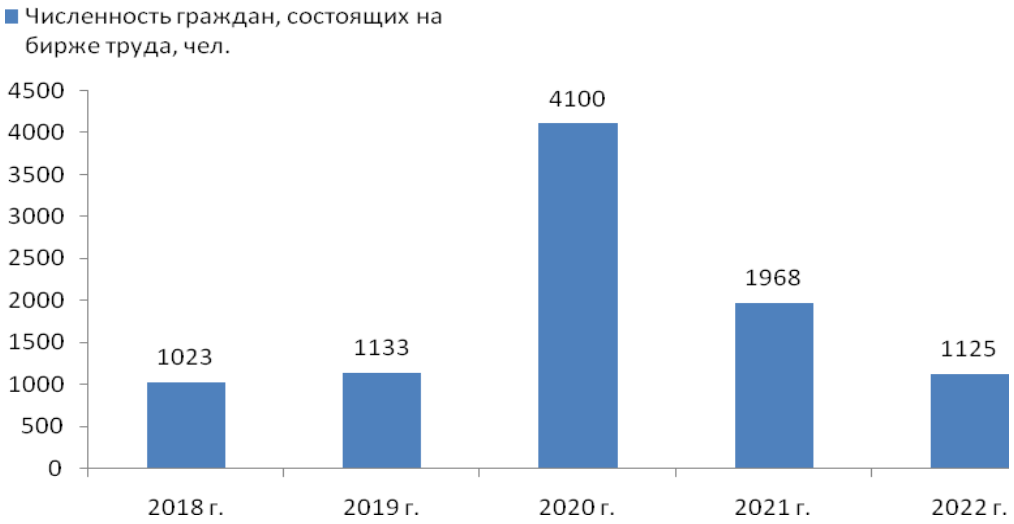


Рисунок 3 – Численность граждан, состоящих на Бирже труда г. Севастополь
Источник: составлено авторами на основании [6]

Под коэффициентом напряженности понимается отношение численности незанятого населения, зарегистрированного в центре занятости, к количеству заявленных предприятиями вакансий. Чем ниже коэффициент напряженности на рынке труда, тем лучше, так как количество безработных примерно равно количеству имеющихся вакансий (рисунок 4).

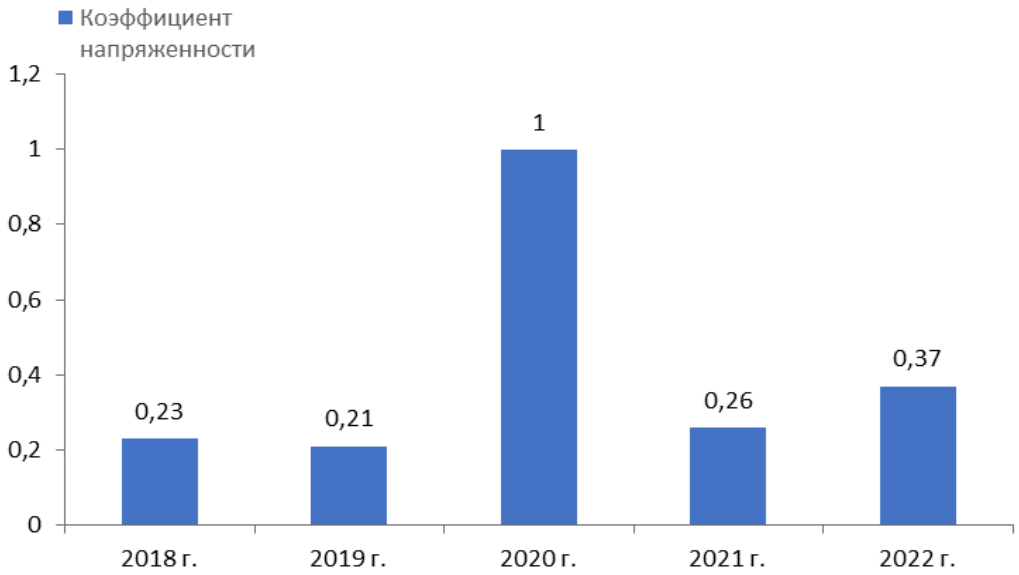


Рисунок 4 – Коэффициент напряженности по г. Севастополь в период 2018-2022 гг.
Источник: [6]

В 2018-2019 годах коэффициент напряженности был приблизительно на одном уровне и составлял 0,23 и 0,21 соответственно. В 2020 году произошел резкий рост данного показателя на 0,79 и он составил 1. В 2021 году мы можем наблюдать снижение коэффициента напряженности до 0,26. В 2022 году данный показатель снова увеличился, но уже на 0,11 и составил 0,37. В 2020 году наблюдаемый недостаток рабочих мест связан с упомянутой выше пандемией Ковид-19 и сопровождавшим ее спадом экономической активности. В 2021 году ситуация резко улучшилась и спрос на рабочую силу вырос.

В России нормативное значение коэффициента напряженности составляет 0,5, в Севастополе данный показатель в 2021-2022 годах ниже, чем общероссийский, что свидетельствует о том, что в городе Севастополь на одного безработного приходится больше вакансий.

Полезным является анализ актуальных вакансий в г. Севастополь. Так, в 2022 голу в связи со специальной военной операцией наибольшее количество свободных вакантных мест приходилось на военнослужащих (рядовой и сержантский состав). Спрос составлял 200 человек. Второе место по спросу приходилось на уборщиков производственных и служебных помещений: свободных рабочих мест в городе Севастополь − 152, зарегистрировано на данную профессию − 25 человек. На Портале государственной службы занятости населения города Севастополь в 2022 голу было размещено 144 вакансии на профессию водителя автомобиля, количество граждан на учете на данную специальность составляло 24 человека. В городе официально требовалось 47 медицинских сестер, заинтересовано в данной специальности было 6 человек. 40 свободных рабочих мест приходилось на помощника воспитателя, интерес к данной должности проявили 11 чел. Также значительный спрос в городе в 2022 году был на инженеров: 39 вакантных мест, 41 человек был заинтересован в данной должности. Это тот случай, когда предложение превышало спрос. Также был спрос на кухонных рабочих − 28 вакансий, заинтересовано в данной профессии было 8 человек.

4. Анализ уровня оплаты труда в городе Севастополь

Рассмотрев информацию о ситуации на рынке труда и в сфере занятости населения целесообразно ее дополнить анализом уровня оплаты труда, которая также выступает

важной характеристикой данного рынка.

Заработная плата, с одной стороны, это денежное вознаграждение работника за его потраченный труд, а с другой стороны, это равновесная цена на рынке труда, которая отражает характер взаимодействия продавцов и покупателей данного ресурса. Для расчета среднемесячной заработной платы Федеральная служба государственной статистики обобщает данные о следующих выплатах: сумма оплаты труда в денежной и неденежной формах за отработанное и неотработанное время, компенсационные выплаты, которые связаны с режимом работы и условиями труда, доплаты и надбавки, премии и единовременные поощрительные выплаты. Рассмотрим среднемесячную заработную плату в г. Севастополь за период с 2020 по 2022 год.

Таблица 3 – Среднемесячная заработная плата в г. Севастополь в 2020-2022 гг.

Показатель	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Среднемесячная заработная плата, руб.	36300	39922	43400
Цепной темп роста среднемесячной заработной платы, %	104,85	109,98	108,71

Источник: [9, 10, 11]

На протяжении всего рассматриваемого периода номинальная среднемесячная заработная плата стабильно увеличивалась. В 2020 году заработная плата выросла на 4,84 % и составила 36 300 рублей. В 2021 году заработная плата составила 39 922 рублей, то есть прирост по сравнению с 2020 годом составил 9,97 %. В 2022 году также наблюдался рост среднемесячной заработной платы на 8,71 %, в результате чего она составила 43 300 рублей.

На основании данных Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю можно проследить изменение заработной платы по отдельным видам деятельности [12]. В отрасли сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства и рыбоводства в 2022 году произошел рост заработной платы по сравнению с 2021 годом на 4,39 %, ее размер составил 39 335 рублей. Среднемесячная заработная плата в сфере образования в 2022 году по сравнению с 2021 годом выросла на 14,8 % и составила 35 918 рублей. Наибольший рост среднемесячной заработной платы наблюдается в отрасли строительства: в 2022 году она составила 35 819 рублей, то есть выросла на 32,5 % по сравнению с 2021 годом. Наименьшее изменение произошло в области здравоохранения и социальных услуг: среднемесячная заработная плата составила 44 579 рублей, что всего на 1 % выше, чем в 2021 году. Снижение среднемесячной заработной платы наблюдается в профессиональной, научной и технической отраслях: заработная плата в 2021 году составляла 33 552 рублей, а в 2022 году – 25 132 рублей.

Сопоставим абсолютные показатели и динамику индексов номинальной (табл. 3) и реальной (табл. 4) заработной платы в г. Севастополь в 2020-2022 гг. На размер реальной заработной платы оказывает влияние не только номинальная заработная плата, но и цены на приобретаемые товары и услуги.

Таблица 4 – Динамика индексов номинальной и реальной заработной платы в г. Севастополь в 2020-2022 гг., %

Показатель	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Среднемесячная реальная заработная плата, руб.	35089	37926	39367
Индекс номинальной заработной платы	104,9	110,0	108,7
Индекс потребительских цен	103,4	105,2	110,2
Индекс реальной заработной платы	101,4	104,5	98,6

Источник: [12-14]

Данные таблицы 4 указывают на то, что в указанный период в связи с пандемией Ковид-19, нестабильной геополитической обстановкой и санкционным давлением индекс потребительских цен растет. Так, если в 2021 году его прирост составил 1,8 %, то в 2022 году – уже 5 %. В результате в 2021 году реальная заработная плата увеличилась, а в 2022 году данный показатель демонстрирует отрицательную динамику.

Таким образом, до 2022 года наблюдалась положительна тенденция роста как номинальной, так и реальной заработной платы. Однако, в связи с резким сокращением импорта, высоким санкционным давлением на отечественных производителей в 2022 году произошел рост индекса потребительских цен и снижение реальной заработной платы.

Выводы. Стабильный и сбалансированный рынок труда является основным фактором конкурентоспособности любого региона и обеспечения его социальной стабильности. На рынок труда города Севастополь в рассматриваемый период оказали влияние следующие факторы:

– демографические (межрегиональная миграция);

– экономические (снижение деловой активности во время пандемии Ковид-19);

– геополитические (инфляция как результат финансовых и экономических санкций, изменение структуры спроса на рабочую силу в городе в период специальной военной операции).

Во многом в результате межрегиональной миграции с 2020 года по 2022 год в городе Севастополь увеличивалась численность рабочей силы. Уровень занятости и безработицы колебался в зависимости от действия всех перечисленных выше факторов. Что касается номинальной заработной платы, то несмотря на ее рост, инфляция привела к снижению уровня реальной заработной платы 2022 году. При этом следует отметить, что новые санкционные ограничения хоть и косвенно повлияли на экономику города простимулировав инфляцию, все же оказали более слабое прямое воздействие на деловую активность предприятий города в 2022 году, поскольку изменение экономических связей, выход отдельных предприятий с рынков г. Севастополь и Республики Крым произошел в основном в 2014 году, и новая волна санкционных ограничений 2022 года слабее затронула рынки данных регионов и не потребовала серьезной адаптации региональной экономики к новым условиям.

Список использованной литературы:

1. *Лохтина Т.Н., Метелица В.И.* Рынок труда и социально-экономические проблемы населения России // Вестник евразийской науки. 2019. Т. 11. № 1. С. 24. EDN HXCEOT.
2. *Тегетаева О.Р., Рыбалко В.Р.* Исследование рынка труда России: проблемы и пути решения // Гуманитарные и социально-экономические науки. 2019. № 1 (104). С. 84-86. EDN TJHMEZ.
3. *Кокшарова М.Я., Круглов Д.В., Плотников В.А.* Проблемы регулирования региональных рынков труда в России // Управленческое консультирование. 2019. № 6 (126). С. 54-66. DOI: 10.22394/1726-1139-2019-6-54-66. EDN PDTNXK.
4. *Гармашова Е.П. Ганичев М.В.* Анализ занятости и безработицы в г.Севастополь // Хроноэкономика. 2021. № 2 (30). С. 15-20. EDN FLQBHN.
5. *Кулинич И.Н.* Особенности регионального рынка труда города Севастополя // Фундаментальные и прикладные научные исследования: сборник статей международной научно-практической конференции. М., 2015. С. 86-88. EDN TTWWCP.
6. Сайт Правительства Севастополя «Аналитика и статистика рынка труда». URL: https://dszn.sev.gov.ru/sodeystvie-zanyatosti-naseleniya/informirovanie-o-polozhenii-na-rynke-truda/analitika-i-statistika-rynka-truda/ (дата обращения: 20.11.2022).
7. Сайт Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю «Город Севастополь в цифрах 2018». URL: https://crimea.gks.ru/storage/mediabank/Севастополь%20в%20цифрах.2018%20сайт(1).pdf (дата обращения: 08.02.2023).
8. Сайт Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г.

Севастополю «Город Севастополь в цифрах 2019». URL:https://crimea.gks.ru/storage/mediabank/Севастополь%20в%20цифрах.2019%20бесплатный%20вариант%20Инга.pdf (дата обращения: 08.02.2023).
9. Сайт Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю «Город Севастополь в цифрах 2020». URL: https://crimea.gks.ru/storage/mediabank/p3r3nmXS/Севастополь%20в%20цифрах.2020%20бесплатный+.pdf (дата обращения: 22.11.2022).
10. Сайт Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю «Город Севастополь в цифрах 2021». URL: https://crimea.gks.ru/storage/mediabank/Севастополь%20в%20цифрах.2021%20бесплатный.pdf (дата обращения: 22.11.2022).
11. Сайт Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю «Динамика среднемесячной заработной платы 2017-2020 по городу Севастополь». URL: https://crimea.gks.ru/storage/mediabank/Динамика%20среднемесячной%20заработной%20платы%202017-2020%20годы.pdf (дата обращения: 27.11.2022).
12. Сайт Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю «Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников по г. Севастополю в разрезе видов экономической деятельности по полному кругу организаций за период с начала 2021 года». URL: https://crimea.gks.ru/storage/mediabank/Среднемесячная%20начисленная%20заработная%20плата%20за%20период%20с%20начала%202021%20года(5).pdf (дата обращения: 28.11.2022).
13. Сайт Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю «Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников по г. Севастополь в разрезе видов экономической деятельности по полному кругу организаций за период с начала 2022 года». URL: https://crimea.gks.ru/storage/mediabank/3.Среднемесячная%20начисленная%20заработная%20плата%20за%20период%20с%20начала%202022%20года(1).pdf (дата обращения: 28.11.2022).
14. Сайт Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю «Уровень и динамика индекса потребительских цен в г. Севастополе. Итоги за апрель, май 2020 года». URL: https://crimea.gks.ru/folder/19218/document/90297 (дата обращения: 30.11.2022).

References:

1. Lohtina T.N., Metelica V.I. Rynok truda i social'no-ekonomicheskie problemy naseleniya Rossii [Labor market and socio-economic problems of the population of Russia]. *Vestnik evrazijskoj nauki* [Bulletin of the Eurasian Science], 2019, vol. 11, no. 1, p. 24. (In Russian). EDN HXCEOT.
2. Tegetaeva O.R., Rybalko V.R. Issledovanie rynka truda Rossii: problemy i puti resheniya [Study of the Russian labor market: problems and solutions]. *Gumanitarnye i social'no-ekonomicheskie nauki* [Humanitarian and socio-economic sciences], 2019, no. 1 (104), pp. 84-86. (In Russian). EDN TJHMEZ.
3. Koksharova M.Ya., Kruglov D.V., Plotnikov V.A. Problemy regulirovaniya regional'nyh rynkov truda v Rossii [Problems of regulation of regional labor markets in Russia]. *Upravlencheskoe konsul'tirovanie* [Administrative consulting], 2019, no. 6 (126), pp. 54-66. (In Russian). DOI: 10.22394/1726-1139-2019-6-54-66. EDN PDTNXK.
4. Garmashova E. P. Ganichev M.V. Analiz zanyatosti i bezraboticy v g. Sevastopol' [Analysis of employment and unemployment in Sevastopol]. *Hronoekonomika* [Chronoeconomics], 2021, no. 2 (30), pp. 15-20. (In Russian). EDN FLQBHN.
5. Kulinich I.N. Osobennosti regional'nogo rynka truda goroda Sevastopolya [Features of the regional labor market of the city of Sevastopol]. *Sbornik statej mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya»* [Collection of articles of the international scientific and practical conference “Fundamental and applied

scientific research"]. Moscow, 2015, pp. 86-88. (In Russian). EDN TTWWCP.
6. *Sayt Pravitelstva Sevastopolya «Analitika i statistika rynka truda»* [Site of Government of Sevastopol "Analytics and statistics of the labor market"]. (In Russian). Available at: https://crimea.gks.ru/storage/mediabank/Севастополь%20в%20цифрах.2018%20сайт(1).pdf (accessed 20.11.2022).
7. *Sayt Federalnoy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Respublike Krym i g. Sevastopolyu «Gorod Sevastopol v tsifrakh 2018»* [Website of the Federal State Statistics Service for the Republic of Crimea and the city of Sevastopol "City of Sevastopol in figures 2018"]. (In Russian). Available at: https://crimea.gks.ru/storage/mediabank/p3r3nmXS/Севастополь%20в%20цифрах.2020%20бесплатный+.pdf (accessed 08.02.2023).
8. *Sayt Federalnoy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Respublike Krym i g. Sevastopolyu «Gorod Sevastopol v tsifrakh 2019»* [Website of the Federal State Statistics Service for the Republic of Crimea and the city of Sevastopol "City of Sevastopol in figures 2019"]. (In Russian). Available at: https://crimea.gks.ru/storage/mediabank/Севастополь%20в%20цифрах.2019%20бесплатный%20вариант%20Инга.pdf (accessed 08.02.2023).
9. *Sayt Federalnoy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Respublike Krym i g. Sevastopolyu «Gorod Sevastopol v tsifrakh 2020»* [Website of the Federal State Statistics Service for the Republic of Crimea and the city of Sevastopol "City of Sevastopol in figures 2020"]. (In Russian). Available at: https://crimea.gks.ru/storage/mediabank/p3r3nmXS/Севастополь%20в%20цифрах.2020%20бесплатный+.pdf (accessed 22.11.2022).
10. *Sayt Federalnoy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Respublike Krym i g. Sevastopolyu «Gorod Sevastopol v tsifrakh 2021»* [Website of the Federal State Statistics Service for the Republic of Crimea and the city of Sevastopol "City of Sevastopol in figures 2021"]. (In Russian). Available at: https://crimea.gks.ru/storage/mediabank/Севастополь%20в%20цифрах.2021%20бесплатный.pdf (accessed 22.11.2022).
11. *Sayt Federalnoy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Respublike Krym i g. Sevastopolyu «Dinamika srednemesyachnoy zarabotnoy platy 2017-2020 po gorodu Sevastopol»* [Website of the Federal State Statistics Service for the Republic of Crimea and the city of Sevastopol "Dynamics of the average monthly wage 2017-2020 in the city of Sevastopol"]. (In Russian). Available at: https://crimea.gks.ru/storage/mediabank/Динамика%20среднемесячной%20заработной%20платы%202017-2020%20годы.pdf (accessed 27.11.2022).
12. *Sayt Federalnoy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Respublike Krym i g. Sevastopolyu «Srednemesyachnaya nominalnaya nachislennaya zarabotnaya plata rabotnikov po g. Sevastopolyu v razreze vidov ekonomicheskoy deyatelnosti po polnomu krugu organizatsiy za period s nachala 2021 goda»* [Website of the Federal State Statistics Service for the Republic of Crimea and the city of Sevastopol "Average monthly nominal accrued wages of employees in the city of Sevastopol by type of economic activity for a full range of organizations for the period from the beginning of 2021"]. (In Russian). Available at: https://crimea.gks.ru/storage/mediabank/Среднемесячная%20начисленная%20заработная%20плата%20за%20период%20с%20начала%202021%20года(5).pdf (accessed 28.11.2022).
13. *Sayt Federalnoy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Respublike Krym i g. Sevastopolyu «Srednemesyachnaya nominalnaya nachislennaya zarabotnaya plata rabotnikov po g. Sevastopol v razreze vidov ekonomicheskoy deyatelnosti po polnomu krugu organizatsiy za period s nachala 2022 goda»* [Website of the Federal State Statistics Service for the Republic of Crimea and the city of Sevastopol "Average monthly nominal accrued wages of employees in the city of Sevastopol by type of economic activity for a full range of organizations for the period from the beginning of 2022"]. (In Russian). Available at: https://crimea.gks.ru/storage/mediabank/3.Среднемесячная%20начисленная%20заработная%20плата%20за%20период%20с%20начала%202022%20года(1).pdf (accessed 28.11.2022).
14. *Sayt Federalnaya sluzhba gosudarstvennoy statistiki po Respublike Krym i g. Sevastopolyu «Uroven i dinamika indeksa potrebitelskikh tsen v g. Sevastopole. Itogi za aprel, may 2020 goda»* [Website of the Federal State Statistics Service for the Republic of Crimea and the city

of Sevastopol “The level and dynamics of the consumer price index in the city of Sevastopol. Results for April, May 2020»]. (In Russian). Available at: https://crimea.gks.ru/folder/19218/document/90297 (accessed 30.11.2022).

Сведения об авторах / Information about authors

Дедюх Виктория Ивановна	студент 4-го курса направления подготовки «Экономика предприятия» Севастопольский государственный университет 299053, Россия, г. Севастополь, ул. Университетская, 33 deduhviktoria@gmail.com
Deduh Viktoria Ivanovna	student of the 4nd year of the training direction "Enterprise Economics" Sevastopol State University 299053, Russia, Sevastopol, str., Universitetskaya, 33 deduhviktoria@gmail.com
Гармашова Елена Петровна	канд. экон. наук, доцент кафедры «Экономика предприятия» Севастопольский государственный университет 299053, Россия г. Севастополь, ул. Университетская, 33 elena.chep@rambler.ru
Garmashova Elena Petrovna	Ph.D. (Econ.), Associate Professor of the Department of "Enterprise Economics" Sevastopol State University 299053, Russia, Sevastopol, str., Universitetskaya, 33 elena.chep@rambler.ru

УДК 338.24 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.019**

Дивиза Н.А., Уманец В.А., Логунов Н.С.

ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЖИЗНЬ ОБЩЕСТВА

Аннотация. Цифровые технологии стремительно проникают во все сферы жизни современного общества. Исследования, посвященные изучению степени проникновения цифровых технологий в социально-экономическую жизнь общества, позволили выявить недостаточность раскрытия вопросов цифрового преобразования социально-экономической инфраструктуры общества. В статье рассмотрены направления внедрения цифровых технологий в основные элементы подсистем (экономическую, политическую, социальную и духовную). Функционирование экономической подсистемы представлено как единый комплекс взаимосвязанных элементов информационной системы и процесса общественного производства. Разработан механизм обработки, передачи и хранения информации. Определены основные тенденции цифровизации социума, позволяющие оценить целесообразность, необходимость и предполагаемый положительный эффект от внедрения цифровых технологий в жизнь современного индивида. Сформулированы комплексы проблем, возникающих в результате внедрения цифровых технологий в современную жизнь общества.

Ключевые слова: цифровые технологии, социально-экономическая жизнь общества, коммуникация, информационные технологии, трансформация, экономическая подсистема, экономические процессы.

Diviza N.A., Umanets V.A., Logunov N.S.

INTRODUCTION OF DIGITAL TECHNOLOGIES INTO THE SOCIO-ECONOMIC LIFE OF SOCIETY

Abstract. Digital technologies are rapidly penetrating into all spheres of modern society. Studies devoted to the study of the degree of penetration of digital technologies into the socio-economic life of society have revealed the insufficiency of disclosure of issues of digital transformation of the socio-economic infrastructure of society. The article discusses the directions of the introduction of digital technologies into the main elements of subsystems (economic, political, social and spiritual). The functioning of the economic subsystem is presented as a single complex of interrelated elements of the information system and the process of social production. A mechanism for processing, transmitting and storing information has been developed. The main trends of the digitalization of society are identified, which make it possible to assess the expediency, necessity and expected positive effect of the introduction of digital technologies into the life of a modern individual. The complexes of problems arising as a result of the introduction of digital technologies into the modern life of society are formulated.

Keywords: digital technologies, socio-economic life of society, communication, information technology, transformation, economic subsystem, economic processes.

Введение. Характерной особенностью функционирования современного общества является углубление политических, экономических, социальных и культурных коммуникаций. Успех в коммуникациях не только повышает социально-экономический уровень развития страны в целом, но и способствует формированию высокого потенциала внутреннего рынка. На сегодняшний день организация взаимодействия принимает форму цифрового пространства, в основе которых лежит внедрение цифровых информационно-коммуникационных технологий. Данное обстоятельство свидетельствует об усилении внимания к развитию информационной инфраструктуры как основе эффективного обмена информацией, знаниями, опытом и технологиями.

Цель исследования: рассмотреть основные тенденции внедрения цифровых технологий в социально-экономическую жизнь общества.

Материалы и методы исследования. На сегодняшний день проведено много исследований, посвященных степени проникновения цифровых технологий в социально-экономическую жизнь общества. Общие теоретические аспекты развития цифровой экономики рассмотрены в работах Баранова Д.Н., Андреева Г.Н., Бадальянц С.В., Бабкина А.В., Буркальцеврй Д.Д., Костень Д.Г., Воробьева Ю.Н. [1-3]. В работах Артамонова А.В. представлены ключевые составляющие термина «цифровая экономика» [4]. Различным сторонам цифровизации отечественной экономики посвящены работы Бойченко О.В., Иванюты Д.В., Малышкина Н. Г., Халимон Е. А., Нагорного Д.А., Акимовой Е.Н., Тищенко И.А. [5-9].

Однако, в научных исследованиях недостаточно раскрыты вопросы цифрового преобразования социально-экономической инфраструктуры общества.

Материал по проблематике исследования был подготовлен с использованием общенаучных методов, методов сравнительного анализа, графического и описательного методов.

Результаты исследования и их обсуждение. Современные реалии внесли свои коррективы во все области функционирования общества. Символом текущей эпохи уже давно стала глобальная цифровизация всех сфер жизни общества (рисунок 1). В прогрессивном социуме информационные ресурсы наряду с традиционными видами ресурсов (материальные, природные, трудовые и т.д.) приобретают статус товара и имеют приоритетное значение.

Рисунок 1 – Сферы жизни общества

Суть цифровизация общественной жизни состоит в оптимизации условий,

способствующих удовлетворению информационных потребностей общества, а также ускорению процессов получения, распространения и использования информации.

Появление новых форматов коммуникации расширило возможности для взаимодействия в повседневной жизни всех сфер общества. Формирование глобального цифрового пространства обусловило расширение возможностей для взаимодействия между людьми.

Прогрессивные информационные технологии, прежде всего, направлены на повышение эффективности общественного производства, системы государственного управления, а также улучшения социально-экономических условий жизни населения.

Внедрение информационно-коммуникативных технологий во все сферы жизни общества дает возможность получить информацию проще и быстрее, иметь неограниченный доступ к источникам знаний, использовать новые формы самообразовании, участия в социальных проектах и общественных организациях и т.д.

Информационная трансформация способствует своевременному выявлению потребностей общества, позволяет эффективно функционировать социальной инфраструктуре, поддерживать интеллектуальный потенциал общества, количественно умножать и углублять культурные и духовные связи, развивать новые формы досуга, отдыха и развлечения населения.

В современном обществе центр тяжести приходится на экономическую подсистему, которая постоянно усложняется, а темпы его изменения стремительно возрастают.

Функционирование экономической подсистемы необходимо рассматривать как единый комплекс взаимосвязанных элементов информационной системы и процесса общественного производства (рисунок 2). Независимо от того, в какой сфере деятельности применяется информационная система, ее общая структура может быть рассмотрена как совокупность таких подсистем как техническое, информационное, программное, правовое, математическое и лингвистическое обеспечение.

Рисунок 2 – Структура информационной системы

Функционирование каждой из представленных подсистем предполагает

последовательность экономических процессов, включающих производство, потребление, общественное производство и обмен и последующее распределение.

Экономические процессы, как связующее звено всей экономической структуры, характеризуются разнообразием, объемом и значительной скоростью обновления данных. Все процессы, так или иначе, преимущественно протекают в цифровом формате. Основной формой представления результатов хозяйственной деятельности выступает цифровой формат данных. Перед принятием своевременных и эффективных управленческих решений осуществляется значительная работа, связанная со сбором, анализом и обработкой информации, представленной в виде структурных и неструктурных данных. Все цифровые данные обрабатываются, документируются и объединяются в один документ. На основании этого можно сделать вывод, что эффективность построения любой современной экономической системы обеспечивается функционированием информационной системы с применение инновационных информационных технологий.

