

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

**НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ – 2021
МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(Мурманск, 1 декабря 2021 г.)**

Текстовое электронное издание

Мурманск
Издательство МГТУ
2022

УДК 001+378(063)
ББК 95+72+74.484я431
Н 34

Редакционная коллегия:

Л. С. Баева, канд. техн. наук, доцент
М. В. Васёха, д-р техн. наук, доцент
Ж. В. Васильева, канд. техн. наук, доцент
Е. В. Макаревич, канд. биол. наук, доцент

Н 34 Наука и образование–2021: материалы Всерос. науч.-практ. конф., Мурманск, 1 декабря 2021 г. / Мин-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Мурм. гос. техн. ун-т. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2022. – 1 опт. компакт-диск (CD-ROM). – Систем. требования: РС не ниже класса Pentium II 128 MbRAM ; Windows 9X–10 ; свободное место на HDD 131 Mb ; привод для компакт дисков CD-ROM 2-х и выше. – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-907368-50-7

В сборнике опубликованы доклады участников Всероссийской научно-практической конференции "Наука и образование–2021", которая состоялась 1 декабря 2021 г. в Мурманском государственном техническом университете.

Издание предназначено для научных, научно-педагогических работников, докторантов, аспирантов, специалистов, ведущих научные исследования по направлениям работы конференции.

Текстовое электронное издание

Минимальные системные требования:
РС не ниже класса PentiumII 128 MbRAM;
свободное место на HDD 131 Mb;
привод для компакт дисков CD-ROM 2х и выше.

© Мурманский государственный
технический университет, 2022

Текстовое электронное издание

Научное издание

Минимальные системные требования:
PC не ниже класса PentiumII 128 MbRAM;
свободное место на HDD 131 Mb;
привод для компакт дисков CD-ROM 2x и выше

Наука и образование–2021
Материалы Всероссийской научно-практической конференции

Редакционная коллегия:
Л. С. Баева, канд. техн. наук, доцент
М. В. Васёха, д-р техн. наук, доцент
Ж. В. Васильева, канд. техн. наук, доцент
Е. В. Макаревич, канд. биол. наук, доцент

Подписано к использованию 08.11.2022
Объём издания 35 Мб
Тираж 30 экз.

ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет"
183010, г. Мурманск, ул. Спортивная, 13.
Телефон (8152) 40-33-56
Факс (8152) 40-35-56
E-mail: office@mstu.edu.ru
<http://www.mstu.edu.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО СТЕНДА ДЛЯ ЛАБОРАТОРИИ УНИВЕРСИТЕТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ	14
<i>Емашев М. О., Жук А. А.</i>	
РЕАЛИЗАЦИЯ ПАНЕЛИ ОПЕРАТОРА С ФУНКЦИЯМИ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА	18
<i>Ерещенко В. В.</i>	
МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ НА ЯЗЫКАХ ПРОГРАММИРОВАНИЯ СТАНДАРТА МЭК В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	23
<i>Жук А. А.</i>	
АНАЛИЗ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА 2017–2030 ГОДЫ	30
<i>Кайченев А. В.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МРС-РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ КОНТУРА УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ В ПРОЦЕССЕ КОПЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	34
<i>Кайченев А. В., Жук А. А., Висков А. Ю., Благовещенский И. Г.</i>	
МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ КОПТИЛЬНО-СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ	39
<i>Кайченев А. В.</i>	
МНОГОКОНТУРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ КОПТИЛЬНО-СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ	43
<i>Кайченев А. В.</i>	
РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНЫХ СТЕНДОВ "КОМПЛЕКС ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ОТЛАДКИ ПРОЕКТОВ АСУ ТП" НА БАЗЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ "ОВЕН"	47
<i>Кайченев А. В., Яценко В. В., Селяков И. Ю., Потапов Н. С., Висков А. Ю., Лукин С. А.</i>	
КЛАССИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛОПРОКАТА НА ОСНОВЕ СЛУЧАЙНОГО ЛЕСА	54
<i>Климачев С. А., Соловьев Н. А.</i>	

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ МЕХАНИЗМАМИ С БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ДАННЫХ.....	57
<i>Кулемин В. В., Ерещенко В. В.</i>	
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДВУСТОРОННИХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ.....	63
<i>Потапов Н. С.</i>	
ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОТОБРАЖЕНИЯ БОЛЬШОГО МАССИВА ДАННЫХ GRAF VIEWER	68
<i>Потапов Н. С., Кайченев А. В.</i>	
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСПРОВОДНОГО УСТРОЙСТВА ВВОДА-ВЫВОДА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	75
<i>Селяков И. Ю., Ерещенко В. В., Кайченев А. В.</i>	
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ФАКТИЧЕСКОГО СТЕРИЛИЗУЮЩЕГО ЭФФЕКТА ГОТОВЫХ КОНСЕРВОВ ИЗ ГИДРОБИОНТОВ	80
<i>Столянов А. В.</i>	

БИОРЕСУРСЫ, УСТОЙЧИВОСТЬ И РАЗВИТИЕ ЭКОСИСТЕМ

СЕВЕРНАЯ БЕНТОЗЕМА В МОРЯХ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ	87
<i>Долгов А. В.</i>	
СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ НЕЛЬМЫ STENODUS LEUCICHTHYS NELMA (SALMONIFORMES, COREGONIDAE) ВОДОЕМОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЯКУТИИ	92
<i>Кириллов А. Ф., Горохова Е. С.</i>	
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАЗНОГЛУБИННОГО ТРАЛОВОГО КОМПЛЕКСА	99
<i>Недоступ А. А., Ражев А. О.</i>	
СОСТОЯНИЕ ПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА ЧУКОТСКОГО МОРЯ ОСЕНЬЮ 2020 Г.	106
<i>Шебанова М. А., Кузнецова Н. А.</i>	

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В АРКТИКЕ И РАДИОЛОКАЦИЯ, РАДИОНАВИГАЦИЯ, РАДИОСВЯЗЬ

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВЫСОТНОГО ПРОФИЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПО ДАННЫМ ИОНОЗОНДА НАКЛОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ "МИР"	113
<i>Волков М. А., Гурин А. В.</i>	
РАСЧЕТ ТРАЕКТОРИЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДЕКАМЕТРОВЫХ РАДИОВОЛН В ИОНОСФЕРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБЛИЖЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ	120
<i>Волков М. А., Гурин А. В.</i>	
СПОСОБ СОЗДАНИЯ МОБИЛЬНОЙ АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ С ВЫСОКИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ СВЕРХДЛИННОВОЛНОВОГО – КОРОТКОВОЛНОВОГО ДИАПАЗОНА	128
<i>Гурин А. В., Милкин В. И., Шульженко А. Е., Козелов Б. В., Миличенко А. Н.</i>	

СИСТЕМА АРКТИЧЕСКОЙ СРЕДНЕВОЛНОВОЙ РАДИОСВЯЗИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	133

Давлетова Д. А., Милкин В. И., Борисова Л. Ф., Шульженко А. Е.

О СХОДСТВЕ И РАЗЛИЧИИ МЕЖДУ ОРИЕНТАЦИЕЙ ПОПЕРЕЧНОЙ АНИЗОТРОПИИ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ И НАПРАВЛЕНИЕМ ДРЕЙФА СРЕДНЕМАСШТАБНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В F-ОБЛАСТИ ИОНОСФЕРЫ НАД МОСКОВСКИМ РЕГИОНОМ	139

Романова Н. Ю., Телегин В. А., Панченко В. А., Жбанков Г. А.

КЛАССИЧЕСКОЕ И ИННОВАЦИОННОЕ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

ДЕФИЦИТ СПЕЦИАЛИСТОВ В СФЕРЕ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	147

Барабашина С. И., Глухарев А. Ю.

ПРОБЛЕМА МОДЕРНИЗАЦИИ КАЧЕСТВА СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ	151

Гончарова Г. С.

ЦИФРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В СТАНОВЛЕНИИ РАДИОИНЖЕНЕРА	158

Давлетова Д. А.

ТРАДИЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ УСПЕШНОГО ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ	162

Дьяченко И. И.

О ПРОБЛЕМЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИСТАНЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИЗУЧЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН	166

Зайчикова Д. С.

НОВАЦИИ В ОБРАЗОВАНИИ: ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ	171

Мачкарина О. Д., Глухих Я. А.

ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ	179

Пеньковский Д. В., Пеньковская К. В.

SCHOOLS ON SPITSBERGEN (THE NATIVE EXPERIENCE)	184

Portcel A., Malaeva A.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ	192

Романов С. Ф.

ОБ ОПЫТЕ ОБУЧЕНИЯ В НОРВЕЖСКОЙ МАГИСТРАТУРЕ	197

Скрябин А. В., Коваленко А. С.

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИН "ЗООЛОГИЯ" ОБУЧАЮЩИМСЯ В РЕГИОНАЛЬНОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ	203

Тюкина О. С., Кравец П. П.

ПРОБЛЕМА ПРОКРАСТИНАЦИИ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВРЕМЕНЕМ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ	208

Фомин К. Ю.

КЛАССИЧЕСКОЕ И ИННОВАЦИОННОЕ В ПРИЗМЕ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ	214
<i>Хармич Е. Е.</i>	

ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ (НА ПРИМЕРЕ МУРМАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА).....	219
<i>Якубович М. И.</i>	

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПРОГРАММНЫЕ РАЗРАБОТКИ

ОСОБЕННОСТИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ В ВОДОХОДНЫХ ДВИЖИТЕЛЯХ САМОХОДНЫХ ПАРОМОВ	227
<i>Рахматуллин Р. Р., Месропян А. В.</i>	

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА СИСТЕМЫ "КОРПУС – ВОДОХОДНЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ" САМОХОДНОГО ПАРОМА	232
<i>Рахматуллин Р. Р., Месропян А. В.</i>	

ANDROID-ПРИЛОЖЕНИЕ "РАСПИСАНИЕ МГТУ" КАК ИСТОЧНИК ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА	236
<i>Золотов О. В., Романовская Ю. В.</i>	

МИКРОБИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ И МЕДИЦИНА

РЕЗИСТЕНТНОСТЬ НОЗОКОМИАЛЬНЫХ ШТАММОВ <i>KLEBSIELLA PNEUMONIAE</i> СРЕДИ ПАЦИЕНТОВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ БОЛЬНИЦЫ	243
<i>Гарбуль А. В., Маркина Л. А.</i>	

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНТАГОНИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ПРОБИОТИЧЕСКИХ МОЛОЧНОКИСЛЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ	250
<i>Зайчикова Д. С., Алтатова С. О., Макаревич Е. В.</i>	

АНАЛИЗ АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ БИОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ПАЦИЕНТОВ ГБОУЗ "КОЛЬСКАЯ ЦРБ"	255
<i>Кривенко О. Г., Афанасьева А. А., Мишанина Л. А.</i>	

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАКТЕРИАЛЬНОГО ФЕРМЕНТА В-ГАЛАКТОЗИДАЗА ДЛЯ ГИДРОЛИЗА И ТРАНСГАЛАКТОЗИЛИРОВАНИЯ ЛАКТОЗЫ В МОЛОКЕ	261
<i>Крысанова Ю. И.</i>	

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДУКТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПУТЕМ ФЕРМЕНТИРОВАНИЯ МОЛОКА КЕФИРНЫМ И МОЛОЧНЫМ ГРИБКАМИ	268
<i>Литвинова М. Ю., Рассказова М. С.</i>	

ОЦЕНКА АНТАГОНИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРОБИОТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ К УСЛОВНО-ПАТОГЕННОЙ МИКРОФЛОРЕ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СТРЕССОВЫХ ФАКТОРОВ ЖКТ	275
<i>Макаревич Е. В., Зайчикова Д. С., Хайрутдинова А. Ж.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ВРЕМЯПРОЛЕТНОЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ С МАТРИЧНО АССОЦИИРОВАННОЙ ЛАЗЕРНОЙ ДЕСОРБЦИЕЙ/ИОНИЗАЦИЕЙ (MALDI-ToF MS) ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ, ИЗОЛИРОВАННЫХ ИЗ КИШЕЧНОГО МИКРОБИОМА САДКОВОЙ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (<i>PARASALMO (=ONCORHYNCHUS) MYKISS</i>)	279
<i>Потешкина В. А., Ускова И. В., Ермолина А. Б.</i>	
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ БАКТЕРИЙ РОДА <i>ENTEROCOCCUS</i> К ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИМ СРЕДСТВАМ	285
<i>Ускова С. С., Мартынова А. В.</i>	

ПРОБЛЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	291
<i>Баженова К. А., Сенецкая Л. Б.</i>	
ОСОБЕННОСТИ ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ КУРСАНТОВ НА ВЫСОКОВОЛЬТНОМ ТРЕНАЖЕРЕ КРУ-10	296
<i>Власов А. Б., Урванцев В. И., Мухалев В. А.</i>	
ОСОБЕННОСТИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В ВУЗЕ В РАМКАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ	303
<i>Власова С. В.</i>	
ОБ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ МЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕР	306
<i>Гнатюк В. С., Никонов О. А., Михайлюк А. В.</i>	
О СПЕЦИФИКЕ ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА "МЕХАНИКИ ЖИДКОСТИ И ГАЗА" В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ.....	313
<i>Гнатюк В. С., Никонов О. А., Шолохов В. С.</i>	
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ, ВЫБОР АППАРАТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАЩИТЫ И СИГНАЛИЗАЦИИ.....	318
<i>Кучеренко В. В., Бувев С. А.</i>	
РУТНОН КАК СИСТЕМА ИНТЕРАКТИВНЫХ НАУЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ И СРЕДСТВО РАСШИРЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СВОБОДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА	323
<i>Лейко Н. Н., Бучкова З. А., Майорова О. В.</i>	
КОНФЕРЕНЦИИ КАК СРЕДСТВО АКТИВИЗАЦИИ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ	330
<i>Майорова О. В., Лейко Н. Н., Бучкова З. А.</i>	
КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТРЕНАЖЕР "СУДОВАЯ ГРУЗОВАЯ ЛЕБЕДКА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА"	333
<i>Саватеев Д. А.</i>	

СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕЛКА И ПОРТА ДИКСОН.....	340
<i>Богатов Н. А., Берстнев Н. Д., Егоров А. А.</i>	
ДИДАКТИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОНТЕНТА В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ	346
<i>Волкова Т. П.</i>	
СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ СЕВЕРНОЙ ПЕРИФЕРИИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ.....	353
<i>Воронин А. В., Гайнутдинов Р. К., Самородов В. Н., Денисова И. А.</i>	
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОЦЕССА ИНОЯЗЫЧНОЙ ПОДГОТОВКИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ.....	360
<i>Малаева А. В., Глоба Т. А.</i>	

СТРОИТЕЛЬСТВО, ЭНЕРГЕТИКА И ТРАНСПОРТ

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ.....	367
<i>Баринов А. С., Гусев Е. С.</i>	
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЕЙ	371
<i>Баринов А. С., Караченцева Я. М.</i>	
ЛЬДОГЕНЕРАТОРЫ В ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ	376
<i>Иванов И. Ю., Пантилеев С. П.</i>	
МОДУЛЬ ДЕФОРМАЦИЙ БЕТОНА КАК ДИСКРЕТНАЯ ФУНКЦИЯ УРОВНЯ НАГРУЖЕНИЯ И ВРЕМЕНИ.....	382
<i>Котов А. А.</i>	
ОСОБЕННОСТИ ЛОГИСТИКИ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА	389
<i>Тиунов Д. С., Воробьев И. С., Харитonenков А. П.</i>	

ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ, РАЗРАБОТКА ПРОДУКЦИИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОНСЕРВОВ ИЗ ПЕЧЕНИ ТРЕСКИ, ВЫПУСКАЕМЫХ НА СУДАХ АО "МУРМАНСЕЛЬДЬ-2"	395
<i>Ершов М. А., Куранова Л. К., Соколан Н. И., Новожилов М. П., Гроховский В. А., Герасимов Д. В.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ, ПРИГОТОВЛЕННОЙ НА ОСНОВЕ РЫБНОГО ГИДРОЛИЗАТА.....	401
<i>Живлянцева Ю. В., Куранова Л. К., Гроховский В. А.</i>	

ПОДБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ УСТАНОВКИ КОМБИНИРОВАННОГО БЛАНШИРОВАНИЯ ВОДОЙ И ПАРОМ	405

Жихорук А. А., Голубева О. А.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ БАКТЕРИЦИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СВЕКЛОВИЧНОЙ МАССЫ ПЕРЕД ПРЕССОВАНИЕМ.....	409

Кульнева Н. Г., Матвиенко Н. А., Машкина Н. Г., Исакова Д. А.

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ НАПИТКА ДЛЯ СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ СО СНИЖЕННОЙ АЛЛЕРГЕННОСТЬЮ	416

Мельникова Е. И., Богданова Е. В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЮРЕ РЕВЕНЯ В ТЕХНОЛОГИИ ПАСТИЛЬНОГО КОНДИТЕРСКОГО ИЗДЕЛИЯ	420

Овчинникова Е. Е., Чугунова О. В.

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМАХ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КУРИНОГО ФИЛЕ	425

Степнева Е. В., Чугунова О. В.

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ФЛОТА, СУДОСТРОЕНИЯ И СУДОРЕМОНТА

СРАВНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ТГА СОСТАРЕННЫХ СУДОВЫХ КАБЕЛЕЙ.....	430

Власов А. Б., Буев С. А.

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА РАЗНОГЛУБИННОГО ТРАЛА ДЛЯ ВЫЛОВА РЯПУШКИ (<i>COREGONUS ALBULA</i>) В ОЗЕРЕ ВИШТЫНЕЦКОЕ	435

Недоступ А. А., Ражев А. О.

КРИТЕРИИ ПОДОБИЯ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГИДРОПОДПОРА В ТРАЛОВЫХ МЕШКАХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЖЕСТКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ДЕЛИ	441

Недоступ А. А., Ражев А. О., Коновалова К. В., Насенков П. В.

ТРЕБОВАНИЯ ПОЛЯРНОГО КОДЕКСА КАК ОСНОВНЫЕ МЕРЫ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКОВ СУДОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В ПОЛЯРНЫХ ВОДАХ.....	448

Петрова Н. Е., Петров А. Л., Кумова Ж. В., Смирнова Т. М.

КОНСТРУКТИВНЫЙ СПОСОБ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ В ОБШИВКЕ КОРПУСА ПРИ НАЛИЧИИ ТРЕЩИНЫ	453

Притыкин А. И.

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ В АРКТИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

АДАПТАЦИОННО-КОМПЕНСАТОРНЫЕ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ В УСЛОВИЯХ КОЛЬСКОГО ЗАПОЛЯРЬЯ.....	460

Щербина Ф. А., Шелков М. В., Ключников С. А.,

Щербина А. Ф., Щербина Ю. Ф., Троценко А. А.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ШЕЛЬФОВЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ	467
<i>Белухин А. И., Васеха М. В., Никифорова Е. С.</i>	
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИТОВ В КАЧЕСТВЕ ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ	475
<i>Коротаев Б. А., Васеха М. В., Никифорова Е. С., Субботина М. В., Баршенина А. К., Кизима М. А.</i>	
ЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ЭЙЛЕРА	481
<i>Коротаев Б. А., Никифорова Е. С., Дундук Н. С., Сазонов И. И., Куксарев К. М., Белухин А. И.</i>	
ПРОЯВЛЕНИЯ КРИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ПЕЧОРСКОГО ШЕЛЬФА	489
<i>Костин Д. А., Рокос С. И.</i>	

ХИМИЯ

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА НА СВОЙСТВА ВОДНО-МАСЛЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ	495
<i>Берестова Г. И., Кучина Ю. А., Колотова Д. С., Курицына В. А.</i>	
ХИМИКО-ФЕРМЕНТАТИВНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЖИВОТНОГО БЕЛКА	502
<i>Иванкин А. Н., Черемисин Д. Г.</i>	
ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЫБНОЙ ЖЕЛАТИНЫ	508
<i>Колотова Д. С., Кучина Ю. А., Деркач С. Р.</i>	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫДЕЛЕНИЯ ХОНДРОИТИНА СУЛЬФАТА ИЗ ХРЯЩЕВОЙ ТКАНИ СЕВЕРНОГО СКАТА	515
<i>Кучина Ю. А., Коновалова И. Н., Долгопятова Н. В., Новиков В. Ю.</i>	

ЦИФРОВИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ

ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА: ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ В РОССИИ	523
<i>Кузьменко В. М.</i>	
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ И ЕЕ МЕСТО В ФОРМИРОВАНИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ГРАМОТНОСТИ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ	529
<i>Савельева С. Б.</i>	
ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЕКТА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ	535
<i>Царева С. В.</i>	
ОСОБЕННОСТИ МЕЖДУНАРОДНОГО ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ: МИРОВАЯ ПРАКТИКА В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ	539
<i>Чечурина М. Н.</i>	

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ

Влияние антропогенного воздушного шума от источников в море на морских обитателей	547
<i>Борисенкова Т. В., Егорова Э. С., Кузнецова А. Д.</i>	
Гидрохимия редкоземельных элементов озера города Мурманска.....	554
<i>Даувальтер В. А., Слуковский З. И., Постева М. А., Денисов Д. Б., Черепанов А. А., Гузева А. В.</i>	
Качество воды водного объекта, находящегося в городской среде	561
<i>Смышляева Т. А.</i>	
Сезонные изменения концентрации загрязняющих веществ на территории парковок у крупных торгово-развлекательных центров г. Мурманска.....	566
<i>Широнина А. Ю., Тришина А. С.</i>	
Оценка состояния малых водоемов г. Мурманска	570
<i>Шукин Д. Н., Широнина А. Ю.</i>	
Сравнение влияния гумусосодержащих удобрений на рост растений	575
<i>Яшкина А. А.</i>	

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Разработка учебного стенда для лаборатории университета с применением технологий виртуальной реальности

Емашев М. О., Жук А. А. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: jademax51@gmail.com)

Аннотация. В настоящее время приоритетным направлением развития университетов является цифровая трансформация образовательного процесса. Возникает потребность в создании виртуальных пространств и виртуальных лабораторий для обучения студентов. В статье рассматривается проектное решение по созданию виртуального лабораторного стенда.

Abstract. Currently, the priority direction of the universities development is the educational process digital transformation. There is a need to create virtual spaces and virtual laboratories for teaching students. The article discusses a design solution for creating a virtual laboratory installation.

Ключевые слова: виртуальная лаборатория, виртуальное обучение и имитационное моделирование

Key words: virtual laboratory, virtual training and simulation modelling

Учебные стенды являются основными средствами материально-технического обеспечения университета. С их помощью обучающиеся приобретают навыки и компетенции, требуемые для освоения образовательной программы. Недостатком лабораторных стендов является необходимость технического обслуживания, ремонта и модернизации оборудования.

В настоящее время все больше предприятий и образовательных учреждений направляют вектор своего развития в цифровую трансформацию образовательного процесса. Одним из направлений научно-технологического развития, позволяющих осуществить цифровую трансформацию, является технология виртуальной и дополненной реальности.

Создание виртуальных лабораторий является достаточно новым направлением рынка технологий, поэтому требуется проведение работ по разработке виртуальных учебных стендов.

В статье рассматривается вопрос разработки виртуального лабораторного стенда "Система автоматического регулирования (АСР) частоты вращения двигателя постоянного тока".

Целью выполнения работы является создание цифрового двойника физического учебного стенда для внедрения в образовательный процесс в рамках цифровой трансформации университета.

Задачами в работе являются: создание трехмерной модели стенда, разработка интерфейса оператора, написание программного кода для реализации алгоритмов функционирования имитационной модели.

Для создания цифрового аналога был использован лабораторный стенд "АСР частоты вращения двигателя постоянного тока", внешний вид которого представлен на рисунке 1. Одним из возможных применений стенда является проведение серий лабораторных работ по дисциплине "Теория автоматического управления" [1].

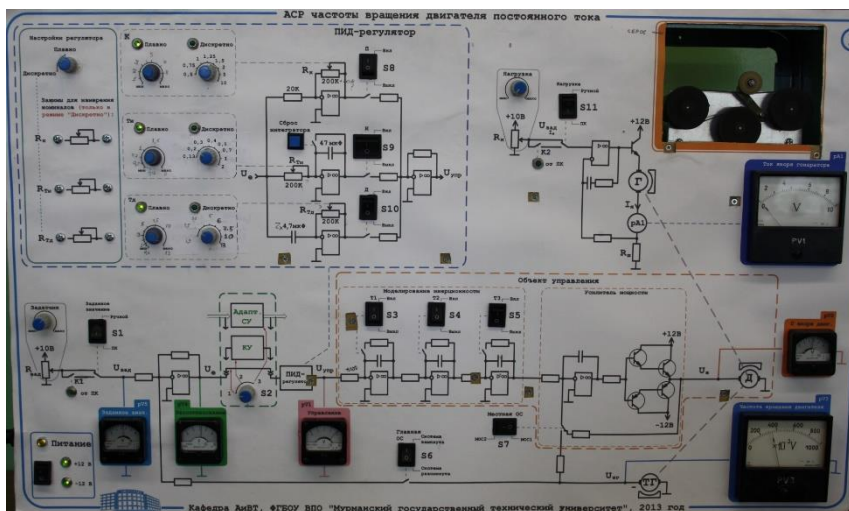


Рисунок 1 – Лабораторный стенд

Цифровой продукт (виртуальный лабораторный стенд) предназначен для обучения теории автоматического управления с целью приобретения компетенций по исследованию и настройке систем автоматического регулирования.

Устройство позволяет:

- дистанционно проводить лабораторные занятия аналогичные по качеству очному обучению;
- приобрести компетенции для достижения результатов обучения;
- повысить квалификацию обучающихся.

Внешний вид трехмерной модели виртуального лабораторного стенда представлена на рисунке 2.

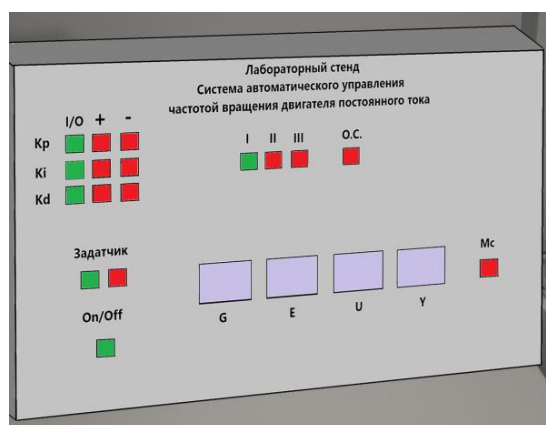


Рисунок 2 – Трехмерная модель виртуального учебного стенда

Существует ряд аналогичных решений виртуальных лабораторий и стендов [2–5]. Достоинства и недостатки аналогов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Достоинства и недостатки аналогов

Наименование	Достоинства	Недостатки
Лаборатория VRlabs.ru	Полноценные виртуальные лаборатории	Высокая стоимость продукта: от 60 до 300 000 рублей
School store	Полноценные виртуальные лаборатории	Высокая стоимость продукта: от 60 до 100 000 рублей
Emaket	Полноценные виртуальные лаборатории	Высокая стоимость продукта: от 60 до 300 000 рублей
Проект-сервис	Низкая стоимость продукта (15 000 рублей)	Возможность проведения только одного лабораторного опыта

Достоинствами предлагаемого решения являются:

- возможность выполнять лабораторные работы вне учебной аудитории, дома, используя полноценную замену реального физического стенда;
- пользовательский интерфейс интуитивно понятен обучающимся;
- выполняется автоматическая регистрация данных в файл электронной таблицы;
- обучение посредством имитационной модели может проходить на практике, где приобретается практический опыт.

Для возможной коммерциализации проекта была составлена бизнес-модель, представленная ниже.

Ключевые партнеры:

- образовательные учреждения высшего, среднего профессионального образования;
- предприятия.

Ключевые действия:

- разработка виртуальных учебных лабораторных стендов;
- продажа готовых виртуальных учебных лабораторий;
- продажа дополнительного контента.

Ценностное предложение:

- возможность заменить дорогостоящие и требующие обслуживания физические лабораторные стенды виртуальными;
- возможность дистанционно пройти обучение, получить компетенции и повысить квалификацию.

Взаимоотношение с клиентами:

- поддержка клиентов.

Сегменты клиентов:

– образовательные учреждения высшего, среднего профессионального образования;

– предприятия.

Ключевые ресурсы: виртуальные лаборатории.

Каналы:

– прямые продажи;

– участие в конференциях и выставках.

Структура издержек:

– закупка оборудования;

– программного обеспечения.

Потоки дохода: продажи услуг и продуктов.

В ходе работы рассмотрен вопрос создания виртуального стенда, изучен рынок виртуальных лабораторий и виртуальных стендов, выявлены аналоги, составлен бизнес-план, а также получены навыки в разработке виртуальных лабораторий для обучения студентов. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ [6].

Библиографический список

1. Исследование динамических свойств АСР : метод. указания к выполнению лаб. работ по курсу "Теория автоматического управления" для специальности 210200 "Автоматизация технологических процессов и производств" / сост. А. А. Маслов, В. В. Яценко. Текст : электронный. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2004. Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та.
2. Лаборатория VRlabs.ru : URL : <https://vr-labs.ru>
3. School store : URL : <https://school-store.ru>
4. Emaket : URL : <https://emaket.ru>
5. Проект-сервис : URL: <https://proekt-service.com/magazin/folder/dlya-uchrezhdeniy-professionalnogo-obrazovaniya>
6. Св-во о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665912 Рос. Федерация. Имитационная модель виртуального лабораторного стенда "Система автоматического регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока" : № 2021665912: заявл. 11.10.2021 : опубл. 18.10.2021 / Емашев М. О., Жук А. А. ; заявитель МГТУ. 1 с.

Реализация панели оператора с функциями программируемого логического контроллера

Ерещенко В. В. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: ereshchenkovv2@mstu.edu.ru)

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка недорогой панели оператора с функциями программируемого логического контроллера на базе одноплатного микрокомпьютера, которая поддерживает выполнение программ разработанных на языках программирования стандарта МЭК 61131-3 (ST, IL, LD, SFC, FBD).

Abstract. This article discusses the development of an inexpensive operator panel with the functions of a programmable logic controller based on a single-board microcomputer, which supports the execution of programs developed in the programming languages of the IEC 61131-3 standard (ST, IL, LD, SFC, FBD).

Ключевые слова: автоматизация, программируемый логический контроллер, панель оператора, микрокомпьютер, программное обеспечение, промышленные языки программирования, среда исполнения, OpenPLC, PascalSCADA

Key words: automation, programmable logic controller, operator panel, microcomputer, software, industrial programming languages, runtime environment, OpenPLC, PascalSCADA

С начала 1970-х годов в промышленности преобладают решения, основанные на программируемых логических контроллерах. Программируемые логические контроллеры и панели оператора являются элементами подсистемы управления процессом в индустриальной информационно управляющей системе, которая обеспечивает управление и мониторинг технологического процесса в режиме реального времени.

Программируемые логические контроллеры представляют собой специализированные микрокомпьютеры, предназначенные для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления, имеющие локальные модули ввода – вывода аналоговых и дискретных сигналов и работающие в режиме реального времени. Контроллеры, совмещенные с панелью оператора, дополнительно реализуют функции отображения и изменения параметров системы посредством элементов интерфейса оператора. Программирование этих устройств осуществляется конечным пользователем на языках стандарта МЭК 61131–3.

К достоинствам таких устройств можно отнести надежность, быстрое восстановление после сбоев, высокую производительность при низком энергопотреблении, малые габаритные размеры. Однако стоимость таких устройств достаточно высока и не всегда их можно адаптировать под решение нестан-

дартной задачи, поскольку компании не предоставляют информацию об аппаратном и встроенном программном обеспечении своих устройств.

В связи с этим актуальным является разработка недорогих промышленных управляющих устройств на базе решений с открытым кодом, которые можно легко адаптировать для решения любых задач.

Сотрудниками кафедры автоматики и вычислительной техники Мурманского государственного технического университета произведена работа по разработке недорогой панели оператора с функциями программируемого логического контроллера на базе одноплатного микрокомпьютера, которая поддерживает выполнение программ разработанных на языках программирования стандарта МЭК 61131–3. Внешний вид разработанного устройства представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид разработанного устройства

Устройство базируется на микрокомпьютере Raspberry Pi 4 Model B как надежном устройстве с высокой производительностью и коммуникационными возможностями для разработки недорогих устройств автоматизации [1], работающем под управлением операционной системы на базе Arch Linux ARM с патчем реального времени, которая является высокопроизводительной и функциональной для встраиваемых решений. Наличие низкоуровневой периферии позволяет подключать к данному микрокомпьютеру дополнительные модули для расширения функциональных возможностей.

В рамках работы над устройством в системе автоматизированного проектирования T-FLEX CAD был выполнен корпус в форм-факторе модуль-

ного оборудования под DIN-рейку. Корпус устройства на этапе проектирования представлен на рисунке 2.

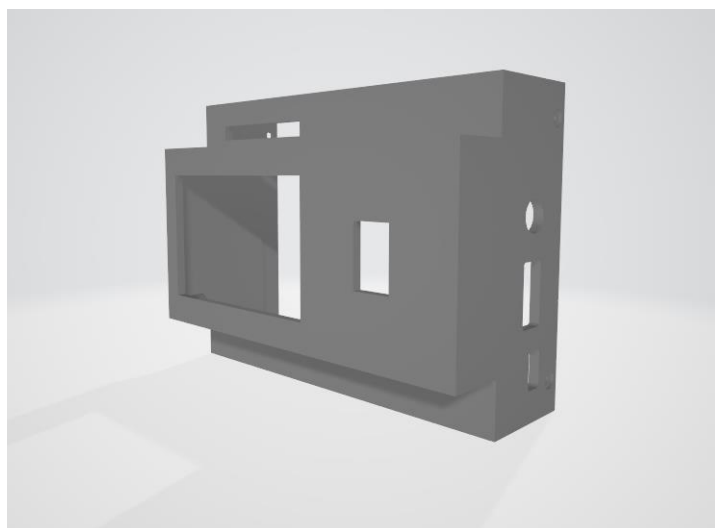


Рисунок 2 – Корпус устройства на этапе проектирования

Поскольку управляющие программы для программируемого логического контроллера разрабатываются на языках стандарта МЭК 61131–3, устройством используется среда OpenPLC. OpenPLC представляет собой программное обеспечение программируемого логического контроллера с открытым исходным кодом, созданное в соответствии со стандартом МЭК 61131–3 и содержащее два основных компонента:

- среду выполнения, которая запускает управляющую программу и серверы/клиенты использующие различные протоколы (например ModbusTCP) для коммуникации с другими устройствами;
- веб-сервер, который запускает веб-приложение позволяющее пользователям удаленно сконфигурировать программируемый логический контроллер (рисунок 3) [2].

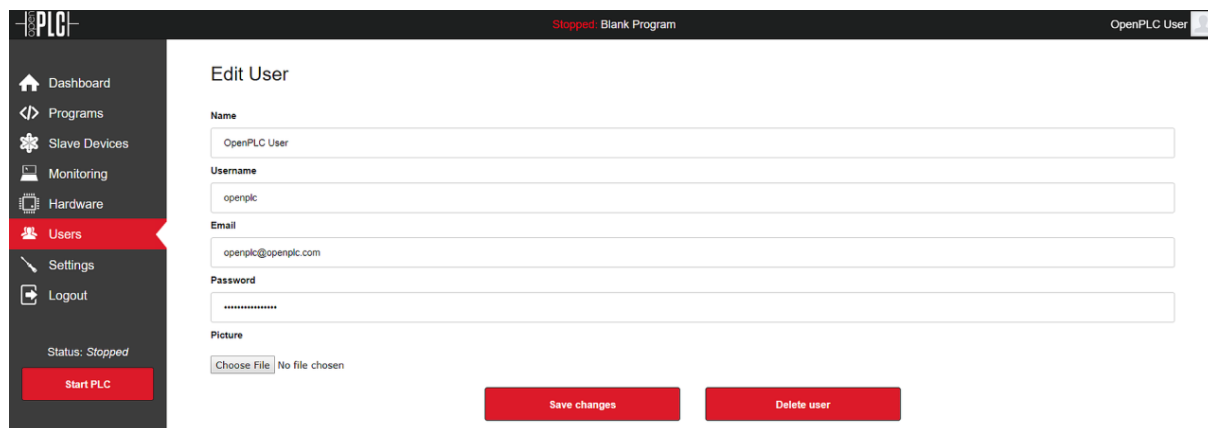


Рисунок 3 – Веб-интерфейс управления программируемым логическим контроллером

Для обеспечения взаимодействия человека-оператора с разработанным программируемым логическим контроллером, он оснащен LCD TFT дисплеем с диагональю 3,5 дюйма, разрешением экрана 800 x 600 и функцией сенсорного управления.

Для реализации человеко-машинного интерфейса применяется следующее программное обеспечение:

- среда разработки Lazarus 1.8.2;
- компилятор Free Pascal Compiler 2.7.1;
- библиотека Pascal SCADA.

Lazarus является интегрированной средой разработки (IDE) для языка Object Pascal. Free Pascal Compiler – это компилятор, который делает упор на независимость и мультиплатформенность. Пакет PascalSCADA – это набор компонентов под Lazarus/Delphi, предназначенный для облегчения реализации человеко-машинного интерфейса [4].

Разработанное устройство дополнительно оснащено функцией VNC сервера, что позволяет удаленно подключиться к нему и взаимодействовать с графическим интерфейсом.

Пример разработанного человеко-машинного интерфейса в рамках данного проекта и выводимого на LCD TFT дисплей устройства представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Пример человеко-машинного интерфейса разработанного устройства

Для обеспечения взаимодействия разработанного программируемого контроллера с оконченными устройствами, которыми являются датчики

и исполнительные механизмы, был разработан интерфейсный модуль. Интерфейсный модуль имеет четыре дискретных входа, четыре дискретных выхода. Питание осуществляется общепромышленным напряжением +24 В, подающимся на модуль от внешнего блока питания. При разработке интерфейсного модуля учитывалось, что элементная база должна состоять из легкодоступных компонентов.

Создание промышленного контроллера с нуля – очень трудоемкая задача, но благодаря решениям с открытым исходным кодом, таким как OpenPLC, Lazarus, PascalSCADA, удалось создать прототип функционального программируемого логического контроллера, сопоставимого по возможностям со стандартными промышленными решениями.

Библиографический список

1. Raspberry Pi Foundation : URL: <https://www.raspberrypi.org>.
2. THE OPENPLC : URL: <https://www.openplcproject.com>.
3. Lazarus Homepage : URL: <https://www.lazarus-ide.org/>.
4. PascalSCADA – HMI/SCADA for developers : URL: <https://www.pascalscada.com>.

Методика разработки цифрового двойника технологического объекта управления на языках программирования стандарта МЭК в интегрированной системе проектирования

Жук А. А. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: zhukaa@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье рассматривается методика построения цифрового двойника технологического объекта управления для повышения эффективности разработки и отладки автоматизированных систем управления технологическими процессами. Имитационная модель объекта управления разработана на языках стандарта МЭК 61131-3 в интегрированной среде разработки.

Abstract. The article considers a methodology for creating a plant digital twin to increase the development and debugging effectiveness of automated control systems for technological processes. The plant simulation model development is based on the programming languages of IEC 61131-3 standard in an integrated development environment.

Ключевые слова: цифровой двойник, имитационная модель, МЭК 61131-3

Key words: digital twin, simulation model, IEC 61131-3

16 сентября 2021 года приказом Росстандарта № 979-ст утвержден новый национальный стандарт Российской Федерации: ГОСТ Р 57700.37-2021 "Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения" [1]. Стандарт распространяется на изделия машиностроения и является полностью отечественной разработкой. В стандарте впервые введены определения "цифрового двойника изделия" и "цифровой модели изделия", стандартизованы такие понятия, как "цифровые (виртуальные) испытания", "цифровой (виртуальный) испытательный стенд" и "цифровой (виртуальный) испытательный полигон".

Цифровой двойник изделия – система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями [2]. Цифровая модель изделия – система математических и компьютерных моделей, а также электронных документов изделия, описывающая структуру, функциональность и поведение вновь разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на различных стадиях жизненного цикла, для которой на основании результатов цифровых и (или) иных испытаний по ГОСТ 16504 выполнена оценка соответствия предъявляемым к изделию требованиям.

Ввиду высокой степени актуальности данной технологии (в рамках национальной технологической инициативы, четвертой промышленной революции) и активного применения во всех отраслях промышленности, автором предложена методика построения цифрового двойника технологического объекта управления на языках стандарта МЭК 61131-3 в интегрированной среде разработки. В качестве среды разработки выбрана отечественная инструментальная интегрированная SCADA система Trace Mode 6. Используются языки программирования FBD и ST.

С целью реализации методики поставлены следующие задачи:

- выполнить параметрическую идентификацию объекта управления и получить математическую модель;
- разработать программу цифрового двойника (имитационной модели) объекта управления на языках стандарта МЭК 61131-3;
- предложить техническое решение по обеспечению информационных связей модели с физическим объектом управления;
- выполнить оценку адекватности (валидацию) полученной модели изделия, и, в случае необходимости, скорректировать модель.

Параметрическая идентификация объекта управления заключается в численном поиске параметров математической модели на основе известных временных зависимостей входной и выходной координат. Автором разработана программа "AutoCont Lite: SeekerC" [3], которая позволяет выполнить параметрическую идентификацию объекта управления по экспериментальным данным.

В наборе элементов языка FBD системы Trace Mode 6 уже предусмотрен функциональный блок "Модель объекта", изображенный на рисунке 1.

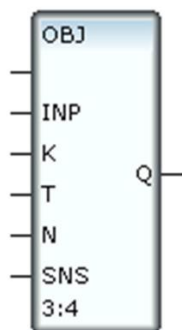


Рисунок 1 – Функциональный блок "Модель объекта (OBJ)"

Данный блок реализует математическую модель инерционного звена первого порядка с запаздыванием, заданную в форме передаточной функции, согласно формуле

$$W(p) = \frac{K}{T \cdot p + 1} \cdot e^{-N \cdot p}, \quad (1)$$

где K – коэффициент передачи; T – постоянная времени инерционного звена первого порядка, с; N – время запаздывания, с.

Реализован графический интерфейс оператора, представленный на рисунке 2, для задания и отображения параметров модели. Важной особенностью, которая соответствует концепции цифрового двойника, является возможность создания динамизированной визуализации объекта управления в интегрированной системе.

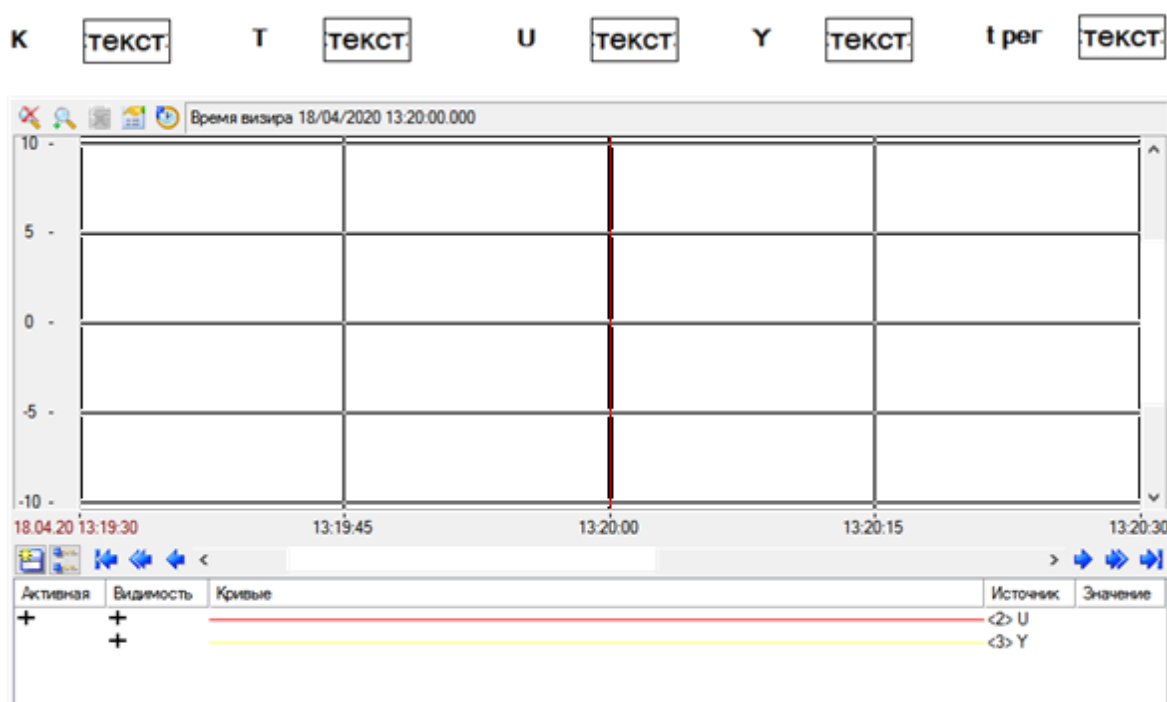


Рисунок 2 – Графический интерфейс для работы с моделью
 K – коэффициент передачи; T – постоянная времени инерционного звена;
 U – входное воздействие; Y – выход модели; $t_{рег}$ – время регулирования

На практике часто встречаются динамические объекты, которые требуют более точного математического описания и применения модели инерционного звена второго порядка, которую можно получить при последовательном соединении функциональных блоков звена первого порядка. FBD программа инерционного звена второго порядка представлена на рисунке 3.

Валидация полученной модели проводилась согласно критерию точности соответствия динамики модели и объекта, который рассчитывался по формуле интегральной оценки

$$J = \int_0^{t_k} (Y_{Oy} - Y_M)^2 \cdot dt \rightarrow \min, \quad (2)$$

где Y_{Oy} – выходная координата объекта управления; Y_M – выходная координата модели; t_k – конечное время переходного процесса, с.

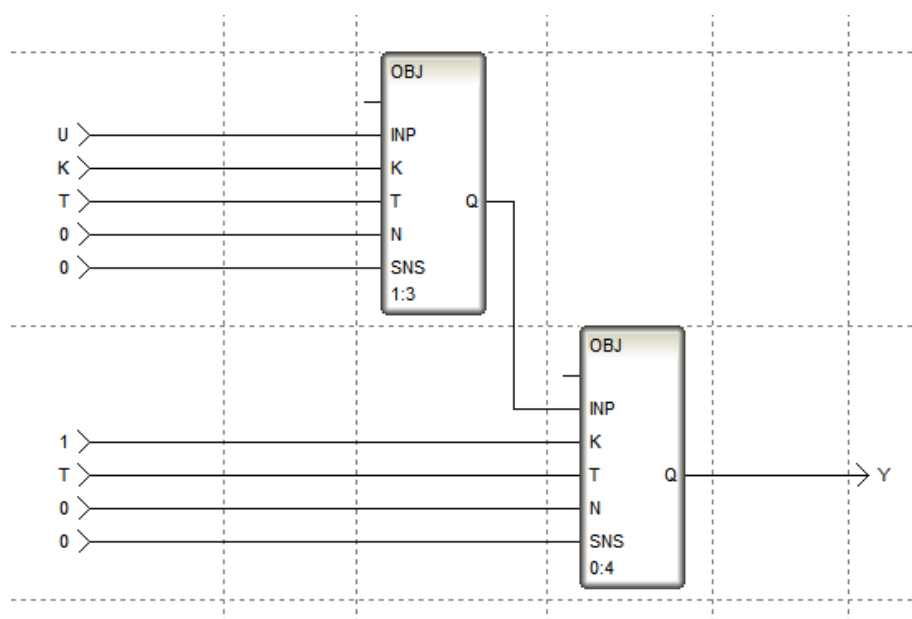


Рисунок 3 – FBD программа инерционного звена второго порядка

В ходе валидации установлено, что адекватность модели зависит от выбора шага квантования узла цифровой системы и периода вызова подпрограммы расчета. Задан шаг квантования узла $T_0 = 0,1$ с и период вызова подпрограммы 0,2 с.

Выявлена необходимость введения поправочного коэффициента для постоянной времени модели инерционного звена, что обусловлено особенностью реализации готового функционального блока в системе Trace Mode. Для расчета поправочного коэффициента был проведен численный эксперимент по установлению зависимости между временем регулирования и постоянной времени модели в Trace Mode. Результаты эксперимента представлены в таблице 1. Установлена линейная зависимость, график которой представлен на рисунке 4.

Таблица 1 – Результаты численного эксперимента

Т _{0у} , с	1	2	3	4	5	6	7
Т _{рег} , с	1,6	2,6	3,6	4,4	5,4	6,4	7,4

Формулы расчета поправочного коэффициента α для постоянной времени модели инерционного звена в Trace Mode

$$\begin{aligned} T_{\text{рег}} &= k \cdot T_{\text{ОУ}} + b; \\ T_{\text{ОУ}}^{\text{расч}} &= \frac{T_{\text{рег}} - b}{k}; \\ \alpha &= \frac{T_{\text{ОУ}}^{\text{расч}}}{T_{\text{ОУ}}^{\text{факт}}}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $T_{\text{рег}}$ – время регулирования, с; $T_{\text{ОУ}}$ – постоянная времени модели в Trace Mode, с; k, b – коэффициенты линейной зависимости; $T_{\text{ОУ}}^{\text{расч}}$ – рассчитанное значение постоянной времени модели на основе времени регулирования, с; $T_{\text{ОУ}}^{\text{факт}}$ – фактическое значение постоянной времени модели, с.

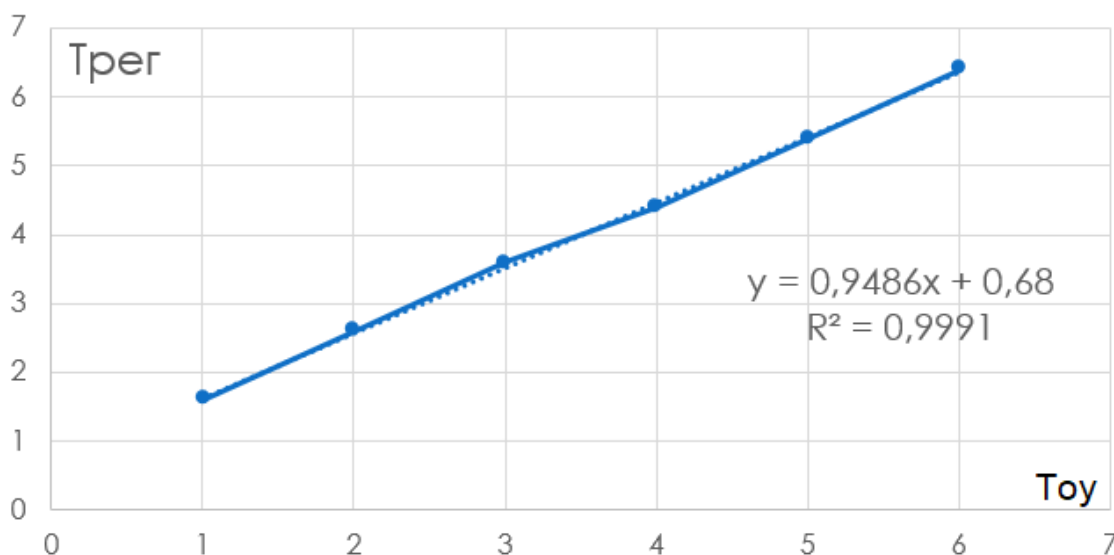


Рисунок 4 – Зависимость времени регулирования от постоянной времени

В сравнении с готовым решением, предлагаемым системой Trace Mode в виде функционального блока "Модель объекта (OBJ)", более универсальным алгоритмом построения имитационной модели объекта управления, не требующим корректировки, является написание программного кода на языке ST с использованием разностных уравнений. Суть метода решения дифференциальных уравнений в конечных разностях заключается в замене производных разностными схемами.

На языке ST разработана программа модели инерционного звена второго порядка. Выполнена проверка адекватности модели: для оценки переходного процесса применялось разработанное автором программное обеспечение моделирования систем автоматического управления "AutoCont Lite" [4] с целью получения эталонного переходного процесса. Сравнение графиков

переходных процессов моделей в Trace Mode и AutoCont Lite представлен на рисунке 5.

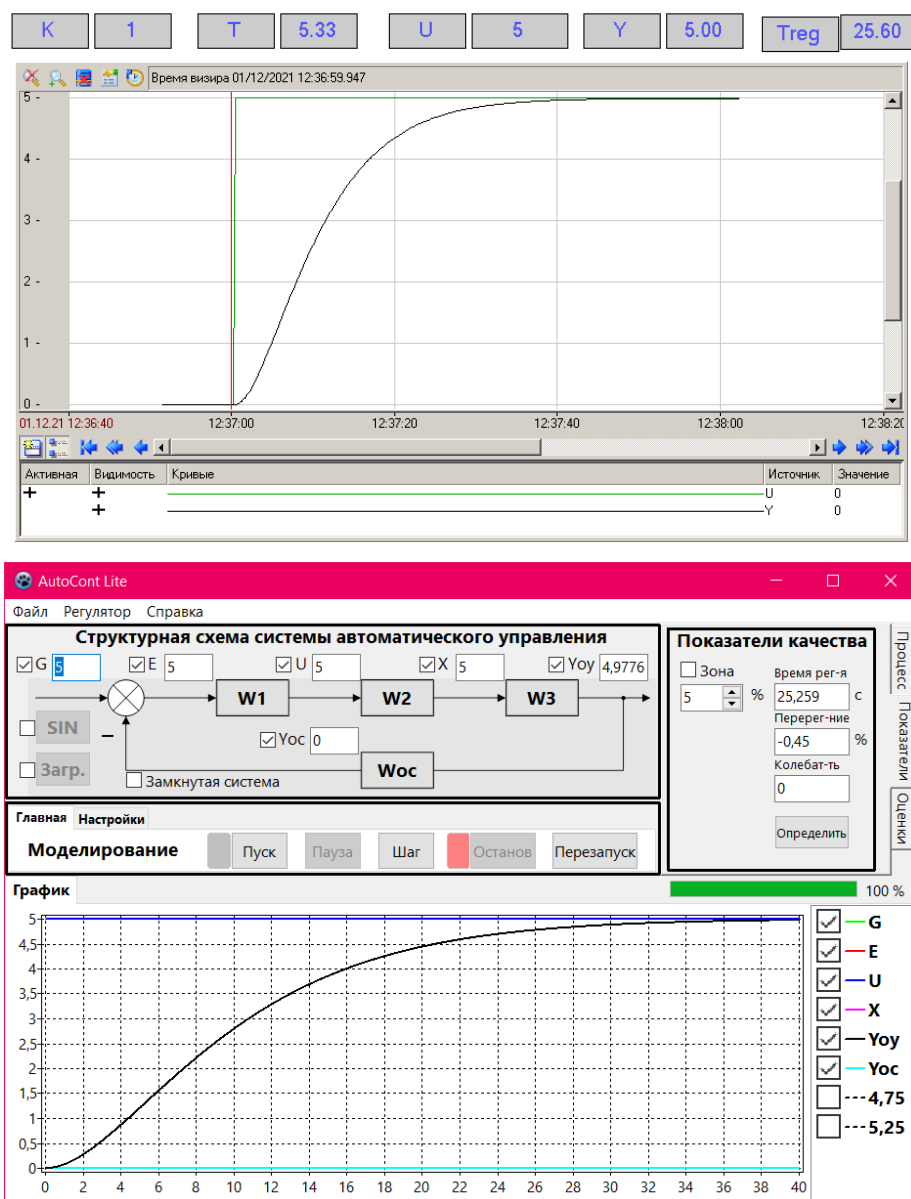


Рисунок 5 – Сравнение графиков переходных процессов моделей
в Trace Mode и AutoCont Lite

Предложены следующие технические решения для обеспечения информационных связей модели с физическим объектом управления:

- применение встроенных в интегрированную систему протоколов обмена данными с модулями ввода/вывода, которые подключаются к вычислительному устройству для связи с объектом управления;
- разработка программы имитационной модели объекта управления для программируемого устройства, оснащенного каналами ввода/вывода, к которым подключаются датчики и исполнительные механизмы.