Принимая во внимание то, что процессы хранения, обработки и передачи информации являются основными информационными процессами, они представляют собой сложную многоуровневую структуру. В разных сочетаниях они присутствуют в различных экономических процессах и тесно связаны друг с другом, от их согласованного развития зависит скорость операций по сбору, передаче и обработке информации, качество выполнения экономических расчетов, сокращение сроков разработки и получения документов [10].

Процесс обработки информации характеризуется переходом от исходных данных к результату. Обработка исходной информации с соблюдением определенных правил и с применением современных технических средств и программного обеспечения позволяет получить новую информацию, структурно отличающуюся от исходных данных.

Эффективность сбора, хранения информации обеспечивается при условии соблюдения последовательности определенных этапов работы с информацией, предусмотренных механизмом ее обработки (рисунок 3).

Рисунок 3 – Механизм обработки, передачи и хранения информации

В соответствии с представленным механизмом можно выделить три основных блока (вида) экономических процессов работы с информацией.

Обработка информации осуществляется с использованием определенных правил, предусмотренных для информации определенного вида, в результате чего пользователь получает новую структурированную информацию, готовую для дальнейшего применения в соответствующих сферах экономической и общественной жизни. Обработка информации может осуществляться как человеком самостоятельно, так и с применением технических средств и программного обеспечения.

Передача информации подразумевает ее распространение в пространстве с применением сетевых и несетевых технологий [12,13].

Завершающий этап предусматривает хранение информации, то есть распространение информации во времени с целью обеспечения к ней доступа определенным пользователям. Этот процесс может быть осуществлен с применением физических носителей, а также облачных технологий.

После обработки, передачи и обеспечения надежного хранения информации, она становится доступной для использования в целях принятия эффективных решений.

Обобщая вышеизложенное, можно выделить основные тенденции цифровизации социума:

1. Повсеместное внедрение цифровых технологий во все сферы производства, а также их проникновение в системы управления различных уровней.

2. Изменение быта и трудовой деятельности человека за счет приобретения предметами, используемыми индивидами в процессе их жизнедеятельности, цифровой составляющей.

3. Постепенная роботизация систем производства, управления, повседневной жизни человека и сферы обслуживания.

4. Виртуализация традиционных, естественных объектов, что позволит получить сведения о прошлом поведении объектов и даст возможность прогнозирования будущего поведения.

5. Развитие технологий искусственного интеллекта, способствующих выполнению различных функции, которые ранее могли быть решены только с помощью человека.

6. Изменения, связанные с развитием цифровых технологий, происходящие в социуме и среде, которая его окружает, сопровождаются синергетическим эффектом. В процессе цифровизации как социум, так и окружающая его среда во взаимодействии приобретают новые и зачастую неочевидные свойства, которые в последствии могут быть использованы в поведении и взаимоотношениях.

7. С помощью встроенных в природные и искусственные объекты цифровых устройств осуществляется управление социумом.

Однако, массовое и стремительное внедрение цифровых технологий в социально-экономическую жизнь общества неуклонно приводит к формированию новой инфраструктуры общества, что несомненно требует осмысления грядущей трансформации.

В то же время, процессы внедрения цифровых технологий порождают целые комплексы проблем, негативное влияние которых в некоторых случаях более масштабно, чем положительный эффект от цифровизации, а именно:

1. Цифровизация не может проходить «плавно» и «одинаково», что приводит к возникновению цифрового неравенства как на различных территориях, так и среди людей, тем или иным образом связанных с протекающими процессами внедрения цифровых технологий.

2. В цифровом пространстве стираются такие понятия как приватность и конфиденциальность.

3. Появляется возможность манипулирования жизнью отдельно взятого индивида и общества в целом, так как информация, доступная в информационной цифровой среде, в некоторых случаях может быть использована непонятным для субъекта образом и без

согласования с ним.

4. Внедрение цифровых технологий предопределяет необходимость непрерывного совершенствования управления экономикой и социумом с применением мер правового регулирования, организационных изменений.

5. Семантическая интероперабельность, то есть отсутствие единства в понимании субъекта социума того, что происходит в стремительно развивающейся цифровой среде.

6. Постепенное исчезновение традиционных видов деятельности, профессий.

Выводы. Таким образом, внедрение цифровых технологий в социально-экономическую жизнь общества происходит стремительными темпами и неуклонно приводит к формированию новой инфраструктуры общества, что требует осмысления грядущей трансформации. Процессы цифровизации обладают синергетическим эффектом, проявляющимся как в позитивных, так и негативных последствиях. С целью уменьшения вероятности возникновения технологической сингулярности, то есть отсутствия понимания сущности и последствий применения цифровых технологий, необходимо проактивное исследование требуемых социально-экономических изменений. Новые подходы в развитии цифровых технологий должны соответствовать предъявляемым требованиям по рациональному использованию ресурсов и способствовать устранению критической зависимости от сбоев и негативных воздействий на цифровую экономику.

Список использованной литературы:

1. *Баранов Д. Н.* Сущность и содержание категории «цифровая экономика» // Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Экономика и управление. 2018. № 2 (25). С. 15-23. URL: https://www.muiv.ru/vestnik/pdf/eu/eu_2018_2_25_15_ 23.pdf (дата обращения: 30.12.2022). DOI: 10.21777/2587-554X-2018-2-15-23.
2. *Андреева Г.Н., Бадальянц С.В., Шер М.Л.* Развитие цифровой экономики в России как ключевой фактор экономического роста и повышения качества жизни населения: монография. Нижний Новгород: Профессиональная наука, 2018. 131 с.
3. *Бабкин А.В., Буркальцева Д.Д., Костень Д.Г., Воробьев Ю.Н.* Формирование цифровой экономики в России: сущность, особенности, техническая нормализация, проблемы развития // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2017. № 3. С. 9-25.
4. *Артамонов А.В.* Информация как фактор производства и развития в современной экономике // Вестник ТГУ. 2010. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/informatsiya-kak-faktor-proizvodstva-i-razvitiya-vsovremennoy-ekonomike (дата обращения: 15.04.2023).
5. *Бойченко О.В., Иванюта Д.В.* Цифровая трансформация социально-экономических систем // Цифровая экономика, умные инновации и технологии: труды Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции с зарубежным участием. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. С. 22-26.
6. *Малышкин Н. Г., Халимон Е. А.* Анализ уровня развития цифровой экономики России // Вестник университета. 2018. № 8. С. 79-86. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=35683756. (дата обращения: 15.04.2023).
7. *Нагорный Д.А.* Институциональные основы и движущие силы цифровой трансформации мировой экономики // Финансовая экономика. 2020. № 10. С. 367-369.
8. *Акимова Е.Н.* Основные направления государственной политики развития цифровой экономики России // Современное образование: векторы развития. Цифровизация экономики и общества: вызовы для системы образования: труды Международной конференции. М.: МПГУ, 2018. С. 229-234.
9. *Тищенко И.А.* Компоненты цифровой экономики как современная основа развития национальной промышленности // Экономические и гуманитарные науки. 2022. №6. С.13.
10. *Евсикова О. О.* Преимущества развития цифровой экономики // Молодой ученый. 2020. № 1 (291). С. 83-84. URL: https://moluch.ru/archive/291/65949/ (дата обращения:

29.04.2023).
11. *Романова Ю. В.* Роль информационных технологий в развитии современной экономики // Молодой ученый. 2020. № 16 (306). С. 276-279. URL: https://moluch.ru/archive/306/68975/ (дата обращения: 29.04.2023).
12. *Dahlman C., Mealy S., Wermelinger M.* Harnessing the digital economy for developing countries // OECD Development Centre Working Papers. 2016. № 334. P.80.
13. *Рысина В.А.* Применение цифровых технологий в бухгалтерском учете // Вестник КГМТУ. 2023. № 1. С. 207-216. DOI: 10.26296/2619-0605.2023.1.1.020

References:

1. Baranov D. N. Sushchnost' i soderzhaniye kategorii «tsifrovaya ekonomika» [The essence and content of the category "digital economy"]. *Vestnik Moskovskogo universiteta im. S.YU. Vitte. Ekonomika i upravleniye* [Bulletin of the Moscow University. S.Yu. Witte. Economics and Management]. 2018, no. 2 (25), pp. 15-23. (In Russian). Available at: https://www.muiv.ru/vestnik/pdf/eu/eu_2018_2_25_15_ 23.pdf (accessed 30.12.2022). DOI: 10.21777/2587-554X-2018-2-15-23.
2. Andreyeva G.N., Badal'yants S.V., Sher M.L. (ed.) *Razvitiye tsifrovoy ekonomiki v Rossii kak klyuchevoy faktor ekonomicheskogo rosta i povysheniya kachestva zhizni naseleniya* [The development of the digital economy in Russia as a key factor in economic growth and improving the quality of life of the population]. Nizhniy Novgorod, Professional'naya nauka Publ., 2018, 131 p. (In Russian).
3. Babkin A.V., Burkal'tseva D.D., Kosten' D.G., Vorob'yev YU.N. (ed.) Formirovaniye tsifrovoy ekonomiki v Rossii: sushchnost', osobennosti, tekhnicheskaya normalizatsiya, problemy razvitiya [Formation of the digital economy in Russia: essence, features, technical normalization, development problems]. *Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskiye nauki* [Scientific and Technical Journal of the St. Petersburg State Polytechnic University. Economic Sciences], 2017, no. 3. pp. 9-25. (In Russian).
4. Artamonov A.V. Informatsiya kak faktor proizvodstva i razvitiya v sovremennoy ekonomike [Information as a factor of production and development in the modern economy] // *Vestnik TGU* [Bulletin of TSU], 2010. no. 4. (In Russian). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/informatsiya-kak-faktor-proizvodstva-i-razvitiya-vsovremennoy-ekonomike (accessed 15.04.2023).
5. Boychenko O.V., Ivanyuta D.V. Tsifrovaya transformatsiya sotsial'no-ekonomicheskikh system [Digital transformation of socio-economic systems]. *Trudy Natsional'noy (Vserossiyskoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii s zarubezhnym uchastiyem «Tsifrovaya ekonomika, umnyye innovatsii i tekhnologii»* [Proceedings of the National (All-Russian) scientific and practical conference with foreign participation "Digital Economy, Smart Innovations and Technologies]. St. Petersburg, POLITEKH-PRESS Publ., 2021, pp. 22-26. (In Russian).
6. Malyshkin N. G., Khalimon Ye. A. Analiz urovnya razvitiya tsifrovoy ekonomiki Rossii [Analysis of the level of development of the digital economy in Russia]. *Vestnik universiteta* [Bulletin of the University], 2018, no. 8, pp. 79-86. (In Russian). Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=35683756. (accessed 15.04.2023).
7. Nagornyy D.A. Institutsional'nyye osnovy i dvizhushchiye sily tsifrovoy transformatsii mirovoy ekonomiki [Institutional Foundations and Driving Forces of Digital Transformation of the World Economy]. *Finansovaya ekonomika* [Financial Economy], 2020, no. 10. pp. 367-369. (In Russian).
8. Akimova Ye.N. Osnovnyye napravleniya gosudarstvennoy politiki razvitiya tsifrovoy ekonomiki Rossii [The main directions of the state policy for the development of the digital economy of Russia]. *Trudy Mezhdunarodnoy konferentsii «Sovremennoye obrazovaniye: vektory razvitiya. Tsifrovizatsiya ekonomiki i obshchestva: vyzovy dlya sistemy obrazovaniya»*

[Proceedings of the International Conference “Modern Education: Vectors of Development. Digitalization of the Economy and Society: Challenges for the Education System»]. Moscow, MPGU Publ., 2018. pp. 229-234. (In Russian).
9. Tishchenko I.A. Komponenty tsifrovoy ekonomiki kak sovremennaya osnova razvitiya natsional'noy promyshlennosti [Components of the digital economy as a modern basis for the development of national industry]. *Ekonomicheskiye i gumanitarnyye nauki* [Economic and Humanitarian Sciences], 2022, no. 6. p.13. (In Russian).
10. Yevsikova O. O. Preimushchestva razvitiya tsifrovoy ekonomiki [Advantages of the development of the digital economy]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], 2020, no. 1 (291), pp. 83-84. (In Russian). Available at: https://moluch.ru/archive/291/65949/ (accessed 29.04.2023).
11. Romanova YU. V. Rol' informatsionnykh tekhnologiy v razvitii sovremennoy ekonomiki [The role of information technology in the development of the modern economy]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], 2020, no. 16 (306), pp. 276-279. (In Russian). Available at: https://moluch.ru/archive/306/68975/ (accessed 29.04.2023).
12. Dahlman C., Mealy S., Wermelinger M. Harnessing the digital economy for developing countries. *OECD Development Centre Working Papers*, 2016, no. 334, p.80. (In English).
13. Rysina V.A. Primeneniye tsifrovykh tekhnologiy v bukhgalterskom uchete [Application of digital technologies in accounting]. *Vestnik KGMTU* [Bulletin of KSMTU], 2023, no. 1, pp. 207-216. (In Russian). DOI: 10.26296/2619-0605.2023.1.1.020

Сведения об авторах / Information about authors

Дивиза Наталья Анатольевна
ассистент кафедры экономики и гуманитарных дисциплин
Керченский государственный морской технологический университет
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
book_mark@mail.ru

Diviza Natalya Anatolyevna
Assistant of the Department of Economics and Humanities
Kerch State Marine Technological University
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
book_mark@mail.ru

Уманец Виктория Александровна
младший научный сотрудник отдела обеспечения научно-исследовательской деятельности
Керченский государственный морской технологический университет
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
akuma1@mail.ru

Umanets Viktoriya Aleksandrovna
Junior Research Associate of the Research Support Department
Kerch State Marine Technological University
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
akuma1@mail.ru

Логунов Никита Сергеевич
студент 5-го курса специальности «Системы управления летательными аппаратами»
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
105005, г. Москва, 2-я Бауманская улица, 5, стр. 4
nike20_01@mail.ru

Logunov Nikita Sergeevich
5th year student of the specialty “Aircraft control Systems”
Bauman Moscow State Technical University (National Research University)
105005, Moscow, 2nd Bauman Street, 5, p. 4
nike20_01@mail.ru

УДК 332.1 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.020**

Иванов А.В., Коваленко О.А.

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ВЗГЛЯД НА ОБОСНОВАННОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ МОДЕЛЕЙ ГЧП В РЫБНОЙ ОТРАСЛИ

Аннотация. В статье проанализирована нормативная база, касающаяся государственно-частного партнерства. Выявлены противоречивые факты в законодательных документах, регулирующие правоотношения в сотрудничестве государства и предпринимателей в Российской Федерации. Произведена группировка объектов концессии и ГСП. Сформулировано определение дефиниции «государственно-частное партнерство». Систематизировано значение ГСП для экономики государства. Выделены наиболее популярные модели ГСП и обозначены принципиальные отличия между ними. Выполнен промежуточный анализ результатов реализации программы государственно-частного партнерства и на его основе разработаны предложения по формированию системы показателей для более корректной оценки эффективности отдельных организационно-правовых форм на региональном уровне, в частности, в рыбной отрасли. Предложено условное разделение организаций в зависимости от вида осуществляемого промысла. Обоснована необходимость учета важности соответствия и адаптации моделей и методов с целью учета специфики РХК.

Ключевые слова: государственно-частное партнерство, государство, регион, бизнес, инвестиционные проекты, экономическая эффективность.

Ivanov A.V., Kovalenko O.A.

REGIONAL VIEW ON THE VALIDITY OF THE APPLICATION OF THE MAIN PPP MODELS IN THE FISHING INDUSTRY

Abstract. The article analyzes the regulatory framework concerning public-private partnership. Contradictory facts have been revealed in legislative documents regulating legal relations in cooperation between the state and entrepreneurs in the Russian Federation. The objects of the concession and GSP have been grouped. The definition of the definition of "public-private partnership" is formulated. The importance of GSP for the state economy is systematized. The most popular GSP models are highlighted and the fundamental differences between them are indicated. An interim analysis of the results of the implementation of the public-private partnership program has been carried out and, based on it, proposals have been developed for the formation of a system of indicators for a more correct assessment of the effectiveness of individual organizational and legal forms at the regional level, and in particular in the fishing industry. A conditional division of organizations is proposed depending on the type of fishing carried out. The necessity of taking into account the importance of conformity and adaptation of models and methods in order to take into account the specifics of the RCC is justified.

Keywords: public-private partnership, state, region, business, investment projects, economic efficiency.

Введение. В общественном устройстве любое нормативно-правовое регулирование со стороны государства по отношению к частному бизнесу по существу является государственно-частным партнерством (далее – ГЧП). Именно такое регулирование, с одной стороны, делает бизнес более или менее выгодным занятием. С другой стороны, формирует такую систему финансовых потоков, которая наполняет государственный бюджет денежными средствами, достаточными для функционирования государства и общества. Поэтому рыночная форма ведения хозяйства по определению подразумевает определенное партнерство между государством и частным бизнесом [1].

Порядка 20 лет назад не только специалисты в области экономики и управления, но и

широкая общественность нашей страны узнали о ГЧП благодаря выходу в свет ряда федеральных законов и нормативно-правовых актов, которая регулирует целый спектр новых видов и сфер взаимодействия органов государственной власти и их представителей (так называемых публичных партнеров) с представителями частного бизнеса. Действительно, до этого никто из руководителей государственных организаций не мог даже подумать о какой-либо совместной программе строительства с частными коммерческими компаниями, поскольку не являлся собственником имеющегося или создаваемого имущества. А частный бизнес, в свою очередь, не рассматривал варианты вложения денег в государственные объекты недвижимости по причине невозможности оформления прав собственности на созданный объект недвижимости.

Актуальность выбранной темы еще несколько лет назад отмечалась в научной литературе [2] и с каждым годом приобретает все большее значение. Это находит свое подтверждение в аналитических докладах профильного правоприменительного органа за 2021 г. [3].

Целью исследования является промежуточный анализ результатов реализации программы государственно-частного партнерства и на его основе разработка предложений по формированию системы показателей для более корректной оценки эффективности отдельных организационно-правовых форм на региональном уровне, в частности, в рыбной отрасли.

Материалы и методы исследования. Теоретической и методической основой исследования являются труды ведущих ученых-экономистов в области теории экономической эффективности, экономики и управления [4-11], нормативная база [12-15], а также результаты собственных исследований. Авторами предложена систематизация взглядов на применение методов управления в рамках проектов ГЧП с учетом специфики рыбной отрасли. Результаты проведенного исследования моделей применения и реализации проектов ГЧП в рыбной отрасли выглядят весьма перспективными и дают возможность сочетать интересы государства и бизнеса для обеспечения целей и задач общественного развития. Практическая часть результатов определяется возможностью их использования для разработки мероприятий государственной экономической политики в сфере рыбной отрасли, и, в частности, при формировании программ на региональном уровне при внедрении механизмов ГЧП в деятельность отрасли.

Исследование базировалось на использовании таких методов, как: сравнение при рассмотрении объектов концессии и ГЧП, а также моделей ГЧП; системный и комплексный подход для представления основных положений нормативно-правовой базы в данной области и формулирования терминологического аппарата; методов индукции, анализа и обобщения при обосновании выводов по результатам работы.

Результаты исследования и их обсуждение. Первые проекты сотрудничества государства и предпринимателей в Российской Федерации были реализованы в форме, обладающей признаками современной концессии [4]. Современное правовое регулирование в настоящее время в нашей стране насчитывает порядка девяти федеральных законов, которые регулируют процедуру привлечения частных инвестиций в реализацию публичных проектов. Основными законами в данном случае выступают Федеральный закон от 13 июля 2015 г. № 224-ФЗ «О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (далее – Закон №224-ФЗ) [5] и Федеральный закон от 21 июля 2005 г. №115-ФЗ «О концессионных соглашениях» (далее – Закон №115-ФЗ) [6].

При этом нормативно-правовые акты, нашедшие отражение в законах, являются взаимоисключающими, то есть, действие Закона №224-ФЗ не распространяется на правоотношения, регулируемые в рамках Закона №115-ФЗ. В случае ГЧП, которое регулируется Законом №224-ФЗ, финансирование основано на объединении ресурсов, тогда как в концессионном соглашении, которое, в свою очередь, регулируется Законом № 115-ФЗ,

расходы ложатся на концессионера (лицо, создающее или реконструирующее объект). Кроме того, следует отметить, что и объекты концессии, и ГЧП одновременно и схожи, и различны между собой. В случае ГЧП допускается создание большего количества объектов (табл. 1) [17, 18].

Если рассматривать буквальное толкование понятия «концессионные соглашения», следует отметить, что их не стоит относить к разновидностям государственно-частного партнерства, так как терминология, введенная Законом № 115-ФЗ не согласуется с рассматриваемым понятием. Однако, с теоретической точки зрения, отмеченные соглашения имеют общую направленность во взаимодействии прямых или опосредованных представителей публичной власти с частным партнером с целью привлечения инвестиций [7].

Таблица 1 – Объекты концессии и ГЧП

№	Объекты	Концессия	ГЧП
1	2	3	4
1	Частные автомобильные дороги или участки частных автомобильных дорог, мосты, защитные дорожные сооружения, искусственные дорожные сооружения, производственные объекты (объекты, используемые при капитальном ремонте, ремонте и содержании автомобильных дорог), элементы обустройства автомобильных дорог, объекты, предназначенные для взимания платы (в том числе пункты взимания платы), объекты дорожного сервиса	Да	Да
2	Транспорт общего пользования, за исключением метрополитена	Да	Да
3	Объекты железнодорожного транспорта	Да	Да
4	Объекты трубопроводного транспорта	Да	Да
5	Морские порты, речные порты, специализированные порты, объекты их инфраструктур, в том числе искусственные земельные участки, портовые гидротехнические сооружения, за исключением объектов инфраструктуры морского порта, которые могут находиться в федеральной собственности, не подлежат отчуждению в частную собственность	Да	Да
6	Морские суда и речные суда, суда смешанного (река - море) плавания, а также суда, осуществляющие ледокольную проводку, гидрографическую, научно-исследовательскую деятельность, паромные переправы, плавучие и сухие доки, за исключением объектов, которые в соответствии с законодательством Российской Федерации находятся в государственной собственности, не подлежат отчуждению в частную собственность	Да	Да
7	Воздушные суда, аэродромы, аэропорты, технические средства и другие предназначенные для обеспечения полетов воздушных судов средства, за исключением объектов, отнесенных к имуществу государственной авиации или к единой системе организации воздушного движения	Да	Да
8	Объекты по производству, передаче и распределению электрической энергии	Да	Да
9	Гидротехнические сооружения, стационарные и (или) плавучие платформы, искусственные острова	Да	Да
10	Подводные и подземные технические сооружения, переходы, линии связи и коммуникации, иные линейные объекты связи и коммуникации		Да

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
11	Объекты здравоохранения, в том числе объекты, предназначенные для санаторно-курортного лечения и иной деятельности в сфере здравоохранения	Да	Да
12	Объекты образования, культуры, спорта, объекты, используемые для организации отдыха граждан и туризма, иные объекты социального обслуживания населения	Да	Да
13	Объекты, на которых осуществляются обработка, утилизация, обезвреживание, размещение твердых коммунальных отходов	Да	Да
14	Объекты благоустройства территорий, в том числе для их освещения	Да	Да
15	Мелиоративные системы и объекты их инженерной инфраструктуры, за исключением государственных мелиоративных систем	Нет	Да
16	Объекты производства, первичной и (или) последующей (промышленной) переработки, хранения сельскохозяйственной продукции, включенные в утвержденный Правительством Российской Федерации в соответствии с законодательством Российской Федерации о развитии сельского хозяйства Перечень и определенные согласно критериям, установленным Правительством Российской Федерации	Да	Да
17	Метрополитен	Да	Нет
18	Здания, строения и сооружения, предназначенные для складирования, хранения и ремонта имущества Вооруженных Сил Российской Федерации, объекты производственной и инженерной инфраструктур таких зданий, строений и сооружений	Да	Нет

В Законе № 224-ФЗ определение ГЧП изложено следующим образом: «государственно-частное партнерство, муниципально-частное партнерство – юридически оформленное на определенный срок и основанное на объединении ресурсов, распределении рисков сотрудничество публичного партнера, с одной стороны, и частного партнера, с другой стороны, которое осуществляется на основании соглашения о государственно-частном партнерстве, соглашения о муниципально-частном партнерстве, заключенных в соответствии с настоящим Федеральным законом в целях привлечения в экономику частных инвестиций, обеспечения органами государственной власти и органами местного самоуправления доступности товаров, работ, услуг и повышения их качества» [6].

Вместе с тем, термин «государственно-частное партнерство» можно интерпретировать в широком смысле, консолидируя разнообразие форм взаимодействия государства и частного сектора [8].

Необходимо отметить, что ГЧП можно отнести к одной из наиболее распространенных форм взаимодействия государства и частного бизнеса, в связи с тем, что его внедрение и существование поощряется федеральным центром, и имеет высокий уровень развития в субъектах Российской Федерации, и кроме того отмечается стабильный рост показателей, отражающих количество договоров ГЧП [9]. В условиях серьезного дефицита долгосрочного финансирования для реализации инвестиционных проектов в сферах с низким уровнем рентабельности, ГЧП определенно можно отнести к эффективным инструментам, используемым для создания и обновления инфраструктуры, в условиях ее отсутствия и неудовлетворительного состояния, что непосредственно оказывает влияние не только на уровень жизни граждан, а и является сдерживающим фактором экономического развития [15].

Целью ГЧП с экономической точки зрения выступает стимулирование привлечения частных инвестиций в производство услуг, работ и потребительских товаров, которые должны быть обеспечены публично-правовыми образованиями за счет средств соответствующих бюджетов, а также сокращение участия государства в экономическом обороте, когда те же задачи могут быть эффективнее выполнены бизнесом. По сути дела, такая позиция может свидетельствовать о готовности государства снизить уровень своих притязаний по влиянию на определенные сферы жизни общества [16].

Можно говорить о существенном значении ГЧП для экономики государства, которое состоит в следующем:

- ускорение развития инфраструктуры страны;
- повышение качества строительства, эксплуатации и управления за счет инноваций, стимулов и компетенций частного капитала;
- снижение издержек на создание (поддержание) социальной и/или общественно значимой инфраструктуры;
- более широкий доступ к рынкам частного капитала;
- рост качества производимых товаров (работ, услуг);
- снижение бюджетной нагрузки и высвобождение дополнительных ресурсов.

С юридической точки зрения рассматриваются взаимоотношения, возникающие в процессе взаимного сотрудничества публично-правовых образований (Российской Федерации, субъекта Российской Федерации, муниципального образования) и частных лиц. В процессе этих взаимоотношений применяются соглашения о государственно-частном партнерстве (СГЧП) или концессионные соглашения, которые с юридической точки зрения следует отнести к гражданско-правовым договорам.

Развитие института ГЧП несомненно можно отнести к трендам последнего времени, о чем свидетельствует стремительное развитие законодательства в данной области, а также широкое освещение данной проблемы в публикациях не только ученых-юристов, а и в трудах представителей других областей знаний, среди которых можно выделить экономистов [10] и даже врачей [11]. ГЧП в общем виде представляет собой инструмент привлечения в экономику страны частных инвестиций для реализации социально значимых проектов, развития инфраструктуры. Частные партнеры, в свою очередь, видят в этом возможный источник дохода. Общество также выигрывает от такого сотрудничества, поскольку получает соответствующее благо.

Основанием заключения соглашения ГЧП или концессионного соглашения всегда является решение уполномоченного публичного органа, представляющего интересы публично-правового образования, о реализации определенного проекта. Способом заключения соглашения ГЧП или концессионного соглашения является проведение торгов в форме конкурса на право заключения соглашения. Также в федеральных законах отдельно обозначены исключительные случаи, когда заключение соглашения возможно без конкурса.

В соответствии с выработанным механизмом, ГЧП предусматривает, что риски будут распределены между государством и частными инвесторами. Данный аспект позволяет отнести ГЧП к быстроразвивающимся и приобретающим стремительную популярность формам взаимодействия. К наиболее распространенным и часто встречающимся моделям ГЧП можно отнести:

- концессионную модель, предусматривающую согласно Закону №115-ФЗ принадлежность права собственности на создаваемый объект государству, в то время как руках частного партнера сосредотачивается хозяйственное и коммерческое управление;
- модель СГЧП, в основе которой лежит условие нахождения объекта соглашения в частной собственности при бесспорном условии соблюдения требований Закона № 224-ФЗ. Особенностями данной формы является возникновение права собственности на объект у частного партнера, в то время как в последствии эксплуатация вновь образованного объекта при необходимости может осуществляться и публичным партнером, получившим

полномочия у государственного органа.

Таким образом, принципиальные отличия между указанными основными моделями заключаются, прежде всего, в правах собственности на создаваемый объект и последующем управлении им. В этом смысле модель СГПЧ является расширением возможностей частного бизнеса при взаимодействии с государством, поскольку, по сути, является новой формой приватизации.