Взаимосвязь физического объекта и его цифровой модели позволит реализовать адаптивные алгоритмы корректировки параметров цифрового двойника в режиме реального времени.

В заключении можно сделать следующие выводы:

– предложена методика построения цифрового двойника объекта управления на языках программирования стандарта МЭК (FBD и ST) с применением отечественной инструментальной интегрированной среды разработки SCADA Trace Mode 6;

– методика может применяться для повышения эффективности разработки и отладки автоматизированных систем управления технологическими процессами за счет применения методов и средств численного моделирования на всех этапах жизненного цикла, а также в образовательном процессе;

– методика может применяться в любых интегрированных системах разработки, поддерживающих языки программирования стандарта МЭК, включая средства программирования промышленных логических контроллеров и программируемых реле, для реализации имитационных моделей объектов управления на различных аппаратных платформах автоматизации, что демонстрирует универсальность предложенной методики.

Библиографический список

1. В России утвержден первый в мире стандарт в области цифровых двойников изделий // Росстандарт : сайт. URL: <https://www.rst.gov.ru/newsRST/redirect/news/1//8339>.
2. ГОСТ Р 57700.37–2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения // НЦМУ СПбПУ "Передовые цифровые технологии". URL: <https://ncmu.spbstu.ru/article/gost-cifrovye-dvojniki-izdelij>.
3. Жук А. А. Разработка программного обеспечения для численной идентификации технологического объекта управления // Известия высших учебных заведений. Арктический регион. 2020. № 1. С. 16–19. EDN: QZLUCD.
4. Жук А. А., Маслов А. А. Разработка программного обеспечения для численного моделирования систем автоматического управления // Наука–производству : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 18–20 апреля 2018 г. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2018. С. 46–51. URL: <https://www.mstu.edu.ru/upload/iblock/eba/m2bsse2foaujrltqggok92ho9xavyvma/prod-conf-9.pdf>.

Анализ стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы

Кайченев А. В. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: kaychenovav@mstu.edu.ru)

Аннотация. Статья посвящена вопросам развития информационного общества. Анализ стратегии развития информационного общества Российской Федерации применительно к цифровому развитию рыбной промышленности позволяет выявить наиболее перспективные направления цифровизации отрасли.

Abstract. The article is devoted to the development of the information society. The analysis of the strategy for the development of the information society of the Russian Federation in relation to the digital development of the fishing industry allows us to identify the most promising areas of digitalization of the industry.

Ключевые слова: информационное общество, рыбная промышленность, цифровое развитие
Key words: information society, fishing industry, digital development

В рамках Стратегии отмечено, что информационные и коммуникационные технологии являются частью современных управленческих систем во всех отраслях экономики [1; 2].

В стратегии находит отражение актуальная проблема интенсификации использования технологий. Технологии, созданные на основе передовых знаний (нано- и биотехнологии, оптические технологии, искусственный интеллект, альтернативные источники энергии), должны становиться доступными [1; 2].

Развитие технологий сбора и анализа данных, обмена ими, управления производственными процессами осуществляется на основе внедрения когнитивных технологий, их конвергенции с нано- и биотехнологиями. Значительное увеличение объема данных, источниками и средствами распространения которых являются промышленные и социальные объекты, различные электронные устройства, приводит к формированию новых технологий. Повсеместное применение таких технологий способствует развитию нового этапа экономики – цифровой экономики и образованию ее экосистемы [1; 2].

Обеспечение эффективности цифровой экономики связано с внедрением технологий обработки данных, что позволит уменьшить затраты при производстве товаров и оказании услуг [1; 2].

В Стратегии одним из требований устойчивого функционирования информационной инфраструктуры страны обозначена замена импортного обо-

рудования, программного обеспечения и электронной компонентной базы российскими аналогами, обеспечение технологической и производственной независимости и информационной безопасности [1; 2].

Предоставление безопасных и технологически независимых программного обеспечения и сервисов Стратегия связывает с созданием российского общесистемного и прикладного программного обеспечения, в том числе на основе обработки больших объемов данных, применения облачных технологий и интернета вещей с созданием встроенных средств защиты информации для применения в российских информационных и коммуникационных технологиях [1; 2].

Направлениями развития российских информационных и коммуникационных технологий являются: конвергенция сетей связи и создание сетей связи нового поколения; обработка больших объемов данных; искусственный интеллект; технологии электронной идентификации и аутентификации; облачные и туманные вычисления; интернет вещей и промышленный интернет; робототехника и биотехнологии; радиотехника и электронная компонентная база; информационная безопасность [1; 2].

Ключевыми направлениями повышения конкурентоспособности российских информационных и коммуникационных технологий согласно Стратегии являются развитие науки, техники, технологий; подготовка квалифицированных кадров в сфере информационных и коммуникационных технологий; внедрение отечественных информационных технологий [1; 2].

Создание российских информационных и коммуникационных технологий согласно Стратегии сопряжено с обеспечением актуальности научно-исследовательских приоритетов и последовательном развитии прикладных решений на основании передовых фундаментальных научных исследований; расширением возможности многостороннего и двустороннего научно-технического сотрудничества в сфере информационных и коммуникационных технологий, укреплением исследовательского потенциала и информационного обмена между государствами; осуществлением стимулирования фундаментальных и прикладных научных исследований в сфере информационных и коммуникационных технологий, выполняемых научно-исследовательскими организациями, разработкой инновационного высокотехнологичного оборудования; разработкой и продвижением российских подходов и стандартов, позволяющих обеспечить конкурентоспособность приоритетных отечественных технологий, подходов и стандартов на международном уровне [1; 2].

Одной из основных задач применения информационных технологий в сфере взаимодействия государства и бизнеса, формирования новой технологической основы в экономике согласно Стратегии является разработка мер, направленных на внедрение в российских организациях, в том числе в организациях жилищно-коммунального хозяйства и сельскохозяйственных организациях, российских информационных технологий, включая технологии обработки больших объемов данных, облачных вычислений, интернета вещей [1; 2].

В процессе реализации национальных интересов в области цифровой экономики согласно Стратегии необходимо развивать центры обработки данных, технические средства по обработке данных на территории Российской Федерации на основе российского программного обеспечения и оборудования [1; 2].

Развитие технологий сбора и анализа данных, обмена ими, управления производственными процессами в пищевой промышленности может осуществляться на основе внедрения когнитивных технологий, их конвергенции с нано- и биотехнологиями [1; 2].

Устойчивое функционирование информационной инфраструктуры рыбной промышленности связано с заменой импортного оборудования программного обеспечения и электронной компонентной базы российскими аналогами. Такой подход позволит обеспечить технологическую и производственную независимость и информационную безопасность. Направлениями развития информационных и коммуникационных технологий в рыбной промышленности могут стать обработка больших объемов данных, искусственный интеллект, робототехника и биотехнологии.

На базе Мурманского государственного технического университета развитие цифровых технологий может послужить развитию науки, техники, доступности технологий, созданных на основе передовых знаний; обеспечить подготовку квалифицированных кадров в сфере информационных и коммуникационных технологий и внедрение отечественных информационных технологий. Одним из ключевых элементов может стать центр обработки данных на основе российского программного обеспечения и оборудования. Создание такого центра позволит обеспечить применение цифровых производственных технологий как в университете, так и на береговых рыбоперерабатывающих предприятиях Мурманска.

Анализ стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы применительно к цифровому развитию рыбной промышленности позволил выявить наиболее перспективные направления цифровизации отрасли.

Библиографический список

1. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы : Указ Президента РФ Путина В. В. от 09.05.2017 № 203. – URL: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201705100002.pdf>.
2. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года : Указ Президента Российской Федерации Путина В. В. От 07.05.2018 № 204. URL: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201805070038.pdf>.

Исследование возможностей МРС-регулятора для контура управления температурой в процессе копчения пищевых продуктов

Кайченов А. В.¹, Жук А.А.¹, Висков А. Ю.¹, Благовещенский И. Г.²
(¹г. Мурманск ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматизации и вычислительной техники,
e-mail: kaychenovav@mstu.edu.ru

²г. Москва, ФГБОУ ВО "Московский государственный университет пищевых производств, кафедра информатики и вычислительной техники пищевых производств, e-mail: igblagov@mgupr.ru)

Аннотация. Статья посвящена моделированию переходных процессов контура управления температурой в процессе копчения пищевых продуктов. Моделирование показало, что применение МРС-регуляторов обеспечивает высокое качество регулирования технологических параметров.

Abstract. The article is devoted to modeling the transients of the temperature control circuit in the process of smoking food products. The simulation showed that the use of MPC regulators ensures high quality regulation of technological parameters.

Ключевые слова: МРС, моделирование, качество регулирования, технологический процесс
Key words: MPC, modeling, regulation quality, technological process

Копчение пищевых продуктов – один из традиционных и широко распространенных способов получения готовой продукции с улучшенными вкусовыми характеристиками и более стойкой при хранении. Эффективность процесса при сохранении высокого качества готовой продукции зависит от многих факторов, таких как методы копчения, технологические режимы, применяемые схемы коптильных установок, способы получения дыма; качество управления технологическим процессом и другие.

Изучение вопросов качества управления технологическими процессами неразрывно связано с исследованием способов автоматического управления тепловой обработкой пищевых продуктов.

Классические системы автоматического управления на базе ПИД-регулятора обеспечивают высокое качество управления и динамические характеристики для объектов с неизменной структурой и параметрами.

Адаптивные системы управления поддерживают свою оптимальность при изменениях параметров объекта управления. Для создания таких систем необходимо применение наблюдателя, что для сложных систем требует значительных вычислительных ресурсов.

Интеллектуальные системы управления содержат контроллер, построенный на базе генетических алгоритмов, нейросетевых подходов и методов

нечеткой логики. При использовании нечетко-логические контроллеров необходимы значительные вычислительные мощности, а также эксперты с производства для построения базы знаний об управлении объектом.

Робастные системы управления обеспечивают эффективное управление объектом при заданном критерии качества управления и заданных запасов устойчивости в ситуациях, когда известны лишь примерные диапазоны возможных значений параметров объекта, либо же вообще отсутствует какая-либо информация об объекте управления. Особенностью таких систем является итеративный метод вычислений, необходимость иметь математическую модель объекта управления и сложную структура синтезированного робастного регулятора.

Системы автоматического управления с прогнозированием могут использоваться для определения значений динамических переменных объекта на определенный интервал времени вперед по имеющимся записям предшествующих значений; прогноза динамики объекта на основе текущего состояния и используемого управления; корректировки оценки вектора состояния на основе поступающих измерений; вычисления оптимальной стратегии управления в текущий момент [2].

В данной работе для процесса копчения пищевых продуктов предлагается использовать систему автоматического управления с прогнозированием. Такой процесс обладает перекрестными связями и отличается наличием случайных возмущений.

Рассмотрим контур регулирования температуры в процессе копчения пищевых продуктов. Объектом управления является коптильная камера, регулируемым параметром – температура процесса копчения. Начальная температура в камере составляет 10 °С, что в среднем отражает показания температуры учебно-экспериментального цеха МГТУ. Для моделирования примем, что в данной работе исследуется холодное копчение с заданной температурой процесса 20 °С. Идентификация параметров модели коптильной камеры подробно приведена в исследовании доцента кафедры автоматики и вычислительной техники МГТУ А. Ю. Вискова [1].

Моделирование контура регулирования температуры системы автоматического управления процессом копчения пищевых продуктов проведем в среде MatLab. Структурная схема при моделировании процесса представлена на рисунке 1. В данной схеме используется ПИД-регулятор, коэффициенты которого являются оптимальными по интегральной оценке J рассчиты-

ваемой как интеграл модуля от рассогласования. За время моделирования интегральная оценка составила 117,7 единиц.

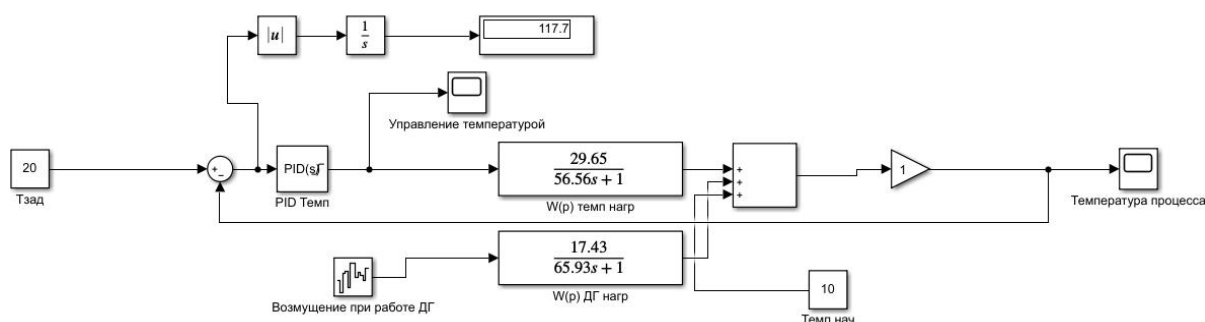


Рисунок 1 – Структурная схема при моделировании контура регулирования температуры с ПИД-регулятором процесса копчения пищевых продуктов

Весь процесс моделирования занимает 300 модельных расчетных единиц. В структурной схеме воздействие от дымогенератора подается в качестве случайного возмущения с интервалом 100 модельных расчетных единиц.

Рассмотрим графики переходных процессов при моделировании контура регулирования температуры с ПИД-регулятором (рисунок 2).

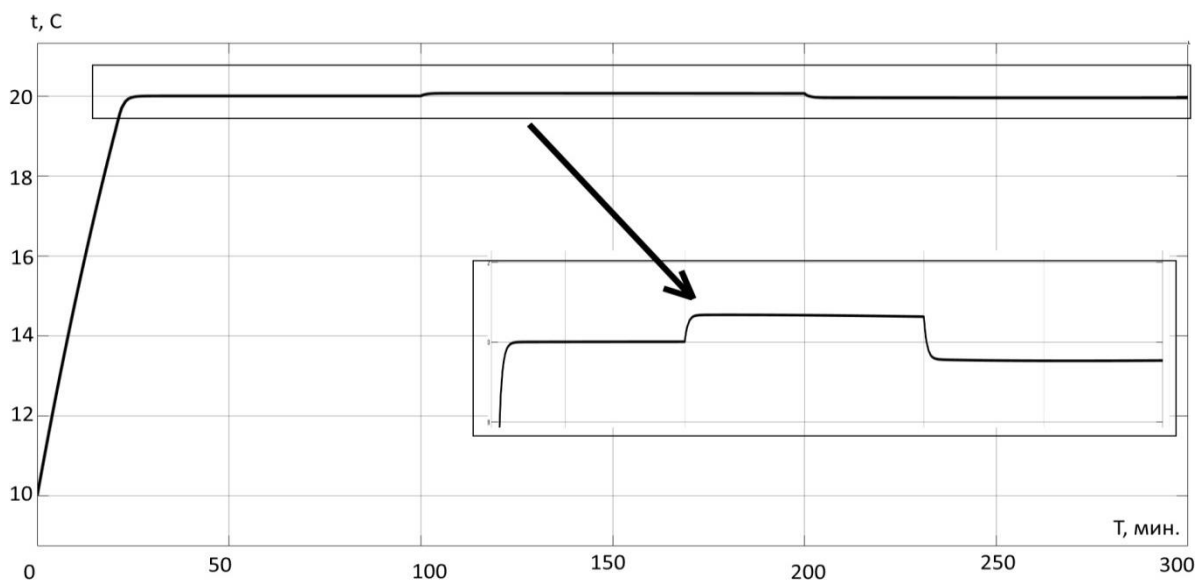


Рисунок 2 – Графики переходных процессов при моделировании контура регулирования температуры с ПИД-регулятором

Из графиков переходных процессов видно, что ПИД-регулятор отрабатывает задающее воздействие, при этом не компенсирует возмущающее воздействие (от 100 до 200 модельных расчетных единиц).

Рассмотрим подход создания систем управления с прогнозированием (MPC – model predictive control), который предполагает использование про-

гнозирующих моделей. В контур регулирования температуры процесса копчения пищевых продуктов вместо ПИД-регулятора установлен МРС-регулятор (рисунок 3). Оценка настройки МРС-регулятора производилась с помощью интегральной оценки J , рассчитываемой как интеграл модуля от рассогласования. За время моделирования интегральная оценка составила 106,3 единиц.

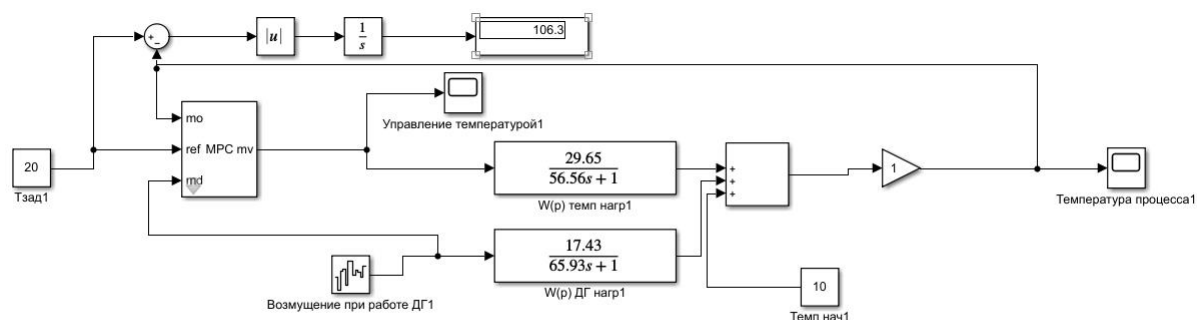


Рисунок 3 – Структурная схема при моделировании контура регулирования температуры с МРС-регулятором процесса копчения пищевых продуктов

Рассмотрим графики переходных процессов при моделировании контура регулирования температуры с МРС-регулятором (рисунок 4). Из графиков переходных процессов видно, что МРС-регулятор отрабатывает задающее воздействие, и при этом компенсирует возмущающее воздействие (от 100 до 200 модельных расчетных единиц).

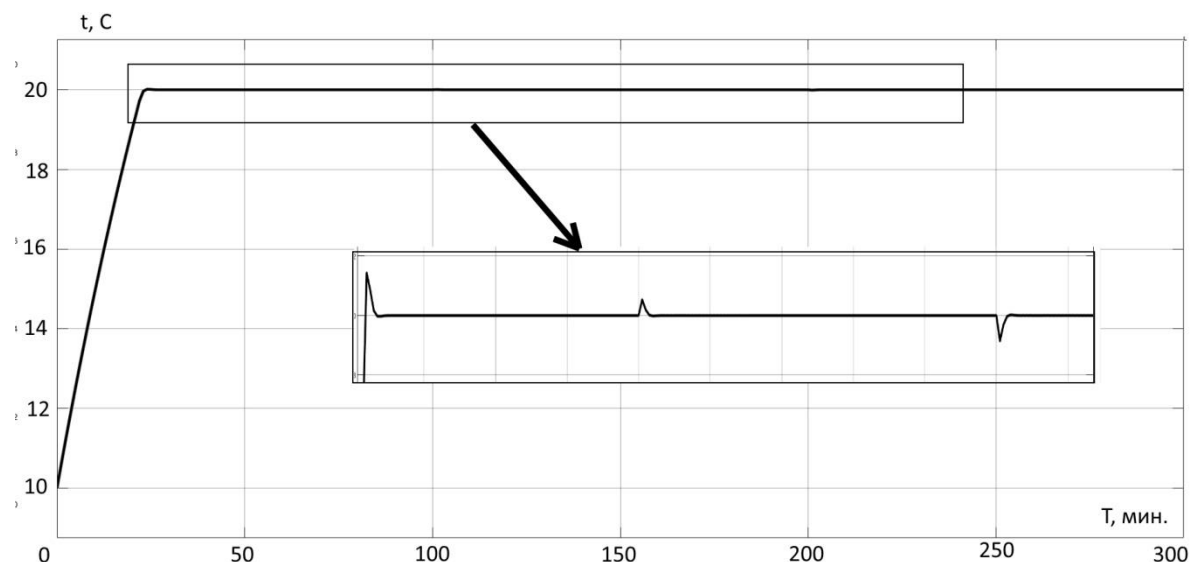


Рисунок 4 – Графики переходных процессов при моделировании контура регулирования температуры с МРС-регулятором

Сравнение по интегральной оценке J показало чуть более высокую эффективность работы МРС-регулятора за счет более качественной компенсации подачи возмущающего воздействия.

Проведенное моделирование переходных процессов показало, что применение МРС-регуляторов обеспечивает высокое качество регулирования технологических параметров. Особенностью МРС-подхода можно считать слабую математическую обоснованность, определяемую изначальной практической ориентацией на решение задач управления для объектов с недостаточно изученными или сложными для применения математическими моделями, а также высокий уровень требований, предъявляемых к вычислительным ресурсам цифровых устройств, обеспечивающих применение законов управления в режиме реального времени.

Библиографический список

1. Висков А. Ю. Повышение эффективности процесса холодного копчения рыбы путем непрерывного контроля внутренних свойств полуфабриката : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.18.12, 05.13.06 / А. Ю. Висков. – Мурманск, 2001. – 24 с.
2. Диагностика состояний и управление динамическими процессами в слабоструктурированных и плохоформализуемых средах : монография / Д. П. Вент, А. Г. Лопатин, Б. А. Брыков [и др.]. Новомосковск : Новомосковский ин-т РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2018. – 198 с.

Модернизация системы автоматического управления универсальной коптильно-сушильной установкой

Кайченев А. В. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: kaychenovav@mstu.edu.ru)

Аннотация. Статья посвящена вопросам модернизации программно-технических средств системы управления универсальной коптильно-сушильной установки. Система управления реализована на базе сенсорных панельных контроллеров и программируемого логического контроллера, имеющих улучшенные технические характеристики, расширенный набор интерфейсов, обновленное программное обеспечение и предназначенные для решения широкого спектра задач автоматизации в различных отраслях промышленности.

Abstract. The article is devoted to the modernization of the software and hardware of the control system of the universal smoking and drying plant. The control system is implemented on the basis of touch panel controllers and a programmable logic controller with improved technical characteristics, an expanded set of interfaces, updated software and designed to solve a wide range of automation tasks in various industries.

Ключевые слова: сенсорный панельный контроллер, программируемый логический контроллер, система управления, коптильно-сушильная установка

Key words: touch panel controller, programmable logic controller, control system, smoking and drying unit

Система автоматического управления универсальной коптильно-сушильной установкой (САУ УКСУ) была разработана в 2009 году и в настоящее время нуждается в модернизации [1–4]. Один из вариантов модернизации САУ УКСУ представлен в данной работе. Рассмотрим функциональную схему (рисунок 1) системы автоматического управления.

Локальное управление осуществляется с применением программируемого логического контроллера отечественного производителя ПЛК 210. ПЛК обладает высокой производительностью и имеет достаточное для реализации задач управления количество дискретных входов и выходов. Ввод аналоговых сигналов с датчиков температуры и влажности процесса копчения (обезвоживания) осуществляется с применением модуля МВ210. Модуль аналогового вывода (МУ210) выдает сигнал управления на модуль БУСТ трех групп трубчатых нагревателей (ТЭН) и на преобразователи частоты вентиляторов УКСУ. Блок управления тиристорами и симисторами осуществляет регулирование мощности ТЭН, установленной в УКСУ. Циркуляционный вентилятор стабилизирует воздушный поток установки. Вытяжной вен-

тилятор при увеличении частоты вращения выбрасывает в окружающую среду часть дымовоздушной смеси, что снижает относительную влажность среды. Измерение температуры и относительной влажности в секциях осуществляется датчиком температуры и влажности ПВТ100. В системе предусмотрен переход на ручное управление исполнительными механизмами. Для этого используются устройство – задатчик аналогового сигнала УЗС в количестве 5 единиц. Для повышения энергетической эффективности используется модуль измерения параметров трехфазной электрической сети ME210. Качество процесса обезвоживания копченой продукции оценивается с помощью тензодатчиков и модуля аналогового ввода сигналов с тензодатчиков. Функциональная схема автоматизации УКСУ изображена на рисунке 2.

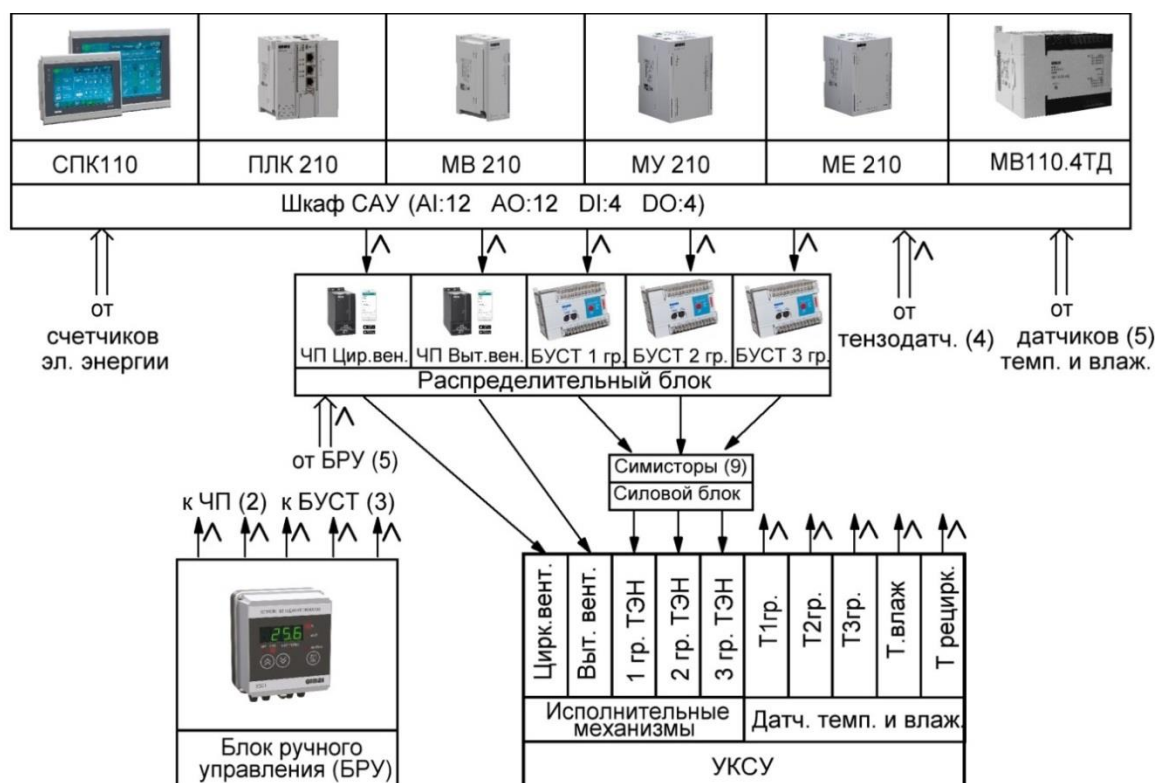
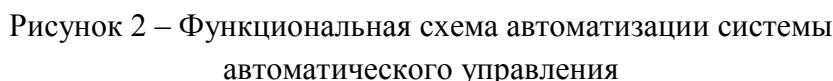


Рисунок 1 – Функциональная схема системы автоматического управления

Сенсорный панельный контроллер реализует уровень диспетчерского управления процессом копчения пищевых продуктов и предназначен для отображения основных процессов происходящих в системе автоматического управления, формирования заданий для локальных систем автоматического управления, ведения архивов и анализа трендов изменения температуры и влажности, фиксации возможного вмешательства оператора в технологический процесс. Контроллер представляет возможность удаленного контроля для технологического процесса копчения пищевых продуктов.



1. Кайченев А. В., Аминов В. А., Маслов А. А. Автоматизация контроля и управления процессом копчения / Междунар. науч.-техн. конф. "Наука и образование – 2011". Мурманск : МГТУ, 2011. С. 1175–1181. URL: <https://www.mstu.edu.ru/upload/iblock/f23/1mhp4pg9983zjfvkqgdq61fmf2y9x1p1/nio2011-9.pdf>.
2. Маслов А. А., Кайченев А. В., Аминов В. А. [и др.]. Особенности разработки автоматической системы управления универсальной коптильно-сушильной установкой // Наука и образование – 2012 : материалы междунар. науч.-техн. конф. Мурманск, 2–6 апреля 2012 г. Мурманск : МГТУ, 2012. С. 887–891. URL: <https://www.mstu.edu.ru/upload/iblock/7c3/wtn9ccpzqbbbhgh4hzlayww20wrq9f2r7/nio2012-9.pdf>.

3. Селяков И. Ю., Маслов А. А., Кайченев А. В. [и др.] Оценка энергоэффективности введения режимов релаксации на универсальной коптильно-сушильной установке // Рыбное хозяйство. 2013. № 6. С. 111–115. EDN: RWGHOD.

4. Селяков И. Ю., Власов А. В., Кайченев А. В. [и др.] Современные системы управления коптильными и сушильными печами // Наука и образование – 2014 : материалы Междунар. науч.-техн. конф. Мурманск, 24–28 марта 2014 г. Мурманск : МГТУ, 2014. С. 104–107. URL:

<https://www.mstu.edu.ru/upload/iblock/ce7/anmq85efvwa8m2lw4zhm30oozqpymw1v/nio-2.pdf>.

Многоконтурная система управления универсальной коптильно-сушильной установкой

Кайченов А. В. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: kaychenovav@mstu.edu.ru)

Аннотация. Статья посвящена вопросам описания многоконтурной системы управления универсальной коптильно-сушильной установки (САУ УКСУ). Контур системы управления представлены в виде отдельных подсистем, которые при взаимодействии участвуют во взаимосвязанном управлении.

Abstract. The article is devoted to the description of a multi-circuit control system of a universal smoking and drying plant. The contours of the control system are presented in the form of separate subsystems, which participate in interconnected control.

Ключевые слова: система управления, коптильно-сушильная установка, контур управления, многосвязанная система

Key words: control system, smoking and drying plant, control loop, multi-connected system

В исследуемой системе [1–3] выделены 7 контуров (рисунок 1):

- контур А1 управления 1 группой ТЭН;
- контур А2 управления 2 группой ТЭН;
- контур А3 управления 3 группой ТЭН;
- контур А4 управления вытяжным вентилятором по влажности;
- контур А5 управления группами ТЭН по влажности;
- контур А6 управления циркуляционным вентилятором по температуре;
- контур А7 управления дымогенератором.

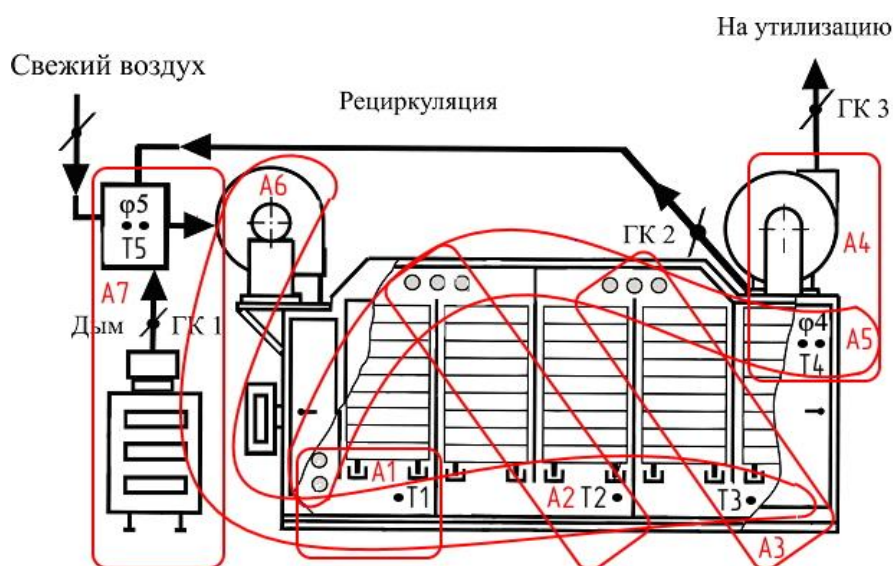


Рисунок 1 – 7 контуров управления в САУ УКСУ

Контур используют общие ресурсы, в которые входят датчики температуры и влажности САУ УКСУ.

Структура контуров А1–А3 (рисунок 2).

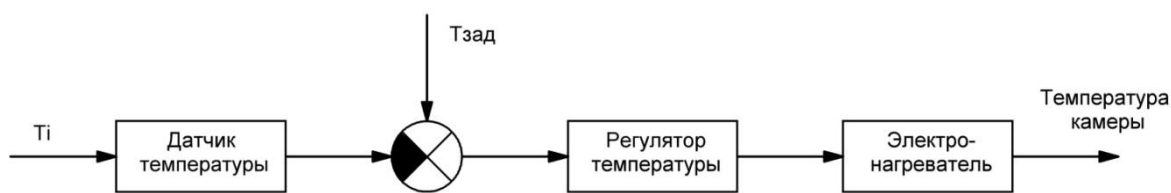


Рисунок 2 – Контур управления температурой УКСУ

Контур А1, А2, А3 выполняют основную функцию регулирования температуры в универсальной коптильно-сушильной установке.

Структура контура А4 представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Контур управления влажностью УКСУ

Контур А4 выполняет основную функцию регулирования влажности в универсальной коптильно-сушильной установке.

Структура контура А5 представлена на рисунке 4.

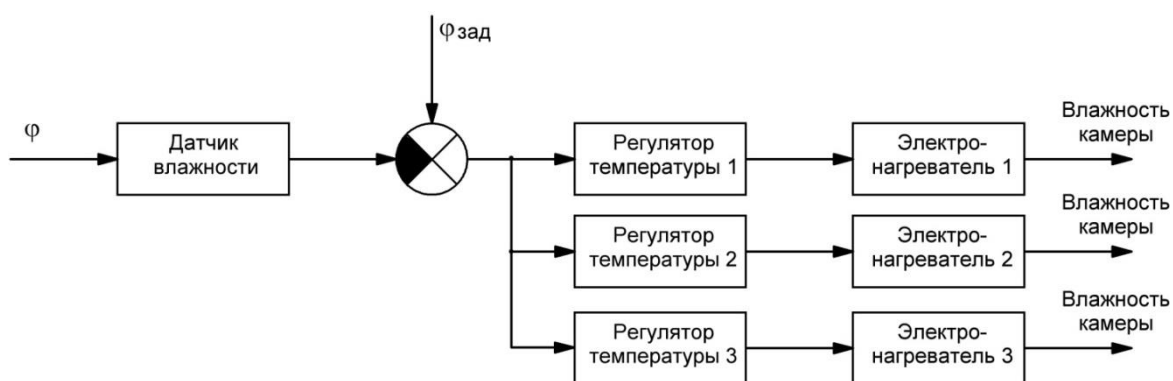


Рисунок 4 – Контур управления влажностью по датчикам влажности УКСУ

Контур А5 выполняет основную функцию регулирования влажности в универсальной коптильно-сушильной установке за счет изменения мощности электронагревателей.

Структура контура А6 представлена на рисунке 5.

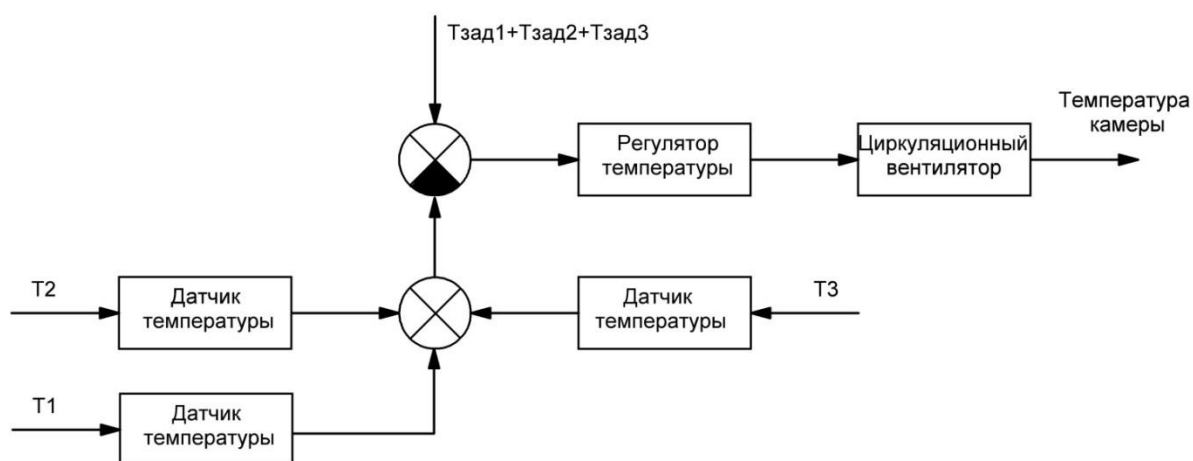


Рисунок 5 – Контур управления температурой по трем датчикам температуры УКСУ

Контур А6 выполняет основную функцию регулирования температуры в универсальной коптильно-сушильной установке за счет изменения производительности циркуляционного вентилятора.

Структура контура А7 представлена на рисунке 6.

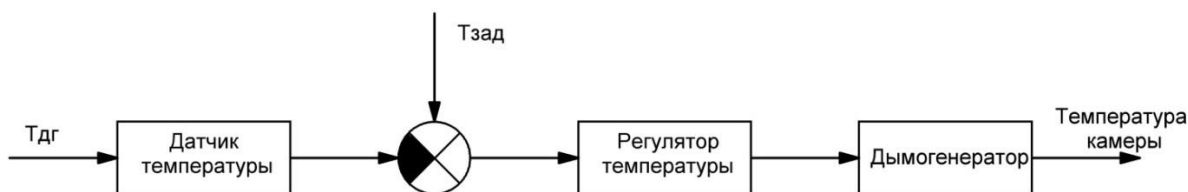


Рисунок 6 – Контур управления температурой по датчику температуры ДГ УКСУ

Контур А7 выполняет основную функцию регулирования температуры в универсальной коптильно-сушильной установке за счет изменения производительности дымогенератора.

Контур в ходе эксплуатации универсальной коптильно-сушильной установки совместно решают взаимосвязанные задачи:

- регулирование температуры и влажности в установке;
- регулирование потока дымовоздушной смеси;
- управление качеством продукции.

Описание ситуации 1 при взаимодействии контуров. При эксплуатации коптильно-сушильной установки при загрузке влажного сырья включаются контуры А1–А3 для поддержания температуры в камере, А6 – для поддержания потока дымовоздушной смеси. Контуры А4 и А5 изменяют производительность своих исполнительных механизмов для обеспечения требуемой влажности в камерах установки.

Описание ситуации 2 при взаимодействии контуров. Ситуация 2 следует за ситуацией 1. При эксплуатации копильно-сушильной установки включается контур А7 для копчения сырья. Контуров А1–А3 изменяют мощность исполнительных механизмов для поддержания температуры в камере.

Описание ситуации 3 при взаимодействии контуров. Ситуация 3 следует за ситуацией 1. При эксплуатации копильно-сушильной установки включается контур А6 и в соответствии с режимом изменяет производительность циркуляционного вентилятора для поддержания другого значения потока дымовоздушной смеси. Контуров А1–А3 изменяют мощность исполнительных механизмов для поддержания температуры в камере. Контуров А4 и А5 изменяют мощность исполнительных механизмов для обеспечения требуемой влажности в камерах установки для копчения сырья.

Представление системы управления в качестве многоконтурной позволяет определить количество и тип регуляторов в контурах. Реализация представленного подхода на практике с учетом наличия моделей всех объектов системы позволит реализовать мультиагентное моделирование процессов, происходящих в копильно-сушильной установке.

Библиографический список

1. Кайченев А. В., Аминов В. А., Маслов А. А. Автоматизация контроля и управления процессом копчения / Междунар. науч.-техн. конф. "Наука и образование – 2011". Мурманск : МГТУ, 2011. С. 1175–1181. URL: <https://www.mstu.edu.ru/upload/iblock/f23/1mhp4pg9983zjfvkqgdq61fmf2y9x1p1/nio2011-9.pdf>.
2. Маслов А. А., Кайченев А. В., Аминов В. А. [и др.]. Особенности разработки автоматической системы управления универсальной копильно-сушильной установкой // Наука и образование – 2012 : материалы междунар. науч.-техн. конф. Мурманск, 2–6 апреля 2012 г. Мурманск : МГТУ, 2012. С. 887–891. URL: <https://www.mstu.edu.ru/upload/iblock/7c3/wtn9ccpzqbbbh4hzlayww20wrq9f2r7/nio2012-9.pdf>.
3. Селяков И. Ю., Власов А. В., Кайченев А. В. [и др.] Современные системы управления копильными и сушильными печами // Наука и образование – 2014 : материалы Междунар. науч.-техн. конф. Мурманск, 24–28 марта 2014 г. Мурманск : МГТУ, 2014. С. 104–107. URL: <https://www.mstu.edu.ru/upload/iblock/ce7/anmq85efvwa8m2lw4zhm30oozqpymw1v/nio-2.pdf>.

Разработка лабораторных стендов "Комплекс для разработки и отладки проектов АСУ ТП" на базе технических средств автоматизации "ОВЕН"

Кайченов А. В., Яценко В. В., Селяков И. Ю., Потапов Н. С., Висков А. Ю., Лукин С. А. (г. Мурманск ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: kaychenovav@mstu.edu.ru)

Аннотация. Статья посвящена вопросам модернизации лабораторной базы для подготовки специалистов в области автоматизации управления технологическими процессами. Лабораторные установки реализованы на базе сенсорных панельных контроллеров и программируемых логических контроллеров, имеющих улучшенные технические характеристики, расширенный набор интерфейсов, обновленное программное обеспечение и предназначенные для решения широкого спектра задач автоматизации в различных отраслях промышленности.

Abstract. The article is devoted to modernization of laboratory base for training specialists in the field of automation of technological process control. Laboratory installations are implemented on the basis of touch panel controllers and programmable logic controllers with improved technical characteristics, an expanded set of interfaces, updated software and designed to solve a wide range of automation tasks in various industries.

Ключевые слова: сенсорный панельный контроллер, программируемый логический контроллер, платы ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, облачный сервис

Key words: touch panel controller, programmable logic controller, input-output boards of discrete and analog signals, cloud service

Современные требования к образовательному процессу по программам высшего образования ориентируют не только на получение теоретических знаний, необходимых в будущей профессиональной деятельности, но и на формирование навыков решения реальных практических задач. Наиболее эффективная подготовка специалиста, обладающего профессиональными компетенциями в области исследования, разработки и эксплуатации средств и систем автоматизации, возможна только в единстве теоретического и практического способов освоения материала с применением серийно выпускаемого оборудования и с техническими устройствами, максимально приближенными к реальным по устройству и принципу действия. Таким образом, совершенствование лабораторно-практической и методологической базы кафедры за счет разработки новых лабораторных стендов является актуальной задачей.

Проведение практических и лабораторных занятий с помощью современных лабораторных стендов позволяет более качественно изучить и полу-

чить практические навыки работы с современными средствами автоматизации и программным обеспечением, безопасно и максимально приближенно к реальности работать с виртуальными и реальными объектами управления.

Для модернизации лабораторной базы сотрудниками и обучающимися кафедры АиВТ был создан ряд лабораторных стендов для разработки и отладки проектов АСУ ТП на базе аппаратных и программных средств автоматизации фирмы "ОВЕН".

Первая версия лабораторного стенда была создана в 2008 году. В качестве промышленного оборудования был использован программируемый логический контроллер "ОВЕН" ПЛК-154. В качестве имитатора технологического процесса выступал обычный персональный компьютер (ПК) с программным обеспечением (ПО) Autocont – еще одной разработкой сотрудников кафедры. Соединение ПЛК и ПК осуществлялось при помощи плат ввода-вывода ACL-8112 и А-626, встроенных в ПК. Внешний вид стенда образца 2008 года представлен на рисунке 1.

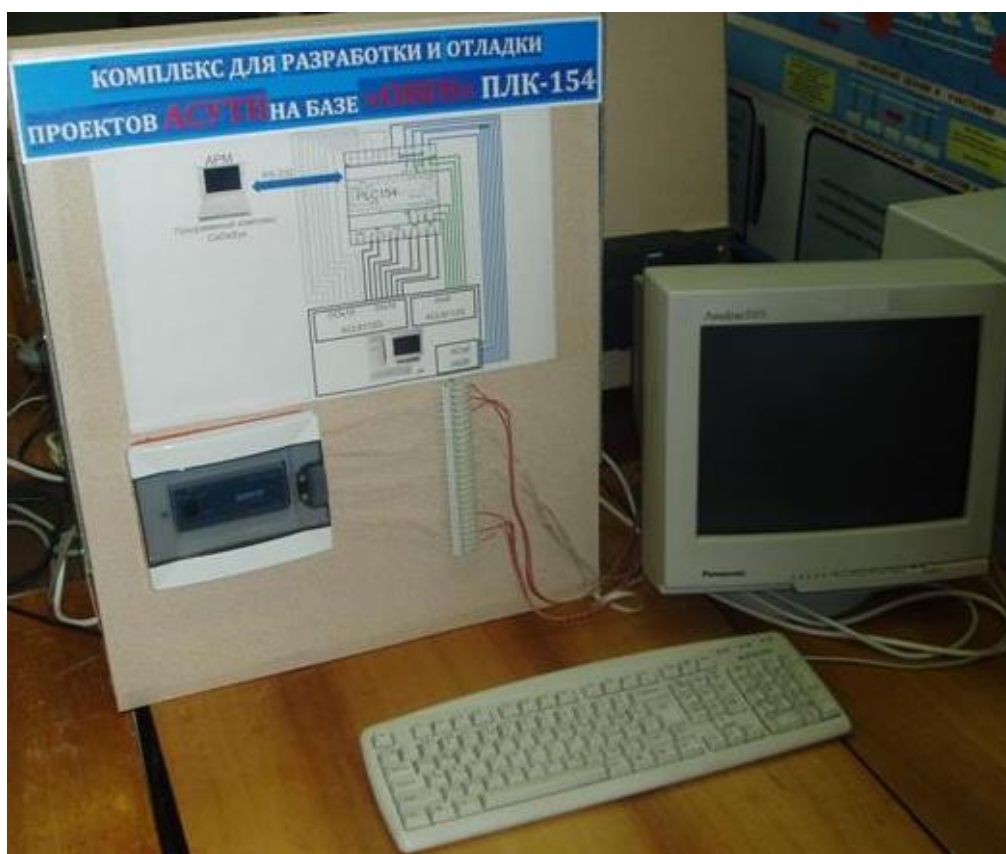


Рисунок 1 – Лабораторный стенд 2008 года

В 2012 году была осуществлена переработка стенда. Для расширения набора возможностей лабораторной установки и повышения удобства ра-

боты к ПЛК-154 были добавлены модуль аналогового ввода "ОВЕН" МВА8, панель оператора "ОВЕН" СП270 и модуль сбора и архивации данных "ОВЕН" МСД-100. Внешний вид лабораторного стенда 2012 года представлен на рисунке 2 [1; 3].

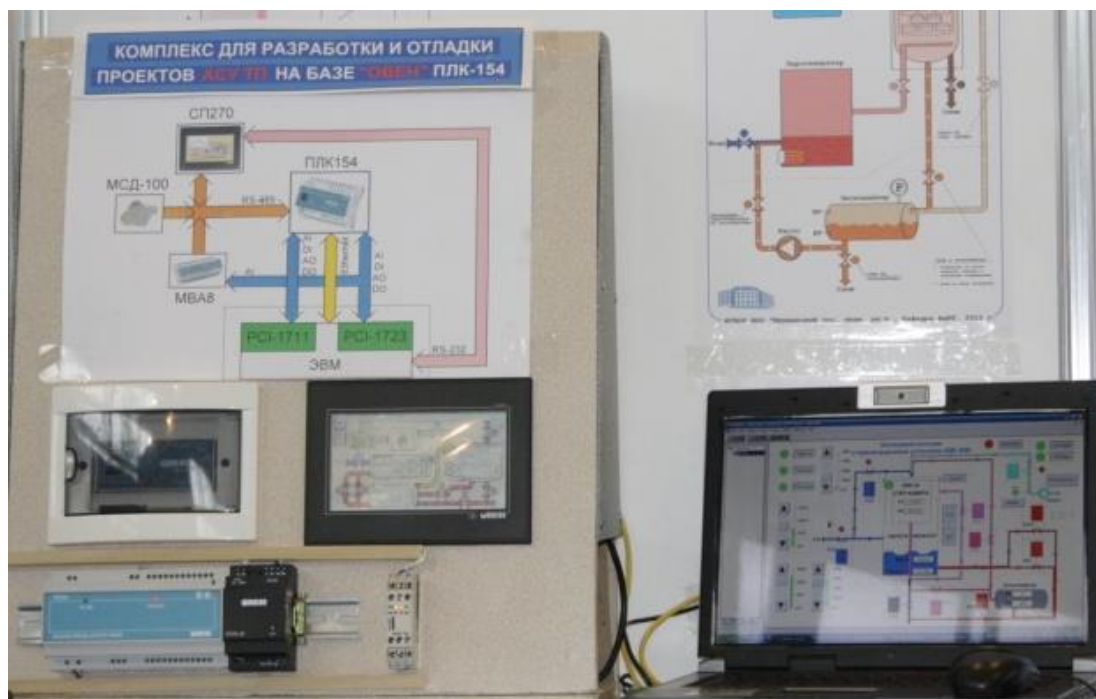


Рисунок 2 – Лабораторный стенд 2012 года

В 2014 году при модернизации стенда модуль МВА8 был заменен на модуль аналогового ввода "ОВЕН" MB110-8АС с быстрыми входами. Имитация технологического процесса осуществлялась на ПО AdamView. Схема стенда образца 2014 года представлена на рисунке 3. Один из вариантов экранных форм для данного стенда представлен на рисунке 4 [5].

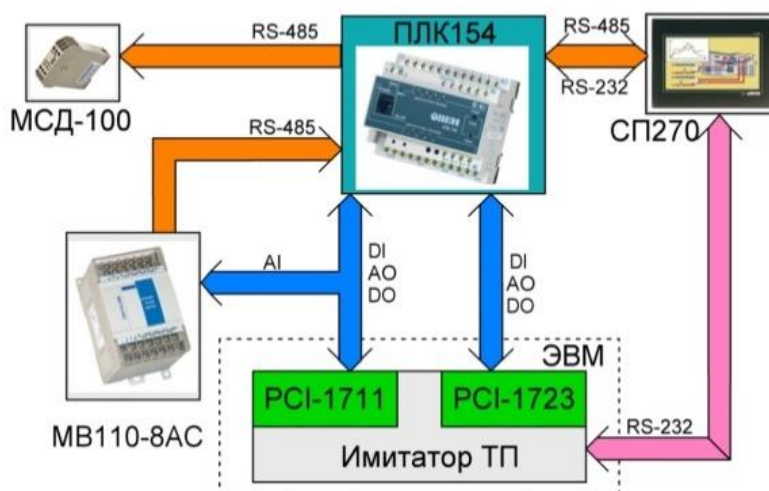


Рисунок 3 – Схема лабораторного стенда 2014 года

Последняя модернизация данного стенда была произведена в 2019 году после обновления ПЛК-154, в результате чего стало возможно подключение ПЛК к облачному сервису Owen Cloud. Обновлённая схема стенда представлена на рисунке 5 [2; 4].

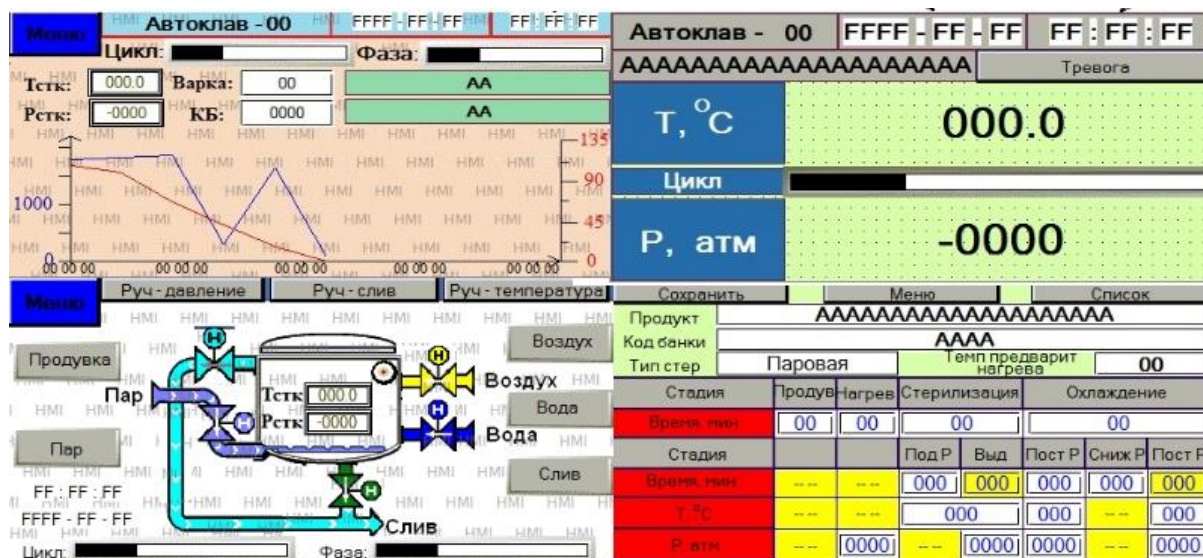


Рисунок 4 – Экранная форма для лабораторного стенда 2014 года

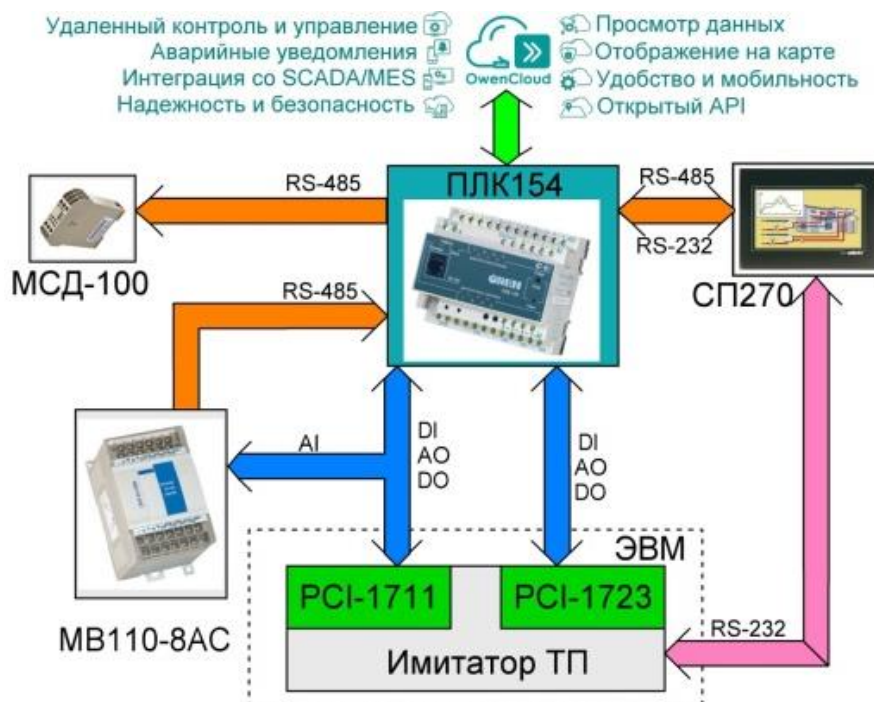


Рисунок 5 – Схема лабораторного стенда 2019 года

Представленные выше лабораторные стенды позволяют обучающимся получить опыт и развить навыки по кодированию программируемых логических. Однако у стендов есть и недостатки: весьма ограниченное исполь-

зование модулей ввода–вывода, малое количество доступных протоколов связи, малое количество самих стендов и, немаловажно, уже собранную аппаратную часть АСУТП, что не позволяет обучающимся получить практические навыки по монтажу систем с контроллерами.