В отношении предоставления земельных участков законодатель установил, что земельный участок, необходимый для реализации проекта государственного (муниципального) частного партнерства, который находится в публичной собственности, предоставляется частному партнеру на праве аренды без проведения торгов [12].

К недостаткам Закона № 224-ФЗ можно отнести отсутствие досконального раскрытия понятий «объединение ресурсов» и «распределение рисков» [13]. В описании ГЧП указывается на объединение ресурсов. Например, если рассматривать процесс заключения договора простого товарищества, то можно отметить более четкую формулировку того, что может выступать в качестве вклада товарища в общее дело [14]. В отношении ГЧП столь подробно и исчерпывающе это не описано.

Приоритетными сферами реализации ГЧП-проектов, безусловно, являются объекты коммунальной, социальной, энергетической и транспортной отраслей. Однако время всегда требует внесения корректировок в привычные взгляды на проблемы и методы их решения. Если полтора десятка лет назад ключевым мотивом разработки и широкого внедрения на федеральном уровне моделей государственно-частного партнерства был острый дефицит бюджетных средств для реализации инфраструктурных и социально-значимых проектов и необходимость привлечения денежных ресурсов частных инвесторов, то в настоящее время, в условиях перехода на мобилизационную модель экономики, сильно меняется роль государства как публичного партнера в таких проектах.

Особенно наглядно эти изменения видны в регионах, не располагающих собственным значительным потенциалом природных сырьевых ресурсов, но решающих важные государственные задачи федерального уровня. Рассмотрим эту проблему на примере рыбной отрасли. В одной из предыдущих статей [19] мы приводили условную градацию рыбопромысловых предприятий на ведущих промысел во внутренних водоемах и прибрежной экономической зоне РФ, и на тех, кто ориентируется на ведение рыбного промысла в открытой части океана и экономических зонах иностранных государств в соответствии с международными соглашениями, заключенными Российской Федерацией.

Так исходя из данного признака, виды организации промысла можно условно разделить на:

1. Океанический, в котором рыбу ловят в океанах, как в исключительной экономической зоне, так и в открытой части. Исключительная экономическая зона – это концепция, в соответствии с которой прибрежное государство может контролировать ведение промысла на расстоянии 200 миль от берега.

2. Прибрежное рыболовство. Добыча рыбы происходит в морях, заливах, как правило, в территориальных водах Российской Федерации.

Если для дальневосточного бассейна доля первой группы является подавляющей, то на Западном бассейне, в Калининградской области, традиционно являющейся одним из рыбопромысловых центров страны, именно на вторую группу приходится около 80% уловов. При этом именно для них требуются очень дорогие промысловые суда неограниченного района плавания для кардинального обновления стареющего флота, построенного еще в советские времена. С каждым годом эта проблема будет становиться все острее и требовать принципиального ответа на вопрос о необходимости освоения российских квот по международным соглашениям. Учитывая, что это не столько экономический вопрос, сколько вопрос российского присутствия и политического влияния, и решаться он должен не на региональном, а на федеральном уровне. А поскольку

государственных рыбопромысловых предприятий после перестройки экономики страны больше не осталось, то и решать ее придется частным региональным предприятиям, не имеющим для этого необходимых инвестиционных ресурсов [20].

Выводы. Результаты проведенного исследования дают возможность полагать, что изменение постановки актуальных государственных задач должно принципиально изменить модель взаимодействия государства и бизнеса путем переориентации на модели государственной поддержки при сохранении со стороны государства контроля эффективности решения поставленных задач.

При этом необходимо учитывать важность соответствия и адаптации моделей и методов с целью учета специфики РХК. Преимуществом данного подхода являются дополнительные возможности, не только с точки зрения экономического эффекта, но и также социального и экологического, которые являются типичными и необъемлемыми для рыбохозяйственного бизнеса [21].

Список использованной литературы:

1. *Бреслав Л.Б.* Технико-экономическое обоснование средств освоения Мирового океана. Л.: Судостроение, 1982. 240 с.
2. *Килинкаров В.В.* Актуальные вопросы разрешения споров в сфере публично-частного партнерства // Закон. 2015. № 2. URL: https://zakon.ru/publication/igzakon/5969 (дата обращения: 20.03.2023).
3. Итоговый доклад к расширенному заседанию Коллегии ФАС России 28-29 апреля 2021 г. URL: https://fas.gov.ru/documents/type_of_documents/documenty_doklady (дата обращения: 20.03.2023).
4. *Фирсова Е.А.* Государственно-частное партнерство в России: экономический и правовой аспекты // Управление общественными финансами: актуальные проблемы, новые решения и стратегии развития. СПб.: СПбГЭУ, 2016. С. 154-162.
5. О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федеральный закон Российской Федерации № 224-ФЗ от 13.07.2015 г. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182660/?ysclid=lgdc32p4sx397152634 (дата обращения: 20.03.2023).
6. О концессионных соглашениях: федеральный закон Российской Федерации № 115-ФЗ от 21.07.2005 г. (с изм. и доп. от 25.07.2022 г.). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_54572/?ysclid=lgdchgp8sq645286356 (дата обращения: 20.03.2023).
7. *Кучеренко А.В.* Государственно-частное партнерство в России: этимология и законодательные механизмы // Юрист. 2018. № 10. URL: https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=CJI&n=117986&ysclid=lgdcp3cqr7414287212#mbb9CbTgJJfAe6xa2 (дата обращения: 20.03.2023).
8. UK Government. Regional Growth Fund. United Kingdom – England: PPP Units and Related Institutional Framework. URL: https://www.gov.uk/guidance/understanding-the-regional-growth-fund (дата обращения: 20.03.2023).
9. *Маслова С.В., Соколов М.Ю.* Трансграничные проекты государственно-частного партнерства: концептуальные особенности и практические аспекты управления // Вопросы государственного и муниципального управления. 2020. № 1. С. 86.
10. *Пластинина Е.А.* Концессионные соглашения как форма государственно-частного партнерства // Прогосзаказ.рф. 2017. № 5. С. 50-69. URL: https://Xn--80aahqcqybgko.xn--p1ai/141/39322/13/16302/38926/39089/39242/41942.html (дата обращения: 20.03.2023).
11. *Куракин А.В., Полукаров А.В., Смирнова В.В., Милиевская Е.Б.* Правовое регулирование государственно-частного партнерства в сфере здравоохранения // Административное и муниципальное право. 2016. № 3. С. 234-247.
12. Земельный кодекс Российской Федерации № 136-ФЗ от 25.10.2001 г. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/?ysclid=lgdfdq0vl4345998366

(дата обращения: 20.03.2023).
13. *Шарапов В.В.* О государственном (муниципальном) частном партнерстве. 2016. URL: https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=CJI&n=117986&ysclid=lgdcp3cqr7414287212#mbb9CbTgJJfAe6xa2 (дата обращения: 20.03.2023).
14. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая) № 14-ФЗ от 26.01.1996 г. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_9027/?ysclid=lgdg0t4s3j127617955 (дата обращения: 20.03.2023).
15. Сайт Министерства экономического развития Российской Федерации. URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/6b5f12f3140cf044flf715d18dfdef0a/gchp%2021.02.2020.pdf.pdf (дата обращения: 20.03.2023).
16. Инвестиции в инфраструктуру и ГЧП 2020. Аналитический обзор Национального центра государственно-частного партнерства. М., 2020. 38 с.
17. Об утверждении методики оценки эффективности проекта государственно-частного партнерства, проекта муниципально-частного партнерства и определения их сравнительного преимущества: приказ Министерства экономического развития Российской Федерации № 894 от 30.11.2015 г. URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/2f16fd9c2a4b144edc653087ff8fd6b9/30112015_894.pdf (дата обращения: 20.03.2023).
18. Методические рекомендации по оценке экономической эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. 1999. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28224/?ysclid=lgdhvzipba629474425 (дата обращения: 20.03.2023).
19. *Иванов А.В., Ульяненкова О.А., Дорофеева В.В.* Формирование системы показателей оценки эффективности рыбохозяйственной деятельности на региональном уровне // Вестник КГМТУ. 2022. № 2, с. 246-262.
20. *Иванов А.В., Оргеева М.Э.* Региональная политика как основа стратегического управления пространственным развитием // Современное управление: векторы развития: труды Международной научно-практической конференции. 2018. С. 55-56.
21. *Иванов А.В., Ульянкина О.А*. Организационно-экономический механизм реализации ГЧП применительно к региональному рыбохозяйственному комплексу // Социально-экономическое развитие регионов России: реалии современности, тенденции, перспективы: труды 1-й Международной научно-практической конференции Западного филиала РАНХГС. Калининград, 2016. С. 114-116.

References:

1. Breslav L.B. *Tekhniko-ekonomicheskoye obosnovaniye sredstv osvoyeniya mirovogo okeana* [Feasibility study of the means of development of the world ocean]. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1982, 240 p. (In Russian).
2. Kilinkarov V.V. Aktual'nyye voprosy razresheniya sporov v sfere publichno-chastnogo partnerstva [Actual issues of dispute resolution in the field of public-private partnership]. *Zakon* [Law], 2015, no. 2. (In Russian). Available at: https://zakon.ru/publication/igzakon/5969 (accessed 20.03.2023).
3. *Itogovyy doklad k rasshirennomu zasedaniyu Kollegii FAS Rossii 28-29 aprelya 2021 g.* [Final report for the expanded meeting of the Board of the FAS of Russia on April 28-29, 2021]. (In Russian). Available at: https://fas.gov.ru/documents/type_of_documents/documenty_doklady (accessed 20.03.2023).
4. Firsova E.A. Gosudarstvenno-chastnoye partnerstvo v Rossii: ekonomicheskiy i pravovoy aspekty [Public-private partnership in Russia: economic and legal aspects] *Upravleniye obshchestvennymi finansami: aktual'nyye problemy, novyye resheniya i strategii razvitiya* [Public finance management: current problems, new solutions and development strategies]. St. Petersburg, SPbGEU Publ., 2016, pp. 154-162. (In Russian).
5. Russian Federation. The Federal Law of the Russian Federation № 224-FZ of July 13, 2015, O gosudarstvenno-chastnom partnerstve, munitsipal'no-chastnom partnerstve v Rossiyskoy Federatsii i vnesenii izmeneniy v otdel'nyye zakonodatel'nyye akty Rossiyskoy Federatsii [On

public-private partnerships, municipal-private partnerships in the Russian Federation and amendments to certain legislative acts of the Russian Federation]. (In Russian). Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182660/?ysclid= lgdc32p4sx397152634 (accessed 20.03.2023).
6. Russian Federation. The Federal Law of the Russian Federation № 115-FZ of July 21, 2005 (as amended and supplemented of July 25, 2022), O kontsessionnykh soglasheniyakh [On Concession Agreements]. (In Russian). Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_54572/?ysclid=lgdchgp8sq645286356 (accessed 20.03.2023).
7. Kucherenko A.V. Gosudarstvenno-chastnoye partnerstvo v Rossii: etimologiya i zakonodatel'nyye mekhanizmy [Public-Private Partnership in Russia: Etymology and Legislative Mechanisms]. *Yurist* [Lawyer], 2018, no. 10. (In Russian). Available at: https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=CJI&n=117986&ysclid=lgdcp3cqr7414287212#mbb9CbTgJJfAe6xa2 (accessed 20.03.2023).
8. UK Government. Regional Growth Fund. United Kingdom - England: PPP Units and Related Institutional Framework. (In English). Available at: https://www.gov.uk/guidance/understanding-the-regional-growth-fund (accessed 20.03.2023).
9. Maslova S.V., Sokolov M.Yu. Transgranichnyye proyekty gosudarstvenno-chastnogo partnerstva: kontseptual'nyye osobennosti i prakticheskiye aspekty upravleniya [Cross-border projects of public-private partnership: conceptual features and practical aspects of management]. *Voprosy gosudarstvennogo i munitsipal'nogo upravleniya* [Issues of state and municipal management], 2020, no. 1, p. 86. (In Russian).
10. Plastinina Ye.A. Kontsessionnyye soglasheniya kak forma gosudarstvenno-chastnogo partnerstva [Concession agreements as a form of public-private partnership]. *Progoszakaz.rf* [Progoszakaz.rf], 2017, no. 5, pp. 50-69. (In Russian). Available at: https://Xn--80aahqcqybgko.xn--p1ai/141/39322/13/16302/38926/39089/39242/41942.html (accessed 20.03.2023).
11. Kurakin A.V., Polukarov A.V., Smirnova V.V., Miliyevskaya Ye.B. Pravovoye regulirovaniye gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v sfere zdravookhraneniya [Legal regulation of public-private partnership in healthcare]. *Administrativnoye i munitsipal'noye parvo* [Administrative and Municipal Law], 2016, no. 3. pp. 234-247. (In Russian).
12. Russian Federation. Federal Law of the Russian Federation № 136-FZ of October 25, 2001, *Zemel'nyy kodeks Rossiyskoy Federatsii* [Land Code of the Russian Federation]. (In Russian). Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/?ysclid= lgdfdq0vl4345998366 (accessed 20.03.2023).
13. Sharapov V.V. *O gosudarstvennom (munitsipal'nom) chastnom partnerstve* [On the state (municipal) private partnership], 2016. (In Russian). Available at: https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=CJI&n=117986&ysclid=lgdcp3cqr7414287212#mbb9CbTgJJfAe6xa2 (accessed 20.03.2023).
14. Russian Federation. Federal Law of the Russian Federation № 14-FZ of January 26, 1996, *Grazhdanskiy kodeks Rossiyskoy Federatsii (chast' vtoraya)* [Civil Code of the Russian Federation (part 2)]. (In Russian). Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_9027/?ysclid=lgdg0t4s3j127617955 (accessed 20.03.2023).
15. *Sayt Ministerstva ekonomicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii* [Site of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation]. (In Russian). Available at: https://www.economy.gov.ru/material/file/6b5f12f3140cf044flf715d18dfdef0a/gchp%2021.02.2020.pdf.pdf (accessed 20.03.2023).
16. *Investitsii v infrastrukturu i GCHP 2020. Analiticheskiy obzor Natsional'nogo tsentra gosudarstvenno-chastnogo partnerstva* [Investments in infrastructure and PPP 2020. Analytical review of the National Center for Public-Private Partnership]. Moscow, 2020, 38 p. (In Russian).
17. Russian Federation. Order of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation № 894 of November 11, 2015, *Ob utverzhdenii metodiki otsenki effektivnosti proyekta*

gosudarstvenno-chastnogo partnerstva, proyekta munitsipal'no-chastnogo partnerstva i opredeleniya ikh sravnitel'nogo preimushchestva [On approval of the methodology for evaluating the effectiveness of a public-private partnership project, a municipal-private partnership project and determining their comparative advantage]. (In Russian). Available at: https://www.economy.gov.ru/material/file/2f16fd9c2a4b144edc653087ff8fd6b9/30112015_894.pdf (accessed 20.03.2023).

18. *Metodicheskiye rekomendatsii po otsenke ekonomicheskoy effektivnosti investitsionnykh proyektov i ikh otboru dlya finansirovaniya* [Guidelines for assessing the economic efficiency of investment projects and their selection for financing], 1999. (In Russian). Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28224/?ysclid=lgdhvzipba629474425 (accessed 20.03.2023).
19. Ivanov A.V., Ul'yanenkova O.A., Dorofeyeva V.V. Formirovaniye sistemy pokazateley otsenki effektivnosti rybokhozyaystvennoy deyatel'nosti na regional'nom urovne [Formation of a system of indicators for assessing the effectiveness of fisheries activities at the regional level]. *Vestnik KGMTU* [Bulletin of KSMTU], 2022, no. 2, pp. 246-262. (In Russian).
20. Ivanov A.V., Orgeyeva M.E. Regional'naya politika kak osnova strategicheskogo upravleniya prostranstvennym razvitiyem [Regional policy as a basis for strategic management of spatial development]. *Trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennoye upravleniye: vektory razvitiya»* [Proceedings International Scientific and Practical Conference "Modern Management: Vectors of Development"], 2018, pp. 55-56. (In Russian).
21. Ivanov A.V., Ul'yankina O.A. Organizatsionno-ekonomicheskiy mekhanizm realizatsii GCHP primenitel'no k regional'nomu rybokhozyaystvennomu kompleksu [Organizational and economic mechanism for the implementation of PPP in relation to the regional fishery complex]. *Trudy pervoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Zapadnogo filiala RANKHGS «Sotsial'no-ekonomicheskoye razvitiye regionov Rossii: realii sovremennosti, tendentsii, perspektivy»* [Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference of the Western Branch of the RANHGS "Social and Economic Development of Russian Regions: Realities of the Present, Trends, Prospects"]. Kaliningrad, 2016, pp. 114-116. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

Иванов	д-р экон. наук, профессор
Александр Вадимович	Калининградский государственный технический университет
	236022, Калининградская область, г. Калининград, Советский проспект, 1
	ivanovav57@mail.ru
Ivanov	Dr. Sci. (Econ.), Professor
Alexander Vadimovich	Kaliningrad State Technical University
	236022, Kaliningrad region, Kaliningrad, Sovetsky ave., 1
	ivanovav57@mail.ru
Коваленко	Государственный налоговый инспектор контрольно-
Ольга Александровна	аналитического отдела УФНС России по Калининградской области
	236006, г. Калининград, ул. Дачная, 6
	oulianenkova_oa@mail.ru
Kovalenko	State Tax Inspector of the Control and Analytical Department of the
Olga Alexandrovna	Federal Tax Service of Russia for the Kaliningrad Region
	236006, Kaliningrad, Dachnaya str., 6
	oulianenkova_oa@mail.ru

УДК 331.101.262 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.021**

Кирильчук С.П., Симченко Н.А.

ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ НА РЫНКЕ ТРУДА

Аннотация. В статье проведен эмпирический анализ исследования трансформации профессиональной ориентации населения на рынке труда. В статье проводится анализ тенденций в изменчивости уровня профессиональной ориентации населения страны с последующим проведением оценки относительно сопоставимости стратегических приоритетов социально-экономического развития экономики страны с тенденциями развития профессиональных предпочтений работников в различных отраслях экономики. Подчеркнуто, что цифровое общество стремится к достижению высокого уровня жизни и устойчивому темпу экономического роста, что достижимо благодаря соответствию направлений профессиональной ориентации населения стратегическим приоритетам развития страны. Авторами выявлены определенные содержательные характеристики и взаимосвязи в исследовании профессиональной ориентация населения и формировании мероприятий относительно обеспечения гибкости рынка труда. Сделан вывод относительно необходимости стратегического мониторинга и стратегического планирования квотирования подготовки кадров для стратегически важных отраслей экономики страны.
Ключевые слова: экономика труда, рынок труда, профессиональная ориентация населения, цифровизация, трансформация.

Kirilchuk S.P., Simchenko N.A.

PECULIARITIES OF TRANSFORMATION OF PROFESSIONAL ORIENTATION OF THE POPULATION IN THE LABOR MARKET

Abstract. The article provides an empirical analysis of the study of the transformation of the professional orientation of the population in the labor market. The article analyzes trends in the variability of the level of professional orientation of the country's population, followed by an assessment of the comparability of the strategic priorities of the socio-economic development of the country's economy with the trends in the development of professional preferences of workers in various sectors of the economy. The authors have identified certain meaningful characteristics and relationships in the study of the professional orientation of the population and the formation of measures to ensure the flexibility of the labor market. The conclusion is drawn regarding the need for strategic monitoring and strategic planning of quotas for training personnel for strategically important sectors of the country's economy. It is emphasized that the digital society strives to achieve a high standard of living and a sustainable rate of economic growth, which is achievable due to the compliance of the areas of professional orientation of the population with the strategic priorities of the country's development.
Keywords: labor economics, labor market, professional orientation of the population, digitalization, transformation.

Введение. Современное цифровое общество стремится к достижению высокого уровня жизни и устойчивому темпу экономического роста в регионах, что достижимо благодаря соответствию направлений профессиональной ориентации населения стратегическим приоритетам развития страны. В Российской Федерации с целью устойчивого развития регионов приоритетом является формирование и управление человеческим капиталом. Для этого разрабатываются и реализуются многие государственные целевые программы, национальные проекты, при этом региональная составляющая социо-пространственного развития человеческого капитала и его потенциала формирует основные принципы устойчивого социо-пространственного развития регионов. В связи с этим необходимо

рассматривать вопросы о взаимосвязи и взаимообусловленности развития человеческого капитала и траектории социо-пространственного развития регионов, так как человеческий капитал создает условия для совершенствования, внедрения инноваций, ускорения и повышения эффективности во всех сферах экономики, другими словами, человеческий капитал создает предпосылки увеличения объемов производства, роста качества жизни населения, наполнения федеральных и региональных бюджетов и повышает конкурентоспособность страны.

Развитие цифровых технологий оказывает непосредственное влияние на процессы подготовки кадров для цифровой экономики. Проблема профессиональной ориентации населения в настоящее время тесно связана с особенностями развития цифровой среды [1]. Как свидетельствует опыт цифровизации различных секторов экономики, актуальными становятся вопросы развития профессиональной ориентации населения в условиях доминирования тенденций цифровизации рынка труда.

Целью исследования является исследовании особенностей трансформации профессиональной ориентации населения на рынке труда.

Материалы и методы исследования. В основу проведения исследований заложено использование методов анализа и синтеза, абстрагирования, индукции и дедукции, сравнения, сопоставления, научной логики, контент-анализа, а также методы наукометрического анализа научных экономических текстов в области экономики, социологии и иных смежных областей.

Работа базировалась на анализе статистических данных по трудоустройству выпускников вузов и профессиональной ориентации населения, а также изучении национальных программ и проектов в сфере функционирования и развития рынка труда [2-5]. В рамках исследования были рассмотрены вопросы профессионального выгорания [6-8], формирования профессиональных компетенций в условиях цифровой экономики, проблемы развития искусственного интеллекта и искусственной социальности, а также регулирования социально-трудовых отношений в условиях цифровой среды [9-11].

Результаты исследования и их обсуждение. Рынок труда развивается под воздействием различного рода социально-экономических, культурных, политических, технико-технологических факторов. Безусловно, реализация федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» [4] в рамках нацпрограммы «Цифровая экономика» вносит существенные изменения в функционирование рынка труда. Согласно промежуточным отчетам о ходе реализации проекта «Цифровые профессии» в рамках федерального проекта «Кадры для цифровой экономики», с 2019 года более 343 тыс. чел. приняты на обучение по образовательным программам высшего образования в сфере информационных технологий за счет средств федерального бюджета [5]. По данным Минобрнауки, в 2022 году более 117 тыс. человек принято на бюджетные места по ИТ-специальностям в вузы [6]. Однако государственная поддержка лиц, осваивающих цифровые профессии, предусматривающая, в том числе, субсидирование со стороны государства трат в размере 50-100 % стоимости обучения цифровой профессии, временно приостановлена [5].

Согласно аналитическим данным, представленным международным порталом поиска работы hh.ru, наиболее высокий интерес у претендентов наблюдается в области высшего и среднего менеджмента (46 %), причем портал не дает сведений об отраслевой специфике высших уровней управления. В общей совокупности резюме в области IT-технологий спрос со стороны претендентов составляет не более 7 % за рассматриваемый период. Что касается ранее популярных профессий социально-гуманитарного профиля, таких как: юриспруденция, финансы, бухгалтерия, туризм, продажи и пр., то в данных сегментах наблюдается сокращение количества резюме. Наибольший спад числа резюме наблюдается в автомобильном бизнесе, транспортной сфере, логистике, а также среди рабочих специальностей.

Приведенные данные экспертов, безусловно, не являются определяющими при формировании определенных заключений, однако отражают довольно любопытную картину распределения количества резюме по различным профессиональным сферам.

В контексте вышеприведенных данных интересным является прослеживание изменения

hh.индекса в профессиональных областях, который показывает отношение количества активных резюме к вакансиям [2].

В контексте проводимых исследований перед нами также была поставлена задача провести сопоставление между значениями hh.индекса, оцениваемых ведущей платформой трудоустройства, и степенью профессионального выгорания сотрудников в выбранных нами сферах профессиональной деятельности.

В российской практике следует выделить ряд профессиональных сфер, в которых сотрудники более всего подвержены профессиональному выгоранию. Это, в первую очередь, работники сферы образования, здравоохранения, юриспруденции, IT-сектора, о чем свидетельствуют экспертные данные по сферам деятельности, характеризующихся частотой возникновения ситуаций профессионального выгорания [6].

Согласно представленным данным, в таких сферах, как образование, здравоохранение, менеджмент, маркетинг, IT-сфера, работники часто сталкиваются с высокой нагрузкой, стрессом, низкой оплатой труда и недостаточным признанием своей работы. Одним из факторов, который может приводить к профессиональному выгоранию в современном обществе, является высокая степень неопределённости в работе. Некоторые компании не предоставляют достаточно ясных инструкций или не определяют чёткие цели и задачи для своих сотрудников. Это может приводить к чувству беспокойства и неуверенности в своих действиях, что в конечном итоге может привести к эмоциональному истощению и потере интереса к работе.

Причинами профессионального выгорания могут быть следующие: чрезмерная нагрузка на работе, недостаток контроля над рабочим графиком, социальная изоляция, недостаток поддержки со стороны коллег и руководства, а также частые конфликты с клиентами или пациентами.

Несмотря на то, что профессиональное выгорание может проявляться по-разному, можно отметить основные изменения в поведении работников (рис. 1).

В данном контексте весьма важным является уделение со стороны работодателей и руководителей внимания здоровью и благополучию своих сотрудников, предоставление достаточного количества ресурсов и мер поддержки с целью преодоления эмоциональной и психологической перегруженности.

Проведенные исследования позволили выявить определенные содержательные характеристики и взаимосвязи в исследовании профессиональной ориентация населения и формировании мероприятий относительно обеспечения гибкости рынка труда. К содержательным характеристикам профессиональной ориентации населения в обеспечении технологического суверенитета России следует отнести: непрерывное образование граждан; формирование идеологии трудоустройства и последующей трудозанятости на территории Родины; рост престижности труда как такового среди школьников, молодежи, взрослого населения страны; введение почетности трудовых подвигов; рост популяризации трудовых достижений и др.

В основу выделения содержательных характеристик положен важнейший принцип непротиворечивости социальности и технологичности, предусматривающий стратегическую значимость обеспечения гибкости рынка труда как одного из доминирующих приоритетов развития государства. Гибкость рынка труда, в свою очередь, предусматривает реализацию направленностей профессиональной ориентация населения в условиях неизбежности цифровизации экономики труда в целом. Важно отметить необходимость стратегического мониторинга и стратегического планирования квотирования подготовки кадров для стратегически важных отраслей экономики страны.

Выводы. В эпоху цифровизации востребованными остаются те специалисты, которые обладают большим объемом знаний и информации, обладают культурно-нравственными ценностями, умеют эффективно приложить свои интеллектуальные способности в ситуации, когда приоритет отдается расширяющейся сфере услуг, а материальное производство несколько отходит на второй план. Именно в это время инвестиционные вложения в

креативный человеческий капитал становятся актуальными, а талантливые высококвалифицированные сотрудники и креативная производственно-техническая интеллигенция получают не только доходы от интеллектуальной собственности, но и социальный профессиональный статус.

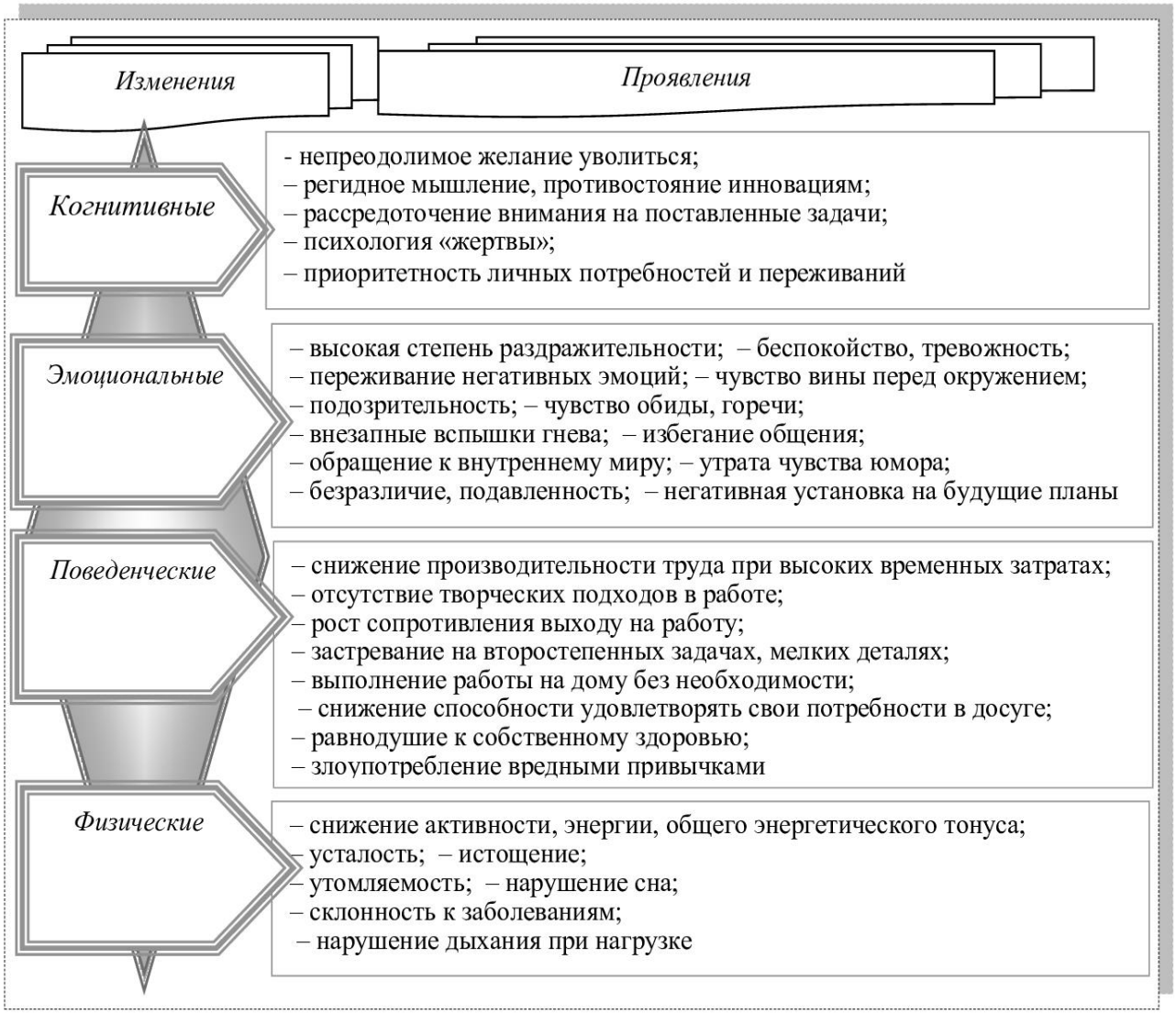


Рисунок 1 – Проявления профессионального выгорания
Источник: составлено с использованием [7, 8]

Таким образом, в основу развития профессиональной ориентации населения на рынке труда должна быть заложена совокупность компонент, способствующих повышению производительности труда, а именно – компонент здоровьесбережения, образования, культурного просвещения. Развитие профессиональной ориентации населения на рынке труда на основе указанных компонент осуществляется на идейно-нравственной интегративной основе в контексте цифровой трансформации экономических отношений.

Список использованной литературы:

1. *Резаев А.В., Трегубова Н.Д.* Искусственный интеллект и искусственная социальность: новые явления, проблемы и задачи для социальных наук // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. 2021. № 1. С. 4-19. URL: https://doi.org/10.14515/monitoring.2021.1.1905 (дата обращения: 21.05.2023).
2. Статистика по России. «hh Индекс». URL: https://stats.hh.ru/#structureResumes (дата обращения: 21.05.2023).

3. Форма № ВПО-1 «Сведения об организации, осуществляющей образовательную деятельность по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры». URL: https://minobrnauki.gov.ru/action/stat/highed/ (дата обращения: 21.05.2023).
4. Паспорт федерального проекта «Кадры для цифровой экономики». URL: https://turov.pro/wp-content/uploads/2019/09/kadry-dlya-czifrovoj-ekonomiki.pdf?ysclid=lic52r9cgl633777596 (дата обращения: 16.05.2023).
5. Проект «Цифровые профессии»: как получить IT-профессию со скидкой 50% от государства. URL: https://digital-academy.ru/blog/proekt-tsifrovye-professii (дата обращения: 25.05.2023).
6. Профессиональное выгорание 2022. URL: https://globalcio.ru/upload/medialibrary/519/6ik91eibcqg1qn6dfxok6h62zo442e9v.pdf (дата обращения: 16.05.2023).
7. *Boujut E., Popa-Roch M., Palomares E.-A., Dean A., Cappe E.* Self-efficacy and burnout in teachers of students with autism spectrum disorder // Research in Autism Spectrum Disorders. 2017. Vol. 36. P. 8-20.
8. *Кулакова А.Б., Сухарева Л.М.* Профессиональное выгорание специалиста как индикатор социально-экономического развития региона // Вопросы территориального развития. 2021. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/professionalnoe-vygoranie-spetsialista-kak-indikator-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-regiona (дата обращения: 15.06.2023).
9. *Ермашкевич Н.С., Панявина М.Л., Родионова З.В.* Развитие профессиональных компетенций в условиях цифровой экономики // Лидерство и менеджмент. 2021. Т. 8. № 4. С. 483-502. DOI: 10.18334/lim.8.4.113874.
10. *Чистякова С.Н.* Опыт, проблемы и перспективы развития системы профессиональной ориентации подростков и молодежи // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2014. № 2 (14). С.33-39.
11. *Труба А.С., Абряндина В.В.* Совершенствование механизма регулирования социально-трудовых отношений в условиях цифровой среды // Вестник КГМТУ. 2022. № 2. С. 313-331.

References:

1. Rezayev A.V., Tregubova N.D. Iskusstvennyy intellekt i iskusstvennaya sotsial'nost': novyye yavleniya, problemy i zadachi dlya sotsial'nykh nauk [Artificial intelligence and artificial sociality: new phenomena, problems and tasks for the social sciences]. *Monitoring obshchestvennogo mneniya: ekonomicheskiye i sotsial'nyye peremeny* [Public Opinion Monitoring: Economic and Social Changes], 2021, no. 1, pp. 4-19. (In Russian). Available at: https://doi.org/10.14515/monitoring.2021.1.1905 (accessed 21.05.2023).
2. *Statistika po Rossii. «hh Indeks»* [Statistics for Russia. “hh Index”]. (In Russian). Available at: https://stats.hh.ru/#structureResumes (accessed 21.05.2023).
3. Forma № VPO-1 «Svedeniya ob organizatsii, osushchestvlyayushchey obrazovatel'nuyu deyatel'nost' po obrazovatel'nym programmam vysshego obrazovaniya – programmam bakalavriata, programmam spetsialiteta, programmam magistratury» [Form No. VPO-1 “Information on the organization carrying out educational activities in educational programs of higher education - bachelor's programs, specialist's programs, master's programs”.]. (In Russian). Available at: https://minobrnauki.gov.ru/action/stat/highed/ (accessed 21.05.2023).
4. *Pasport federal'nogo proyekta «Kadry dlya tsifrovoy ekonomiki»* [Passport of the federal project “Personnel for the Digital Economy”]. (In Russian). Available at: https://turov.pro/wp-content/uploads/2019/09/kadry-dlya-czifrovoj-ekonomiki.pdf?ysclid=lic52r9cgl633777596 (accessed 16.05.2023).
5. *Proyekt «Tsifrovyye professii»: kak poluchit' IT-professiyu so skidkoy 50% ot gosudarstva* [Project "Digital Professions": how to get an IT profession with a 50% discount from the state]. (In Russian). Available at: https://digital-academy.ru/blog/proekt-tsifrovye-professii (accessed

25.05.2023).
6. *Professional'noye vygoraniye 2022* [Occupational Burnout 2022]. (In Russian). Available at: https://globalcio.ru/upload/medialibrary/519/6ik91eibcqg1qn6dfxok6h62zo442e9v.pdf (accessed 16.05.2023).
7. Boujut E., Popa-Roch M., Palomares E.-A., Dean A., Cappe E. Self-efficacy and burnout in teachers of students with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 2017, vol. 36, pp. 8-20. (In English).
8. Kulakova A.B., Sukhareva L.M. Professional'noye vygoraniye spetsialista kak indikator sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya regiona [Professional burnout of a specialist as an indicator of the socio-economic development of the region]. *Voprosy territorial'nogo razvitiya* [Issues of Territorial Development], 2021, no. 2. (In Russian). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/professionalnoe-vygoranie-spetsialista-kak-indikator-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-regiona (accessed 15.06.2023).
9. Yermashkevich N.S., Panyavina M.L., Rodionova Z.V. Razvitiye professional'nykh kompetentsiy v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki [Development of professional competencies in the digital economy]. *Liderstvo i menedzhment* [Leadership and Management], 2021, vol. 8, no. 4, pp. 483-502. (In Russian). DOI: 10.18334/lim.8.4.113874.
10. Chistyakova S.N. Opyt, problemy i perspektivy razvitiya sistemy professional'noy oriyentatsii podrostkov i molodezhi [Experience, problems and prospects for the development of a system of vocational guidance for adolescents and youth]. *Professional'noye obrazovaniye v Rossii i za rubezhom* [Vocational Education in Russia and Abroad], 2014, no. 2 (14), pp. 33-39. (In Russian).
11. Truba A.S., Abryandina V.V. Sovershenstvovaniye mekhanizma regulirovaniya sotsial'no-trudovykh otnosheniy v usloviyakh tsifrovoy sredy [Improving the mechanism for regulating social and labor relations in a digital environment]. *Vestnik KGMTU* [Bulletin of KSMTU], 2022, no. 2, pp. 313-331. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

Симченко Наталия Александровна	д-р экон. наук, профессор, заведующий кафедрой экономической теории Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского 295007, Республика Крым, г. Симферополь, пр. Академика Вернадского, 4 natalysimchenko@yandex.ru
Simchenko Nataliia Aleksandrovna	Doctor of Economics, Professor, head of department of economic theory V.I. Vernadsky Crimean Federal University 295007, Republic of Crimea, Simferopol, Vernadsky ave, 4. natalysimchenko@yandex.ru
Кирильчук Светлана Петровна	д-р экон. наук, профессор, заведующий кафедрой экономики предприятия Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского 295007, Республика Крым, г. Симферополь, пр. Академика Вернадского, 4 skir12@yandex.ru
Kirilchuk Svetlana Petrovna	Doctor of Economics, Professor, head of Head of the Department of Enterprise Economics V.I. Vernadsky Crimean Federal University 295007, Republic of Crimea, Simferopol, Vernadsky ave, 4 skir12@yandex.ru

УДК 658:639.2/.3 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.022**

Яркина Н.Н., Якубова Э.С.

ДЕКЛАРИРОВАНИЕ И СЕРТИФИКАЦИЯ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ КАК ИНСТРУМЕНТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация. Предметом исследования являются такие инструменты обеспечения безопасности как декларация и сертификация рыбной продукции. Цель работы состоит в изучении и характеристике их специфики в контексте обеспечения безопасности для потребителей и бизнеса. В основу исследования легли эмпирические и теоретические методы научного познания, включая изучение и обобщение различных первоисточников, постановку проблемы, анализ, синтез, конкретизацию и т.д. Рассмотрены направления современных исследований по проблеме безопасности рыбной продукции. Акцентировано, что вопросы декларирования и сертификации рыбной продукции как инструментов обеспечения экономической безопасности рыбохозяйственного бизнеса в отечественном научном поле практически не рассматривались. Отмечено, что декларирование и сертификация рыбной продукции опирается на систему технических регламентов и международных и национальных стандартов. Дана характеристика систем сертификации по экологическим стандартам MSC и сертификации BRC по безопасности пищевых продуктов.

Ключевые слова: безопасность, рыбная продукции, декларирование, сертификация.

Yarkina N.N., Yakubova E.S.

DECLARATION AND CERTIFICATION OF FISH PRODUCTS AS A SAFETY TOOLS

Abstract. The subject of the study is such safety tools as declaration and certification of fish products. The purpose of the work is to study and characterize their specifics in the context of ensuring security for consumers and businesses. The research is based on empirical and theoretical methods of scientific cognition, including the study and generalization of various primary sources, problem formulation, analysis, synthesis, specification, etc. The directions of modern research on the safety of fish products are considered. It is emphasized that the issues of declaration and certification of fish products as tools to ensure the economic security of the fishing business in the domestic scientific field were practically not considered. It is noted that the declaration and certification of fish products is based on a system of technical regulations and international and national standards in the field of quality management and food safety. The characteristics of internationally recognized certification systems in the field of food products such as MSC environmental standards certification and BRC certification for food safety are given.

Keywords: safety, fish products, declaration, certification.

Введение. Безопасность – это и состояние обоснованной уверенности в избежании всевозможных угроз и нейтрализации различных рисков, и факт наличия защитных механизмов от них, и способность быть обеспеченным соответствующими средствами. Данное понятие имеет широкий спектр содержательных трактований в зависимости от имен прилагательных и смысловых сочетаний, элементом которых является слово «безопасность», в частности, «безопасность продукции» в контексте ее качества и «экономическая безопасность», как одна из ключевых характеристик бизнеса, административно-территориальной единицы любого уровня государственного деления, страны в целом. При этом «безопасность продукции» одновременно рассматривается и как непосредственная характеристика продукции (показатель ее качества), ориентированная на потребителя, и как опосредованная характеристика ее продуцента.

С позиций потребителя особое внимание уделяется безопасности пищевой продукции, включая пищевую рыбную продукцию, основу которой составляют водные животные (рыба, моллюски, ракообразные и другие морские и пресноводные виды, выловленные

рыбодобывающими судами, а также культивируемые сельскохозяйственными методами). Следует отметить, что однозначного подхода к определению понятия «рыбная продукция» нет [1] и, кроме того, его трактуют как в узком, так и широком смысле.

Обеспечение безопасности рыбной продукции является одновременно и обязанностью, и первостепенной задачей, в решение которой вовлечены не только ее производители (в первую очередь), логистические посредники, дистрибьютеры и ритейлеры, но и государство, берущее на себя функции нормативного регулирования и контроля безопасности пищевой продукции, разработки действенного инструментария ее гарантий.

Цель исследования состоит в изучении и характеристике специфики декларирования и сертификации рыбной продукции в контексте обеспечения безопасности для потребителей и бизнеса.

Материалы и методы исследования. В основу исследования легли научные публикации по проблеме безопасности рыбной продукции, международные и национальные нормативно-законодательные акты (регламенты и стандарты) в области безопасности пищевых продуктов и менеджмента их качества, а также имеющиеся практики сертификации рыбной продукции.

Анализ научно-практических публикаций, касающихся проблем безопасности в сфере рыбохозяйственной деятельности и, в частности, рыбопродукции, напрямую и опосредовано, показал, что соответствующие исследования в основном велись по таким направлениям как:

– продовольственная безопасность рыбной продукции, включая ее гигиенические и микробиологические характеристики [2-5];

– обеспечение безопасности рыбной продукции посредством современных методов контроля качества и безопасности рыбной продукции [6], а также через систему технических регламентов, нацеленных на обеспечение безопасности пищевой и рыбной продукции, и стандартизированных систем управления качеством пищевой продукцией, в том числе на принципах ХАССП [7-11];

– предприятия рыбохозяйственного комплекса как субъекты обеспечения продовольственной безопасности на региональном и национальном уровнях [12, 13];

– обеспечение экономической безопасности рыбохозяйственных предприятий [14-16].

Следует отметить, что вопросы декларирования и сертификации рыбной продукции как инструментов обеспечения экономической безопасности рыбохозяйственного бизнеса в отечественном научном поле практически не рассматривались.

В составе международных и национальных нормативно-правовых актов и других регламентирующих документов в области обеспечения безопасности и управления качеством пищевой, в том числе рыбной, продукции необходимо выделить следующие:

– Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» [17], Технические регламенты Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции», «Пищевая продукция в части ее маркировки» и «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» [18-20];

– серию международных стандартов ISO 22000 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции», включая Международный стандарт ISO 22000:2018 «Система менеджмента пищевой безопасности. Требования к любой организации, участвующей в цепи создания пищевой продукции» [21];

– группу национальных стандартов (ГОСТ Р) относительно отдельных аспектов системы менеджмента качества [22-24];

– национальный стандарт ГОСТ Р 51705.1-2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования» [25].

Именно наличие соответствующих регламентов и стандартов предопределяет возможность декларации и сертификации рыбной продукции, т.е. удостоверения гарантии ее качества и продовольственной безопасности.

Проводимое исследование опиралось на систему эмпирических и теоретических методов

научного познания, включая изучение и обобщение различных первоисточников, постановку проблемы, анализ, синтез, конкретизацию, систематизацию и другие.

Результаты исследования и их обсуждение

Реализация функций управления качеством продукции, включая обеспечение ее безопасности, опирается на систему технической и нормативной документации по обеспечению качества продукции, основу которой составляют технические регламенты и стандарты. Согласно ФЗ РФ «О техническом регулировании» [26], обязательные требования к продукции и процессам ее производства устанавливаются исключительно в форме технических регламентов, имеющих статус Федеральных законов.

Техническим регламентом, определяющим требования относительно качества продукции из водных биоресурсов в Российской Федерации, является технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016) [17], устанавливающий обязательные для применения и исполнения на территории Евразийского экономического союза требования безопасности пищевой рыбной продукции, выпускаемой в обращение на территории Союза, и связанные с ними требования к процессам производства, хранения, перевозки, реализации и утилизации, а также требования к маркировке и упаковке пищевой рыбной продукции для обеспечения ее свободного перемещения. В перечень международных и региональных (межгосударственных) стандартов, а в случае их отсутствия национальных (государственных) стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение его требований, входит 139 наименований документов по стандартизации.

Документом, удостоверяющим соответствие рыбной продукции в части ее потребительской безопасности регламентам ЕАЭС (ТР ЕАЭС 040/2016 [17], ТР ТС 021/2011 [18], ТР ТС 022/2011 [19], ТР ТС 029/2012 [20]), требования которых распространяются на все виды обработанной рыбы, в том числе соленой, копченой, маринованной или вяленной рыбной продукции, рыбных консервов, пресервов, паштетов, фарша, других полуфабрикатов и готовых кулинарных изделий, а также на другие продукты из водных биоресурсов, включая морские водоросли, а также рыбий жир, является декларация соответствия (декларация о соответствии). Декларирование на предмет соответствия продукции, указанной в одном из технических регламентов, позволяет производителям и импортерам продавать ее с маркировкой «ЕАС» (рис. 1).

Декларация о соответствии и ЕАС-маркировка на этикетке или упаковке продукции обязательны для всех пищевых товаров. Они открывают официальный доступ рыбной продукции на рынки стран-членов Евразийского экономического союза и обеспечивают ее конкурентоспособность по критерию качества и безопасности. Отсутствие декларации о соответствии квалифицируется как административное нарушение и могут стать причиной наложения штрафных санкций, конфискации продукции (товара) или временной остановки производства, что, в свою очередь, ведет к подрыву экономической безопасности соответствующего производственного или посреднического (в частности, торгового) предприятия, задействованного к цепочке продвижения рыбной продукции от ее производителя к потребителю.

Несмотря на то, что декларация соответствия является обязательной, ее оформление по утвержденным стандартам не требует особого бланка, и за содержащиеся в ней данные ответственность несет заявитель (производитель, поставщик (импортер)), в отличие от сертификата соответствия, выдаваемого соответствующим аккредитованным органом на бланке строгой формы, принимающим на себя ответственность за удостоверяемую им информацию.

Сертификат соответствия – это «документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, документам по стандартизации или условиям договоров» [26]. Он удостоверяет качество фактически поставленного на рынок товара.

Субъекты рыбохозяйственной деятельности после получения декларации о соответствии для своей продукции могут ее дополнительно добровольно сертифицировать как в России, так

и за рубежом. Наличие добровольного сертификата открывает ряд преимуществ и возможностей для развития бизнеса (рис. 2).

Рисунок 1 – Маркировка пищевой продукции, свидетельствующая о ее безопасности

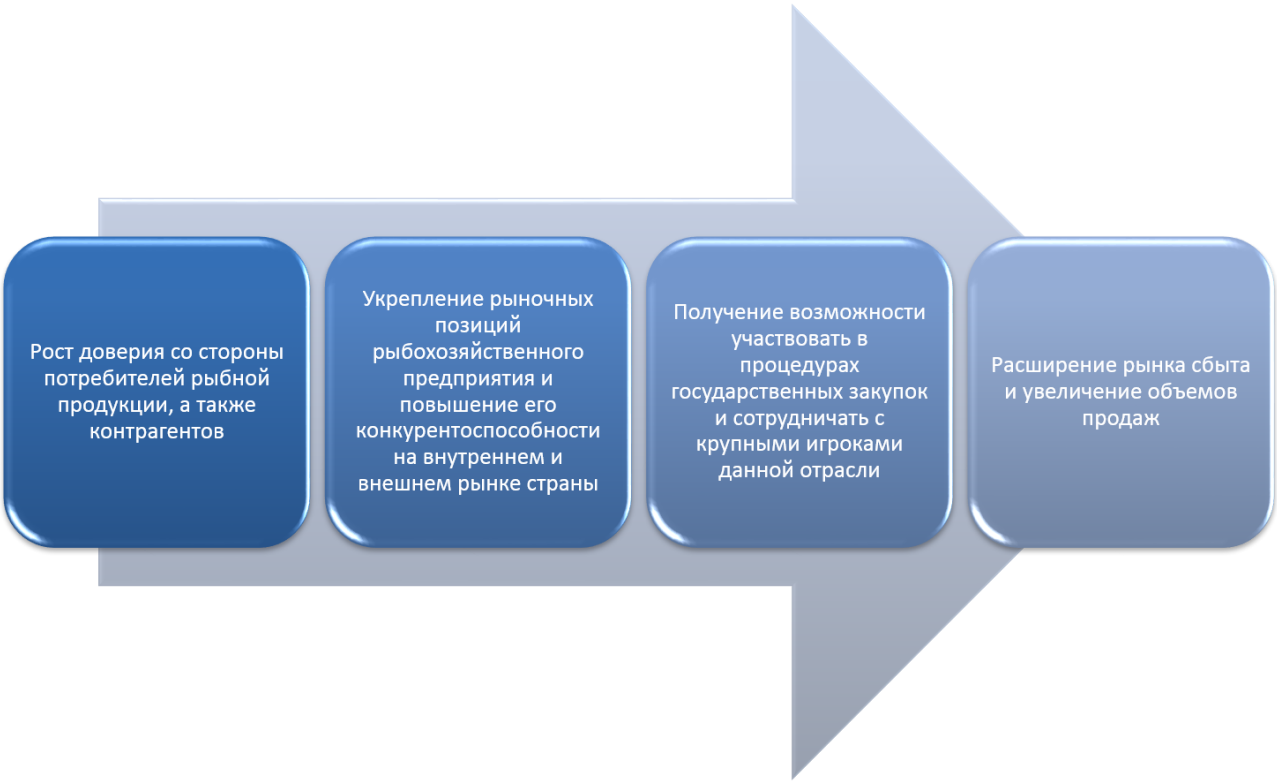


Рисунок 2 – Цепочка дополнительных преимуществ и возможностей, обеспечиваемых добровольной сертификацией рыбной продукции

Одной из наиболее распространенных систем сертификации в Российской Федерации является процедура подтверждения соответствия национальным стандартам ГОСТ Р, ориентированная на внутренний российский рынок. Декларации соответствия и сертификат соответствия требованиям ТР ЕАЭС 040/2016 действуют на таможенной территории Евразийского экономического союза. Вместе с тем, российский рыбохозяйственный бизнес является активным участником мирового рынка рыбной продукции и его конкурентоспособность за пределами Евразийского экономического союза обеспечивается сертификатами соответствия международного образца, подтверждающими соответствия оцениваемых объектов требованиям, установленным международными стандартами.

В число международно признанных систем сертификации в области пищевых продуктов, включая продукцию из водных биоресурсов, входят сертификация по экологическим стандартам MSC [27], сертификация BRC по безопасности пищевых продуктов [28] и др.

Сертификат Морского попечительского совета (Marine Stewardship Council, MSC) подтверждает соответствие производства продукции из водных биоресурсов целям устойчивого развития и экологичность промысла. Сертификация по экологическим стандартам MSC удостоверяет, что деятельность рыбодобывающего предприятия является экологически грамотной и хорошо управляется. Сертификат MSC дает конкурентные преимущества на рынке, стимулируя тем самым другие компании вести экологически ответственный промысел.

Сертификат Британского консорциума предприятий розничной торговли BRC (British Retail Consortium) подтверждает соответствие пищевых продуктов требованиям Единого стандарта BRC «Пищевая безопасность» (BRC Global Standard «Food Safety»), предназначенного для удостоверения продовольственной безопасности всех типов пищевой продукции. Сертификация на соответствие данному стандарту помогает производителям и продавцам соответствовать лучшим мировым практикам в области обеспечения отличного качества рыбной продукции, гарантируя ее безопасность для потребителей. Основополагающим первостепенным требованием к производителям продуктов питания в этом стандарте является принятие и внедрение на предприятии системы ХАССП (англ. HACCP «Hazard Analysis and Critical Control Point» в переводе «Анализ рисков и критических контрольных точек»), которая ориентирует руководство и персонал предприятия на системное определение и выполнение предупреждающих соответствующие риски мероприятий с соблюдением высоких стандартов гигиены. Система ХАССП одобрена Продовольственной и сельскохозяйственной организаций Объединенных Наций (ФАО), Всемирной организацией здравоохранения «ВОЗ), Комиссией «Кодекс Алиментариус», Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США, Европейским союзом.

Международная сертификация BRC – это одна из самых распространенных на российском и международном рынке систем сертификации, а ее сертификат является гарантией того, что предприятие и его продукция отвечает нормам безопасности.

Выводы. Декларирование и сертификация рыбной продукции являются действенными инструментами управления качеством, обеспечивающими объективную оценку качества продукции, т.е. соответствия фактических характеристик установленным, и гарантирующими ее безопасность для потребителя. Они способствуют повышению конкурентоспособности продукции и экономической безопасности рыбохозяйственных предприятий, предоставляют потребителю подтверждение пищевой пригодности рыбной продукции и ее соответствие другим актуальным критериям, обеспечивают контроль за соответствием требованиям продовольственной безопасности и экологической чистоты, т.е. безопасности для окружающего Мира. Сертификация рыбной продукции на предмет соответствия национальным стандартам (ГОСТ Р), межгосударственным регламентам (ТР ЕАЭС 040/2016) и стандартам (ГОСТ), международным стандартам (стандарты серии ISO, экологический стандарт MSC, Единый стандарт BRC «Пищевая безопасность» и др.) опосредованно, через потребительскую безопасность и ее гарантии, влияет на продовольственную безопасность страны, ее конкурентоспособность в обусловленном сегменте внутреннего и мирового рынка,

на национальную экономическую безопасность.

Список использованной литературы:

1. *Бекешева А.А., Якубова О.С.* Проблемы терминологии и классификации рыбной продукции в национальных и международных классификационных системах // Вестник Астраханского государственного технического университета. Рыбное хозяйство. 2020. № 3. С. 152–160. DOI: 10.24143/2073-5529-2020-3-152-160. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-terminologii-i-klassifikatsii-rybnoy-produktsii-v-natsionalnyh-i-mezhdunarodnyh-klassifikatsionnyh-sistemah (дата обращения: 11.04.2023).
2. *Бессонов В.И.* Продовольственная безопасность мясной и рыбной продукции // Современные проблемы ветеринарной практики в АПК: труды Всероссийской научно-практической Интернет-конференции практикующих специалистов. Ставрополь: Издательство «АГРУС», 2016. С. 193-197. EDN WJEKFT. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=26558027&pff=1 (дата обращения: 11.04.2023).
3. *Болдырев Д.А.* Исследование микробиологической безопасности рыбной продукции // Мичуринский агрономический вестник. 2018. № 1. С. 80-84. EDN VSEKEM. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=45559824 (дата обращения: 11.04.2023).
4. *Клименова Н.А.* Анализ потребления рыбной продукции и оценка ее микробиологической безопасности // Cognitio Rerum. 2021. № 5. С. 60-63. EDN YSAVWS. URL: https://sciartel.ru/arhiv-journal/CR-2021-05.pdf (дата обращения: 11.04.2023).
5. *Ларцева Л.В., Обухова О.В.* Гигиенические аспекты биологической безопасности рыбной продукции // Современные исследования в науках о Земле: ретроспектива, актуальные тренды и перспективы внедрения: материалы Международной научно-практической конференции. Астрахань, 2019. С. 173-178. EDN ZBDGOD. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=37193566 (дата обращения: 11.04.2023).
6. *Туватова В.Е.* Контроль качества и безопасности продукции из рыбного сырья // Инновационная наука. 2016. № 6-2. С. 153-155. EDN WCFMJJ. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=26240046 (дата обращения: 11.04.2023).
7. *Абрамова Л.С., Сергеева С.Е.* Безопасность рыбной продукции. Актуальные вопросы // Контроль качества продукции. 2018. № 6. С. 10-12. EDN XOTBKX. URL: https://ria-stk.ru/mos/adetail.php?ID=169155 (дата обращения: 11.04.2023).
8. *Сытова М.В.* Концептуальный подход к обеспечению безопасности и качества рыбной продукции (на примере осетровых рыб) // Труды ВНИРО. 2019. Т. 176. С. 51-60. EDN NFTGGY. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=41310424 (дата обращения: 11.04.2023).
9. *Федотова М.В.* Системы менеджмента качества как один из инструментов в решении проблем качества и безопасности пищевой рыбной продукции // Известия высших учебных заведений. Арктический регион. 2017. № 1. С. 97-101. EDN UYHXOC. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_35533413_12814919.pdf (дата обращения: 11.04.2023).
10. *Коник Н.В., Шутова О.А.* Обеспечение качества и безопасности рыбной продукции в рамках системы НАССР // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: материалы III национальной научно-практической конференции. Казань: Амирит, 2018. С. 173-178. EDN XALLAM. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=39541636&pff=1 (дата обращения: 11.04.2023).
11. *Соловьева С.А., Игонина И.Н., Дяченко М.М.* Российский подход к обеспечению безопасности пищевой рыбной продукции // Стандарты и качество. 2023. № 6. С. 100-103. DOI: 10.35400/0038-9692-2023-6-229-22. EDN EJGLNU. URL: https://ria-stk.ru/stq/adetail.php?ID=220834 (дата обращения: 11.04.2023).
12. *Мнацаканян А.Г., Побегайло М.Г.* Развитие рыбного хозяйства Калининградского региона в аспекте обеспечения продовольственной безопасности // Балтийский экономический журнал. 2022. № 3(39). С. 31-42. DOI 10.46845/2073-3364-2022-0-3-31-42. EDN IBNCQC. URL: https://klgtu.ru/upload/bezh/bzh_3_39_2022.pdf (дата обращения: 11.04.2023).