Решить данные проблемы планируется при помощи новой серии стендов, сборка которых началась в 2021 году. Данные стенды имеют в своём составе следующее оборудование:

- сенсорный панельный контроллер СПК107[М01];
- программируемый логический контроллер "ОВЕН" ПЛК210-03;
- модуль аналогового ввода "ОВЕН" МВ210;
- модуль аналогового вывода "ОВЕН" МУ210;
- изделия для управления и контроля имитацией ТП (кнопки, переключатели, лампы, индикаторы токовой петли, потенциометры).

Схема лицевой панели новой модели стендов представлена на рисунке 6.

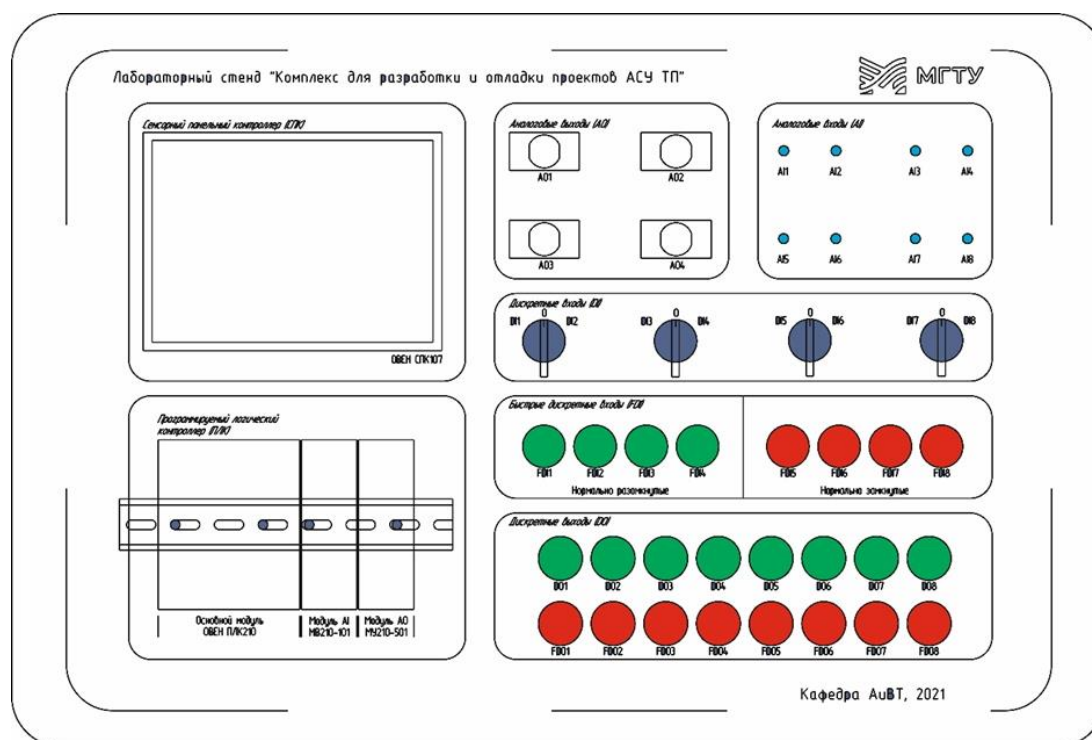


Рисунок 6 – Схема лицевой панели новой серии стендов

Новые стенды планируются к внедрению в учебный процесс в двух версиях – "закрытой" и "открытой". Все элементы "закрытой" версии изначально подключены между собой определенным образом, так что обучающийся может сосредоточиться исключительно на работе с программной частью системы. "Открытые" версии стендов изначально не имеют связей между эле-

ментами – обучающимся предлагается самостоятельно собрать необходимую в текущей ситуации систему. СПК107 и ПЛК210 могут использоваться в различных ролях управления имитацией ТП.

Также контроллеры СПК107 и ПЛК210 обладают достаточно большим числом протоколов для связи, как промышленных (Modbus-TCP (Master / Slave), OPC UA (Server), MQTT (Client), SNMP (Manager/Agent)), так и прикладных (NTP, FTP, FTPS, HTTP, HTTPS, SSH, SMTP/IMAP/POP3, OpenVPN, WireGuard). Подключение к облачному сервису дает гораздо больше возможностей для обучения.

Представленная новая серия лабораторных установок является гибкой платформой для реализации алгоритмов управления технологическим оборудованием и позволяет реализовывать простое и понятное программирование как простых действий, так и сложных алгоритмов управления.

Библиографический список

1. Кайченев А. В., Маслов А. А., Висков А. Ю., Власов А. В. [и др.]. Внедрение систем автоматического управления на базе современных средств автоматизации "ОВЕН" в учебный процесс и производство // Наука и образование–2012 : материалы междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 2–6 апреля 2012 г. Мурманск : изд-во МГТУ, 2012. С. 897–901. URL: <https://www.mstu.edu.ru/upload/iblock/7c3/wtn9ccpzqbbbgh4hzlayww20wtrq9f2r7/nio2012-9.pdf>.
2. Яценко В. В., Кайченев А. В., Кайченева А. И., Маслов А. А. Изучение возможностей облачного сервиса OWENCLOUD при работе комплекса для разработки и отладки проектов АСУ ТП // Наука и образование : материалы Всерос. науч.-практ. конф., Мурманск, 15 ноября 2018 г. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2019. С. 345–349. URL: <https://www.mstu.edu.ru/upload/iblock/64b/386unirct863qyylmuhfxa3hsjjp1au1/nio-conf2018-9.pdf>
3. Кайченев А. В., Маслов А. А., Висков А. Ю., Власов А. В. [и др.]. Разработка систем автоматического управления на базе технических и программных средств автоматизации "ОВЕН" и их внедрение в учебный процесс и производство // Наука и образование – 2011 : междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 4–8 апреля 2011 г. Мурманск : изд-во МГТУ, 2011. С. 1228–1233. <https://www.mstu.edu.ru/upload/iblock/f23/1mhp4pg9983zjfvkqgdq61fmf2y9x1p1/nio2011-9.pdf>.

4. Кайченев А. В., Маслов А. А., Яценко В. В., Селяков И. Ю. [и др.]. Системы автоматического удаленного контроля технологическими процессами на базе средств автоматизации "ОВЕН" // Наука и образование – 2019 : материалы Всерос. науч.-практ. конф., Мурманск, 15 ноября 2019 г. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2020. С. 19–22. URL:

<https://www.mstu.edu.ru/upload/iblock/f62/xm0k7knlky4dzbtltkrepao39jr5jf90m/nio-conf2019-9.pdf>.

5. Кайченев А. В., Власов А. В., Селяков И. Ю., Маслов А. А. [и др.]. Технические и программные средства автоматизации "ОВЕН" в дипломном проектировании и научных исследованиях кафедры автоматики и вычислительной техники // Наука и образование – 2014 : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 24–28 марта 2014 г. Мурманск : изд-во МГТУ, 2014. С. 67–70. URL:

<https://www.mstu.edu.ru/upload/iblock/ce7/anmq85efvwa8m2lw4zhm30oozqpymw1v/nio-2.pdf>.

Классификация поверхностных дефектов листового металлопроката на основе случайного леса

Климачев С. А.¹, Соловьев Н. А.² (г. Оренбург, ФГБОУ ВО "Оренбургский государственный университет", ¹кафедра систем автоматизации производства, ²кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем, e-mail: sersh-nick@mail.ru)

Аннотация. В статье предлагается к рассмотрению алгоритм классификации на основе случайного леса в качестве метода распознавания поверхностных дефектов листового проката цветных металлов, и описываются признаки изображений дефектов с возможными диапазонами значений.

Abstract. This article considers random forest as a method for recognizing surface defects of sheet non-ferrous metal rolling, describes the defect image features with possible ranges of values.

Ключевые слова: поверхностные дефекты листового проката, классификация объектов, случайный лес

Key words: surface defects of sheet metal rolling, object classification, random forest

Для повышения качества готовой продукции листового проката цветных металлов АСУТП металлопроката в большинстве случаев оснащают системами компьютерного зрения с интегрированными модулями идентификации и классификации поверхностных дефектов. Для классификации дефектов проката используются различные подходы, отличающиеся быстродействием и точностью. Современное состояние данного вопроса показывает, что точность классификации дефектов не достигла предельного уровня, и по-прежнему актуальна задача поиска классификатора с минимальными ошибками. Например, использование метода окрестностей позволяет сократить ошибку первого рода при распознавании дефектов класса "отверстие", "плена", "мятость", "царапина" до 0.16, 0.19, 0.09 и 0.25 соответственно [1]. Для повышения точности распознавания предлагается к рассмотрению метод классификации на основе случайного леса.

Данный алгоритм впервые был предложен в 2001 году американским математиком-статистиком Лео Брейманом [2]. Случайным лесом называется классификатор, состоящий из набора деревьев (1), каждое из которых вносит один голос при определении класса анализируемого объекта.

$$\{h(x, \theta_k) \mid k = 1, \dots\}, \quad (1)$$

где θ_k – независимые случайно распределенные векторы.

Таким образом, случайный лес представляет собой ансамбль деревьев решений, построение которых осуществляется на основе бутстреп-выборки из исходного обучающего набора.

Для формирования ансамбля деревьев решений $\{T_i\}_{i=1}^B$ каждое дерево $T_i, i = 1, 2, \dots, B$, где B – количество деревьев в ансамбле, строится по следующему алгоритму [3]:

– на основе исходной обучающей выборки $D = \{x_i, y_i\}_{i=1}^l$ формируется бутстреп-выборка S размера l ;

– по сформированной выборке S индуцируется неусеченное дерево решений T_i , обладающее минимальным количеством n_{min} наблюдений в терминальных вершинах, посредством рекурсивного выполнения следующих шагов:

1) из исходного набора n признаков произвольным образом выбираются p признаков;

2) из определенных на предыдущем шаге p признаков выбирается признак, обеспечивающий наилучшее расщепление;

3) выборка, соответствующая обрабатываемой вершине, расщепляется на две подвыборки.

Классификация осуществляется следующим образом: пусть $\hat{\omega}_i(x) \in \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_c\}$ – класс, предсказанный деревом решений T_i , тогда результатом классификации $\hat{\omega}_{rf}^B(x)$ будет являться класс, наиболее часто встречающийся в множестве решений $\{\hat{\omega}_b(x)\}_{i=1}^B$ ансамбля деревьев.

Преимущество использования случайного леса обеспечивается высокой точностью классификации за счет слабой коррелированности деревьев, высокой вычислительной эффективностью вследствие отсутствия усечения полного дерева решений и возможности организации параллельных вычислений, а также простотой применения.

Для классификации поверхностных дефектов листового проката предлагается набор геометрических и яркостных признаков изображений, включающий:

– периметр дефекта P – количество пикселей с координатами (x, y) , образующих границу $R_{гр.д.}$ области дефекта:

$$P = \sum_{(x,y) \in R_{гр.д.}} 1; \quad (2)$$

– площадь дефекта S – количество пикселей с координатами (x, y) , принадлежащих области дефекта (включая границу) $R_{деф.}$:

$$S = \sum_{(x,y) \in R_{деф.}} 1 \quad (3)$$

– компактность q – геометрический признак третьего порядка, вычисляемый на основе вторичных признаков; безразмерная физическая величина, инвариантная к однородным изменениям масштаба и ориентации объекта:

$$q = \frac{P^2}{S}; \quad (4)$$

– среднее значение яркости m в области дефекта $R_{\text{деф.}}$:

$$m = \frac{1}{S} \sum_{(x,y) \in R_{\text{деф.}}} I(x, y), \quad (5)$$

где I – матрица яркости изображения;

– среднеквадратичное отклонение в области дефекта:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{S} \sum_{(x,y) \in R_{\text{деф.}}} (I(x, y) - m)^2}. \quad (6)$$

Для проверки предложенных решений на основе диапазонов выделенных признаков (таблица 1) сформирована исходная обучающая выборка для четырех типов дефектов: "мятость", "царапина", "плена", "отверстие".

Таблица 1 – Диапазоны значений признаков изображений дефектов

Признак изображения дефекта	Тип дефекта			
	Отверстие	Плена	Мятость	Царапина
Периметр (пикс.)	4–71	50–200	344–720	148–700
Площадь (пикс.)	4–203	250–4472	1500–5130	400–2100
Компактность	4–20	10–36	62–162	54–200
Среднее значение яркости (ед.)	72–132	100–180	150–212	160–213
СКО яркости (ед.)	6–28	22–63	20–40	15–36

В результате тестирования обученной модели количество правильно распознанных образцов по каждому типу дефекта составило более 90 %. Таким образом, рассмотренный подход показал лучшие результаты по сравнению с достигнутыми ранее [1]. Следовательно, случайный лес может быть использован в качестве метода классификации поверхностных дефектов листового металлопроката с целью повышения качества готовой продукции.

Библиографический список

1. Batischev V. I., Kuzmin M. I., Pischukhin A. M., Solovyov N. A. System of Computer Vision for Cold-Rolled Metal Quality Control // International Review of Automatic Control (IREACO). 2016. Vol. 9, № 4. P. 259–263. DOI: <https://doi.org/10.15866/ireaco.v9i4.9870>.
2. Breiman L. Random forests // Machine Learning. 2001. Vol. 45. P. 5–32. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>.
3. Чистяков С. П. Случайные леса: обзор // Труды Карельского научного центра РАН. 2013. № 1. С. 117–136. EDN: PZBGBL.

Разработка универсального устройства управления производственными механизмами с беспроводной передачей данных

Кулёмин В. В., Ерещенко В. В. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: cul3min@yandex.ru)

Аннотация. В статье рассматривается разработка универсального устройства управления производственными механизмами с беспроводной передачей данных. Под производственными механизмами подразумеваются различные устройства, приводимые в движение шаговыми двигателями: станки ЧПУ, использующие фрезер, лазерные граверы, 3D-принтеры, роботы-художники, плоттеры, текстильные принтеры, машинки для маникюра, перемещающие устройства.

Abstract. The article includes the development of a universal device for controlling industrial devices with wireless data transmission. By production mechanisms we mean various devices driven by stepper motors: CNC machines using milling, laser engravers, 3D printers, robot painters, plotters, textile printers, manicure machines, changing devices.

Ключевые слова: дистанционная передача данных, ЧПУ станки, автоматизированные системы, управление лазерными технологиями

Key words: remote data transmission, CNC machines, security systems, laser technology control

Особенности современного этапа развития производства характеризуется значительным распространением и использованием многофункциональных станков с ЧПУ. Применение такого типа оборудования позволяет значительно повысить производительность обработки и улучшить качество изготавливаемой продукции [1]. Однако в нашей стране необходимо развивать малые и средние предприятия, так как малые и средние предприятия являются "хребтом" развитых экономик. Именно поэтому, для создания новых и модернизации созданных предприятий необходимо разработать готовое дешевое универсальное решение для дистанционного управления ЧПУ станками и шаговыми двигателями, отсутствующее на рынке.

Основными целями данной работы является разработка и создание универсального устройства управления ЧПУ станками с дистанционным управлением на основе микроконтроллера ATmega2560.

Для этого были поставлены и решены следующие задачи:

- проектирование аппаратной части устройства;
- разработка алгоритмов управления устройством;
- моделирование работы устройства в САПР;
- разработка ударопрочного корпуса устройства;
- разработка лабораторной работы на базе устройства.

Разрабатываемое устройство представляет систему управления производственными механизмами (станками с числовым программным управлением; 3D-принтерами) с беспроводной передачей данных, помещенную в ударопрочный корпус.

Устройство совмещает в себе все элементы, необходимые для реализации дистанционной системы управления станками через ПК. Внешний вид представлен на рисунках 1 и 2.

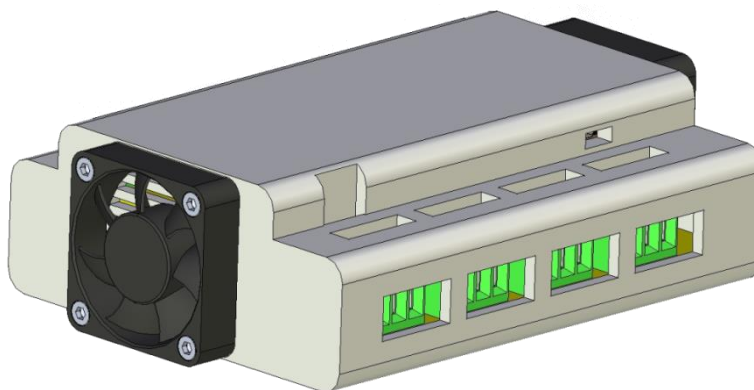


Рисунок 1 – Разрабатываемое устройство

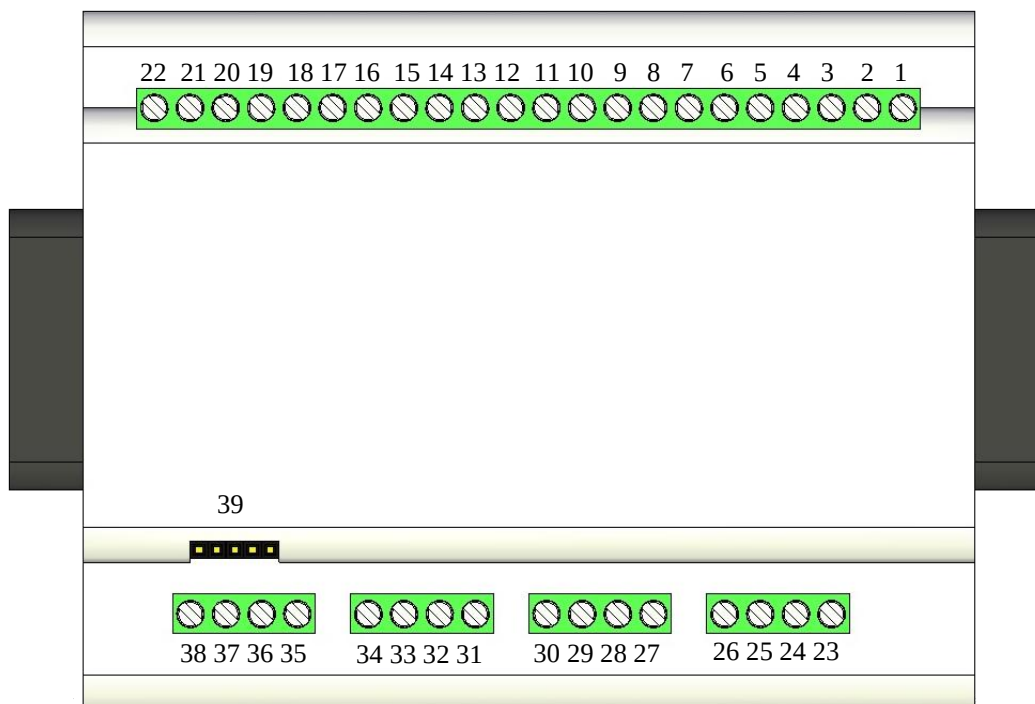


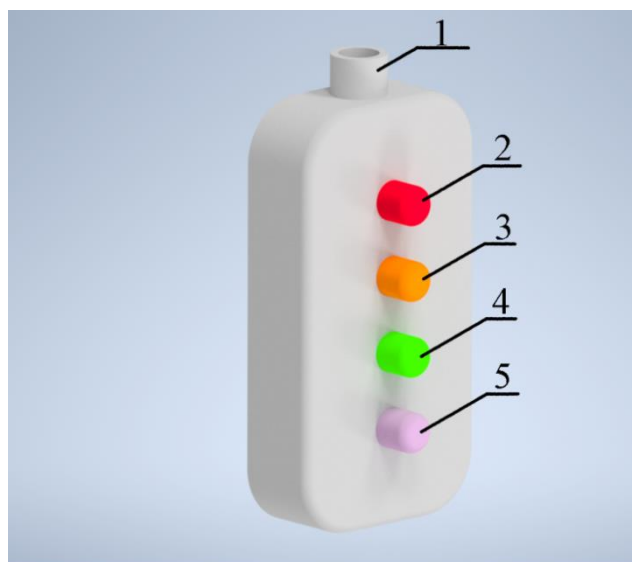
Рисунок 2 – Разрабатываемое устройство (вид сверху) и его порты ввода/вывода

Корпус состоит из четырех частей, скрепляемых самонарезающими винтами. На боковые крышки крепятся два кулера с напряжением питания 12 В, подключаемые внутри на плате устройства. Они обеспечивают вентиляцию

изделия, компенсируя тепловое действие тока на систему управления. Для придания корпусу прочности, внутри модели присутствуют углы жесткости.

Порты ввода/вывода 15–22 реализуют возможность включения в параллельную работу двух пар двигателей, трех или всех четырех двигателей, а также вывод управляющего сигнала на другие шаговые двигатели.

Порт 39 предназначен для подключения пульта управления с четырьмя кнопками (рисунок 3).



1 – отверстие для вывода проводов; 2 – кнопка Reset/Abort – Стоп/прервать; 3 – кнопка Feed-hold – пауза; 4 – кнопка Cycle Start – возобновить, начать цикл; 5 – кнопка Safety Door – закрытие двери.

Рисунок 3 – Пульт управления

Поступление этих команд от объекта управления можно автоматизировать, например, подключив вместо пульта систему герконов, или изменить назначение команд.

В разработанной системе управление происходит на персональном компьютере. По протоколу Bridge с управляющего компьютера сигналы управления поступают на платы, приводя шаговые двигатели в движение.

Устройство управляется дистанционно через сети Wi-Fi от персонального компьютера. Для беспроводной передачи G-кода от компьютера на микроконтроллер используются 2 модуля ESP32 [3], один из которых подключен к персональному компьютеру с установленной программой GRBL Controller, другой – через конвертер логических уровней к плате по интерфейсу USART. Связь осуществляется по протоколу Bridge, где один модуль выступает в качестве передатчика, второй – в качестве приёмника. Таким образом, схема обеспечивает беспроводную передачу, чтение G-cod'a и расчет работы шаго-

вых двигателей, лазера или шпинделя на его основе. Для обработки используется микроконтроллер ATmega2560, обладающий внутренней памятью в 256 Кбайт. Этого значения будет достаточно для хранения и обработки переданного кода без использования дополнительной буферной памяти. На рисунке 4 схематически изображена описываемая система.

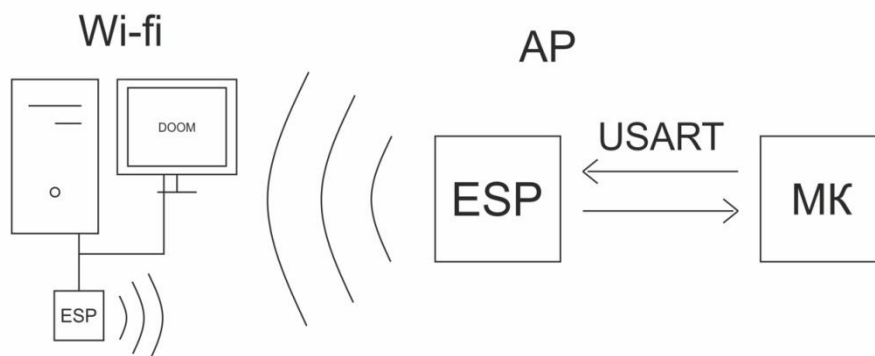


Рисунок 4 – Общая схема реализации управления

Данное устройство имеет ряд применений:

- управление для станков ЧПУ, использующих фрезер, лазерных граверов, 3D-принтеров, роботов-художников, плоттеров, текстильных принтеров, машинок для маникюра, перемешивающих устройств;
- создание на базе устройства учебного стенда, используемого в образовательном процессе.

Достоинства спроектированного устройства:

- совмещение в одном устройстве всех элементов, необходимых для реализации системы управления;
- изготовление корпуса из ударопрочного материала, защищающего устройство от механических повреждений;
- конструкция корпуса позволяет оперативно произвести наладочные работы;
- дистанционное управление с ПК, а впоследствии и со смартфона;
- дистанционная загрузка файлов;
- одновременное управление несколькими одинаковыми станками;
- универсальность применения;
- возможность включить двигатели на параллельную работу;
- возможность подключения;
- невысокая стоимость конечного продукта.

Имеющиеся аналоги, их достоинства и недостатки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Аналоги и конкуренты

Название	Достоинства	Недостатки
CNC F1510-T	Дистанционное управление	Требуется приёмник сигнала F1510-R; ограничен в функционале; цена 9 000 р.
МК4-ЕТ ХНС	Полноценная универсальная система управления станком	Принимает команды и данные лишь по USB интерфейсу; цена 14 000 р.
PMC-2HSP-485	Четыре режима управления с функцией линейной / круговой интерполяции; управление 32 осями и подключение до 16 устройств	Не может напрямую управлять двигателями, необходимо направлять выдаваемые сигналы на драйверы двигателей; цена 28 000 р.
DSP-D11-3-33330-5-000	Имеет пульт ДУ; полноценная система управления станком; встроенный блок питания	Не имеет возможности связи с ПК; цена 70 000 р.

Проведя анализ производственных предприятий [2], как потенциальных покупателей, можно судить о том, что среди малых и средних предприятий преобладают микропредприятия. На рисунке 5 представлена гистограмма существующих предприятий по видам производства. По гистограмме можно судить о том, что уже существуют более 116 000 предприятий, в которых устройство может пригодиться для модернизации производства. В первую очередь, к ним относятся предприятия занимающиеся обработкой древесины, производством готовых металлических и пластмассовых изделий, прочей неметаллической продукции.

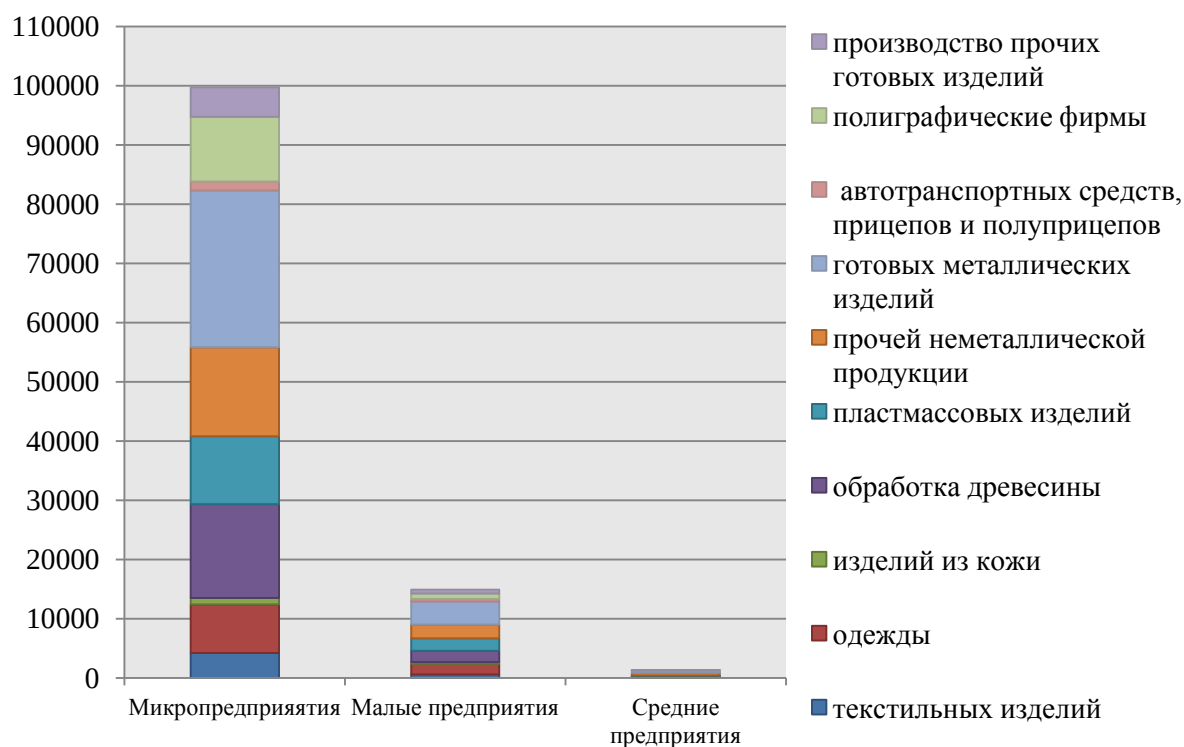


Рисунок 5 – Предприятия по видам производства

В рамках научно-исследовательской деятельности было разработано универсальное устройство управления производственными механизмами с беспроводной передачей данных, предназначенное для создания и модернизации станков с числовым программным управлением.