13. *Мухамедова Т.О., Чепик Д.А.* Роль рыбной продукции в обеспечении продовольственной безопасности России // АПК: экономика, управление. 2017. № 2. С. 57-61. EDN VJCBOI. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=28184209 (дата обращения: 11.04.2023).
14. *Алексахина Л.В., Алексахина Е.А.* Концептуальная модель системы обеспечения экономической безопасности предприятия рыбной отрасли // ФГУ Science. 2021. № 4(24). С. 5-12. DOI: 10.36684/37-2021-24-4-5-15. EDN KGMNVX. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=47811532 (дата обращения: 11.04.2023).
15. *Сушко Н.А.* Разработка механизма обеспечения экономической безопасности рыбохозяйственного предприятия // Вестник КГМТУ. 2021. № 2. С. 322-332. DOI: 10.47404/2619-0605_2021_2_322. EDN APTRBY. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=46227073 (дата обращения: 11.04.2023).
16. *Ушаков В.В.* Стратегическое планирование рыбного хозяйства в системе обеспечения его экономической безопасности // Морские технологии: проблемы и решения – 2021: сборник статей участников Национальной научно-практической конференции. Керчь, 2021. С. 199-203. EDN EPDFYG. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=46229490 (дата обращения: 11.04.2023).
17. ТР ЕАЭС 040/2016. Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции». 2016. № 162. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_214329/251aa1a73683e12123ca317d4f7e848e43c5738b/ (дата обращения: 18.04.2023).
18. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». 2011. № 880. URL: https://docs.cntd.ru/document/902320560 (дата обращения: 18.04.2023).
19. ТР ТС 022/2011. Технический регламент Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки». 2011. № 881. URL: https://docs.cntd.ru/document/902320347 (дата обращения: 18.04.2023).
20. ТР ТС 029/2012. Технический регламент Таможенного союза «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств». 2012. № 58. URL: https://docs.cntd.ru/document/902359401 (дата обращения: 18.04.2023).
21. ISO 22000:2018. Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain. URL: https://www.iso.org/standard/65464.html (дата обращения: 27.04.2023).
22. ГОСТ ISO 9000-2011. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. 2011. № 1574-ст. URL: http://base.garant.ru/70304638/ (дата обращения: 27.04.2023).
23. ГОСТ Р 9001:2015. Системы менеджмента качества. Требования. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200124394 (дата обращения: 27.04.2023).
24. ГОСТ Р 9004:2019. Менеджмент качества. Качество организации. Руководство по достижению устойчивого успеха организации. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200167117 (дата обращения: 27.04.2023).
25. ГОСТ Р 51705.1-2001. Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования. 2001. № 31-ст. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200007424 (дата обращения: 27.04.2023).
26. «О техническом регулировании»: федеральный закон Российской Федерации № 184-ФЗ от 27.12.2002 г. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/ (дата обращения: 27.04.2023).
27. Marine Stewardship Council (MSC) Certification. URL: https://www.scsglobalservices.com/services/marine-stewardship-council-msc-certification (дата обращения: 03.05.2023).
28. BRCGS Food Safety Certificatio. URL: https://www.scsglobalservices.com/services/brcgs-food-safety-certification (дата обращения: 03.05.2023).

References:

1. Bekesheva A.A., Yakubova O.S. Problemy terminologii i klassifikacii rybnoj produkcii v nacional'nyh i mezhdunarodnyh klassifikacionnyh sistemah [Problems of terminology and classification of fish products in national and international classification systems] *Vestnik Astraxanskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. Seriya: Ry`bnoe xozyajstvo* [Vestnik of Astrakhan State Technical University. Fishing Industry], 2020, no. 3, pp. 152-160. (In Russian). DOI: 10.24143/2073-5529-2020-3-152-160. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-terminologii-i-klassifikatsii-rybnoy-produktsii-v-natsionalnyh-i-mezhdunarodnyh-klassifikatsionnyh-sistemah (accessed 11.04.2023).
2. Bessonov V.I. Prodovol`stvennaya bezopasnost` myasnoj i ry`bnoj produkcii [Food safety of meat and fish products]. *Trudy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy Internet-konferentsii praktikuyushchikh spetsialistov "Sovremenny`e problemy` veterinarnoj praktiki v APK»* [Proceedings of the All-Russian scientific and practical Internet conference of practitioners “Modern Problems of Veterinary Practice in Agriculture”]. Stavropol, "AGRUS", Publ., 2016, pp. 193-197. (In Russian). EDN WJEKFT. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=26558027&pff=1 (accessed 11.04.2023).
3. Boldyrev D.A. Issledovanie mikrobiologicheskoj bezopasnosti ry`bnoj produkcii [Investigation of microbiological safety of fish products] *Michurinskij agronomicheskij vestnik* [Michurinsky Agronomic Bulletin], 2018, no. 1, pp. 80-84. (In Russian). EDN VSEKEM. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=45559824 (accessed 11.04.2023).
4. Klimenova N.A. Analiz potrebleniya ry`bnoj produkcii i ocenka ee mikrobiologicheskoj bezopasnosti [Analysis of consumption of fish products and assessment of its microbiological safety]. *Cognitio Rerum*, 2021, no. 5, pp. 60-63. (In Russian). EDN YSAVWS. Available at: https:// sciartel.ru/arhiv-journal/CR-2021-05.pdf (accessed 11.04.2023).
5. Lartseva L.V., Obukhova O.V. Gigienicheskie aspekty` biologicheskoj bezopasnosti ry`bnoj produkcii [Hygienic aspects of biological safety of fish products]. *Materialy` Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Sovremenny`e issledovaniya v naukax o Zemle: retrospektiva, aktual`ny`e trendy` i perspektivy` vnedreniya»* [Materials of the International Scientific and Practical Conference “Modern Research in Earth Sciences: a Retrospective, Current Trends and Prospects for Implementation”]. Astrakhan, 2019, pp. 173-178. (In Russian). EDN ZBDGOD. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=37193566 (accessed 11.04.2023).
6. Tuvatova V.E. Kontrol` kachestva i bezopasnosti produkcii iz ry`bnogo sy`r`ya [Quality and safety control of fish products]. *Innovacionnaya nauka* [Innovative Science], 2016, no. 6-2. pp. 153-155. (In Russian). EDN WCFMJJ. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=26240046 (accessed 11.04.2023).
7. Abramova L.S., Sergeeva S.E. Bezopasnost` ry`bnoj produkcii. Aktual`ny`e voprosy [Safety of fish products. Current issues]. *Kontrol` kachestva produkcii`* [Product Quality Control], 2018, no. 6, pp. 10-12. (In Russian). EDN XOTBKX. Available at: https://ria-stk.ru/mos/adetail.php?ID=169155 (accessed 11.04.2023).
8. Sytova M.V Konceptual`ny`j podxod k obespecheniyu bezopasnosti i kachestva ry`bnoj produkcii (na primere osetrovy`x ry`b) [Conceptual approach to ensuring the safety and quality of fish products (using the example of sturgeon fish)]. *Trudy` VNIRO* [Trudy VNIRO], 2019, vol. 176, pp. 51-60. (In Russian). EDN NFTGGY. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=41310424 (accessed 11.04.2023).
9. Fedotova M.V. Sistemy` menedzhmenta kachestva kak odin iz instrumentov v reshenii problem kachestva i bezopasnosti pishhevoj ry`bnoj produkcii [Quality management systems as one of the tools in solving problems of quality and safety of fish food products]. *Izvestiya vy`sshix uchebny`x zavedenij. Arkticheskij region* [News of Higher Educational Institutions. The Arctic Region], 2017, no. 1, pp. 97-101. (In Russian). EDN UYHXOC. Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_35533413_12814919.pdf (accessed 11.04.2023).

10. Konik N.V., Shutova O.A. Obespechenie kachestva i bezopasnosti ry`bnoj produkcii v ramkax sistemy` HACCP [Ensuring the quality and safety of fish products within the framework of the HACCP system]. *Materialy` 3 nacional`noj nauchno-prakticheskoj konferencii «Sostoyanie i puti razvitiya akvakul`tury` v Rossijskoj Federacii v svete importozameshheniya i obespecheniya prodovol`stvennoj bezopasnosti strany`»* [Materials of the 3th National Scientific and Practical Conference "The State and Ways of Aquaculture Development in the Russian Federation in the Light of Import Substitution and Ensuring Food Security of the Country"]. Kazan, Amirit Publ., 2018, pp. 173-178. (In Russian). EDN XALLAM. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=39541636&pff=1 (accessed 11.04.2023).
11. Solovyova S.A., Igonina I.N., Dyachenko M.M. Rossijskij podxod k obespecheniyu bezopasnosti pishhevoj ry`bnoj produkcii [The Russian approach to ensuring the safety of fish food products] *Standarty` i kachestvo* [Standards and Quality], 2023, no. 6, pp. 100-103. (In Russian). DOI: 10.35400/0038-9692-2023-6-229-22. EDN EJGLNU. Available at: https://ria-stk.ru/stq/adetail.php?ID=220834 (accessed 11.04.2023).
12. Mnatsakanyan A.G., Pobegailo M.G. Razvitie ry`bnogo xozyajstva Kaliningradskogo regiona v aspekte obespecheniya prodovol`stvennoj bezopasnosti [The development of fisheries in the Kaliningrad region in the aspect of ensuring food security]. *Baltijskij e`konomicheskij zhurnal* [Baltic Economic Journal], 2022, no. 3(39), pp. 31-42. (In Russian). DOI: 10.46845/2073-3364-2022-0-3-31-42. EDN IBNCQC. Available at: https://klgtu.ru/upload/bezh/bzh_3_39_2022.pdf (accessed 11.04.2023).
13. Mukhamedova T.O., Chepik D.A. Rol` ry`bnoj produkcii v obespechenii prodovol`stvennoj bezopasnosti Rossii [The role of fish products in ensuring Russia's food security]. *APK: e`konomika, upravlenie* [AIC: Economics, Management], 2017, no. 2, pp. 57-61. (In Russian). EDN VJCBOI. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=28184209 (accessed 11.04.2023).
14. Aleksakhina L.V., Aleksakhina E.A. Konceptual`naya model` sistemy` obespecheniya e`konomicheskoj bezopasnosti predpriyatiya ry`bnoj otrasli [Conceptual model of the economic security system of the fishing industry enterprise]. *FGU Science* [FGU Science], 2021, no. 4(24), pp. 5-12. (In Russian). DOI: 10.36684/37-2021-24-4-5-15. EDN KGMNVX. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=47811532 (accessed 11.04.2023).
15. Sushko N.A. Razrabotka mexanizma obespecheniya e`konomicheskoj bezopasnosti ry`boxozyajstvennogo predpriyatiya [Development of a mechanism for ensuring the economic security of a fishing enterprise]. *Vestnik KGMTU* [Bulletin of KSMTU], 2021, no. 2, pp. 322-332. (In Russian). DOI: 10.47404/2619-0605_2021_2_322. EDN APTRBY. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=46227073 (accessed 11.04.2023).
16. Ushakov V.V. Strategicheskoe planirovanie ry`bnogo xozyajstva v sisteme obespecheniya ego e`konomicheskoj bezopasnosti [Strategic planning of fisheries in the system of ensuring its economic security]. *Sbornik statej uchastnikov Nacional`noj nauchno-prakticheskoj konferencii «Morskie texnologii: problemy` i resheniya – 2021»* [Collection of articles by participants of the National Scientific and Practical Conference "Marine Technologies: Problems and Solutions – 2021"]. Kerch, 2021, pp. 199-203. (In Russian). EDN EPDFYG. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=46229490 (accessed 11.04.2023).
17. *TR EAE`S 040/2016. Texnicheskij reglament Evrazijskogo e`konomicheskogo soyuza «O bezopasnosti ry`by` i ry`bnoj produkcii»*. [EAEU TR 040/2016. Technical Regulations of the Eurasian Economic Union "On the safety of fish and fish products"], 2016, no. 162. (In Russian). Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_214329/251aa1a73683e12123ca317d4f7e848e43c5738b/ (accessed 18.04.2023).
18. *TR TS 021/2011. Texnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti pishhevoj produkcii»* [TR CU 021/2011. Technical Regulations of the Customs Union "On Food Safety"]. 2011. no. 880. (In Russian). Available at: https://docs.cntd.ru/document/902320560 (accessed 18.04.2023).

19. *TR TS 022/2011. Texnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza «Pishhevaya produkciya v chasti ee markirovki»* [TR CU 022/2011. Technical Regulations of the Customs Union "Food products in terms of their labeling"], 2011, no. 881. (In Russian). Available at: https://docs.cntd.ru/document/902320347 (accessed 18.04.2023).
20. *TR TS 029/2012. Texnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza «Trebovaniya bezopasnosti pishhevy`x dobavok, aromatizatorov i texnologicheskix vspomogatel`ny`x sredstv»* [TR CU 029/2012. Technical Regulations of the Customs Union "Safety Requirements for food additives, flavorings and technological aids"], 2012, no. 58. (In Russian). Available at: https://docs.cntd.ru/document/902359401 (accessed 18.04.2023).
21. ISO 22000:2018. Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain. (In English). Available at: https://www.iso.org/standard/65464.html (accessed 27.04.2023).
22. *GOST ISO 9000-2011. Sistemy` menedzhmenta kachestva. Osnovny`e polozheniya i slovar`* [State Standard ISO 9000-2011. Quality management systems. Basic provisions and vocabulary]. 2011 no. 1574-art]. (In Russian). Available at: http://base.garant.ru/70304638/ (accessed 27.04.2023).
23. *GOST R 9001:2015. Sistemy` menedzhmenta kachestva. Trebovaniya* [State Standard R 9001:2015. Quality management systems. Requirements]. (In Russian). Available at: https://docs.cntd.ru/document/1200124394 (accessed 27.04.2023).
24. *GOST R 9004:2019. Menedzhment kachestva. Kachestvo organizacii. Rukovodstvo po dostizheniyu ustojchivogo uspexa organizacii* [State Standard R 9004:2019. Quality management. The quality of the organization. A guide to achieving the sustainable success of an organization]. (In Russian). Available at: https://docs.cntd.ru/document/1200167117 (accessed 27.04.2023).
25. *GOST R 51705.1-2001 Sistemy` kachestva. Upravlenie kachestvom pishhevy`x produktov na osnove principov HASSP. Obshhie trebovaniya* [State Standard R 51705.1-2001. Quality systems. Food quality management based on HACCP principles. General requirements], 2001, no. 31-art]. (In Russian). Available at: https://docs.cntd.ru/document/1200007424 (accessed 27.04.2023).
26. Russian Federation. The Federal Law of the Russian Federation № 184-FZ of December 27, 2002, *«O texnicheskom regulirovanii»* ["On Technical Regulation"]. (In Russian). Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241 (accessed 27.04.2023).
27. Marine Stewardship Council (MSC) Certification. (In English). Available at: https://www.scsglobalservices.com/services/marine-stewardship-council-msc-certification (accessed 03.05.2023).
28. BRCGS Food Safety Certificatio. (In English). Available at: https://www.scsglobalservices.com/services/brcgs-food-safety-certification (accessed 03.05.2023).

Сведения об авторах / Information about authors

Яркина Наталья Николаевна
д-р экон. наук, профессор кафедры экономики и гуманитарных дисциплин
Керченский государственный морской технологический университет
298306, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
nata-yarkina@yandex.ru

Yarkina Natalya Nikolaevna
Dr. Sci. (Econ.), Professor at the Department of Economics and Humanities
Kerch State Maritime Technological University
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
nata-yarkina@yandex.ru

Якубова
Эльмаз Серановна
студент 3-го курса направления подготовки «Экономика»
Керченский государственный морской технологический университет
298306, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
elza.yaa8@gmail.com

Yakubova
Elmaz Seranovna
student of the 3rd year of the training direction "Economics"
Kerch State Maritime Technological University
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
elza.yaa8@gmail.com

УДК 629.5 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.023**

Иванова О.А., Кузьмина А.В., Родькина А.В.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЭЛЕМЕНТОВ НАБОРА КОРПУСА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОНСТРУКЦИИ КОРПУСА СУДНА

Аннотация. В статье рассмотрены требования Правил Российского морского регистра судоходства к проектированию металлоконструкций морских судов и морских буровых платформ, требования к выбору конструктивного типа и системы набора основных несущих перекрытий, определены расчетные нагрузки, нагрузки на корпус от перевозимого груза и балласта, момент сопротивления поперечного сечения балок главного направления и рамных. Авторами статьи выполнен анализ различных методов многокритериальных оценок. Для структуризации комплексной задачи обоснования выбора элементов набора корпуса при проектировании корпусных конструкций судов и морских буровых платформ предлагается использование метода анализа иерархий. На основании данного метода были разработаны матрицы попарных сравнений критериев, даны численные оценки предпочтений критериев, выполнен сравнительный анализ альтернатив для балок главного направления и рамных балок, в результате чего были определены оптимальные типы элементов набора корпуса, максимально удовлетворяющие критериям выбора и требованиям нормативных документов при проектировании конструкций корпуса судна и морских технических сооружений. Рассмотрена перспектива дальнейших исследований.
Ключевые слова: анализ, критерии, судно, иерархическая модель, матрица, численные оценки.

Ivanova O.A., Kuzmina A.V., Rodkina A.V.

JUSTIFICATION OF THE ELEMENTS CHOICE OF THE HULL SET WHEN DESIGNING OF THE SHIP'S HULL STRUCTURE

Abstract. The article considers the requirements of the Rules of the Russian Maritime Register of Shipping for the design of sea vessels and offshore drilling platforms metal structures, the requirements for choosing a structural type and a system for a set of main load-bearing floors, determined the design loads, loads on the hull from the transported cargo and ballast, the moment of section modulus of the main beams direction and frame. The authors of the article performed an analysis of various multi-criteria assessments methods. The hierarchy analysis method is proposed to use in the design of ship hull structures and offshore drilling platforms to structure the complex problem of substantiating the choice of hull elements. Based on this method, matrices of pairwise comparisons of criteria were developed, numerical estimates of criteria preferences were given, a comparative analysis of alternatives for main beams and frame beams was performed, as a result of which the optimal types of the hull set elements were determined that best meet the selection criteria and requirements of regulatory documents in the design ship hull structures and offshore technical structures. The prospect of further research is considered.
Keywords: analysis, criteria, ship, hierarchical model, matrix, numerical estimates.

Введение. План развития Северного морского пути (СМП) на период до 2035 г. включает ряд вопросов о модернизации и создании новой транспортной инфраструктуры, строительства флота, организации провоза грузов. К ключевым задачам плана развития СМП относятся мероприятия по увеличению экспортной грузовой базы, каботажных и транзитных перевозок, развитие перспективной грузовой базы. Для решения поставленных задач по развитию СМП были запланированы мероприятия по модернизации и строительству портовой инфраструктуры и подходов, железнодорожных и речных транспортных коридоров, дноуглублению в акватории СМП. В план развития СМП входит: строительство 12 портовых терминалов, модернизация двух существующих [1].

Один из разделов плана направлен на развитие арктического грузового и ледокольного флотов, создание и развитие арктических судостроительных и судоремонтных мощностей, предполагается строительство 153 судов, включая 12 ледоколов и 46 судов аварийно-спасательного флота [1]. Создание и развитие морской газодобывающей отрасли РФ в условиях санкционной политики является перспективной и важной отраслью, обеспечивающей повышение социально-экономического уровня РФ, что будет способствовать развитию всех задействованных отраслей отечественной промышленности. Санкционные ограничения, действующие в отношении России, обосновывают необходимость обеспечения топливно-энергетического комплекса техникой и технологиями отечественного производства [2]. Рынки судостроения характеризуются постепенным технологическим изменением, которое приводит к вытеснению одних компаний другими, сжатию «старых» и развитию «новых» рынков, к конкурентоспособности.

Возможными вариантами развития для обеспечения конкурентоспособности, а также сохранения и развития производственного и технологического потенциала могут стать следующие два направления развития:

1) Преодоление барьеров в сфере проектирования.

Стратегия оживления и выход в новую технологическую компетенцию происходит за счет поэтапного преодоления отставания в области технологий, привлечения и развития собственной инновационной и внедренческой базы, трансфера и конверсии технологий, а также поэтапного обновления инженерных кадров.

2) Преодоление барьеров в области сборки и производства, а также технологических барьеров.

Учитывая вышеизложенное и тот факт, что Россия неуклонно увеличивает рост добычи нефти и газа на континентальном шельфе, и это требует создания специальных морских технических сооружений, а также то, что Россия имеет широко развитую транспортную систему со сложной структурой, включая морскую и речную подсистемы, все это обосновывает необходимость развития судостроения и судоремонта, и, следовательно, подтверждает актуальность поставленной цели исследования.

Целью исследования является обоснование выбора элементов набора корпуса при проектировании конструкций корпуса судна и морских технических сооружений.

Материалы и методы исследования

Категории стали корпусных металлоконструкций выбираются в соответствии с принятыми в судостроении нормами, в зависимости от степени ответственности и расчетной температуры конструкции.

В настоящее время весь стальной прокат для изготовления морских технических сооружений и судов поставляется предприятиями России, поэтому выбор категорий стали должен производиться в соответствии с требованиями «Правил классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ» и «Правил Классификации и постройки морских судов» Российского морского регистра судоходства. Определение типов нагрузок и условий нагружения производится в соответствии с частью II «Корпус» указанных Правил [3, 4].

Проектирование металлоконструкций морских судов и морских буровых платформ должно выполняется в соответствии с требованиями [5] с учетом обеспечения:

- работоспособности и долговечности конструкции во всех расчетных режимах в течение заданного срока службы при выбранных материалах;
- технологичности изготовления, возможности проведения основного объема сборочно-сварочных и монтажных работ в заводских условиях;
- максимальной степени унификации технических решений, гарантирующих высокий уровень качества и оптимальную трудоемкость изготовления корпусных конструкций;
- размещения необходимого оборудования;
- минимальной массы.

Пространственная жесткость и общая устойчивость конструкций судов и буровых

платформ должна обеспечиваться совокупностью стенок и горизонтальных палуб и соответствующей конструкцией узлов соединения элементов стенок с несущими связями палуб.

Выбор конструктивного типа и системы набора основных несущих перекрытий должен осуществляться с учетом:

- требований к обеспечению прочности и устойчивости конструкций корпуса при минимальной массе, технологичности при строительстве и ремонте, надежности и безопасности в течение всего срока эксплуатации объекта;
- общепринятой мировой практикой в области проектирования и строительства подобных сооружений;
- опыта разработки объектов, спроектированных, построенных и сданных в эксплуатацию.

Существуют различные методы многокритериальных оценок: регрессионный или корреляционный анализ, метод компенсации, метод сценариев, метод иерархий, индивидуальные и коллективные экспертные оценки и другие методы, а также различные их сочетания [6].

Например, одним из распространенных методов, применяемых в судостроении на стадии концептуального проектирования, является метод экспертных оценок, который основывается на работе со специалистами (экспертами) и на обработке их мнений. Главным условием эффективности для этого метода является подбор качественного состава экспертной комиссии. Эксперты должны быть высококвалифицированными, компетентными и опытными специалистами в области судостроения. Преимуществом данного метода является то, что он эффективен на начальной стадии проектирования, т.к. не требует большого количества исходных данных, которые на этой стадии отсутствуют [7-10].

Метод сценариев предполагает создание технологий разработки сценариев и обеспечивает более высокую вероятность сведения ожидаемых потерь к минимуму в тех ситуациях, когда потери неизбежны. Такой метод является эффективным при модернизации морских буровых платформ, на основании него можно определить минимально необходимый состав технологического оборудования, обеспечивающий эксплуатационную надежность. Также, на основании данного метода прорабатываются различные сценарии и принимаются решения, например, будет ли бурение с устьевой платформы производиться с помощью СПБУ или же с использованием временного/передвижного бурового оборудования (модульной буровой установки), или же с использованием стационарного бурового оборудования. Данный метод эффективен и при предварительном рассмотрении возможности строительства буровой платформы, когда рассматриваются сценарии взаимодействия различных типов опорных оснований с одним определенным типом верхнего строения.

Метод анализа иерархий (МАИ) заключается в структуризации проблемы на более простые составные части и дальнейшей обработке последовательности суждений по парным сравнениям [11]. МАИ служит обоснованием принятия решений в условиях многокритериальности. Данный метод базируется на следующих принципах:

- принцип декомпозиции (предусматривает структурирование проблемы в виде иерархии);
- принцип сравнительных суждений (в нем применяется метод парных сравнений, т.е. строятся матрицы парных сравнений для установки приоритетов критериев и получения оценки альтернативных решений);
- принцип синтеза приоритетов (в результате определяются весовые коэффициенты критериев всех уровней иерархий).

Результаты исследования и их обсуждение. Первым этапом была выявлена проблема и структурирована в виде иерархии, поставлена цель оптимизационной задачи – «выбор типа элементов набора корпуса, максимально удовлетворяющих критериям выбора и требованиям нормативных документов при проектировании конструкций корпуса судна и морских технических сооружений».

В качестве теоретической апробации методики выполнен расчет для российского танкера типа река-море «Балт Флот 18» 2017 года постройки с главными размерениями: длина судна 136,2 м, ширина 16,7 м, осадка 4,6 м, высота борта 6 м, водоизмещение 10422 т. Символ класса судна KM(*) Ice1 [1] R2 AUT1-ICS OMBO VCS ECO-S oil/chemical tanker type 2(ESP).

По Правилам Российского морского регистра судоходства [4] определены расчетные нагрузки, нагрузки на корпус от перевозимого груза и балласта, момент сопротивления поперечного сечения балок главного направления и рамных. Для дальнейшего исследования приняли результаты расчетов для продольных ребер жестокости верхней палубы (балок главного направления) и перекрестных связей – рамных бимсов машинного отделения в кормовой части судна (табл. 1).

Таблица 1 – Расчетные нагрузки

Максимальное расчетное давление для точек приложения нагрузок, расположенных ниже летней грузовой ватерлинии, Р, кПа	64,016
Максимальное расчетное давление для точек приложения нагрузок, расположенных выше летней грузовой ватерлинии, Р, кПа	24,559
Максимальное расчетное давление от груза, $P_г$, кПа	46,519

Размеры балок основного и рамного набора определяются требуемыми моментами сопротивления (табл. 2), моментом инерции, площадью поперечного сечения, толщинами стенки и свободного пояска, а также его шириной.

Таблица 2 – Расчетные значения моментов сопротивления балок набора

Балки палубного набора	W, $см^3$
Продольные ребра жестокости	128,95
Рамные бимсы	538,83

Определен перечень альтернатив для балок главного направления:
Г1 – полособульб симметричный;
Г2 – полособульб несимметричный;
Г3 – уголок стальной равнополочный;
Г4 – уголок стальной неравнополочный;
Г5 – тавр стальной сварной.
Определен перечень альтернатив для рамных балок (табл. 4):
Р1 – тавр стальной сварной;
Р2 – уголок стальной равнополочный;
Р3 – швеллер;
Р4 – двутавр.

Исходя из значений момента сопротивления выбраны номера профилей балок набора, удовлетворяющие механическим характеристикам балок главного направления (табл. 3) и рамных балок (табл. 4). В данных таблицах указана теоретическая масса одного погонного метра каждой балки и вычислена стоимость одного погонного метра соответствующего проката металла, изготовленного на российских заводах.