Библиографический список

1. Станки с ЧПУ: устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка: учеб. пособие. Текст электронный / А. А. Жолобов, Ж. А. Мрочек, А. В. Аверченков, М. В. Терехов, В. А. Шкаберин. 2-е изд., стер. М. : ФЛИНТА, 2014. 355 с.
2. Малое и среднее предпринимательство в России. 2019 : стат. сб. М., 2019. 87 с.
3. ESP32 // Сайт Александра Климова. URL:
<https://developer.alexanderklimov.ru/arduino/esp32/>

Изготовление двусторонних печатных плат с применением фрезерного станка с числовым программным управлением

Потапов Н. С. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: potapovns@mstu.edu.ru)

Аннотация. Рассматривается процесс создания двусторонних печатных плат (ДПП) на фрезерном станке с числовым программным управлением (ЧПУ) в рамках учебного процесса. Описываются шаги по подготовке обрабатываемых и подкладочных материалов, приводится алгоритм обработки сторон платы. Также рассматриваются возможные проблемы и дефекты при изготовлении.

Abstract. An education-oriented process of double-sided printed circuit board (PCB) manufacturing is described in this paper. The steps of bare board & underlay materials preparation and the algorithm of PCB side milling are provided. The possible caveats and defects during the manufacturing process are also acknowledged.

Ключевые слова: субтрактивные технологии, числовое программное управление (ЧПУ), фрезерование, двусторонняя печатная плата (ДПП), системы автоматизированного проектирования (САПР)

Key words: subtractive technology, computer numerical control (CNC), milling, double-sided printed circuit board (PCB), computer-aided design (CAD)

Печатные платы являются основой для электрических устройств различного рода – от простейших релейных схем до комплексных контуров управления промышленным станком. Технологический процесс их создания включает в себя множество этапов, входящих в жизненный цикл конечного устройства: проектирование, заготовка материалов и собственно изготовление. Каждый из этих этапов может быть охвачен в рамках учебного процесса и использован как предмет изучения в технических вузах. Особое внимание стоит уделить процессу производства плат на основе готового проекта.

Как правило, на дисциплинах "Станки с ЧПУ" и "CAD-CAM-системы" преподаватель прорабатывает со студентами технологию изготовления односторонних печатных плат (ОПП). Однако разнообразие типов этим не ограничивается: в электронике широкое применение находят двусторонние печатные платы (ДПП) с двумя слоями меди, а также многослойные печатные платы (МПП) с двумя внешними слоями и несколькими внутренними. Эти вариации позволяют создавать более компактные электрические связи и размещать большее число навесных компонентов (за счет использования обеих сторон платы). К сожалению, многослойные ПП крайне сложны в изготовле-

нии, из-за чего они не подходят для реализации в учебном процессе. Поэтому основное внимание в данной статье будет уделено изготовлению двусторонних ПП.

Как и в случае с односторонними платами, ДПП могут быть изготовлены с применением субтрактивных технологий, т. е. посредством удаления проводящего материала (меди) с заданных участков. Наиболее предпочтительным способом изготовления является химический метод, в рамках которого происходит вытравливание меди через фотошаблон [1; 2]. Однако допускается использовать механический метод, подразумевающий создание изоляционных зазоров при помощи режущего инструмента (фрезы) [3]. Применение данного метода заметно сокращает время производства одной платы, а также исключает контакт студентов с токсичными веществами, используемыми при травлении меди. Из недостатков следует подчеркнуть неравномерную глубину резки пазов, вызванную деформациями заготовки.

Вне зависимости от метода изготовления основной проблемой при производстве ДПП является необходимость совмещения верхнего и нижнего слоев. В случае химического метода применяются схемы сопоставления фотошаблонов по предварительно рассверленным базовым отверстиям с применением кнопок [4; 5]. В случае механического метода совмещение достигается за счет фиксации заготовки через базовые отверстия при помощи винтов или штырей.

На рисунке 1 приведена схема обработки верхнего слоя платы. Базовые отверстия выполняются на текстолитовой заготовке и на "кроватке" (обычно бруске из древесины, который фиксируется на поверхности фрезерного станка). Внутри заготовки располагается контур платы, который определяет фактические размеры изделия. Размеры самой заготовки должны быть значительно больше размера "платы", чтобы обеспечить пространство для разворота и для размещения базовых отверстий. Важно, чтобы фрезерный станок не задевал крепежные штыри в процессе контурной фрезеровки.

Штыри используются для сопоставления отверстий на плате с отверстиями на "кроватке". Отверстия всегда идут по парам отверстий, симметричных друг другу относительно оси отражения и равноудаленных от нее. Это делается с той целью, чтобы переориентировать плату после поворота по тем же отверстиям. Ось должна располагаться таким образом, чтобы при повороте вокруг этой оси контур платы не выходил за границы заготовки.

Само содержимое нижнего слоя (дорожки, контур платы) должно быть развернуто вокруг этой оси, как показано на рисунке 2.

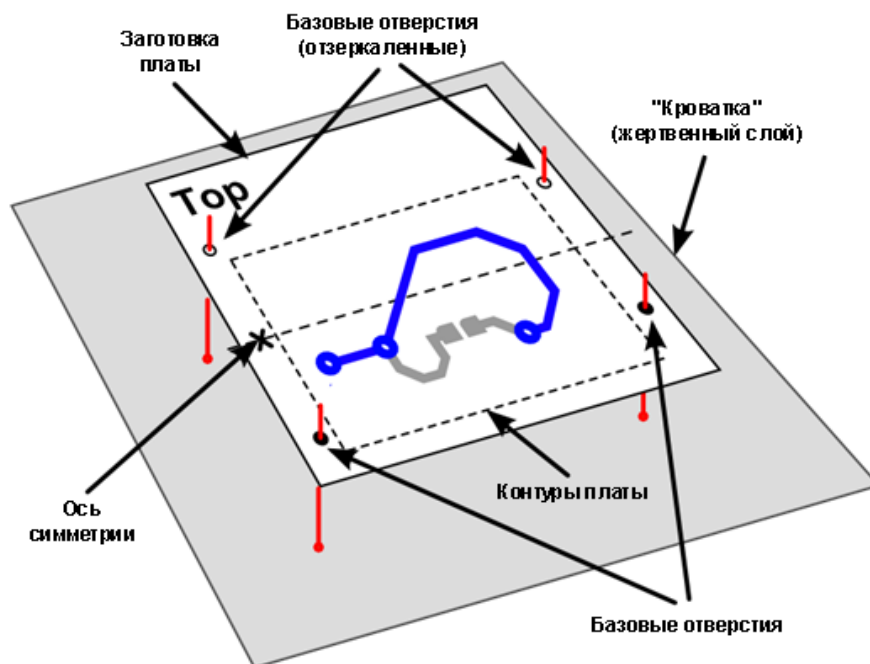


Рисунок 1 – Схема обработки верхнего слоя при фрезеровании двусторонней платы

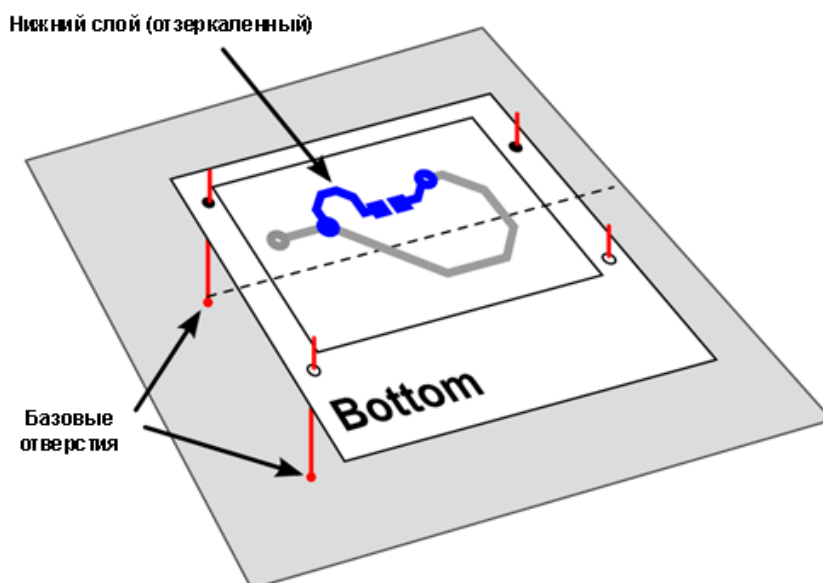


Рисунок 2 – Схема обработки нижнего слоя при фрезеровании двусторонней платы

Процесс совмещения слоев печатной платы производится на стадии проектирования и подготовки к производству. Базовые отверстия можно разместить вручную, соблюдая при этом условия симметрии и равноудаленности. Некоторые системы подготовки к производству (например, FlatCAM) уже содержат в своем составе инструменты для работы с двусторонними платами [6].

Интерфейс инструмента Double-sided PCB Tool программы FlatCAM (с открытым исходным кодом) представлен на рисунке 3. Здесь можно задать ось симметрии, базовые точки, а также нижний слой, который необходимо развернуть вокруг заданной оси.

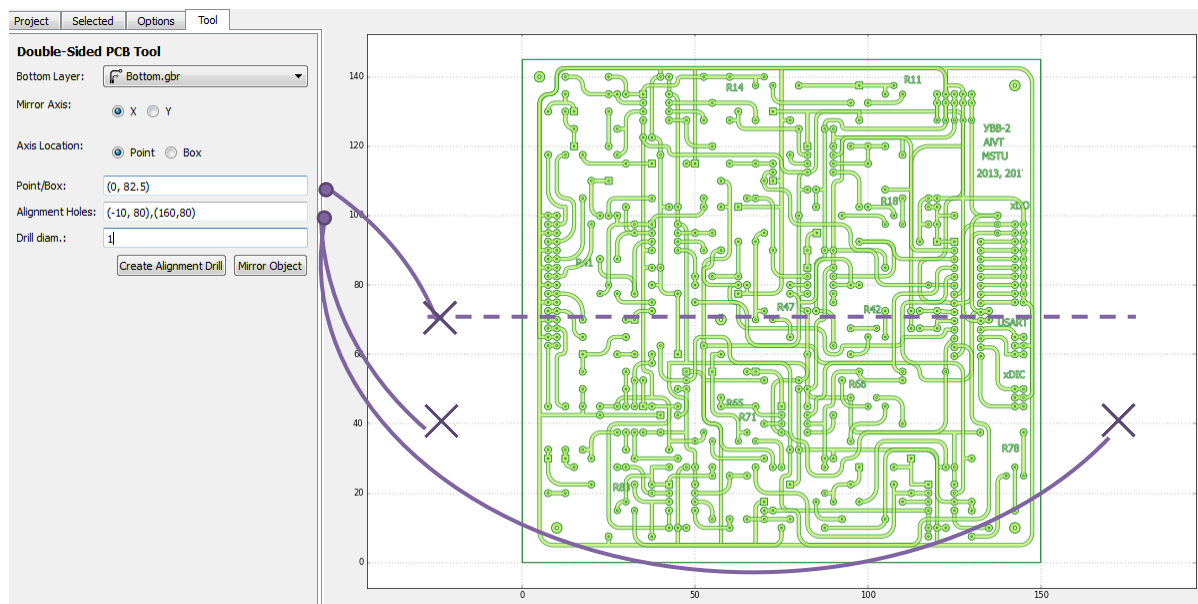


Рисунок 3 – Общий вид инструмента Double-sided PCB Tool ПО FlatCAM

В результате процесс изготовления ДПП на станке с ЧПУ можно разбить на следующие этапы:

1. Подготовка текстолитовой заготовки и "кроватьки" необходимых размеров.
2. Установка "кроватьки" на рабочую поверхность станка.
3. Сверление/вырез базовых отверстий в "кроватьке".
4. Предварительный вырез базовых отверстий в заготовке.
5. Установка заготовки лицевой стороной вверх на "кроватьку", закрепление штырями.
6. Обработка верхнего слоя (нанесение изоляционного зазора), а также сверление отверстий под компоненты изделия.
7. Снятие штырей, разворот заготовки (строго по оси), установка заготовки лицевой стороной вниз, повторное закрепление штырями
8. Обработка нижнего слоя.
9. Контурная фрезеровка (вырез по проектному контуру платы).

В процессе изготовления ДПП следует иметь в виду, что помимо типичных дефектов, свойственных механическому методу производства, могут возникнуть следующие осложнения:

- изгиб заготовки из-за избыточного натяжения в области штырей;

- смещение контактных площадок нижнего слоя относительно отверстий на 0.5...1 мм;
- неровная поверхность "кроватьки" (в совокупности с неровностями заготовки);
- неравномерное натяжение штырей.

Все вышеприведенные осложнения могут привести к тому, что изоляционный зазор получится либо с недостаточной глубиной (проводящая часть будет практически нетронутой), либо с избыточной глубиной (вплоть до сквозного прореза). Во избежание этого следует воспользоваться специальными зажимами для платы, а также предусмотреть вариант с выравниванием поверхности "кроватьки" (например, вырез углубления 2–3 мм для заготовки).

В целом навыки разработки и изготовления ДПП позволят студентам и преподавателям расширить свои возможности в плане выбора тем для учебных практик, курсовых и дипломных работ. Они способствуют реализации более сложных и компактных проектов в рамках занятий по техническим специальностям.

Библиографический список

1. Медведев А., Сержантов А. Иллюстрированная технология печатных плат. Двусторонние печатные платы с металлизацией отверстий // Технологии в электронной промышленности. 2015. № 1(77). С. 30–37. EDN: THEGNZ.
2. Технология изготовления двусторонних печатных плат // РЕЗОНИТ. URL: <https://www.rezonit.ru/directory/baza-znaniy/tekhnologiya-izgotovleniya-pechatnykh-plat-v-kartinkakh/dvustoronnie-pechatnye-plat>.
3. Субтрактивные методы изготовления печатных плат // Сайт разработчика печатных плат. URL: <https://pcbdesigner.ru/sposobi-izgotovleniya-pechatnih-plat/subtraktivnye-metody-izgotovleniya-pechatnyx-plat.html>.
4. Ливерко А., Сергеев В. Совмещение в технологии печатных плат // Технологии в электронной промышленности. 2008. №6(26) С. 28–31. EDN: MUGQXH.
5. Ливерко А., Сергеев В. Совмещение в технологии печатных плат // Технологии в электронной промышленности. 2008. №7(27). С. 32–35. EDN: MUGREF.
6. Caram J. P. 2-side PCB // FlatCAM Manual. URL: <http://flatcam.org/manual/doubleside.html>.

Этапы разработки программы для отображения большого массива данных GRaF Viewer

Потапов Н. С., Кайченев А. В. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: potapovns@mstu.edu.ru)

Аннотация. Статья посвящена описанию версий программы GRaF Viewer, предназначенной для отображения архивируемых данных параметров микроклимата модельных объектов. Рассмотрены преимущества и недостатки каждой версии программы, а также перспективы развития графического приложения.

Abstract. The article describes the versions of the GRaF Viewer program designed to display archived data of model object's microclimate parameters. The program advantages and disadvantages of each version are considered, as well as the prospects for the development of a graphical application.

Ключевые слова: микроклимат, система мониторинга, анализ данных, прикладное программирование, большой массив данных

Key words: microclimate, monitoring system, data analysis, application programming, big data

Работа с большим объемом данных зачастую требуют особых инструментов при анализе и отображении информации. Так, при разработке системы мониторинга параметров микроклимата модельных объектов в г. Мурманске и г. Петрозаводске, созданных в рамках международного проекта GrAB [1; 2] (КО-1089 "Зеленое строительство в Арктике") исследователи модельных объектов вынуждены работать с большим объемом архивируемых данных. На модельном объекте осуществляется мониторинг в автоматическом режиме 160 параметров микроклимата (температура влажность) в каркасной части модельного объекта; 56 параметров микроклимата в кровле и перекрытии; 180 параметров микроклимата в бревенчатой части модельного объекта; 50 параметров микроклимата измерительной системы датчиков; 48 параметров электрической энергии. Архивирование данных осуществляется с частотой один раз в пятнадцать минут, что позволило собрать архив в один миллион за полгода эксплуатации модельных объектов. При работе с таким объемом данных исследователи столкнулись с рядом трудностей:

- высокая трудоемкость процесса подготовки графической и численной информации для статей и презентаций из файлов *.CSV;
- высокая трудоемкость процесса подготовки сравнительных данных по модельным объектам в Мурманске и Петрозаводске;

- сложность подготовки выборки с требуемыми датами и параметрами;
- необходимость коррекции архивируемых данных.

Одним из вариантов упрощения работы с большим объемом данных стало создание сотрудниками кафедры Автоматики и вычислительной техники МГТУ программы GRaF Viewer.

Составляющие написаны на языке Python в связи с рядом преимуществ при реализации данного решения:

- модульность: любой скрипт можно использовать как отдельную библиотеку (с возможностью использования отдельных функций из скрипта);
- кроссплатформенность: скрипты .py работают на ОС Windows, Linux и MacOS;
- обширный набор библиотек для работы с табличными данными и графиками (numpy, pandas, matplotlib).

Первая версия программы представляла из себя интерактивный ноутбук, созданный в среде разработки Jupyter.

Интерактивные ноутбуки Python (.ipynb) – это документы, состоящие из нескольких обособленных блоков (ячеек), каждый из которых может содержать код Python, форматированный текст или графические изображения. Блоки с кодом могут быть выполнены через ядро Python несколько раз в произвольном порядке.

На данном этапе созданы основные функции GRaF Viewer: функции чтения данных с мурманских и петрозаводских выборок, функции усреднения по часам и дням, а также функции коррекции показаний датчиков влажности.

Достоинствами такого решения являются:

- среда разработки доступна через веб-браузер (независима от платформы);
- возможность использования сервер среды разработки, развернутого на удаленной вычислительной машине, что позволяет обеспечить повсеместный доступ к среде;
- упрощение отладки программы за счет ее разбивки на блоки (можно точно определить блок, в котором произошла ошибка);
- поддержка языков разметки Markdown и LaTeX;
- поддержка интерактивных элементов (кнопок, ползунков) и графиков.

Недостатками данного решения реализации программы является:

- наличие установленной среды Python со всеми модулями, необходимыми для функционирования программы (сложности при воспроизводстве рабочей среды);

– ограниченные возможности при создании пользовательского интерфейса;

– ноутбук `.irunb` можно запустить только из-под среды Jupyter.

Функция генерации выборки с почасовым средним

Пусть

```
X = LoadMurmansk().point<m><n><k>
```

или

```
X = LoadPetrozavodsk().loc[(LoadPetrozavodsk()['sensor_group'] == <m>) &  
(LoadPetrozavodsk()['sensor_number'] == <k>)].<n>
```

где *m* - группа датчиков, *n* - тип датчика, *k* - номер датчика.

Выборка *X* представляет собой объект класса *Series* - массив данных, индексированных по временным точкам.

Алгоритм работы функции с выборкой *X*: 1) Считывается первая дата выборки из индекса (*firstDate*) 2) На основе индекса рассчитывается массив с *временными дельтами* - промежутками от первой даты 3) Переиндексировать по временным дельтам - определить массив как индекс выборки 4) Срезать выборку с дельтами по часам - разбить на равные секундные диапазоны (0-3600, 3601-7200, ...) 5) Осуществить группировку по дням и часам и рассчитать средние значения (при помощи `groupby().mean()`) 6) Пересчитать временные дельты во временные точки на основе первой даты 7) Создать новую выборку с рассчитанными средними значениями и новыми временными точками в качестве индекса

In [5]:

```
def GetHourAves(X):  
    # Извлечение временного индекса  
    dtIndex = X.index  
    startDate = dtIndex[0]  
  
    # Расчет временных дельт  
    dtDeltas = dtIndex.map(lambda x: x-startDate)  
  
    # Реиндексация выборки по дельтам  
    srMid = X.copy()  
    srMid.index = dtDeltas  
  
    # Конвертация выборки в датафрейм  
    dfMid = pd.DataFrame(data=srMid)  
  
    # Границы часовых диапазонов (в секундах) и маркеры диапазонов  
    hoursRange = [i*3600 for i in range(25)]  
    hoursLabels = ['0-1', '1-2', '2-3', '3-4', '4-5', '5-6',  
                  '6-7', '7-8', '8-9', '9-10', '10-11', '11-12',  
                  '12-13', '13-14', '14-15', '15-16', '16-17', '17-18',  
                  '18-19', '19-20', '20-21', '21-22', '22-23', '23-24']
```

Рисунок 1 – Пример части первой версии программы GRaF Viewer

Второй версией программы GRaF Viewer стало графическое приложение, созданное в среде разработки Qt Creator.

Qt – программная платформа для разработки графических приложений на языке C++. Для связки языка Python с Qt используется библиотека PyQt.

Среда Qt Creator включает в себя инструменты написания и отладки кода, а также средства проектирования графического интерфейса.

На данном этапе был спроектирован основной интерфейс программы GRaF Viewer: механизм генерации панелей выборок (с возможностью задания параметров: источника, группы датчиков, типа и номера датчика), диалоговые окна сохранения и открытия БД, окно с графиком выборок (рисунки 2, 3). Кроме того, были добавлены функции преобразования выборок с объектов Мурманска и Петрозаводска в единый формат, а также дополнены существующие функции для отображения и обработки данных в задаваемых пользователем временных рамках.

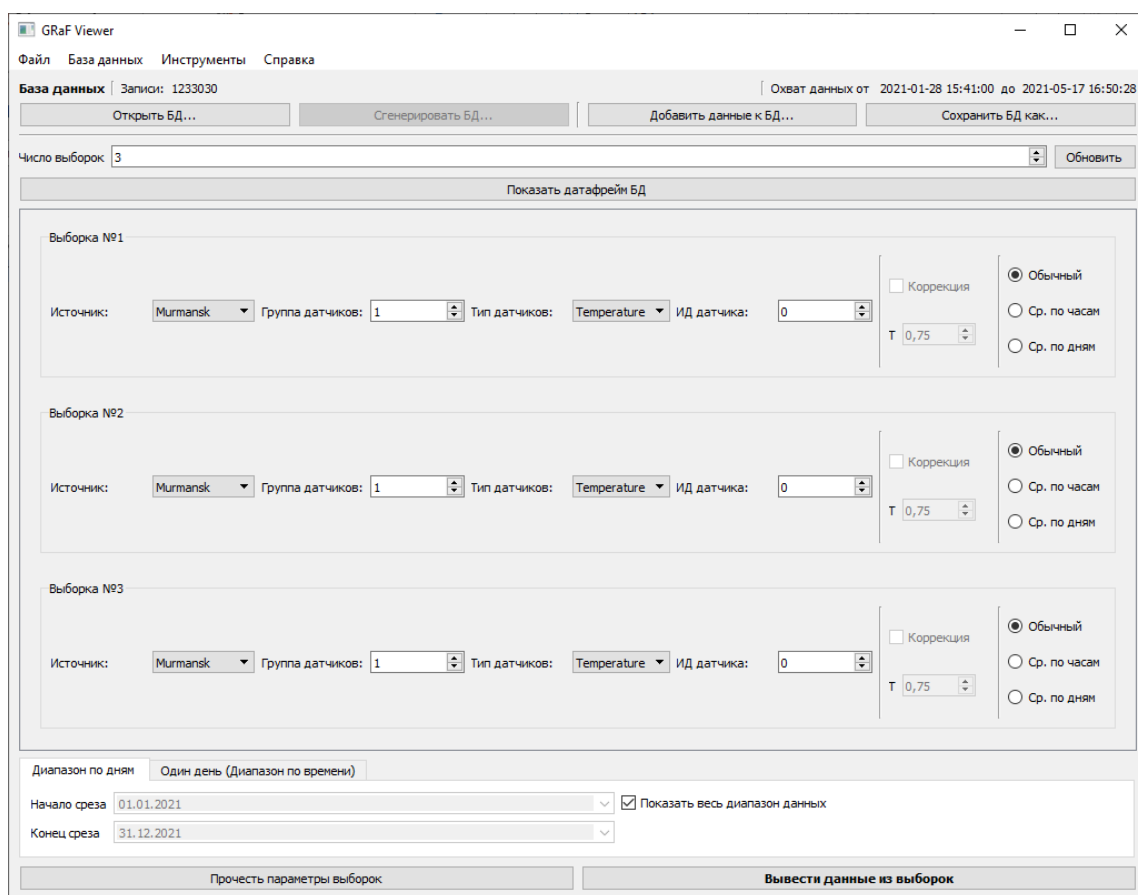


Рисунок 2 – Пример интерфейса второй версии программы GRAFT Viewer

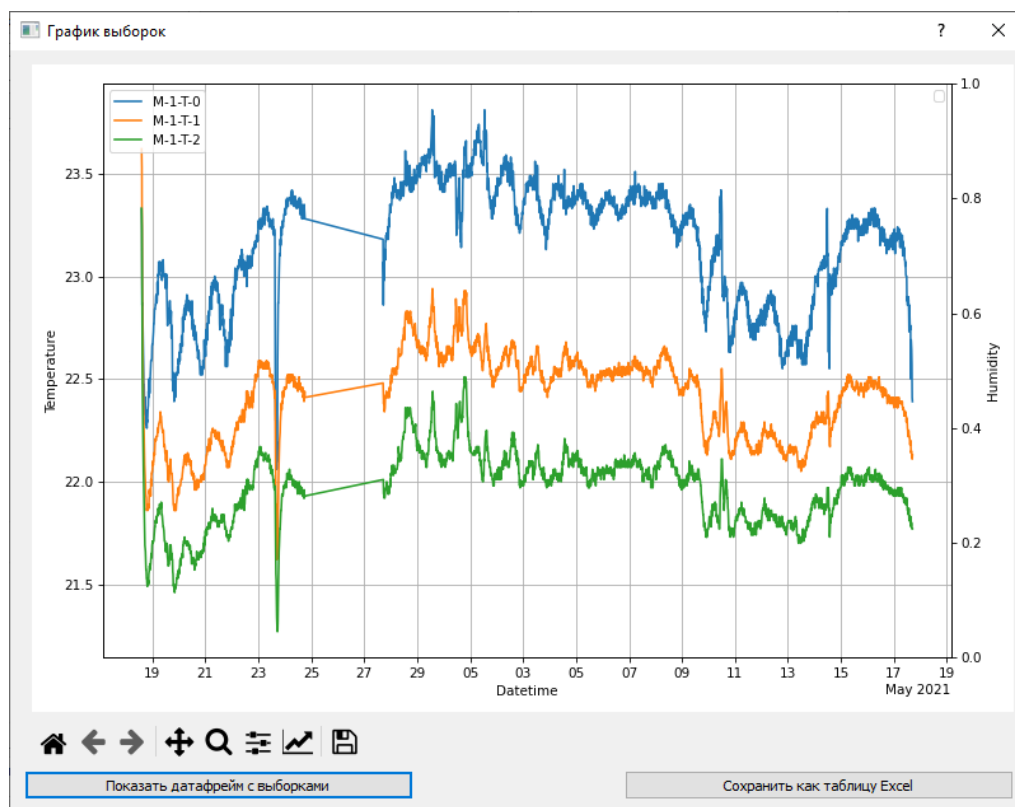


Рисунок 3 – Пример графиков выборок второй версии программы GRAFT Viewer

Преимуществами второй версии программы GRaF Viewer являются:

- возможность скомпилировать программу в виде отдельного приложения .exe (что отбрасывает необходимость устанавливать Python на целевую машину);
- возможность локализации программы (английский или русский язык);
- интерфейс программы адаптируется под практически любое разрешение экрана;
- возможность обрабатывать большое количество записей (порядка нескольких миллионов) без серьезных потерь в производительности;
- возможность сохранять отдельные выборки в виде графика (.png) или таблицы Excel (.xlsx).

Недостатками второй версии программы являются:

- невозможность использовать программу в коммерческих целях (в связи с требованиями лицензии Qt с открытым исходным кодом);
- большой размер программы (за счет внедрения графической библиотеки);
- ограниченные возможности по коррекции датчиков влажности (доступно только для внешних датчиков мурманского объекта).

Третья версии программы GRaF Viewer также создана в среде разработки Qt Creator и реализована в виде дополненного графического приложения.

Текущий этап разработки основан на второй версии программы. Основные изменения направлены на корректировку внутренней логики программы. В частности, был переработан и дополнен алгоритм коррекции датчиков влажности. Для каждого датчика подбирается ближайший эталон (по коэффициенту корреляции), на основе показаний которого и осуществляется коррекция по одному из двух способов (зональному или регрессионному). Кроме того, была добавлена функция разбишки БД на два файла с определенными временными диапазонами (рисунок 4).

Преимуществами третьей версии программы GRaF Viewer являются:

- возможность коррекции всех архивируемых датчиков влажности (вне зависимости от положения на объекте);
- возможность коррекции датчиков несколькими методами.

Недостатками данного решения являются:

- уменьшение производительности при обработке выборок, помеченных на коррекцию;

– несовместимость методов коррекции с выборками Петрозаводска из-за возможных несовпадений по размеру корректируемой и корректирующей выборками.

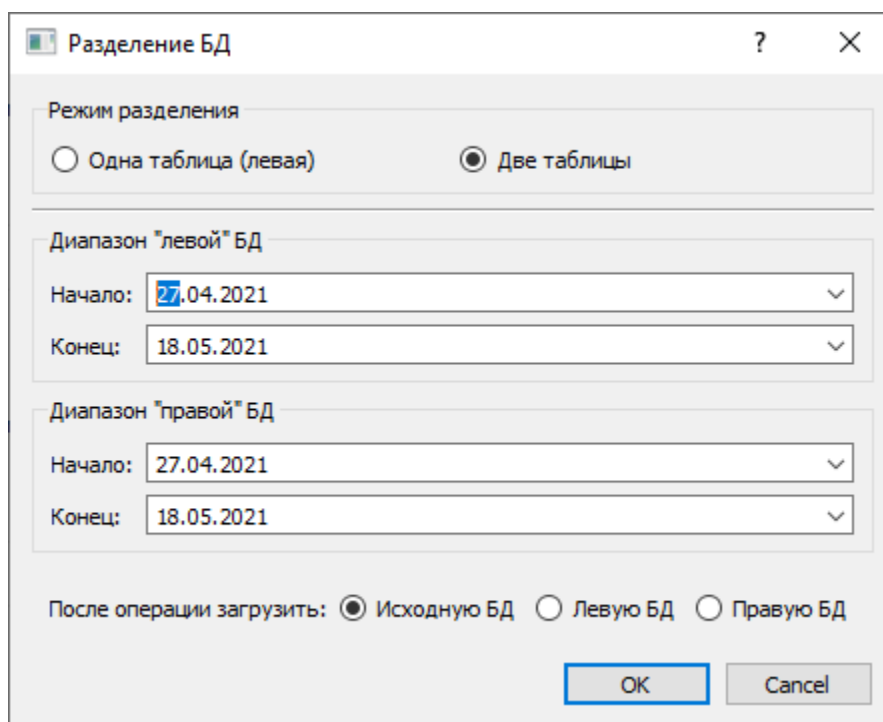


Рисунок 4 – Пример окна разделения баз данных программы
GRaF Viewer третьей версии

В настоящее время подготовлена четвертая версия программы, отличительными признаками которой являются:

- оптимизация механизма отрисовки выборок: возможность произвольного добавления/удаления выборки из стека, групповое добавление выборок по определенному признаку;
- общая оптимизация проекта для уменьшения размеров конечной программы;
- добавление отдельного окна с визуализацией данных с узла (группы датчиков) с возможностью сохранения анимации;
- внедрение алгоритмов машинного обучения для решения последующих задач прогнозирования и классификации.

Библиографический список

1. Ерещенко В. В., Кайченков А. В., Яценко В. В., Яроцкая А. А. [и др.]. Разработка и исследование возможностей программно-аппаратного комплекса измерения температуры и влажности модельного объекта "Опытный" // Наука

и образование–2020 : материалы Всерос. науч.-практ. конф., Мурманск, 1 декабря 2020 г. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2021. С. 12–17. URL: <https://www.mstu.edu.ru/upload/iblock/4db/0py71h3qrrt69qe7msnxavhx4g51wcuuh/nio-conf2020-9.pdf>.

2. Кайченев А. В., Лукин С. А., Рабынин А. Б. Исследование метрологических свойств измерительной части системы мониторинга параметров микроклимата модельного объекта "Опытный" // Наука и образование–2020 : материалы Всерос. науч.-практ. конф., Мурманск, 1 декабря 2020 г. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2021. С. 24–32. URL:

<https://www.mstu.edu.ru/upload/iblock/4db/0py71h3qrrt69qe7msnxavhx4g51wcuuh/nio-conf2020-9.pdf>.

Разработка и исследование беспроводного устройства ввода-вывода информации для имитационного моделирования технологических процессов

Селяков И. Ю., Ерещенко В. В., Кайченев А. В. (*г. Мурманск ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: selyakoviyu@mstu.edu.ru*)

Аннотация. Статья посвящена беспроводному устройству, обеспечивающему ввод-вывод дискретных и аналоговых сигналов в персональный компьютер или на мобильное устройство.

Abstract. The article is devoted to a wireless device that provides input and output of discrete and analog signals to a personal computer or mobile device.

Ключевые слова: беспроводное устройство, промышленный контроллер, платы ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов

Key words: wireless device, industrial controller, input-output boards of discrete and analog signals

В современном мире можно наблюдать широкое применение беспроводных технологий как в производстве, так и в повседневной жизни. В первую очередь это связано с удобством использования, так как нет необходимости в использовании проводов, что позволяет передвигать оборудование, которые участвуют в работе всей системы. Также имеется тенденция к организации дистанционного обучения, но при подготовке специалистов в области АСУ ТП необходим опыт работы с реальным оборудованием [1; 2].

Существует несколько видов беспроводных технологий передачи данных: Wi-Fi, Bluetooth, GPRS и др.

Все эти технологии различаются по принципу действия и дальности действия. Для реализации проекта была выбрана передача сигнала при помощи Wi-Fi.

Принцип работы устройства наглядно виден из рисунка 1. Само устройство состоит из Wi-Fi точки, персонального компьютера, платы дискретного и аналогового ввода-вывода сигналов, подключенного к программируемому логическому контроллеру (ПЛК) [3; 4]. Также имеется возможность подключить мобильное устройство для имитации технологического процесса, и (или) устройство еще одно устройство ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов.

Устройство ввода-вывода представлено на рисунке 2.

Из рисунка видно, что через Wi-Fi точку доступа передается информация из устройства, подключенного к этой же сети, на модуль ESP8266, ко-

торый принимает сигнал и форматирует его в интерфейс I²C. Далее сигнал передается в микроконтроллер ATmega328. Этот микроконтроллер необходим в нашей системе ввиду нужного количества входов/выходов, а также из-за возможности передавать сигналы с помощью технологии ШИМ (широтно-импульсная модуляция). Принимаемый сигнал формируется и через преобразователи напряжения в ток передается на сам ПЛК для дальнейшей работы с ним.

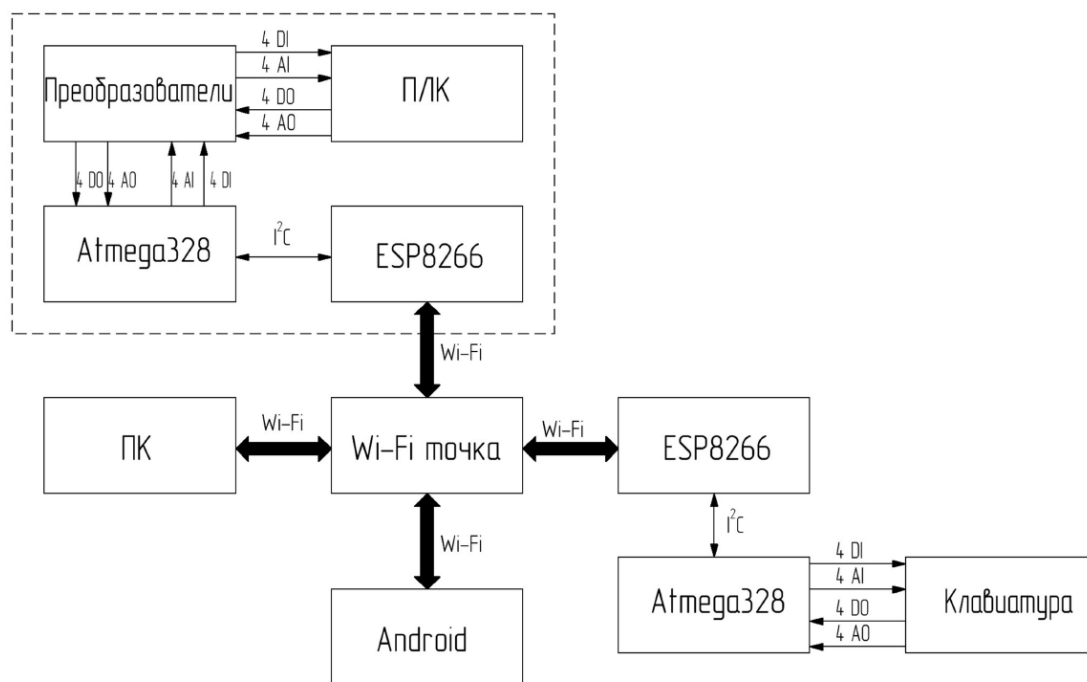


Рисунок 1 – Пример подключения различных устройств через Wi-Fi точку

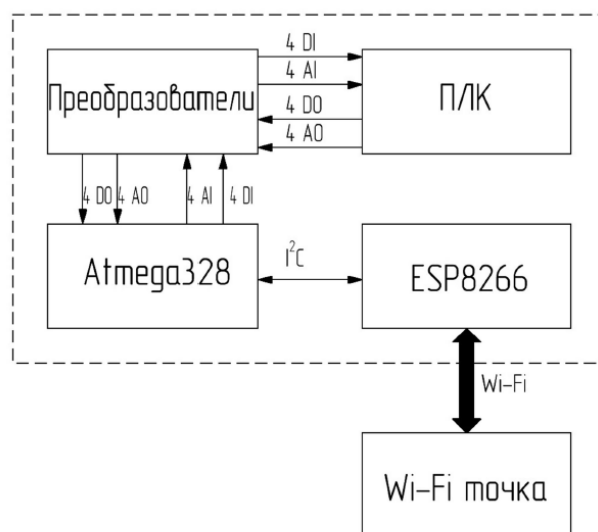


Рисунок 2 – Схема устройства ввода-вывода

Сигналы, исходящие от ПЛК, проходят через преобразователи тока в напряжения по своим каналам. Этот сигнал также поступает на микроконтроллер ATmega328, который принимает эти сигналы и преобразовывает его и передает на модуль ESP8266 по интерфейсу I²C. Далее же Wi-Fi модуль передаёт сигнал на точку доступа, которая уже пересылает сигнал на устройство, которое подключено к этой сети.

В рамках реализации проекта была разработана панель оператора, благодаря которой реализуется возможность отправки сигналов на дискретные и аналоговые входы модуля ввода-вывода ПЛК оператором. Панель оператора ПК представлена на рисунке 3.

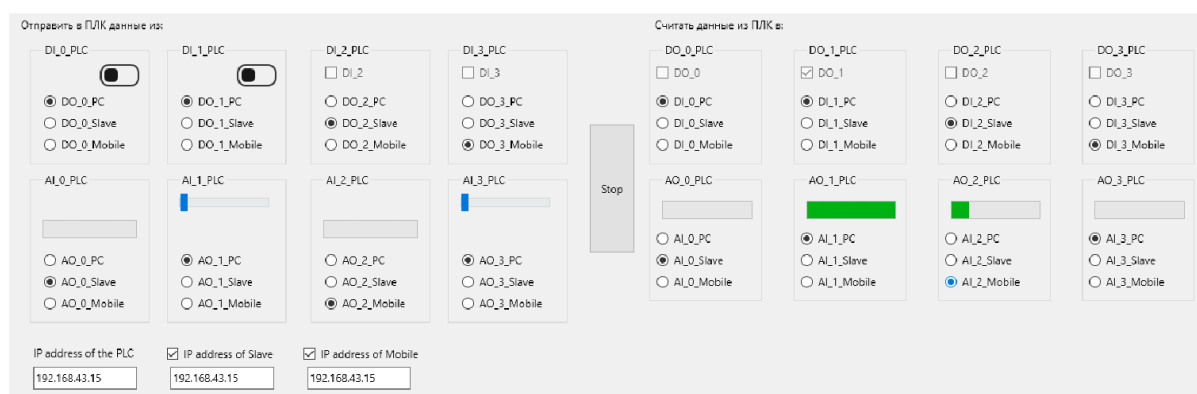


Рисунок 3 – Панель оператора ПК

Основными функциями программы сопряжения являются:

- выбор устройства взаимодействия с модулем ввода-вывода ПЛК (ПК, подключаемое устройство или смартфон на платформе Android);
- отправка данных из дискретных и аналоговых входов устройств на модуль ввода-вывода ПЛК по беспроводной сети Wi-Fi;
- прием данных в дискретные и аналоговые выходы устройств от модуля ввода-вывода ПЛК по беспроводной сети Wi-Fi;
- индикация отправленных и принятых сигналов на панели оператора.

Для возможности работы с ПЛК, на панели оператора необходимо ввести его IP адрес модуля ввода вывода. Важной особенностью является то, что модуль ввода-вывода ПЛК должен быть подключен к той же Wi-Fi сети, что и персональный компьютер.

В случае отправки сигнала с компьютера на модуль ввода-вывода, оператор выбирает дискретный или аналоговый канал, из которого отправится сигнал и осуществляет отработку переключателями на панели оператора. Персональный компьютер и смартфон не обязательно имеют подключаемый

модуль ввода-вывода, поскольку они располагают графическим интерфейсом и данные помещаются напрямую во внутренние регистры этих устройств.

В случае приема сигнала на ПК от модуля ввода-вывода, на панели оператора были размещены элементы отображения, сигнализирующие об успешном принятии дискретного или аналогового сигнала.

Если в работе необходимо задействовать внешнее подключаемое устройство, то его IP адрес также необходимо ввести на панели оператора. В случае работы с внешним устройством, его необходимо подключить к модулю ввода-вывода. Модуль ввода-вывода является универсальным, и подключается как ПЛК, так и к другим внешним устройствам. Если в работе задействовано такое устройство, на панели оператора были созданы элементы отображения, сигнализирующие об успешном принятии дискретного или аналогового сигнала. Для возможности отображения отправки или приема сигналов модуля ввода-вывода в ПЛК из внешнего подключаемого устройства, на панели оператора необходимо выбрать соответствующие каналы внешнего устройства и ПЛК.

Если в работе необходимо задействовать мобильное устройство, то оператору необходимо произвести аналогичные действия, как и при взаимодействии ПК и модуля ввода-вывода ПЛК. Смартфон также необходимо подключить к той же Wi-Fi сети, к которой подключены ПК и модуль ввода-вывода ПЛК.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что данное направление исследования является достаточно перспективным, так как позволяет сократить время на создание лабораторных стендов, уменьшить их массогабариты, дает возможность проведения дистанционных лабораторных работ на реальном оборудовании.

Библиографический список

1. Моисеев Д. Н. Беспроводной контроль научного оборудования и мониторинг датчиков по Wi-Fi с помощью модуля ESP8266 // Автоматика и программная инженерия. 2018. № 1(23). С. 9–19. EDN: UOPSWK.
2. Стародубцев И. С., Самедов Р. Ф., Гайнияров И. М., Обабков И. Н. [и др.]. Аниматронная модель руки на базе ESP8266 // Труды Международной конференции по компьютерной графике и зрению "Графикон". 2019. № 1. DOI: <https://doi.org/10.30987/graphicon-2019-1-274-278>.

3. Lysenko V. N., Medvedev D. D., Al-Tibbi V. H. Deploying industrial Internet of things (IIOT) technology with PLC programming // Modern informatization problems in the technological and telecommunication systems analysis and synthesis MIP-2021'AS : Proceedings of the XXVI-th International Open Science Conference (Yelm, WA, USA, January 2021). Yelm : Science Book Publishing House LLC, 2021. P. 128–134.
4. Багаев Е. С. Новая линейка контроллеров с широкими коммуникационными возможностями ОВЕН ПЛК2xx // Автоматизация и IT в энергетике. 2020. № 11(136). С. 18–21. EDN: JTRLNQ.

Прогнозирование значения фактического стерилизующего эффекта готовых консервов из гидробионтов

Столянов А. В. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматизации и вычислительной техники, e-mail: stolyanovav@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье описан эксперимент по получению линейной зависимости значения фактического стерилизующего эффекта готовой продукции от продолжительности этапа нагрева, начальных температур продукта и среды стерилизационной камеры автоклава. Для проведения исследования использовался план проведения эксперимента первого порядка с математическим моделированием полученных режимов стерилизации консервов. Также проведено сравнение значений фактического стерилизующего эффекта, рассчитанного по полученной линейной модели и с использованием математического моделирования теплового процесса.

Abstract. The experiment for obtaining the linear dependence of the actual sterilizing effect value for the finished product on the heating stage duration, the initial temperatures of product and the autoclave sterilization chamber medium is described. A plan for conducting a first-order experiment with the obtained canned food sterilization regimes mathematical simulation is used for this case-study. Also, a comparison of the actual sterilizing effect values, calculated using the obtained linear model and using the thermal process mathematical simulation, is carried out.

Ключевые слова: фактический стерилизующий эффект, полный факторный эксперимент, линейная модель, моделирование

Key words: actual sterilizing effect, full factorial experiment, linear model, simulation

Режим тепловой обработки консервов – это совокупность показателей продолжительности этапов термообработки, температуры греющей среды, давления в автоклаве в процессе тепловой обработки и охлаждения, а также нормативной летальности, записанных в виде формулы

$$\frac{A+B+C}{T} P, F, \quad (1)$$

где A – продолжительность этапа нагрева воды до температуры процесса, мин.; B – продолжительность этапа процесса тепловой обработки, мин.; C – продолжительность этапа охлаждения, мин; T – температура тепловой обработки, °C; P – давление при тепловой обработке и/или охлаждении, МПа; F – значение нормативной летальности, усл. мин.

Нормативная летальность рассчитывается из необходимости гарантировать гибель в консервируемом продукте возбудителей ботулизма. При этом фактический стерилизующий эффект (фактическая летальность процесса стерилизации, F -эффект, L) – продолжительность такого условного процесса, эквивалентного реальному, при котором температура продукта в наименее

прогреваемой точке внутри консервов мгновенно поднимается от сублетальной до 121,1 °С (для процессов стерилизации) или 80 °С (для процессов пастеризации), выдерживается на постоянном уровне, после чего мгновенно опускается до сублетальной [1]. В результате проведения процесса уровень фактического стерилизующего эффекта должен превысить нормативный на величину, учитывающую возможные отклонения температурных и временных параметров процесса в меньшую сторону. В конечном итоге, значение *F*-эффекта, согласно большинству методов расчетов (например, методы Бигеллоу – Болла – Флауменбаума, Стамбо или Всероссийского научно-исследовательского института консервной и овощесушильной промышленности (ВНИИКОП)), основано на использовании двух параметров – температуры и продолжительности воздействия на продукт стерилизационной среды. На практике наибольшей популярностью пользуется метод Бигеллоу – Болла – Флауменбаума по причине простоты записи формулы и вычислений. При этом всегда гарантируется термогибель микроорганизмов, опасных для потребителя и оказывающих непосредственное влияние на сохранность продукта.

Проведем эксперимент по исследованию зависимости конечного фактического стерилизующего эффекта готового продукта от продолжительности этапа нагрева, начальных температур продукта и среды стерилизационной камеры автоклава.

Возьмем следующий режим стерилизации консервов:

$$\frac{25-55-20}{115\text{ °C}} \text{ 1,4 МПа, 5 усл. мин,}$$

записанный согласно формуле (1), в качестве исходного и промоделируем его в программе "Подбор режимов стерилизации консервов" (PRSC) [2], при этом начальные температуры продукта и среды стерилизационной камеры автоклава равны соответственно 10 °С и 83 °С.

Далее, для проведения эксперимента по получению линейной зависимости выберем простейший план проведения эксперимента первого порядка – полный факторный эксперимент для трех факторов ($k = 3$), варьируемых на двух уровнях ($q = 2$), или ПФЭ 2^3 [3]. План–матрица проведения эксперимента ПФЭ 2^3 для параметров x_1 , x_2 , x_3 в кодированном виде представлена в таблице 1.

В таблице 1 приняты следующие обозначения:

– x_1 – продолжительность этапа нагрева в кодированном виде ("–1" означает 10 минут, "1" – 40 минут);

– x_2 – начальная температура продукта в кодированном виде ("–1" означает плюс 5 °С, "1" – плюс 15 °С);

– x_3 – начальная температура среды стерилизационной камеры автоклава в кодированном виде ("–1" означает плюс 66 °С, "1" – плюс 100 °С).

Все остальные столбцы представляют собой вспомогательные значения, полученные перемножением кодированных значений x_1 , x_2 и x_3 , для упрощения дальнейших расчетов.

Таблица 1 – План–матрица ПФЭ 2³

Опыт u	x_1	x_2	x_3	$x_1 \cdot x_2$	$x_1 \cdot x_3$	$x_2 \cdot x_3$	$x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$
1	–1	–1	–1	1	1	1	–1
2	1	–1	–1	–1	–1	1	1
3	–1	1	–1	–1	1	–1	1
4	1	1	–1	1	–1	–1	–1
5	–1	–1	1	1	–1	–1	1
6	1	–1	1	–1	1	–1	–1
7	–1	1	1	–1	–1	1	–1
8	1	1	1	1	1	1	1

В каждом из восьми опытов в программе для моделирования режимов стерилизации консервов PRSC установим соответствующие параметры процесса, промоделируем и получим значения фактического стерилизующего эффекта (L_1 , L_2 , L_3) для трех моделей одного продукта, полученных в программе TRM. Опыты проводились в случайном порядке (6, 3, 8, 1, 5, 7, 4, 2) для обоснованного использования аппарата математической статистики и для исключения систематической ошибки. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты проведения опытов по плану ПФЭ 2³

Опыт u	L_1 , усл. мин	L_2 , усл. мин	L_3 , усл. мин
1	3,33	3,33	3,38
2	6,87	6,86	6,93
3	3,53	3,53	3,59
4	6,96	6,95	7,03
5	3,7	3,71	3,76
6	8,96	8,97	9,03
7	3,95	3,95	4,01
8	9,15	9,15	9,22

Далее проведем математическую и статистическую обработку результатов.

Определим воспроизводимость процесса для трех параллельных опытов на каждом сочетании уровней факторов по критерию Кохрена

$$G = \frac{s_{u \max}}{\sum_{u=1}^n s_u^2} \leq G_{(0.05, f_n, f_u)}, \quad (2)$$

где $s_u^2 = \frac{\sum_{p=1}^m (y_{up} - \bar{y}_u)^2}{m-1}$ – дисперсия рассеивания результатов на опыте u ; $p = 1, 2, \dots, m$ – число параллельных опытов; $s_{u \max}^2$ – наибольшая из дисперсий в строках плана; $G_{(0.05, f_n, f_u)}$ – табличное значение критерия Кохрена для пятипроцентного уровня значимости; $f_n = n$ – число независимых оценок дисперсии; $f_u = m - 1$ – число степеней свободы каждой оценки.

Процесс считается воспроизводимым при выполнении неравенства (2).

Для данного эксперимента получаем следующие значения

$$G = \frac{0,0019}{0,00083+0,00143+2*0,0012+0,0019+0,00103+0,00143+0,00163} =$$

$$= 0,1781 \leq 0,5157 = G_{(0.05, 8, 2)}.$$

Неравенство выполняется, значит, процесс воспроизводим и можно считать коэффициенты регрессии $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$. Полученные значения представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Полученные значения коэффициентов регрессии

Коэффициент	Значение	Значимость коэффициента
b_0	5,8271	да
b_1	2,1796	да
b_2	0,0913	да
b_3	0,6363	да
b_{12}	-0,0213	нет
b_{13}	0,4371	да
b_{23}	0,0171	нет
b_{123}	0,0062	нет

Значимость коэффициентов определяем с помощью критерия Стьюдента. Коэффициент считается значимым, если выполняется неравенство (3)

$$|b_i| \geq \Delta b_i = t_{(0.05; f_y)} * \left(\frac{\sum_{u=1}^n s_u^2}{n * \sqrt{n}} \right), \quad (3)$$

где $t_{(0.05; f_y)}$ – точка 5-ти процентного распределения критерия Стьюдента для f_y степеней свободы.

Получаем: $\Delta b_i = 4,303 * \left(\frac{0,01067}{8*\sqrt{8}} \right) = 0,0556$. Результат выполнения неравенства (3) для коэффициентов представлен в столбце "Значимость коэффициента" в таблице 3.

Теперь для полученных коэффициентов линейной регрессии проверим адекватность модели с помощью критерия Фишера. Адекватность не отвергается, если выполняется неравенство

$$F = \frac{s_{ад}^2 * n}{\sum_{u=1}^n s_u^2} \leq F_{(0.05, f_{ад}, f_u)}, \quad (4)$$

где $s_{ад}^2 = \frac{\sum_{u=1}^n (\bar{y}_u - y_u)^2}{n-k-1}$ – дисперсия адекватности модели; y_u – расчетное значение отклика в u -ом опыте; $F_{(0.05, f_{ад}, f_u)}$ – критерий Фишера при 5-ти процентном уровне значимости; $f_{ад} = n-k-1$ – число степеней свободы дисперсии адекватности.

Для проверки адекватности модели будем использовать только значимые коэффициенты линейной регрессии. Получим

$$F = \frac{0,001565*8}{0,01067} = 1,174 \leq 19,25 = F_{(0.05, 4, 2)}.$$

Следовательно, линейная модель с полученными значимыми коэффициентами адекватна и выражается следующей зависимостью от кодированных факторов x_1, x_2, x_3

$$\tilde{Y} = \tilde{F} = 5,8271 + 2,1796 * x_1 + 0,0913 * x_2 + 0,6363 * x_3 + 0,4371 * x_1 * x_3.$$

Таким образом, при расчете значения конечного фактического стерилизующего эффекта не учитывается взаимовлияние факторов x_1 и x_2 , x_2 и x_3 , а также взаимовлияние всех трех факторов.

Сравним расчетное значение полученной модели (4,908 усл. мин) и значение, полученное при моделировании процесса (5 усл. мин) в программном обеспечении PRSC (рисунок 1), при параметрах $x_1 = -0,333$ (20 мин нагрева), $x_2 = 2$ (начальная температура продукта равна 20 °C) и $x_3 = -0,7647$ (начальная температура среды стерилизационной камеры автоклава равна 70 °C).

Полученные значения фактических стерилизующих эффектов продукта расходятся всего лишь на 0,1 усл. мин или 2 процента. Это значит, что найденная линейная модель подходит для оценки значения F-эффекта данного продукта в зависимости от трех факторов:

- продолжительности этапа нагрева;
- начальной температуры продукта;

– начальной температуры среды в стерилизационной камере.