Строительство судна требует больших капиталовложений, металл составляет большую их часть. Увеличение нагрузки масс по разделу 01 «Корпус» влияет на уменьшение переменных составляющих полного водоизмещения судна, в частности – дедвейта (груз), что также сказывается на прибыли. Одинаковые по механическим характеристикам профили балок могут иметь различную высоту, что имеет отрицательное влияние на полезное использование объема грузовых помещений.

Таблица 3 – Сводные данные по альтернативам для балок главного направления

№ альт.	ГОСТ	W, см^3	Номер профиля	Теор. масса одного погонного метра, кг	Стоимость одного погонного метра, руб.
Г1	Полособульб горячекатаный симметричный для судостроения ГОСТ 9235-76	176,15	271010	32,78	7 000
Г2	Полособульб несимметричный. Сталь прокатная специальных профилей для судостроения, повышенной прочности, без термообработки, обычной точности ГОСТ 21937-76	151,20	24а	30,42	6 251
Г3	Сталь прокатная угловая равнополочная нормальной прочности судостроительная, без термообработки, обычной точности ГОСТ 8509-93	134,44	20, t13	39,92	3 088
Г4	Уголки стальные горячекатаные неравнополочные ГОСТ 8510-86	134,64	20/12,5, t14	34,43	2 789
Г5	Тавры стальные сварные для морских судов ОН 9-594-68	146,00	16б	12,56	1 160

Таблица 4 – Сводные данные по альтернативам для рамных балок

№ альт.	ГОСТ	W, см^3	Номер профиля	Теор. масса одного погонного метра, кг	Стоимость одного погонного метра, руб.
Р1	Тавры стальные сварные для морских судов ОН 9-594-68	636,00	28б	32,76	3 020
Р2	Сталь прокатная угловая равнополочная нормальной прочности судостроительная, без термообработки, обычной точности ГОСТ 8509-93	530,11	25, t35	128,51	10 923
Р3	Швеллеры горячекатаные с уклоном внутренних граней полок из углеродистой стали обыкновенного качества ГОСТ 8240-97	601,00	36У	41,90	7 571
Р4	Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок ГОСТ Р 57837-2017	581,7	35Б1	41,40	3 202

Важна стоимость и возможность проведения транспортных операций по доставке готового судна к порту приписки. Например, для доставки в порт приписки с завода строителя

крупнейшего круизного лайнера в мире «Oasis of the Seas» потребовалась разработка специальной конструкции для уменьшения высоты трубы, чтобы один раз пройти под Большой Бельт мостом. Также следует учитывать максимально допустимую осадку на пути следования от завода строителя до порта приписки. Так, в некоторых случаях возникают сложности из-за ограничения по глубине и ширине рек, каналов и при прохождении шлюзов.

Обязательным параметром успешности постройки судна является унификация и стандартизация. Заказ и выпуск единичных конструктивных элементов увеличивает и стоимость, и время, а также снижает ремонтопригодность.

Таким образом, при выборе профиля балок набора необходимо учитывать экономическую составляющую, массу и высоту альтернативных решений балок, логистические решения, унификацию и стандартизацию. На основе данных выводов сформулированы критерии выбора балок набора:

К1 – экономичность;

К2 – масса конструкции;

К3 – эффективное использование полезного объема грузовых помещений;

К4 – возможность постройки на предприятиях региона;

К5 – возможность унификации и стандартизации.

Вторым этапом для выбранных критериев вычислены веса определением приоритетности каждого критерия относительно других путем заполнения матрицы (табл. 5) следующим образом. Если критерий в строке и в столбце одинаково важны заполняем 1 на их пересечении. Если критерий в строке незначительно важнее критерия в столбце – 3, значительно важнее – 5, явно важнее – 7. С другой стороны главной диагонали матрицы заполняются обратные величины – 1/3, 1/5, 1/7 в позицию обратного сравнения этих критериев. Числа 2, 4, 6 и их обратные величины используются для облегчения компромиссов между слегка отличающимися от основных чисел суждениями. Затем были вычислены компоненты локальных приоритетов B и вес каждого критерия X.

Таблица 5 – Матрица попарных сравнений критериев второго уровня

	K1	K2	K3	K4	K5	B	X
K1	1,00	0,14	0,20	5,00	3,00	0,84	0,12
K2	7,00	1,00	3,00	5,00	3,00	3,16	0,46
K3	5,00	0,33	1,00	5,00	3,00	1,90	0,28
K4	0,20	0,20	0,20	1,00	0,33	0,31	0,04
K5	0,33	0,33	0,33	3,00	1,00	0,64	0,09
S	13,53	2,01	4,73	19,00	10,33	6,86	1,00

Численные оценки предпочтений критериев представлены в табл. 6.

Таблица 6 – Численные оценки предпочтений критериев

Критерий	Место	Вес
масса конструкции	1	0,46
эффективное использование полезного объема грузовых помещений	2	0,28
экономичность	4	0,12
возможность унификации и стандартизации	3	0,09
возможность постройки на предприятиях региона	5	0,04

Так как вес критерия «возможность постройки на предприятиях региона» меньше 5 %, считаем его пренебрежимо малым.

Третьим этапом проводилось попарное сравнение альтернатив отдельно для балок главного направления и для рамных балок для выявления самых подходящих из них, таким

образом были определены оптимальные типы элементов набора корпуса, максимально удовлетворяющие критериям выбора и требованиям нормативных документов при проектировании конструкций корпуса судна и морских технических сооружений.

Для балок главного направления были построены пять матриц попарных сравнений третьего уровня и вычислены пять векторов приоритетов соответствующих матриц (табл. 7).

Таблица 7 – Результаты третьего этапа МАИ для балок главного направления

К1 – экономичность	полособульб симметричный	полособульб несимметричный	уголок стальной равнополочный	уголок стальной неравнополочный	тавр стальной сварной	B	X
полособульб симметричный	1,00	0,50	0,33	0,20	0,14	0,34	0,05
полособульб несимметричный	2,00	1,00	0,33	0,20	0,14	0,45	0,06
уголок стальной равнополочный	3,00	3,00	1,00	0,33	0,20	0,90	0,12
уголок стальной неравнополочный	5,00	5,00	3,00	1,00	0,33	1,90	0,26
тавр стальной сварной	7,00	7,00	5,00	3,00	1,00	3,74	0,51
						7,35	**1,00**
К2 – масса конструкции							
полособульб симметричный	1,00	0,33	7,00	5,00	0,14	1,11	0,15
полособульб несимметричный	3,00	1,00	7,00	5,00	0,14	1,72	0,23
уголок стальной равнополочный	0,14	0,14	1,00	0,50	0,14	0,27	0,04
уголок стальной неравнополочный	0,20	0,20	2,00	1,00	0,33	0,48	0,06
тавр стальной сварной	7,00	7,00	7,00	3,00	1,00	4,00	0,53
						7,59	**1,00**
К3 – эффективное использование полезного объема грузовых помещений							
полособульб симметричный	1,00	0,33	0,20	0,20	0,14	0,29	0,04
полособульб несимметричный	3,00	1,00	0,33	0,33	0,20	0,58	0,08
уголок стальной равнополочный	5,00	3,00	1,00	0,33	0,20	1,00	0,14
уголок стальной неравнополочный	5,00	3,00	3,00	1,00	0,20	1,55	0,21
тавр стальной сварной	7,00	5,00	5,00	5,00	1,00	3,88	0,53
						7,30	**1,00**
К4 – возможность постройки на предприятиях региона							
полособульб симметричный	1,00	5,00	0,20	0,25	0,33	0,61	0,09
полособульб несимметричный	0,20	1,00	0,20	0,25	0,33	0,32	0,05
уголок стальной равнополочный	5,00	5,00	1,00	3,00	5,00	3,27	0,49
уголок стальной неравнополочный	4,00	4,00	0,33	1,00	0,50	1,22	0,18
тавр стальной сварной	3,00	3,00	0,20	2,00	1,00	1,29	0,19
						6,71	**1,00**
К5 – возможность унификации и стандартизации							
полособульб симметричный	1,00	5,00	0,33	0,50	0,50	0,84	0,14
полособульб несимметричный	0,20	1,00	0,20	0,25	0,33	0,32	0,05
уголок стальной равнополочный	3,00	5,00	1,00	2,00	0,33	1,58	0,27
уголок стальной неравнополочный	2,00	4,00	0,50	1,00	0,50	1,15	0,19
тавр стальной сварной	2,00	3,00	3,00	2,00	1,00	2,05	0,34
						5,94	**1,00**

Для рамных балок, аналогичным образом, как и для балок главного направления, были построены пять матриц попарных сравнений третьего уровня и вычислены пять векторов приоритетов соответствующих матриц (табл. 8).

Таблица 8 – Результаты третьего этапа МАИ для рамных балок

	тавр стальной сварной	уголок стальной равнополочный	швеллер	двутавр	B	X
К1 – экономичность						
тавр стальной сварной	1,00	7,00	5,00	2,00	2,34	0,48
уголок стальной равнополочный	0,14	1,00	0,33	0,17	0,38	0,08
швеллер	0,20	3,00	1,00	2,00	1,04	0,21
двутавр	0,50	6,00	0,50	1,00	1,08	0,22
					4,84	**1,00**
К2 – масса конструкции						
тавр стальной сварной	1,00	7,00	2,00	2,00	1,95	0,41
уголок стальной равнополочный	0,14	1,00	0,20	0,17	0,34	0,07
швеллер	0,50	5,00	1,00	0,50	1,05	0,22
двутавр	0,50	6,00	2,00	1,00	1,43	0,30
					4,77	**1,00**
К3 – эффективное использование полезного объема грузовых помещений						
тавр стальной сварной	1,00	2,00	5,00	6,00	2,27	0,47
уголок стальной равнополочный	0,50	1,00	3,00	4,00	1,43	0,30
швеллер	0,20	0,33	1,00	2,00	0,67	0,14
двутавр	0,17	0,25	0,50	1,00	0,46	0,10
					4,83	**1,00**
К4 – возможность постройки на предприятиях региона						
тавр стальной сварной	1,00	0,20	2,00	3,00	1,04	0,22
уголок стальной равнополочный	5,00	1,00	3,00	5,00	2,37	0,49
швеллер	0,50	0,33	1,00	5,00	0,96	0,20
двутавр	0,33	0,20	0,20	1,00	0,42	0,09
					4,79	**1,00**
К5 – возможность унификации и стандартизации						
тавр стальной сварной	1,00	3,00	2,00	3,00	1,78	0,40
уголок стальной равнополочный	0,33	1,00	2,00	5,00	1,27	0,28
швеллер	0,50	0,50	1,00	3,00	0,94	0,21
двутавр	0,33	0,20	0,33	1,00	0,47	0,10
					4,47	**1,00**

Анализ результатов этапа вычисления вектора приоритетов для матриц попарных сравнений третьего уровня приведен в табл. 9 и табл. 10.

Таблица 9 – Суммарное распределение мест, занятых каждой альтернативой балок главного направления

Место / Альтернатива	1	2	3	4	5
полособульб симметричный	–	–	1	2	2
полособульб несимметричный	–	1	–	2	2
уголок стальной равнополочный	1	1	2	–	1
уголок стальной неравнополочный	–	2	2	1	–
тавр стальной сварной	4	1	–	–	–

Таблица 10 – Суммарное распределение мест, занятых каждой альтернативой рамных балок

Место / Альтернатива	1	2	3	4
тавр стальной сварной	4	1	–	–
уголок стальной равнополочный	–	2	1	2
швеллер	–	–	5	–
двутавр	–	2	–	3

Выводы. Результаты исследования показали, что наиболее эффективным типом элементов набора корпуса является – тавр стальной сварной, как для балок главного направления, так и для рамных балок (поперечное сечение тавра имеет Т-образную форму).

Назначением тавровых балок главного направления и рамных балок является восприятие весовых нагрузок корпусных конструкций и повышение их жесткости. При этом масса (нагрузка) равномерно распределяется, снижается уровень деформации, что предупреждает повреждения. Для изготовления стального тавра применяются углеродистые, конструкционные легированные и нелегированные марки стали. Размеры балок определяются шириной полки, высотой тавра и толщиной стали из которой он был изготовлен и выражаются в мм. Длина таких изделий бывает до 6, 7 метров, а в исключительных случаях до 12 м в длину. Тавр имеет схожие с швеллером прочностные характеристики и относительно небольшой вес. Таким образом, тавровая балка максимально удовлетворяет критериям выбора и требованиям нормативных документов при проектировании конструкций корпуса судна и морских технических сооружений

На следующем этапе проведения исследования планируется проанализировать результаты, полученные с применением других методик. При достаточной сходимости можно рассмотреть возможность в дальнейшей перспективе разработать программу, обеспечивающую обработку данных для всего набора корпуса судна и прогноз возможных замен выбранного сортамента для обеспечения унификации и экономичности.

Список использованной литературы:

1. *Свинцова Е.* План развития СМП до 2035 г. // Деловой журнал «Neftegaz. Ru». 2022. № 8 (128). С. 8.
2. Об утверждении плана мероприятий по импортозамещению в судостроительной отрасли Российской Федерации на период до 2024 г. и о признании утратившим силу приказа Минпромторга России от 1 марта 2019 г. № 580: приказ Минпромторга России № 2916 от 02.08.2021. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_392627/ (дата обращения: 01.04.2023).
3. НД № 2-020101-015. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2018. 460 с.
4. НД № 2-020101-124. Правила Классификации и постройки морских судов. Часть II. Корпус. СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2020. 296 с.
5. ОСТ 5.0287-79. Обозначения условные графические. Конструктивные элементы

металлического корпуса. URL: https://www.standards.ru/document/3601740.aspx (дата обращения: 01.04.2023).
6. *Халикова Д.Ф.* Методика выбора архитектурно-конструктивного типа и общепроектных характеристик плавучей буровой установки для бурения поисково-разведочных скважин в условиях мелководья: дис. … канд. техн. наук: 05.08.03 / Дина Флюровна Халикова. Санкт-Петербург; 2014. 238 с.
7. *Иванова О.А., Благовидова И.Л. и др.* Система критериев для сопоставления и оценки применимости различных типов буровых установок в суровых климатических условиях // Научные проблемы водного транспорта. 2020. Выпуск 65. С. 37-53. DOI: 10.37890/jwt.vi65.126
8. *Анохин А.Н.* Методы экспертных оценок: учебное пособие. Обнинск, 1996. 148 с.
9. *Kirwan B., Ainsworth L.K.* A Guide to Task Analysis. London, 1992: Taylor & Francis.
10. *Kirwan B., Kennedy R. et al.* A validation of three Human Reliability Quantification techniques –THERP, HEART and JHEDI: Part II – Practical aspects of the usage of the techniques // Applied Ergonomics. 1997. № 28 (1). P. 17-25.
11. *Саати Т., Вачнадзе Р.Г.* Принятие решений. Метод анализа иерархий: пер. с англ. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.

References:

1. Svintsova E. Svincova E. Plan razvitiya SMP do 2035 g. [SMP development plan until 2035]. *Delovoy zhurnal «Neftegaz. Ru»* [Business magazine “Neftegaz. Ru”], 2022, no. 8 (128), p. 8. (In Russian).
2. Russian Federation. Order of the Ministry of Industry and Trade of Russia № 2916 of August 02, 2021, *Ob utverzhdenii plana meropriyatiy po importozameshcheniyu v sudostroitel'noy otrasli Rossiyskoy Federatsii na period do 2024 g. i o priznanii utrativshim silu prikaza Minpromtorga Rossii ot 1 marta 2019 g. № 580* [On approval of the action plan for import substitution in the shipbuilding industry of the Russian Federation for the period up to 2024 and on the invalidation of the order of the Ministry of Industry and Trade of Russia dated March 1, 2019, no. 580]. (In Russian). Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_392627/ (accessed 01.04.2023).
3. *Pravila klassifikacii, postrojki i oborudovaniya plavuchih burovyh ustanovok i morskih stacionarnyh platform* [Rules for the Classification, Construction and Equipment of Mobile Offshore Drilling Units and Fixed Offshore Platforms]. ND no. 2-020101-015-E. St. Petersburg, Russian Maritime Register of Shipping Publ., 2018, 460 p. (In Russian).
4. *Pravila klassifikacii i postrojki morskih sudov. Chast' 2. Korpus* [Rules for the Classification and Construction of Sea-Going Ships. Part II. Hull]. ND no. 2-020101-124-E. St. Petersburg, Russian Maritime Register of Shipping Publ., 2020, 296 p. (In Russian).
5. *OST 5.0287-79. Oboznacheniya uslovnyye graficheskiye. Konstruktivnyye elementy metallicheskogo korpusa*. [Industry Standard 5.0287-79. Conditional graphic designations. Structural elements of the metal case]. (In Russian). Available at: https://www.standards.ru/document/3601740.aspx (accessed 01.04.2023).
6. Khalikova D.F. *Metodika vybora arkhitekturno-konstruktivnogo tipa i obshcheproyektnykh kharakteristik plavuchey burovoy ustanovki dlya bureniya poiskovo-razvedochnykh skvazhin v usloviyakh melkovod'ya. Diss. kand. tekhn. nauk* [Methodology for choosing the architectural and structural type and general design characteristics of a floating drilling rig for drilling exploration wells in shallow water. Cand. tech. sci. diss.]. St. Petersburg, 2014, 238 p. (In Russian).
7. Ivanova O.A., Blagovidova I.L. et al. Sistema kriteriyev dlya sopostavleniya i otsenki primenimosti razlichnykh tipov burovykh ustanovok v surovykh klimaticheskikh usloviyakh [A system of criteria for comparing and evaluating the applicability of various types of drilling rigs in harsh climatic conditions]. *Nauchnyye problemy vodnogo transporta* [Scientific problems of water transport], 2020, no. 65, pp. 37-53. (In Russian). DOI: 10.37890/jwt.vi65.126.
8. Anokhin A.N. *Metody ekspertnykh otsenok* [Methods of expert assessments]. Obninsk, 1996, 148 p. (In Russian).

9. Kirwan B., Ainsworth L.K. A *Guide to Task Analysis*. London, 1992: Taylor & Francis. (In English).
10. Kirwan B., Kennedy R. et al. A validation of three Human Reliability Quantification techniques –THERP, HEART and JHEDI: Part 2 – Practical aspects of the usage of the techniques. *Applied Ergonomics*, 1997, no. 28 (1), pp. 17-25. (In English).
11. Saati T., Vachnadze R.G. *Prinyatiye resheniy. Metod analiza iyerarkhiy* [Making decisions. Hierarchy Analysis Method]. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1993, 278 p. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

Иванова Ольга Александровна	канд. техн. наук, доцент кафедры «Океанотехника и кораблестроение» Севастопольский государственный университет 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33 o.a.ivanova.kmt@mail.ru
Ivanova Olga Alexandrovna	Ph.D. in Engineering Science, Assistant Professor of the Department of Ocean Technology and Shipbuilding Sevastopol State University 33, Universitetskaya str., Sevastopol, 299053 o.a.ivanova.kmt@mail.ru
Кузьмина Анна Валентиновна	доцент кафедры «Океанотехника и кораблестроение» Севастопольский государственный университет 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33 a.61kuzmina@mail.ru
Kuzmina Anna Valentinovna	Ph.D. (Phys.-Math.), Assistant Professor of the Department of Ocean Technology and Shipbuilding Sevastopol State University 33, Universitetskaya str., Sevastopol, 299053 a.61kuzmina@mail.ru
Родькина Анна Владимировна	канд. техн. наук, доцент кафедры «Инновационное судостроение и технологии освоения шельфа» Севастопольский государственный университет 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33 a.v.rodkina@mail.ru
Rodkina Anna Vladimirovna	Ph.D. in Engineering Science, Assistant Professor of the Department of Innovative shipbuilding and shelf development technologies Sevastopol State University 33, Universitetskaya str., Sevastopol, 299053 a.v.rodkina@mail.ru

УДК 004.82 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.024**

Ильин Б. В.

О ПОДХОДЕ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БАЗ ДАННЫХ

Аннотация. В статье рассматривается подход к формализации информационной модели предметной области при проектировании базы данных автоматизированной информационной системы. Процесс информационного моделирования, неотделимый от речемыслительной деятельности человека, рассматривается в виде последовательности этапов отображения: «предметная область» → «мысленная модель» → «языковая модель» → «письменная модель». Рассмотрены основные понятия, используемые для отображения компонентов соответствующей модели на каждом этапе. Повышение семантической выразительности информационной модели реализуется за счёт введения в её состав многоуровневых понятийных конструкций, формируемых при использовании методов обобщения и агрегирования. Результатом исследования является предложение представления информационной модели предметной области в виде однородно структурированного текстового описания, формализованного с использованием языка логики предикатов первого порядка, объективно отражающего семантику предметной области.
Ключевые слова: предметная область, объект, свойство, отношение, информационное моделирование.

Ilyin B. V.

ON THE APPROACH TO DOMAIN MODELING IN DATABASE DESIGN

Abstract. The article considers the approach to formalization of the information model of the subject area in the design of the database of an automated information system. The process of information modeling, inseparable from human speech-thinking activity, is considered as a sequence of display stages: "subject area" → "mental model" → "language model" → "written model". The basic concepts used to display the components of the corresponding model at each stage are considered. Increasing the semantic expressiveness of the information model is realized through the introduction of multilevel conceptual structures formed using generalization and aggregation methods. The result of the research is a proposal to represent the information model of the subject area in the form of a uniformly structured textual description formalized using the language of predicate logic of the first order, objectively reflecting the semantics of the subject area.
Keywords: subject area, object, property, relation, information modeling.

Введение. Эффективность функционирования автоматизированной информационной системы (АИС) в любой сфере применения в значительной степени зависит от рациональной организации информационной базы, которая в настоящее время базируется, в основном, на использовании технологии баз данных. Основное назначение базы данных (БД) – быть достоверным отображением соответствующей предметной области (вернее, представлений о ней пользователей) в совокупности хранимых данных.

Существуют различные трактовки понятия *предметная область* (ПрО). Однако анализ содержания этого понятия в разных источниках показывает, что при всех различиях общим в трактовках является то, что под ПрО обычно понимается выделенный по определённым соображениям фрагмент внешнего мира, информация о предметных реалиях которого подлежит хранению в БД. Вопросы, связанные с определением границ ПрО, глубины детализации её состава и структуры, достаточно полно описаны в [1].

В [2] отмечается, что базы данных в традиционном виде их представления, сами по себе, весьма ограничены в отражении семантики ПрО, т.е. смысла в хранящихся в них данных, вследствие чего интерпретация смыслового содержания данных возлагается на пользователя

БД. Поэтому в настоящее время для современных АИС, основанных на использовании технологии баз данных, особую актуальность приобрела проблема представления в них в том или ином виде описания ПрО, являющегося, по сути, базой знаний о ней, адекватно отражающей её семантику [3].

Результат отображения ПрО в БД, в общем случае, следует рассматривать на двух уровнях: экстенсиональном и интенсиональном. Первый уровень определяет описание экстенсионала ПрО, т.е. собственно БД, содержащую данные – значения характеристик интересующих пользователей индивидуальных объектов из выбранной ПрО. Второй – определяет интенсионал, т.е. структуру ПрО (выделенные в ней объекты с характеризующими их свойствами и взаимосвязями между ними), определяемую вне зависимости от времени.

В настоящей работе под описанием ПрО понимается знаковая система, адекватно отображающая её на интенсиональном уровне представления, т.е. по сути – информационная модель предметной области (ИМПрО). Она ориентирована на пользователя БД и, адекватно описывая семантику ПрО в терминах и понятиях, привычных для него, независима от модели данных, которая в дальнейшем может быть использована при проектировании схемы БД. В то же время, она должна, очевидно, обладать достаточной степенью формализованности, обеспечивающей однозначное описание состава и структуры ПрО [4]. ИМПрО, в то же время, можно рассматривать как своеобразный «информационный каркас», обеспечивающий последующее структурирование и связность данных в БД.

Помимо отображения семантики ПрО, такая модель позволит организовать интерфейс пользователя с БД на уровне представлений о ПрО, а не на уровне структур данных. Пользователь, практически не имеющий представления об организации данных в БД (физическом размещении в памяти данных и механизмах их поиска), обращая запрос к БД, будет иметь практическую возможность получить адекватную информацию о состоянии интересующего его объекта ПрО.

В силу этого современные технологии проектирования БД всё в большей степени основываются на использовании информационного моделирования ПрО [2, 3], как первого этапа проектирования.

Цель исследования. Существуют различные подходы к формализации представления ИМПрО, использующие в качестве основного инструмента моделирования разные варианты модели «сущность-связь» (ER-модель, ER - Entity-Relationship), предложенной П. Ченом [5]. Моделирование ПрО в этом случае базируется на использовании специализированной графической нотации и различных диаграммных техник для наглядного отображения семантики ПО. Однако при описании достаточно сложных ПрО, что имеет место в реальной жизни, такие модели при графическом представлении становятся весьма запутанными и плохо обозримыми, что снижает эффективность процесса моделирования.

Поэтому целью настоящего исследования является изложение подхода к формализации описания ПрО в виде предикатной модели, обеспечивающей адекватное отображение ПрО в виде структурированных текстов на ограниченном подмножестве естественного языка с использованием средств логики предикатов первого порядка.

Материалы и методы исследования. В исследовании применены общенаучные методы системно-структурного анализа и информационного моделирования, типизации, абстрагирования, обобщения и агрегирования, а также описания используемого материала по проблематике исследования.

Результаты исследования и их обсуждение. В настоящем исследовании в качестве категориального базиса при информационном моделировании используется наиболее общая и непротиворечивая логическая система, необходимая и достаточная для описания любых предметных областей [6], основанная на триаде категорий: *объект*, *свойство* и *отношение*.

Понятие объекта здесь трактуется достаточно широко: в качестве объектов могут рассматриваться реальные (или абстрактные) предметы, явления, процессы, события. Например, если АИС ориентирована на решение задач управления городским автотранспортом, и в БД требуется хранить сведения о перевозках пассажиров, то в качестве

объектов ПрО могут быть выделены, например, объект типа АВТОБУС (с характеризующими свойствами *Госномер, Марка, Модель, Вместимость*, и др.), процесс типа РЕЙС (перевозка пассажиров автобусом по определённому маршруту со свойствами *Дата, Время выезда, Название маршрута*) и др.

Анализ процесса информационного моделирования ПрО [7] показывает, что в его ходе исследователь обычно имеет дело с предметами различной природы:

- объектами, выделенными в ПрО, их свойствами и отношениями между ними,
- отображающими их понятиями в мышлении человека,
- соответствующими понятиям именами в речевом представлении.

Это говорит о том, что понятия, используемые при моделировании ПрО, с одной стороны, указывают на реальные объекты и их взаимосвязи, а с другой – выражаются словами языка. Т.е. в информационной модели образы объектов ПрО представляются понятиями, которые в свою очередь воплощаются в слова – произнесённые или написанные с использованием определённого набора знаков. Поэтому информационное моделирование ПрО как процесс, неотделимый от речемыслительной деятельности человека, можно рассматривать в виде последовательности следующих этапов отображения (рисунок 1):

1) ПрО → *мысленная* модель ПрО,
2) *мысленная* модель ПрО → *языковая* модель ПрО,
3) *языковая* модель ПрО → *письменная* модель ПрО.

Рисунок 1 – Этапность отображения ПрО при информационном моделировании
Источник: составлено автором

На первом этапе отображения под *мысленной* моделью понимается отображение описываемой ПрО в мышлении человека с использованием определённой системы понятий (план содержания). Поскольку мышление невозможно без использования языка, материальное воплощение *мысленной* модели требует языковой формы (план выражения). *Языковая* модель здесь — отображение *мысленной* модели с использованием средств того или иного языка. Она, для того, чтобы с ней можно было оперировать, должна иметь предметную основу, в качестве которой целесообразно выбрать привычную для пользователя письменную форму в виде текста на естественном (возможно ограниченном) языке – т.е. *письменную* модель.

Как отмечается в [2] реальный мир практически бесконечен, из чего следует, что ПрО потенциально может содержать огромное число индивидуальных объектов, которые могут находиться в потенциально бесконечном множестве взаимосвязей. Отсюда следует, что прямолинейный подход к моделированию ПрО через описание всех индивидуальных объектов, их свойств и взаимосвязей между ними практически не реализуем.

Решить проблему может использование метода типизации, позволяющего множество индивидуальных объектов, выделенных в процессе исследования ПрО, свести к конечному числу классов объектов $K_1, K_2, \dots, K_n$ ($k_p^i \in K_i$), сделав тем самым обозримым их многообразие. Здесь под *классом* K_i понимается множество однотипных индивидуальных объектов $\{k_p^i\}$, где $k_p^i \in K_i$, обладающих одинаковыми значениями свойств, выбранных в качестве признаков

типовости. Например, если в качестве ПрО выбрана сфера пассажирских автоперевозок, то по признаку выполняемой роли в процессе пассажироперевозок можно выделить следующие типы объектов, порождающие соответствующие классы: ВОДИТЕЛЬ, АВТОБУС, МАРШРУТ и др. Это позволяет перейти от необходимости фиксации многообразия свойств множества индивидуальных объектов ПрО и их связей с другими объектами, к регистрации ограниченного набора свойств (выбранных исходя из прагматических соображений), «присваиваемых» соответствующим классам.

В *мысленной* модели для отображения класса однородных объектов K_i, выделенных в ПрО, значения характеристик которых подлежат хранению в БД, будем использовать понятие *сущность* (общепринятое в сфере информационного моделирования ПрО). В этом случае сущность S_i, будучи результатом отображения класса индивидуальных объектов K_i ПрО, является информационным объектом – компонентом *мысленной* модели. Отображение индивидуального объекта k_p^i при этом реализуется в виде экземпляра соответствующей сущности.

Свойство C_j^i, определенное на множестве индивидуальных объектов $\{k_p^i\}$ класса K_i в описываемой ПрО, в *мысленной* модели будем отображать атрибутом соответствующей сущности S_i. В общем случае, атрибут рассматривается как поименованная характеристика сущности S_i, принимающая значение из некоторого множества Q_i однотипных значений $\{q_l^j\}$. Например, для описания сущности АВТОБУС могут быть использованы такие атрибуты, как *Госномер, Марка, Модель, Вид используемого топлива, Вместимость* и др.

Помимо описания свойств сущности атрибуты используются для идентификации её экземпляров, значения свойств которых в виде данных хранятся в БД. Поэтому при выборе множества атрибутов $\{C_j^i\}$, значения которых характеризуют сущность S_i, необходимо следить за тем, чтобы в него были включены атрибуты, значения которых позволят идентифицировать каждый конкретный её экземпляр. Например, для сущности ВОДИТЕЛЬ в качестве идентифицирующего атрибута может быть выбран *Табельный номер*, для сущности РЕЙС – атрибуты *Дата, Время выезда, Название маршрута.*

Как отмечалось выше, объекты, выделяемые в ПрО, не существуют независимо друг от друга – между ними наблюдаются различные отношения, наиболее значимые из которых должны быть отражены в *мысленной* модели. Под отношением понимается фиксируемая взаимосвязь, ассоциация между объектами (объектами и свойствами, между свойствами объектов) [2]. Например, между объектами класса ВОДИТЕЛЬ и объектами класса АВТОБУС в вышеуказанной ПрО наблюдается отношение *управляет;* между объектами класса ВОДИТЕЛЬ и свойством *Дата рождения* наблюдается отношение *имеет*; между свойствами *Дата рождения* и *Дата принятия на работу* объектов класса ВОДИТЕЛЬ наблюдается отношение *предшествовать*.

Таким образом в *мысленной модели* осуществляется переход от отношений, наблюдаемых между объектами и свойствами в ПрО, к отношениям между представляющими их сущностями и соответствующими атрибутами. Поскольку отношения различных арностей, наблюдаемые в ПрО, можно свести к бинарным отношениям [2], то в ИМПрО будем отображать именно эти отношения. Для обеспечения логической полноты представления в модели отношений, наблюдаемых в ПрО, в случае необходимости, следует учитывать не только прямые, но и обратные в содержательном плане отношения. Например, если между сущностями ВОДИТЕЛЬ и АВТОБУС наблюдается отношение *управляет*, то обратным ему будет отношение *управляется*.

Множество значимых отношений, определяемых в ПрО и фиксируемых в её мысленной модели, можно разделить на следующие основные типы:

- отношения типа «сущность – сущность», отображающие связи между различными объектами;
- отношения типа «сущность – атрибут», отображающие наличие свойств у объектов;
- отношения типа «атрибут – атрибут», отображающие взаимосвязи между значениями свойств объектов.

Особое место в этом перечне занимают отношения типа «сущность – сущность», отражающие глобальную структуру ПрО. Подчеркнём, что в *мысленной* модели представляются обобщённые сведения о взаимосвязях и фиксируемых атрибутах сущностей S_i, являющихся отображениями классов объектов K_i, фиксируемых в ПрО, т.е. информация о семантике ПрО.

С целью повышения семантической выразительности информационных моделей ПрО значительное внимание проектировщиков уделяется использованию методов и средств формирования многоуровневых понятийных структур, включаемых в состав моделей [7]. В этом плане особый интерес представляют такие методы, как:

- *обобщение (generalization, is-a, является),* подчеркивая общую природу объектов, позволяют образовывать многоуровневую иерархию обобщений;

- *агрегирование (aggregation, part of, быть частью),* характеризуя отношение между целым и частью, позволяют рассматривать взаимосвязь между разнотипными объектами как новый объект, т.е. создавать *составной* объект.

Метод обобщающей абстракции позволяет формировать понятийные конструкции, т.е. «порождать» сущности более высокого понятийного уровня, производные по отношению к определённым подмножествам исходных сущностей. Получаемая в результате обобщения абстракция рассматривается как новая сущность, обобщающая в себе общие признаки множества исходных сущностей. Так, например, при анализе ранее обозначенной ПрО в состав *мысленной* модели включается сущность АВТОБУС, обобщающая признаки всех типов автомобилей, используемых для перевозки более 8 пассажиров (если число мест не превышает 8, то это - легковой автомобиль). Кроме автобусов на автопредприятии обычно используется и другие типы автомобилей, которые могут «порождать» сущности САМОСВАЛ, ТЯГАЧ, ПЕРЕДВИЖНАЯ МАСТЕРСКАЯ, БЕНЗОЗАПРАВЩИК и др. Используя метод обобщения к указанным сущностям, можно перейти к представлению в *мысленной* модели сущности более высокого уровня обобщения – ГРУЗОВОЙ АВТОМОБИЛЬ. Сущности АВТОБУС и ГРУЗОВОЙ АВТОМОБИЛЬ могут быть, в свою очередь, обобщены в сущность более высокого понятийного уровня – АВТОМОБИЛЬ.

Осуществляя обобщение, мы игнорируем индивидуальные различия между исходными сущностями, подчёркивая, вместе с тем, определённую их содержательную общность. В этом случае сущности нижнего уровня «делегируют» их одноимённые атрибуты сущности более высокого понятийного уровня. В [8] отмечается, что выстраивание понятий в иерархию (*is-a*) и поддержка механизма «наследования» свойств по иерархии «сверху-вниз», позволяют, с одной стороны, повысить семантическую выразительность информационной модели, а с другой – обеспечить уменьшение объёма её представления языковыми средствами. Действительно, в приведенном выше примере вместо указания для каждой из исходных сущностей АВТОБУС, САМОСВАЛ, ТЯГАЧ и др. стандартных атрибутов: *Госномер, Дата ввода в эксплуатацию, Мощность двигателя, Марка используемого топлива, Расход топлива на 100 км и др.,* их можно указать один раз для обобщающей сущности АВТОМОБИЛЬ.

Наряду с этим, если все сущности $<S_p>$ нижнего понятийного уровня связываются одним и тем же отношением R_k с какой-либо сущностью S_i другого понятийного уровня, то при обобщении отношение R_k может быть «делегировано» обобщающей сущности, что также способствует уменьшению объёма описания ПрО. Например, поскольку все виды автомобилей работают под управлением водителей, достаточно один раз указать отношение «управляет» между сущностями ВОДИТЕЛЬ и АВТОМОБИЛЬ, чтобы оно было реализовано для сущностей нижележащего понятийного уровня: АВТОБУС, САМОСВАЛ, ТЯГАЧ и др.

Агрегирование обычно рассматривается как связывание, ассоциирование разнотипных сущностей в новую сущность-агрегат по принципу либо включения их в качестве его составных частей (*part of*), либо совместного их участия в некотором процессе. Сущность-агрегат в этом случае обладает не только внешней целостностью, но и внутренним единством. Внутреннее единство проявляется в нацеленности составляющих частей объекта-агрегата на реализацию его функции. Проявлением внешней целостности объекта-агрегата является

появление у него новых, характеризующих его атрибутов, которые отсутствуют у агрегируемых сущностей. Например, сущности АВТОБУС, ВОДИТЕЛЬ, МАРШРУТ, будучи агрегированы по роли участия в общем процессе – перевозке пассажиров, порождают сущность-агрегат СМЕНА (перевозка пассажиров в течение рабочей смены определённым автобусом по определённому маршруту) с атрибутами: *Дата, Время начала, Количество рейсов, Выручка* и др., которые не свойственны сущностям, составляющим агрегат.

На втором этапе отображения осуществляется материальное воплощение *мысленной модели* ПрО в её словесное выражение в виде *языковой модели*. Т.е., моделируя объекты ПрО, мы отображаем их в *мысленной модели* соответствующими понятиями, которые в *языковой* модели представляются словами. Здесь решается проблема выбора языка представления, в качестве которого предлагается использовать грамматические и семантические средства естественного языка, необходимые и достаточные для описания ПрО любой природы [9].

Процесс «трансформирования» класса индивидуальных объектов ПрО в информационный объект *сущность*, находит своё отражение в языке: в наименованиях сущностей употребляют не множественное число, а единственное. Это объясняется тем, что имя сущности и наименование соответствующего понятия, которое является единичным, совпадают. Таким образом, сущность получает уникальное в пределах *языковой* модели имя, выражаемое обычно существительным в единственном числе.

Наименование атрибута также выражается существительным в единственном числе (возможно с добавлением характеризующего прилагательного). Отношения, фиксируемые в *языковой* модели, обычно обозначаются глаголами или глагольными фразами.

На третьем этапе отображения в качестве предметной основы *языковой модели* ПрО предлагается использовать привычную форму представления *письменной модели* в виде совокупности текстов на естественном языке (различаясь с операционной точки зрения, указанные выше модели адекватны по смысловой сути).

Результаты конкретных актов отображения ПрО на уровне выражения в сфере письменного представления предлагается фиксировать в виде высказываний по единому шаблону записи следующего вида: $V= <g_i, r_k, g_j>$, где g_i, g_j – имена сущностей или атрибутов, r_k - имя связывающего их отношения.

Формализовать представление *письменной* модели ПрО можно следующим образом. Пусть {S} – множество отображаемых в мысленной модели сущностей и {C} – множество характеризующих их атрибутов, между которыми наблюдаются отношения из множества {R}. На выделенных множествах зададим следующие отображения:

- $\{S\}\rightarrow\{I_S\}$, где $\{I_S\}$ – множество имён сущностей {S},
- $\{C\}\rightarrow\{I_C\}$, где $\{I_C\}$ – множество имён атрибутов {C},
- $\{R\}\rightarrow\{I_R\}$, где $\{I_R\}$ – множество имён отношений {R}.

В этом случае *письменная* модель предметной области может рассматриваться как знаковая система: $M = \{< I_S, I_R, I_C >,< I_S, I_R, I_S >,< I_C, I_R, I_C >\}$, которая находит своё выражение в виде однородно структурированного текста на ограниченном подмножестве естественного языка, предложения (т.е. высказывания) которого выстроены по единому шаблону, указанному выше.

Для различения компонентов высказываний, представленных в *письменной* модели (хотя это не принципиально), имена сущностей будем представлять прописными буквами (АВТОБУС, ВОДИТЕЛЬ, …), имена отношений - строчными буквами (управлять, иметь, …), а имена атрибутов – курсивом, где первое слово будет начинаться с прописной буквы (*Табельный номер, Дата рождения, Госномер,* …). Интерпретация высказывания, представленного по единому шаблону $V= <g_i, r_k, g_j>$, может быть разной (в зависимости от значений компонентов g_i, g_j или r_k), например,

- "ВОДИТЕЛЬ управляет АВТОМОБИЛЕМ",
- "АВТОБУС является АВТОМОБИЛЕМ",
- "СМЕНА имеет частью ВОДИТЕЛЬ"
- "СМЕНА имеет частью АВТОБУС"

- "АВТОМОБИЛЬ имеет *Госномер*"
- "АВТОБУС имеет *Вместимость*"
- "ВОДИТЕЛЬ имеет *Дату рождения*",
- "*Дата рождения* предшествует *Дате приёма на работу"* и т.п.

В [10] автором был предложен подход к формализации текстового представления *письменной* модели ПрО с использованием исчисления предикатов первого порядка. В основе исчисления лежит понятие предметной переменной с определенной для нее областью допустимых значений, понятие предиката как функции с множеством значений {*истина, ложь*}, определенной на множестве переменных, и понятие правильно построенной формулы, опирающейся на переменные, предикаты и кванторы [11].

В общем случае под n-местным предикатом $P(g_1, g_2,\ldots, g_n)$ понимается функция, определенная на множестве переменных $G = G_1 \times G_2 \times \ldots \times G_n$, принимающая значение либо «истина», либо «ложь». Утверждение, характеризующее взаимосвязь переменных из множества {G} и выражаемое предикатом, воспринимается либо как «истинное», либо как «ложное» в зависимости от значений, принимаемых предметными переменными (в качестве переменных выступают имена сущностей и атрибутов).

В представлении ИМПрО будем использовать двухместные атомарные предикаты, записываемые в следующей форме: $P(g_i, g_j)$, где P – имя предиката, g_i, g_j – предметные переменные. Атомарные предикаты соответствуют нераспространенным предложениям естественного языка, содержащим только один глагол или другую часть речи, выполняющую ту же функцию.

Высказывания из *письменной* модели, выраженные по единому шаблону (приведенные выше), с помощью атомарных предикатов в ИМПрО можно представить, как это принято [12], следующим образом:

- управлять (ВОДИТЕЛЬ, АВТОМОБИЛЬ)
- являться (АВТОБУС, АВТОМОБИЛЬ)
- иметь частью (СМЕНА, ВОДИТЕЛЬ,)
- иметь частью (СМЕНА, АВТОБУС)
- иметь (АВТОМОБИЛЬ, *Госномер*)
- иметь (АВТОБУС, *Вместимость*)
- иметь (ВОДИТЕЛЬ, *Дата рождения*)
- предшествовать (*Дата рождения, Дата приёма на работу*) и т.п.

Если каждому высказыванию, выраженному в *письменной* модели на естественном языке в соответствии с шаблоном $V= <g_i\ r_k\ g_j>$, поставить в соответствие предикат $P_r(g_i, g_j)$, определенный на множестве переменных $G=G_i \times G_j$, то ИМПрО может быть представлена в виде знаковой системы как множество истинных предикатов $M_{ПрО} = \{P_r\ (g_i, g_j)\}$.

Переход к использованию логики предикатов для представления знаний о ПрО в информационной модели имеет, по сравнению с другими способами, преимущество в том, что он использует хорошо развитый и понятный математический аппарат, а сама логика предикатов всесторонне исследована как формальная система [13]. В последующем предикатная ИМПрО может использована в качестве основы для проектирования схемы БД (данный вопрос выходит за рамки настоящего исследования), а также повышения уровня интеллектуальности АИС в целом.

Заключение. Полученная в результате рассмотренного выше трёхэтапного процесса отображения «*предметная* область → *мысленная* модель → *языковая* модель → *письменная* модель» информационная модель предметной области является однородно структурированным текстовым описанием, в достаточной мере формализованным с использованием логики предикатов первого порядка, объективно отражающим семантику предметной области, и, в то же время, независимым от способа последующего отображения её на пространство памяти ЭВМ с использованием какой-либо модели данных. Помимо отражения семантики предметной области, предложенная модель позволит организовать интерфейс пользователя с БД на уровне представлений о предметной области, а не на уровне

структур данных, что повысит интеллектуальность АИС в целом.

Список использованной литературы:

1. *Никаноров С.П.* Концептуализация предметных областей. Серия: Концептуальный анализ и проектирование. Методология и технология. М.: Концепт, 2009. 268 с.
2. *Цаленко М.Ш.* Моделирование семантики в базах данных. М.: Наука, 1989. 287 с.
3. *Масленников К.Ю., Ревунков Г.И., Сатова М.В.* Описание предметной области как неотъемлемый элемент процесса проектирования автоматизированной информационной системы // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2017. Т. 9. № 6. URL: https://naukovedenie.ru/PDF/55TVN617.pdf (дата обращения: 20.04.2023).
4. *Langefors B.* Infological Model and Information User Views // Inform. Systems. 1980. № 5. P. 17-32.
5. *Chen P.P.* The Entity-Relationship Model: Toward a Unified View of Data // ACM Trans, on Database Syst. 1976. Vol. 1. № 1. P. 9-36.
6. *Уёмов А.И.* Вещи, свойства и отношения. М.: Изд. АН СССР, 1963. 230 с.
7. *Smith J.M., Smith D.S.P.* Database Abstractions: Aggregation and Generalization // ACM Trans. On Database Systems. 1977. Vol. 2. № 2. P. 77-96.
8. *Зайцев Н.Г.* Технология обработки данных в языковой форме. К.: Техника, 1989. 180 с.
9. *Попов Э.В.* Общение с ЭВМ на естественном языке. М.: Наука, 1982. 360 с.
10. *Ильин Б.В.* Повышение семантической выразительности информационной модели предметной области // Современная наука и образование: достижения и перспективы развития: труды II Национальной научно-практической конференции. Керчь, 2022. С. 12-17.
11. *Масленников К.Ю., Ревунков Г.И.* Логико-математическая модель построения описания предметной области корпоративной автоматизированной информационной системы // Современная наука и инновации. Технические науки. Информатика и вычислительная техника и управление. 2019. Вып. 1. С. 10-15.
12. *Морозова В.А., Паутов В.И.* Представление знаний в экспертных системах: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2017. 120 с.
13. *Остроух А.В., Суркова Н.Е.* Интеллектуальные информационные системы и технологии: монография. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2015. 370 с.

References:

1. Nikanorov S.P. *Konceptualizaciya predmetnyh oblastej. Seriya: Konceptual'nyj analiz i proektirovanie. Metodologiya i tekhnologiya* [Conceptualization of subject areas Conceptualization of subject areas. Series: Conceptual analysis and design. Methodology and technology]. Moscow, Concept Publ., 2009, 268 p. (In Russian).
2. Calenko M. Sh. *Modelirovanie semantiki v bazah dannyh* [Modeling of semantics in databases]. Moscow, Nauka Publ., 1989, 287 p. (In Russian).
3. Maslenikov K.Yu., Revunkov G.I., Satova M.V. Opisanie predmetnoj oblasti kak neot"emlemyj element processa proektirovaniya avtomatizirovannoj informacionnoj sistemy [Description of the subject area as an integral element of the design process of an automated information system]. *Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE»* [Online journal “Science Studies”], 2017, vol. 9, no. 6. (In Russian). Available at: https://naukovedenie.ru/PDF/55TVN617.pdf (accessed 20.04.2023).
4. Langefors B. Infological Model and Information User Views. *Inform. Systems*, 1980, no. 5, pp. 17-32. (In English).
5. Chen P.P. The Entity-Relationship Model: Toward a Unified View of Data. *ACM Trans, on Database Syst.*, 1976, vol. 1, no. 1, pp. 9-36. (In English).
6. Uyomov A.I. *Veshchi, svojstva i otnosheniya* [Things, Properties and relations]. Moscow, AN SSSR Publ., 1963, 230 p. (In Russian).
7. Smith J.M., Smith D.S. P. Database Abstractions: Aggregation and Generalization. *ACM Trans. On Database Systems*, 1977, vol. 2, no. 2, pp.77-96. (In English).

8. Zajcev N.G. *Tekhnologiya obrabotki dannyh v yazykovoj forme* [Technology of data processing in language form]. Kiev, Tekhnika Publ., 1989, 180 p. (In Russian).
9. Popov E.V. *Obshchenie s EVM na estestvennom yazyke* [Communication with computers in natural language]. Moscow, Nauka Publ., 1982, 360 p. (In Russian).
10. Il'in B.V. Povyshenie semanticheskoj vyrazitel'nosti informacionnoj modeli predmetnoj oblasti [Increasing the semantic expressiveness of the information model of the subject area]. *Trudy 2 Nacional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii «Sovremennaya nauka i obrazovanie: dostizheniya i perspektivy razvitiya»* [Proceedings of the 2nd National Scientific and Practical Conference "Modern science and education: achievements and prospects of development"]. Kerch, 2022. pp. 12-17. (In Russian).
11. Maslenikov K.Yu., Revunkov G.I. Logiko-matematicheskaya model' postroeniya opisaniya predmetnoj oblasti korporativnoj avtomatizirovannoj informacionnoj sistemy [A logical and mathematical model for constructing a description of the subject area of a corporate automated information system]. *Sovremennaya nauka i innovacii. Tekhnicheskie nauki. Informatika i vychislitel'naya tekhnika i upravlenie* [Modern Science and Innovation. Technical Sciences. Computer Science and Computer Engineering and Management], 2019, vol. 1, pp. 10-15. (In Russian).
12. Morozova V.A., Pautov V.I. *Predstavlenie znanij v ekspertnyh sistemah* [Presentation of knowledge in expert systems]. Yekaterinburg, Ural Publ., 2017, 120 p. (In Russian).
13. Ostrouh A.V., Surkova N.Ye. *Intellektual'nye informacionnye sistemy i tekhnologii* [Intelligent information systems and technologies]. Krasnoyarsk, Scientific and Innovation Center Publ., 2015, 370 p. (In Russian).

Сведения об авторе / Information about author

Ильин
Борис Васильевич
канд. техн. наук, доцент кафедры математики, физики и информатики
Керченский государственный морской технологический университет
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
bvi410@mail.ru

Ilyin
Boris Vasilyevich
Ph.D. (Engin.), Associate Professor of the Department of Mathematics, Physics and Computer Science
Kerch State Maritime Technological University
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
bvi410@mail.ru

УДК 621.771.23.09 **DOI: 10.26296/2619-0605.2023.2.2.025**

Максимов А.Б., Кузьменко С.Н.

ВЛИЯНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ДИСЛОКАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛИ

Аннотация. При деформации металлов возникает сложная эволюция и трансформация дислокационной структуры в результате процессов самоорганизации дислокаций. Учет этих эффектов усложняет простую статистическую теорию взаимодействия упругой и магнитной подсистем кристалла, процессов перемагничивания. В частности, это должно приводить к росту остаточной намагниченности и коэрцитивной силы. В работе исследовано влияние циклической деформации изгибом на дислокационную структуру. Установлены основные стадии преобразования дислокационной структуры при деформации циклическим изгибом. На основании полученных данных можно объяснить поведение механических свойств зависимости от плотности дислокаций и их распределения. Прослеживается взаимосвязь между дислокационной структурой и характером движения доменных стенок. Анализ литературных данных следует, что дислокационные скопления препятствуют движению доменных границ. Это должно привести к повышению коэрцитивной силы. Тенденции влияния плотности дислокаций и их распределение на прочность и коэрцитивную силу близки. Поэтому между прочностью и коэрцитивной силой существует устойчивая взаимосвязь. На основе установленных связей представляется возможным по коэрцитивной силе определять прочностные свойства сталей.

Ключевые слова: сталь, дислокационная структура, самоорганизация, фрактальные кластеры, кривые намагниченности, петля гистерезиса, остаточная намагниченность, коэрцитивная сила.

Maksimov A.B., Kuzmenko S.N.

INFLUENCE OF DISLOCATION STRUCTURE TRANSFORMATION ON MECHANICAL AND MAGNETIC CHARACTERISTICS OF STEEL

Abstract. When metals are deformed, a complex evolution and transformation of the dislocation structure occurs as a result of the processes of self-organization of dislocations. Taking into account these effects complicates the simple statistical theory of the interaction of the elastic and magnetic subsystems of the crystal, the processes of magnetization reversal. In particular, this should lead to an increase in residual magnetization and coercive force. The effect of cyclic bending deformation on the dislocation structure is investigated. The main stages of transformation of the dislocation structure during deformation by cyclic bending are established. Based on the data obtained, it is possible to explain the behavior of mechanical properties depending on the density of dislocations and their distribution. The relationship between the dislocation structure and the nature of the movement of the domain walls is traced. Analysis of the literature data shows that dislocation clusters hinder the movement of domain boundaries. This should lead to an increase in coercive force. The trends of the influence of dislocation density and their distribution on strength and coercive force are close. Therefore, there is a stable relationship between strength and coercive force. Based on the established connections, it is possible to determine the strength properties of steels by the coercive force.

Keywords: steel, dislocation structure, self-organization, fractal clusters, magnetization curves, hysteresis loop, residual magnetization, coercive force.

Введение. Прочностные характеристики стали определяются структурным состоянием и дислокационной структурой. Изменение дислокационной структуры под действием деформации изложено в ряде работ [1,2]. Показано, что независимо от вида напряженного

состояния трансформация дислокационная структуры проходит определенные стадии, хотя степень их развития и полноты завершенности может быть различной.

В исходном состоянии нормализованной стали дислокационная структура представляет одиночные дислокации или клубки дислокаций. С началом пластической деформации плотность дислокаций и количество клубков возрастает. При достижении определенной плотности дислокаций из одиночных дислокаций начинают формироваться дислокационные стенки. Это обусловлено снижением внутренней энергии металла. Вследствие четвертой теории прочности пластичность и прочность металла при дальнейшем деформировании возрастают. Отдельные дислокационные стенки смыкаются, образуя ячеистую дислокационную структуру. Такая дислокационная структура, по мнению ряда авторов [1,3], является наиболее благоприятной для пластических и вязкостных свойств стали. Прочность при этом тоже возрастает. Дальнейшее деформирование приводит к трансформации ячеистой структуры в полосовую. По-видимому, это тоже обусловлено снижением внутренней энергии металла, но не столь значительному как в предыдущем случае. Поэтому интенсивность упрочнения снижается. Происходит снижение пластичности и вязкости стали. Металл достигает своего наибольшего упрочнения (предела прочности или временного сопротивления разрушению). При этом запасенная внутренняя энергия достигает своего наибольшего значения. Следующим этапом является образование микротрещин. Здесь внутренняя энергия, запасенная металлом, переходит в поверхностную энергию микротрещин, а затем в поверхностную энергию магистральной трещины.

Известно [4], что между механическими свойствами стали, в особенности, прочностными характеристиками, и коэрцитивной силой наблюдается корреляционная связь с коэффициентом регрессии не ниже 0,9.

Целью настоящего **исследования** являлось проанализировать факторы влияния дислокационной структуры на коэрцитивную силу стали.

Материал и методика исследования. Вследствие малоизученности данной темы были использованы результаты исследования влияния пластического изгиба на механические свойства и дислокационную структуру стали из работ [5, 6]. Исследовалась сталь промышленного производства 10Г2С1 толщиной 8×10^{-3}м. Заготовки размером $300\times 12 \times 8 \times 10^{-3}$ м, вырезанные вдоль направления прокатки подвергались нормализации при температуре $950\pm30℃$ с охлаждением на воздухе. При комнатной температуре их деформировали циклическим изгибом по симметричному циклу с постоянной амплитудой деформации 5,5 %.

Исследования дислокационной структуры проводили на электронном микроскопе «Tesla BS – 540» методом тонких фольг. Образцы для изготовления тонких фольг вырезали на расстояниях 0,2; 2,2 и 4,0 $\times 10^{-3}$ м от поверхности заготовок, деформированных циклическим изгибом с амплитудой деформации 5,5 %.

Нормализованные образцы из сталей 10Г2С1 и Ст3сп подвергали деформации одноосного растяжения на ГОСТ 1497-84 «Металлы. Методы испытания на растяжение» с базой испытания - 100×10^{-3} м.

Образцы испытывали на растяжение со степенью деформации соответственно 1, 3, 5, 14 и 17 %. Деформация 14 % соответствовала максимальной равномерной относительной деформации, стали Ст3сп, а 17 % соответствовала максимальной равномерной относительной деформации для стали 10Г2С1. После снятия нагрузки при каждой степени деформации измеряли коэрцитивную силу на коэрцитиметре КИФМ-1.

Результаты исследования и их обсуждение. При деформации циклическим изгибом прочностные свойства (предел текучести и временное сопротивление разрыву) до суммарной деформации 11 % резко возрастают (рис. 1). Затем до суммарной деформации 22-44 % скорость роста снижается (с уменьшением амплитуды деформации увеличивается суммарная деформация). После этого прочностные характеристики практически не изменяются вплоть до разрушения.

Ударная вязкость при нормальной и пониженной температурах испытания при

амплитуде деформации 5,5 % с увеличением суммарной деформации 5,5 % снижается (рис. 1). При амплитудах деформации 1 и 2 % снижение ударной вязкости при всех температурах испытания происходит при суммарной деформации 11%. Затем происходит частичное восстановление. При суммарной деформации более (20-30 %) происходит дальнейшее снижение ударной вязкости. Аналогичным образом изменяется относительное удлинение.

Электронномикроскопические исследования показали динамику изменения дислокационной структуры по сечения образца при различной суммарной деформации. Тонкие фольги, вырезанные на расстоянии $0{,}2\times 10^{-3}$ м характеризовали изменение дислокационной структуры в приповерхностном слое, то есть где амплитуда деформации при изгибе составляет 5,5 %. Фольги, вырезанные на расстоянии 2,2 10^{-3} м от поверхности, характеризовали металл, деформированный с амплитудой 2,6 %.

В центральной части образца, происходит деформация растяжения на 3-4 %.

Исходная дислокационная структура по всей толщине образца представляет одиночные дислокации, петли, отдельно расположенные дислокационные скопления (рисунок 2 а, б). Плотность дислокаций составляет 5×10^{12} м$^{-2}$.

На начальных стадиях деформирования (до суммарной деформации 5,5%) плотность дислокаций возрастает, а распределение их носит хаотический характер. Затем образуются области с большой плотностью дислокаций, разделенные участками с меньшей плотностью. При суммарной деформации 5,5% распределение дислокаций имеет явно выраженный неравномерный характер (рисунок 2 в, г). Густо переплетенные образования дислокаций формируют отдельные стенки. Интенсивность формирования стенок скоплений дислокаций возрастает от центрального слоя к приповерхностному. Плотность дислокаций в стенках центрального слоя составляет $0{,}35\times 10^{14}$ м$^{-2}$ и возрастает до $2{,}2\times 10^{14}$ м$^{-2}$ в приповерхностном слое. Расстояние между стенками соответственно убывает от (1,25 до 0, 50) $\times 10^{-6}$м. Таким образом, при суммарной деформации 5,5% происходит переход от хаотического распределения плотности дислокации к начальной стадии формирования ячеистой структуры.

Дальнейшее деформирование приводит к формированию явно выраженной ячеистой дислокационной структуры по всей толщине образца. Размер ячеек уменьшается, плотность дислокаций увеличивается. При этом наблюдается наибольшая скорость упрочнения и наибольшее снижение пластичности и вязкости (рисунок 1).

При суммарной деформации 22% (рисунок 2) размер ячеек в приповерхностном слое составляет $0{,}40\times 10^{-6}$м и возрастает до $0{,}64\times 10^{-6}$м в центральном. Плотность дислокаций в стенках соответственно уменьшается от $3{,}20\times 10^{14}$ до $1{,}34\times 10^{14}$ м$^{-2}$. Отдельные группы ячеек образуют блоки с резко выраженной разориентировкой. При ячеистой структуре происходит частичное восстановление пластичности и ударной вязкости и снижение скорости упрочнения (рисунок 1). На этой стадии деформирования в приповерхностом слое ячеистая структуры постепенно переходит в полосовую. Плотность дислокаций в стенках полосовой структуры составляет $3{,}2\times 10^{14}$ м$^{-2}$. Расстояние между полосами составляет $0{,}40\times 10^{-6}$ м.

С увеличением суммарной деформации размер ячеек в промежуточном и центральном слоях продолжает уменьшаться, плотность дислокаций возрастает. Формируется полосовая структура в более нижележащих от поверхности слоях образца.

При суммарной деформации 44% (рисунок 3 в, б) в приповерхностном слое размер ячеек составляет $0{,}35\times 10^{-6}$м и возрастает в центральном до $0{,}50\times 10^{-6}$м. Плотность дислокаций уменьшается соответственно от $4{,}5\times 10^{14}$ м$^{-2}$ до $2{,}2\times 10^{14}$ м$^{-2}$. Расстояние между полосами в приповерхностном слое составляет $0{,}40\times 10^{-6}$м, а в промежуточном – $0{,}70\times 10^{-6}$м. Скорость упрочнения снижается практически до нуля, продолжает падение пластичности и ударной вязкости (рис. 1).

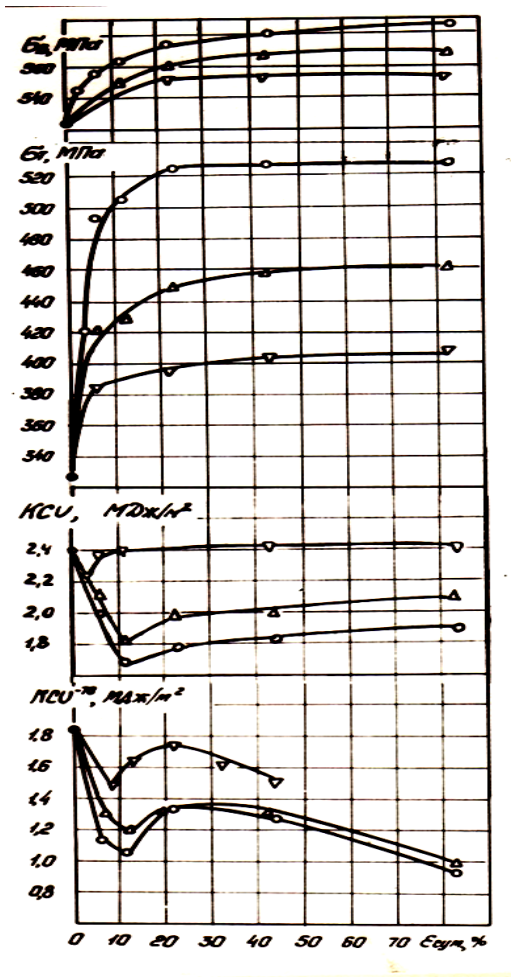


Рисунок 1 – Влияние деформации изгибом на свойства нормализованной стали 10Г2С1; амплитуда деформации: о – 5,5 %, $\Delta - 2$ %, $\nabla - 1$ % [5].

Деформирование до суммарной деформации 82,5% сопровождается уменьшением размеров ячеек, расстояний между полосами увеличением плотности дислокаций. Наличие полосовой дислокационной структуры наблюдается по всей толщине образца. В приповерхностном слое образуются микротрещины (рис. 3 в, г). По-видимому, с уменьшением размера ячеек и расстояния между полосами возрастает вероятность образования несплошностей материала, которые являются очагами разрушения.

Анализ развития дислокационной структуры по толщине образца при циклическом изгибе показывает, что образование ячеистой структуры в центре происходит при меньшей плотности дислокаций, чем в приповерхностном слое. Значения плотности дислокаций составляют соответственно $1{,}34\times 10^{14}$ м$^{-2}$ и $3{,}20\times 10^{14}$ м$^{-2}$. Формирование ячеистой структуры происходит за счет переползания дислокаций. Процесс переползания дислокаций определяется количеством и подвижностью вакансий [7]. Подвижность вакансий, вероятно, одинаковая по всей толщине образца, так как одинаковая температура деформирования. При деформации вакансии образуются за счет перемещения порогов, возникающих при пересечении дислокаций. Поэтому, чем выше плотность дислокаций, тем больше вероятность их пересечения, а, следовательно, больше образуется вакансий. Однако, и сами дислокации являются стоками для вакансий. При циклической деформации, кроме того, вакансии образуются вследствие реверсивного движения дислокаций. С уменьшением амплитуды деформации плотность вакансий возрастает и это связано с повышением возможности обратимого движения дислокаций.

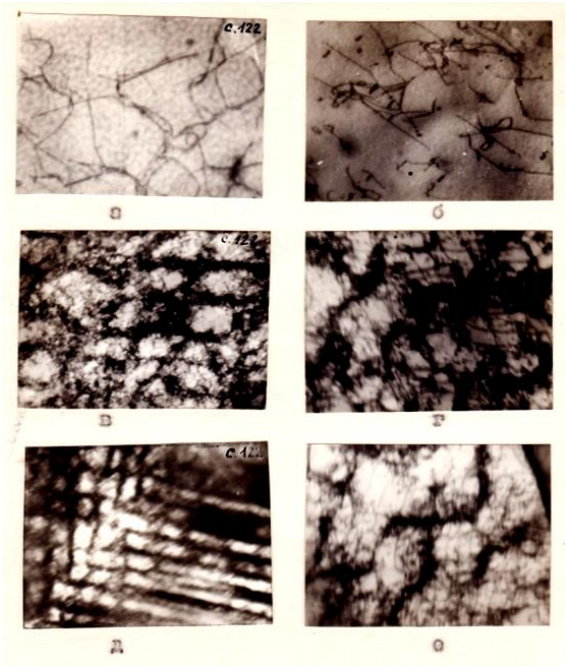


Рисунок 2 – Дислокационная структура нормализованной стали 10Г2С1:
а, б – исходное состояние; в, г - суммарная деформация 5,5 %; д, с – суммарная деформация 22%; а, в, д – приповерхностный слой; а, б, в, г, с – × 22000, д – 16000 [6]

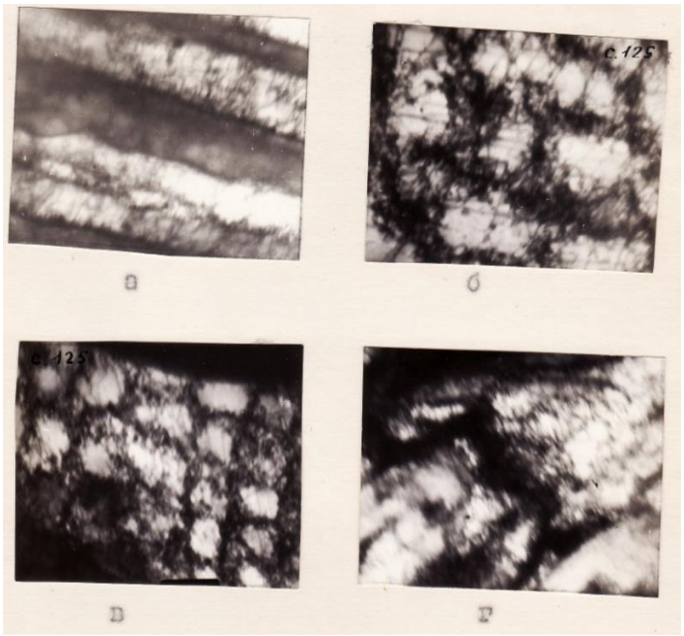


Рисунок 3 – Дислокационная структура нормализованной стали 10Г2С1:
а, б – суммарная деформация 44 %; в, г – суммарная деформация 82,5 %; а, в, г – приповерхностный слой; б – центральный слой× 22000 [6]

Для магнитных материалов фундаментальным является вопрос связи упругой и магнитной подсистем кристаллов и поликристаллов. Установление однозначных связей этих подсистем дает широкие возможности контроля состояния упругой подсистемы по магнитным измерениям и управления магнитными свойствами материалов путем трансформации кристаллической структуры, в частности, деформациями и термообработкой. Большое количество ссылок на технические приложения этих проблем можно найти в источниках [8-11].

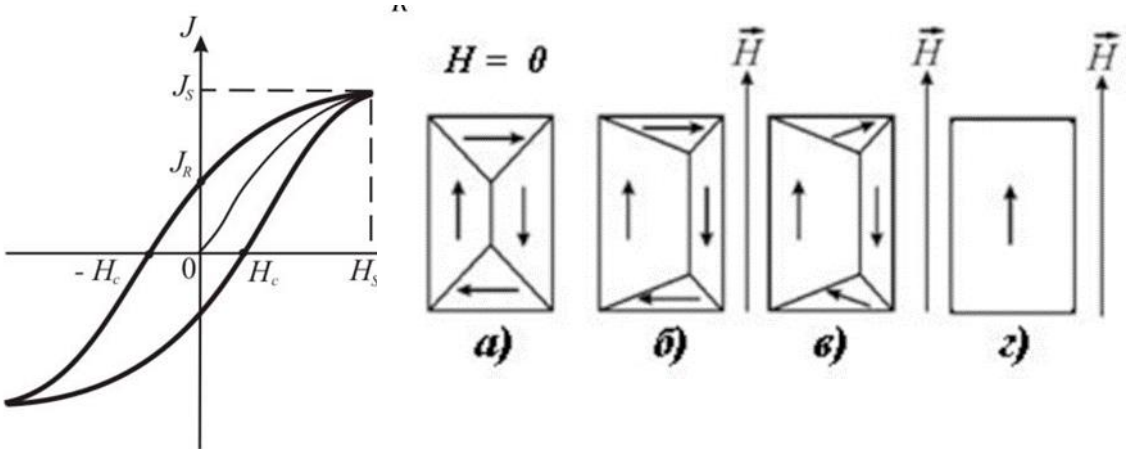


Рисунок 4 – Кривая намагничивания и петля гистерезиса (слева): J_R – остаточная намагниченность, $J_S, H_S,$ – намагниченность и напряженность магнитного поля насыщения, H_c – коэрцитивное поле. Преобразование доменной структуры в процессе намагничивания (справа): а) размагниченное равновесное состояние без магнитного поля; б) смещение доменных границ; в) вращение намагниченности; г) состояние насыщения

Влияние изложенных выше преобразований дислокационной структуры сталей на их магнитные свойства есть смыл обсудить с наиболее общей точки зрения, т.к. для детального анализа необходимы дополнительные магнитные экспериментальные данные.

Наибольшей чувствительность к кристаллической структуре на магнитной петле гистерезиса (рис.4) обладают остаточная намагниченность J_R и коэрцитивная сила H_c [12]. Их значения определяются прежде всего подвижностью доменных границ, которая ограничена дефектами кристалла. Преимущественную роль в ограничении подвижности и закреплении доменных границ играют дислокации. Обобщенный статистический анализ их роли в процессах намагничивания изложен уже в работе [13]. Для данного анализа наиболее существенно утверждение в этой работе, согласно которому коэрцитивное поле пропорционально корю квадратному из плотности дислокаций ρ

$$H_c \sim \sqrt{\rho}\,. \qquad (1)$$

Такая зависимость хорошо соответствует результатам работы [8] при малых деформациях, пока плотность дислокаций пропорциональна величине деформаций (рис. 5). Соотношение (1) имеет следующее статистическое толкование. Плотность дислокаций ρ в кристалле подразумевается среднестатистической. Различие в положении доменной границы, т.е. возникновение закрепляющих ее сил и, как следствие, коэрцитивной силы H_c , возможно только за счет флуктуаций числа дислокаций в объеме доменной стенки.

Величина флуктуаций пропорциональна корню квадратному из числа дислокаций, а при постоянном объеме доменной стенки – плотности дислокаций. Статистические флуктуации плотности дислокаций создают для движения доменной границы случайный «потенциальный рельеф» (рис. 5), на котором она испытывает стохастические закрепления и скачки Баркгаузена [14] при перемагничивании. Высота этих барьеров определяет коэрцитивную силу для частичных петель гистерезиса, а максимальная высота – для предельной петли гистерезиса.

Описанная выше трансформация дислокационной структуры кристалла при различных степенях деформации вносит в такой механизм закрепления доменных границ существенные коррективы. Согласно работам [15,16] эволюция и самоорганизация дислокационных структур сначала приводит к образованию фрактальных кластеров (рис.6), компактификация

которых далее приводит формированию супердефектов, являющихся структурными элементами нового уровня.

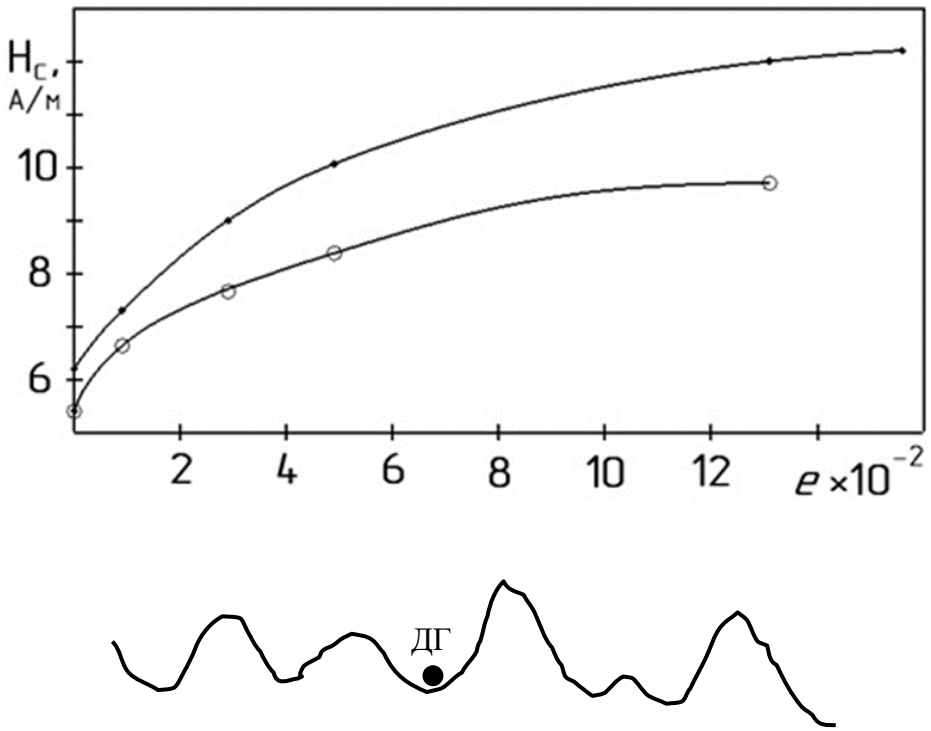


Рисунок 5 – Зависимость коэрцитивной силы от истинной деформации растяжения: • – сталь Ст3сп, ∘ – сталь 10Г2С1 [8] (вверху). Случайный «потенциальный рельеф», создаваемый для движения доменной границы (ДГ) статистическими флуктуациями плотности дислокаций (внизу)

Статистическое толкование соотношения (1) относится только к хаотическому распределению дислокаций (рис. 2, а, б, рис. 6, а). Более сложные варианты дислокационных структур (рис. 6, б, в, г) существенно меняют структуру упругого поля кристалла и его взаимодействие с магнитной подсистемой. По-видимому, поле упругости становится более структурированным, высота «потенциальных» барьеров для движения доменных границ возрастает. Как следствие, должны вырасти остаточная намагниченность и коэрцитивная сила.

Выводы. На основании литературных и полученных экспериментальных данных проанализировано влияние пластической деформации на изменение дислокационной структуры стали. Показано, что механические свойства стали зависят от плотности и распределения дислокаций. Плотность и распределение дислокаций оказывают тормозящее влияние на движение доменных границ. Повышение плотности дислокаций вызывает повышение прочности стали. Вместе с тем повышение плотности дислокаций приводит к повышению коэрцитивной силы. Причем характер изменения прочности и коэрцитивной силы близки. На этом основании можно сделать вывод, что между прочностью и коэрцитивной силой лежит устойчивая функциональная зависимость. В этой связи представляется возможным по значениям коэрцитивной силе оценивать прочностные свойства: предел текучести и временное сопротивлению разрыва.

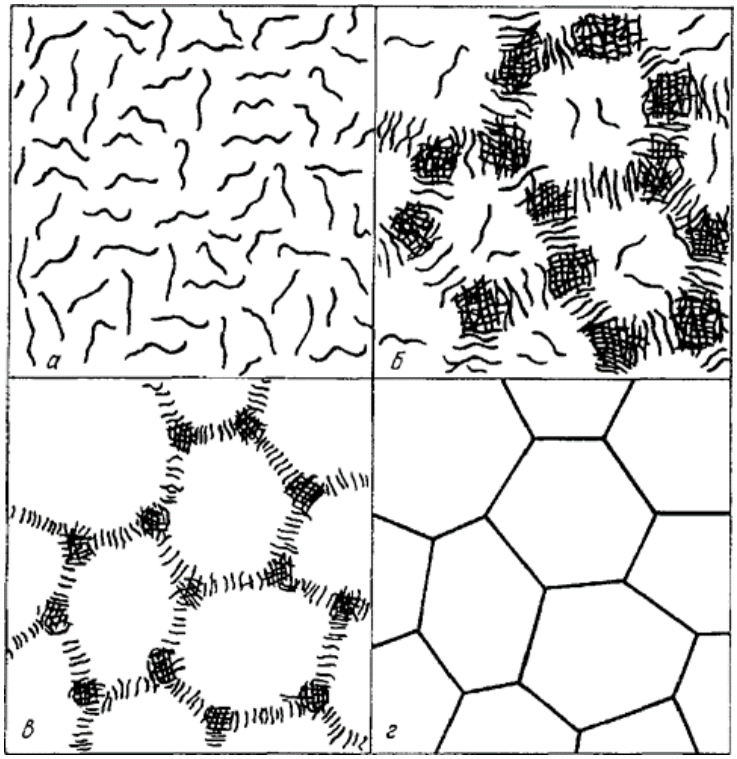


Рисунок 6 – Схематическое представление перестройки однородной дислокационной структуры в ячеистую [16]:
а — хаотическое распределение дислокаций. *б*, *в* — образование дислокационных клубков и рыхлых стенок. *г* — ячеистая структура

Список использованной литературы:

1. *Иванова В.С.* Природа усталости металлов. М.: Металлургия, 1975. 456 с.
2. *Владимиров В.И.* Физическая природа разрушения. М.: Металлургия. 1984. 280 с.
3. *Иванова В.С.* Синергетика. Прочность и разрушение металлических материалов. М.: Наука, 1992. 158 с.
4. *Вакуленко К.В, Казак И.Б., Безлюдько Г.Я.* Изменение коэрцитивной силы при усталостных испытаниях образцов из стали 40Х // Проблемы машиностроения. 2015. Т. 18. № 2. С. 66-71.
5. *Подгайский М.С. Максимов А.Б.* Влияние циклической деформации знакопеременным изгибом на механические свойства низколегированных сталей в зависимости от исходного структурного состояния // Термическая и термомеханическая обработка проката. М.: Металлургия, 1981. С. 25-27.
6. *Подгайский М.С. Максимов А.Б., Нескуб Ю.П., Новик В.И.* Влияние деформации циклическим изгибом на дислокационную структуру стали 10Г2С1 // Известия АН СССР. Металлы. 1985. № 5. С. 131-133
7. *Hempel M., Shader A.* Gleitspurenander Oberfläche von Oleitspurenan der Oberfläche biegewechselbeanspruchtez. 2 Eisen – Einkristalloproben // Arhiv für das Eisenhiittenwessen. 1957. № 8. P. 433-444.
8. *Maksimov A.B., Erokhina I.S.* Nondestructive Method for Determining the Lifetime of Carbon and Low-Alloy Steels // Inorganic Materials: Applied Research. 2022. Vol. 13. № 4. P. 914-918.
9. *Михеев М.Н., Горкунов Э.С.* Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля. М.: Наука, 1993. 252 с.
10. *Горкунов Э.С. Мушников А.Н.* Магнитные методы оценки упругих напряжений в ферромагнитных сталях (обзор) // Контроль. Диагностика. 2020. № 12. С. 4-23.

11. *Мушников А.Н.* Влияние объемного напряженного состояния на магнитные характеристики конструкционных сталей: дис. … канд. техн. наук: 05.16.01 / Александр Николаевич Мушников. Екатеринбург, 2021. 19 с.
12. *Вонсовский С.В.* Магнетизм. М.: Наука, 1971. 1032 с.
13. *Тройбле Г., Зегер А.* Влияние дефектов кристаллической решетки на процессы намагничивания в ферромагнитных кристаллах. Пластическая деформация монокристаллов. М.: Мир, 1969. 252 с.
14. *Рудин А.К.* Эффект Баркгаузена // УФН. 1970. Т. 101. Вып. 2. С. 429-461
15. *Панин В.М. Гриняев Ю.В., Данилов В.И.* Структурные уровнии пластической деформации и разрушения//Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. 255 с.
16. *Олемской А.И., Флат А.Я.* Использование концепции фрактала в физике конденсированной сред // УФН. 1993. Т. 163. № 12. С. 1-50.

References:

1. Ivanova V.S. *Priroda ustalosti metallov* [The nature of metal fatigue]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1975, 456 p. (In Russian).
2. Vladimirov V.I. *Fizicheskaya priroda razrusheniy* [The physical nature of destruction.]. Moscow, Metallurgiya Publ.,. 1984, 280 p. (In Russian).
3. Ivanova V.S. Sinergetika. *Prochnost' i razrushenie metallicheskih materialov* [Synergetics. Strength and destruction of metallic materials]. Moscow, Nauka Publ., 1992, 158 p. (In Russian).
4. Vakulenko K.V, Kazak I.B., Bezlyud'ko G.Ya. Izmenenie koercitivnoj sily pri ustalostnyh ispytaniyah obrazcov iz stali 40H [Change of coercive force during fatigue tests of 40X steel samples]. *Problemy mashinostoroeniya* [Problems of mechanical engineering], 2015, vol. 18, no. 2, pp. 66-71. (In Russian).
5. Podgajskij M.S. Maksimov A.B. *Vliyanie ciklicheskoj deformacii znakoperemennym izgibom na mekhanicheskie svojstva nizkolegirovannyh stalej v zavisimosti ot iskhodnogo strukturnogo sostoyaniya* [The effect of cyclic deformation by alternating bending on the mechanical properties of low-alloy steels depending on the initial structural state]. Termicheskaya i termomekhanicheskaya obrabotka prokata. Moscow, Metallurgiya Publ., 1981, pp. 25-27. (In Russian).
6. Podgajskij M.S. Maksimov A.B., Neskub YU.P., Novik V.I. Vliyanie deformacii ciklicheskim izgibom na dislokacionnuyu strukturu stali 10G2S1 [The effect of cyclic bending deformation on the dislocation structure of 10G2C1 steel]. *Izvestiya AN SSSR. Metally* [Proceedings of the USSR Academy of Sciences. Metals], 1985, no. 5, pp. 131-133. (In Russian).
7. Hempel M., Shader A. Gleitspurenander Oberfläche von Oleitspurenan der Oberfläche biegewechselbeanspruchtez. 2 Eisen – Einkristalloproben. *Arhiv für das Eisenhiittenwessen*, 1957, no. 8, pp. 433-444. (In German)
8. Maksimov A.B., Erokhina I.S. Nondestructive Method for Determining the Lifetime of Carbon and Low-Alloy Steels. *Inorganic Materials: Applied Research*, 2022, vol. 13, no. 4, pp. 914-918. (In English).
9. Miheev M.N., Gorkunov E.S. *Magnitnye metody strukturnogo analiza i nerazrushayushchego kontrolya.* [Magnetic methods of structural analysis and non-destructive testing]. Moscow, Nauka Publ., 1993, 252 p. (In Russian).
10. Gorkunov E.S. Mushnikov A.N. *Magnitnye metody ocenki uprugih napryazhenij v ferromagnitnyh stalyah (obzor)* [Magnetic methods for estimating elastic stresses in ferromagnetic steels (review)]. *Kontrol'. Diagnostika* [Control. Diagnostics], 2020, no. 12, pp. 4-23. (In Russian).
11. Mushnikov A.N. *Vliyanie ob"emnogo napryazhennogo sostoyaniya na magnitnye harakteristiki konstrukcionnyh stalej. Diss. kand. tekhn. nauk* [Influence of the volumetric stress state on the magnetic characteristics of structural steels. Cand. engin. sci. diss.]. Ekaterinburg, 2021, 19 p. (In Russian).

12. Vonsovskij S.V. *Magnetizm* [Magnetism]. Moscow, Nauka Publ., 1971, 1032 p. (In Russian).
13. Trojble G., Zeger A. *Vliyanie defektov kristallicheskoj reshetki na processy namagnichivaniya v ferromagnitnyh kristallah. Plasticheskaya deformaciya monokristallov* [Influence of crystal lattice defects on magnetization processes in ferromagnetic crystals. Plastic deformation of single crystals]. Moscow, Mir Publ., 1969, 252 p. (In Russian).
14. Rudin A.K. *Effekt Barkgauzena* [Barkhausen effect]. *UFN* [APS], 1970, vol. 101, iss. 2, pp. 429-461. (In Russian).
15. Panin V.M. Grinyaev Yu.V., Danilov V.I. *Strukturnye urovnii plasticheskoj deformacii i razrusheniya* [Structural effects of plastic deformation and destruction]. Novosibirsk, Nauka Publ., Sib. otd-nie Publ., 1990, 255 p. (In Russian).
16. Olemskoj A.I., Flat A.Ya. Ispol'zovanie koncepcii fraktala v fizike kondensirovannoj sred [The use of the fractal concept in condensed matter physics]. *UFN* [APS], 1993, vol. 163, no. 12, pp. 1-50. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

Максимов Александр Борисович
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Машины и аппараты пищевых производств»
Керченский государственный морской технологический университет
298309, Россия, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
aleksandrmks@yandex.ru

Maximov Alexander Borisovich
Ph.D. (Engin.), Associate Professor of the Department of machines and production apparatuses of food
Kerch State Maritime Technological University
298309, Russia, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
aleksandrmks@yandex.ru

Кузьменко Сергей Николаевич
канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры математики, физики и информатики
Керченский государственный морской технологический университет
298309, Россия, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
ksn1160@mail.ru

Kuzmenko Sergey Nikolaevich
Ph.D. (Phys.-Math.), Associate Professor at the Department of mathematics, physics and computer science
Kerch State Maritime Technological University
298309, Russia, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82
ksn1160@mail.ru