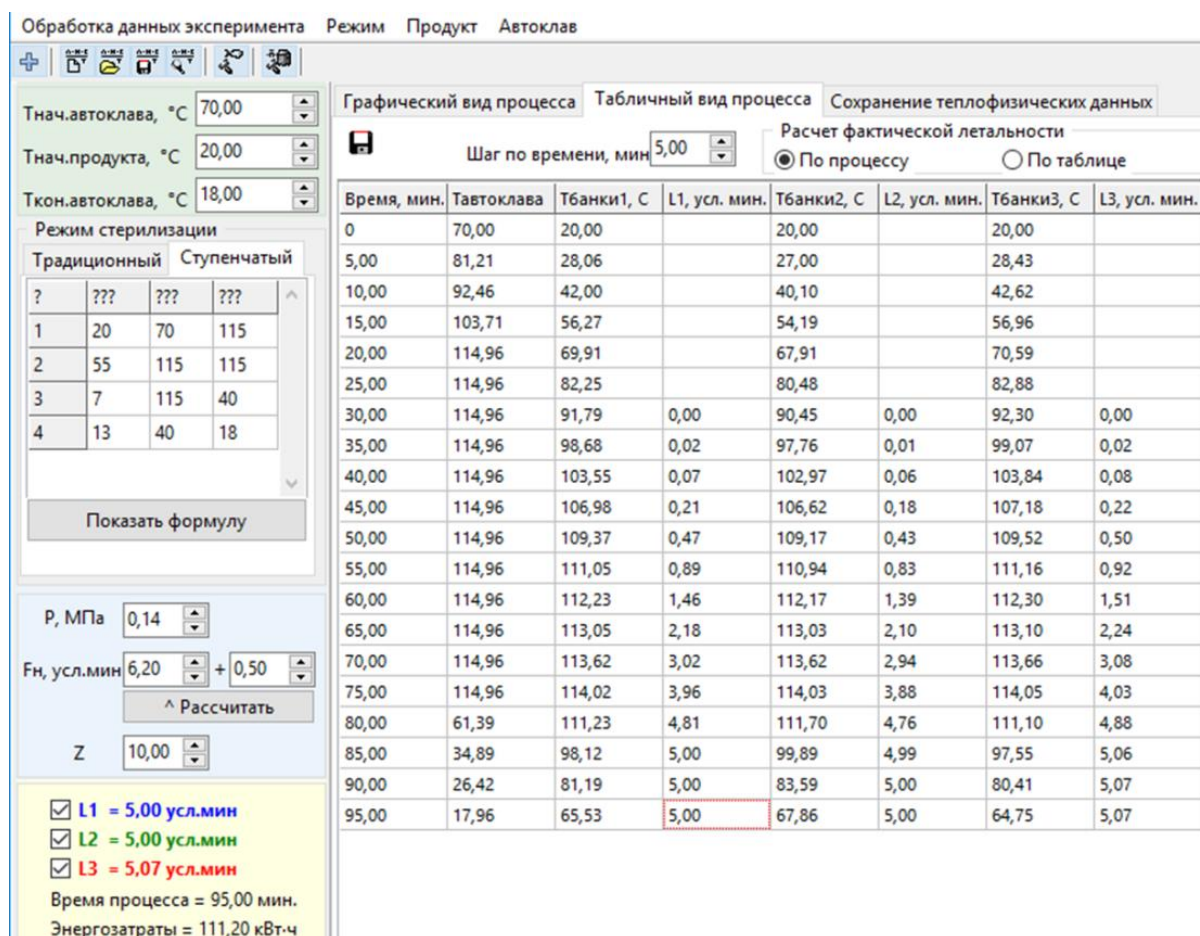


Рисунок 1 – Моделирование процесса в программе PRSC

Библиографический список

1. Бабарин В. П. Стерилизация консервов : справочник. СПб. : ГИОРД, 2006. 305 с.
2. Stolyanov A., Zhuk A., Vlasov A., Maslov A. [et al.]. Complex for modeling and optimization the sterilization process // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 403. Article number № 012016. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/403/1/012016>.
3. Солодов В. С. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2012. 204 с.

БИОРЕСУРСЫ, УСТОЙЧИВОСТЬ И РАЗВИТИЕ ЭКОСИСТЕМ

Северная бентозема в морях Российской Арктики

Долгов А. В.^{1,2,3} (¹г. Мурманск, Полярный филиал ВНИРО (ПИНРО им. Н. М. Книповича); ²ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологических ресурсов; ³г. Томск, ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский Томский государственный университет", e-mail: dolgov@pinro.ru)

Аннотация. Приведена информация о встречаемости северной бентоземы в Баренцевом, Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском морях в 1999–2021 гг. Отмечено, что в современный теплый период бентозема стала встречаться значительно восточнее, чем раньше, вплоть до моря Лаптевых и Восточно-Сибирского. Выявлено увеличение средней длины бентоземы в Карском море и море Лаптевых по сравнению с Баренцевым морем.

Abstract. The information on occurrence of glacier lantern fish in the Barents, Kara, Laptev and East-Siberian Seas during 1999–2021 is provided. It was noted that under recent warm period glacier lantern fish distributes much eastwards to the Laptev and East-Siberian Seas. It is revealed that mean fish length was larger in the Kara and Laptev Seas compared to the Barents Sea.

Ключевые слова: бентозема, Баренцево море, Карское море, море Лаптевых, Восточно-Сибирское море

Key words: Benthosema glaciale, Barents Sea, Kara Sea, Laptev Sea, East-Siberian Sea

Северная бентозема *Benthosema glaciale* (Reinhardt, 1837) – мезо- и батипелагический преимущественно бореальный вид, который обитает в Атлантическом океане (в Восточной Атлантике – от Норвегии и Гренландии на юг до Марокко и от Мавритании до Гвинеи, в Западной Атлантике – от Баффинова залива и Дэвисова пролива до мыса Гаттерас) и в Средиземном море, а также отмечена у берегов Аляски [2; 11; 12]. Этот вид (в том числе его личинки) уже отмечался в Баренцевом море, на север до Шпицбергена, на восток до Новой Земли [1; 3; 7].

С конца 1990-х гг. бентозема регулярно отмечалась в научных съемках практически на всей акватории Баренцева моря [4; 5; 13; 14] (рисунок 1).

В середине 2000-х гг. бентозема была отмечена в северной части Карского моря [10; 6] (рисунок 1).

В 2014 г. 1 экз. бентоземы был обнаружен в желудке черного палтуса в северной части моря Лаптевых [8]. В 2019 г. такое восточное нахождение бентоземы было подтверждено ее поимками в Восточно-Сибирском море и в море Лаптевых, причем если в Восточно-Сибирском море этот вид был

пойман всего в 1 тралении из 25, то в море Лаптевых – в 17 тралениях из 24 [9] (рисунок 1).

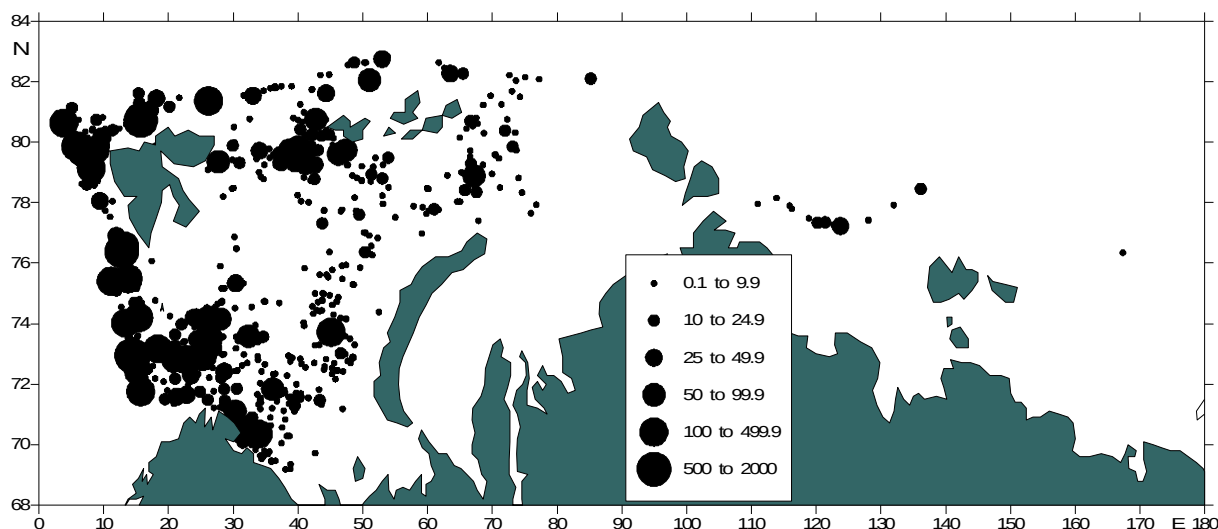
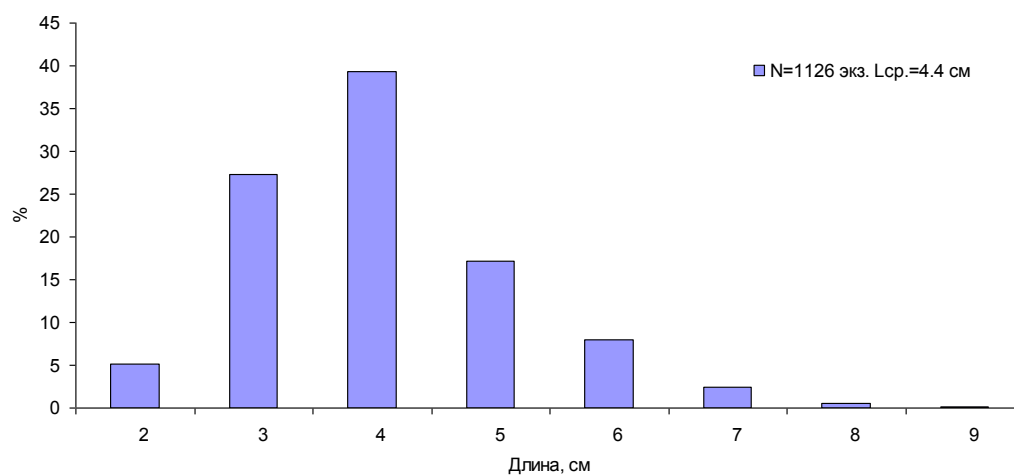


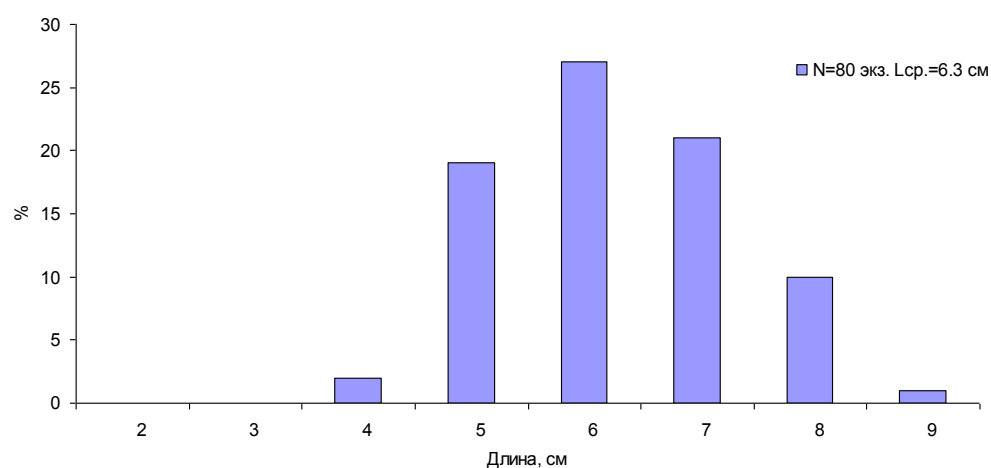
Рисунок 1 – Распределение северной бентоземы в Баренцевом, Карском, Восточно-Сибирском морях и в море Лаптевых в 1999–2021 гг.

Уловы бентоземы в Баренцевом море составляли 1–2560 экз. на час траления (в среднем 22,9 экз. на час траления), при этом максимальные уловы отмечались в западной части моря вдоль склона континентального шельфа от Норвегии до Шпицбергена. В Карском море уловы этого вида были значительно меньше – от 2 до 56 экз. на час траления (в среднем 7,2 экз. на час траления). В море Лаптевых в 2019 г. ее уловы были еще ниже и изменялись от 2 до 40 экз. на час траления (в среднем 7,0 экз. на час траления). В Восточно-Сибирском море в 2019 г. улов бентоземы составил всего 4 экз. на час траления.

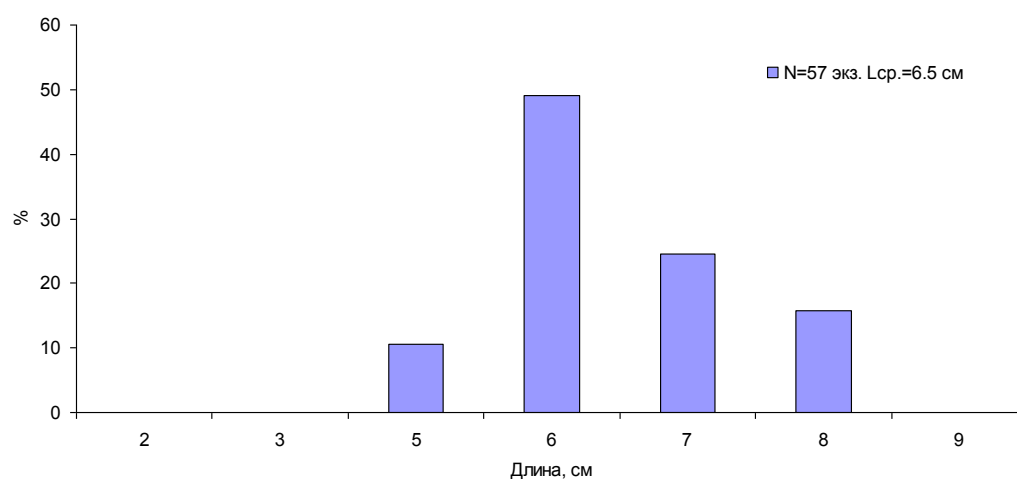
Анализ размерного состава бентоземы показал существенные различия длины рыб в различных районах Арктики (рисунок 2). В Баренцевом море встречались особи длиной 2–9 см, при этом средняя длина рыб составила 4,4 см. В Карском море в уловах отмечались особи длиной 4–9 см и средней длиной 6,3 см, в море Лаптевых – 5–8 см и средней длиной 6,5 см. Такое увеличение средней длины рыб с запада на восток, вероятно, обусловлено большей устойчивостью крупных особей к низкой температуре воды.



Баренцево море



Карское море



Море Лаптевых

Рисунок 2 – Размерный состав северной бентоземы в Баренцевом, Карском морях и в море Лаптевых в 1999–2021 гг.

Таким образом, в настоящее время северная бентозема продвинулась далеко на восток и встречается, по крайней мере, в четырех арктических морях России (Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское). Очевидно, что для бентоземы эти районы являются зоной стерильного выноса. В арктических морях этот вид не размножается, особи этого вида заносятся сюда теплыми атлантическими течениями из более южных районов Атлантического океана.

Библиографический список

1. Рыбы северных морей СССР. М. ; Л. : Изд-во Акад. наук СССР, 1954. 567 с. (Определители по фауне СССР, издаваемые Зоологическим институтом Академии наук СССР / Акад. наук СССР; 53).
2. Беккер В. Э. Миктофовые рыбы Мирового океана : светящиеся анчоусы. М. : Наука, 1983. 248 с.
3. Боркин И. В., Шевелев М. С. Северный светящийся анчоус *Benthosema glaciale* Reinhardt (Myctophiformes, Myctophidae) у Новой Земли // Вопросы ихтиологии. 1980. Т. 20, № 2. С. 345–346.
4. Долгов А. В. Новые данные о распространении редких видов рыб в российских водах Баренцева моря // Вопросы ихтиологии. 2006. Т. 46, № 2. С. 203–210. EDN: НТЕРGX.
5. Долгов А. В. Состав, формирование и трофическая структура ихтиоценов Баренцева моря = Composition, formation and trophic structure of the Barents Sea fish communities. Мурманск : Изд-во ПИНРО, 2016. 393 с.
6. Атлас-определитель рыб Карского моря / А. В. Долгов, А. П. Новоселов, Т. А. Прохорова, Г. В. Фукс, Д. В. Прозоркевич, Н. В. Чернова, В. С. Шерстков, А. Л. Левицкий. Мурманск : Изд-во ПИНРО, 2018. 271 с.
7. Мухина Н. В. Распределение икры и личинок рыб в Норвежском и Баренцевом морях. Мурманск : Изд-во ПИНРО, 2005. 419 с.
8. Чернова Н. В. О поимках черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* (Pleuronectidae) на кромке шельфа морей Лаптевых и Восточно-Сибирского // Вопросы ихтиологии. 2017. Т. 57, №2. С. 144–153.
9. Орлова А. М., Савин А. Б., Горбатенко К. М., Бензик А. Н. [и др.]. Биологические исследования в российских дальневосточных и арктических морях в трансарктической экспедиции ВНИРО // Труды ВНИРО. 2020. Т. 181. С. 102–143. DOI: 10.36038/2307-3497-2020-181-102-143. EDN: ОРВQMW.
10. Экосистема Карского моря / под общ. ред. Б. Ф. Прищепы. Мурманск : Изд-во ПИНРО, 2008. 261 с.

11. Hulley P.A. Myctophidae // Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean / eds.: P. J. P. Whitehead [et al.]. Paris : UNESCO, 1984. Vol. 1. P. 429–483.
12. Mecklenburg C. W., Dolgov A. V., Karamushko O. V. [et al.]. Marine Fishes of the Arctic Region. Conservation of Arctic Flora and Fauna, Akureyri, Iceland. 2018. 793 pp.
13. Wienerroither R., Johannesen E., Dolgov A. [et al.]. Atlas of the Barents Sea Fishes. 2011. IMR/PINRO Joint Report Series 1-2011. 272 pp.
14. Wienerroither R., Johannesen E., Dolgov A. [et al.]. Atlas of the Barents Sea Fishes based on the winter survey. 2013. IMR-PINRO Joint Report Series. 2-2013. 220 pp.

Состояние запасов нельмы *Stenodus leucichthys nelma* (*Salmoniformes, Coregonidae*) водоемов арктической зоны Якутии

Кириллов А. Ф., Горохова Е. С. (г. Якутск, Якутский филиал ФГБНУ "ВНИРО", e-mail: afkirillov@yandex.ru)

Аннотация. Популяции нельмы из рек Лена, Яна, Индигирка и Колыма в результате перепромысла находятся в критическом состоянии. В р. Лена промышленный вылов уменьшился на порядок, а ННН-промысел в три раза превышает ОДУ. Промышленный вылов нельмы в р. Яна запрещен с 2014 г., в р. Индигирка с 2021 г., а в р. Колыма с 2018 г. приостановлен. На текущий момент вылов нельмы разрешен только в р. Лена в количестве 35 т.

Abstract. As a result of overharvesting, the inconnu population from the Lena, Yana, Indigirka and Kolyma Rivers is now in a critical condition. In the Lena River, the commercial fishing has decreased by times, whereas the IUU fishing is three times over the total allowable catches. The commercial fishing of inconnu in the Yana River has been prohibited since 2014, in the Indigirka River since 2021; it has been suspended in the Kolyma River since 2018. At present, the fishing of inconnu is only allowed in the Lena River in the amount of 35 tons.

Ключевые слова: р. Лена, р. Яна, р. Индигирка, р. Колыма, нельма, промысел, прилов молоди, состояние запасов

Key words: Lena River, Yana River, Indigirka River, Kolyma River, inconnu, catch, juvenile bycatch, status of reserves

Нельма *Stenodus leucichthys nelma* (Pall., 1773) – полупроходная рыба с арктическо-бореальным палеоарктическим и неарктическим ареалом [1], заселяет все магистральные реки Якутии, в реках Лена и Индигирка кроме полупроходной обитает жилая популяция нельмы [2].

Основную часть жизни нельма проводит в прибрежной опресненной морской зоне с соленостью, не превышающей 9 ‰. Из мест нагула половозрелые особи ранней весной (подо льдом) начинают заходить в реки и подниматься по ним к местам нереста. После ледохода и очищения дельтовых протоков ото льда ее ход становится более интенсивным. Половозрелая нельма не образует косяков и к местам нереста идет или разрозненно, или небольшими стаями. Половой зрелости достигает обычно на 12–13 году жизни. Величина ИАП варьирует от 83 до 394 000 икринок. Нерест неежегодный. На хищнический образ жизни нельма переходит уже на первом году жизни. Отмечается каннибализм. Зимой пищевая активность нельмы не снижается.

В реках бассейнов морей Восточно-Сибирского и Лаптевых наблюдается резкое снижение численности нельмы [2–13], только в бассейне р. Лена сохранилась популяция нельмы, способная, несмотря на промысловое изъятие ее части, самовоспроизводиться. Популяции нельмы в остальных во-

доемах находятся в критическом состоянии, промысел ее в этих водотоках либо полностью запрещен или максимально ограничен.

Цель исследования – изучить состояние популяций нельмы в реках Лена, Яна, Индигирка и Колыма.

Полевые работы проводились в 2015–2019 гг. в нижних течениях и дельтах рек Лена, Яна, Индигирка и Колыма. Материал обработан по общепринятым в ихтиологии методикам [14–16]. Количественная характеристика материалов дана по ходу изложения. В тексте приняты следующие обозначения: n – количество исследованных рыб; SL – стандартная длина (до основания хвостового плавника). Промысловые размеры нельмы при осуществлении промышленного рыболовства в Восточно-Сибирском рыбохозяйственном бассейне взяты в соответствии с Правилами рыболовства [17] и составляют 76 см.

Река Лена. В промысловых уловах средний возраст нельмы составил 8,2 года, средняя SL – 76,0 см и средняя масса – 5343,5 г (таблица 1); преобладают особи с SL 59–79 см и массой 1700–5700 г (70 %).

Таблица 1 – Биологические показатели нельмы в р. Лена

Возраст, лет	SL, см		Масса, г		n
	Средняя	Колебания	Средняя	Колебания	
7+	63,1	59,0–67,0	2722	1700–4200	18
8+	69,7	67,0–74,0	3510	2800–4600	28
9+	76,6	75,0–79,0	4918	4200–5700	11
10+	82,0	79,0–85,0	5987	4900–7000	8
11+	87,0	86,0–88,0	7166	5900–8700	3
12+	92,6	90,0–95,0	8666	8200–8900	3
13+	96,0	95,0–98,0	11100	10200–11800	4
14+	100,0	–	11900	11600–12200	2
15+	103,0	102,0–104,0	12100	11600–12700	3
16+	106,0	–	14400	–	1
17+	110,0	–	19500	–	1

Среднемноголетний вылов нельмы с 1940 по 1948 гг. составлял 187,3 т. Максимум вылова приходился на 1944 г. (377 т) и постепенно снижался. Минимальные уловы нельмы в р. Лена приходятся на период с 1963 по 1973 гг. (в среднем 24,6 т). С 1974 по 2020 гг. объемы вылова находятся на более или менее постоянном уровне и в среднем составляют 46,5 т.

Однако официально фиксируемый вылов нельмы не отражает состояние ее запасов. Для данного вида характерна высокая величина ННН-промысла, условные статистические данные которого составляют 113 т, в том числе: сбыт нелегально добытой рыбы рыбопромысловыми организациями –

56 т, прилов молоди рыбопромысловыми организациями свыше разрешенных 8 % – 8 т, бытовое браконьерство – 49 т [18].

Объемы промышленной добычи, к сожалению, поддерживаются за счет вылова рыбопромысловыми организациями большого количества молоди нельмы. Так, доля прилова (% по *SL*) молоди сетными орудиями лова в устьевой области дельты (таблица 2) при зимнем промысле превышает 80 % от добычи нельмы [19].

Таблица 2 – Размерный состав уловов нельмы в устьевой области дельты Лены ($n = 152$)

SL, см	49–51	52–54	55–57	58–60	61–63	64–66	67–69	70–72	73–75	76–110
n	6	12	16	19	14	12	21	16	5	31
%	4	8	11	13	9	8	14	11	3	19

Более того, вылов нельмы ведется в нарушение главы III, пункта 16 "Правил рыболовства для Восточно-Сибирского рыбохозяйственного бассейна" [17], категорически запрещающий осуществлять ее добычу для осуществления промышленного рыболовства на р. Лена от северной части острова Столб ($72^{\circ}23'50,41''$ с.ш. $129^{\circ}39'37,34''$ в.д.) по всей дельте (район с координатами $71^{\circ}53'31,50''$ с.ш. $128^{\circ}46'23,43''$ в.д., $73^{\circ}31'12,14''$ с.ш. $127^{\circ}44'55,32''$ в.д., $72^{\circ}57'35,36''$ с.ш. $121^{\circ}47'19,02''$ в.д.) и на расстоянии менее 0,5 км в обе стороны от места впадения реки Лена в море Лаптевых. В настоящее время в зоне действия этого пункта (16) Правил промышленным рыболовством занимаются на двадцати шести рыбопромысловых участках. Запасы нельмы в р. Лена находятся в напряженном состоянии, которое при такой практике ведения рыболовства ожидаемо перейдет в неудовлетворительное.

Река Яна. В промысловых уловах средний возраст нельмы соответствует 7,0 года, средняя *SL* – 56,9 см и средняя масса – 2168,0 г (таблица 1); преобладают особи с *SL* 47–70 см и массой 1120–3840 г (89,9 %) (таблица 3).

Таблица 3 – Биологические показатели нельмы р. Яна

Возраст	SL, см		Масса, г		n
	Средняя	Колебания	Средняя	Колебания	
4+	47,5	47,0–48,0	303	151–455	2
5+	50,0	49,0–52,0	1677	1547–1818	3
6+	51,0	47,0–54,0	1594	1120–2025	15
7+	57,0	51,0–63,0	2154	1511–3270	52
8+	61,0	56,3–70,0	2617	1855–3840	22
9+	64,0	59,3–71,0	3101	3044–3670	5

До середины 20-го века небольшое стадо нельмы нерестились в Яне, но в результате перелова численность ее резко сократилась, и в настоящее время здесь она встречается единично и не размножается.

В 1935–1941 гг. средний вылов нельмы составлял 7,7 т. Максимальный вылов – 46,9 т – приходится на 1943 г. В результате перепромысла нельмы в середине прошлого века численность ее была основательно подорвана и уже с 1974 г. промышленный вылов нельмы в бассейне р. Яна не регистрируется и учитывается лишь в качестве прилова, составляя в среднем за последние 10 лет 0,42 т.

Популяция нельмы находится в критическом состоянии, ее вылов с начала промысла уменьшился более чем в 100 раз. С 2014 г. промышленный вылов нельмы на р. Яна запрещен [17].

Река Индигирка. В уловах в последние годы нельма встречается крайне редко (на 1 промысловое усилие средний вылов составляет 0,3 кг). Средний возраст нельмы составляет 7,7 года, средняя SL – 48,4 см и средняя масса – 1807,1 г (таблица 4), половозрелые особи в уловах не превышают 15–17 %.

Таблица 4 – Биологические показатели нельмы р. Индигирка

Возраст	SL, см		Масса, г		n
	Средняя	Колебания	Средняя	Колебания	
2+	23	–	128	–	1
3+	22,5	20,1–24,9	108	73–150	3
4+	24,4	–	130	–	1
5+	35,4	33,2–37,6	490	383–598	2
6+	46,8	–	1111	–	1
7+	47,3	41,7–53,4	1167	754–1 625	6
8+	50,2	45,3–56,6	1374	919–2 008	3
9+	53	46,0–66,5	1817	964–3 475	4
10+	56,3	46,4–66,4	2306	1 075–3 574	4
11+	62,8	43,8–74,0	3425	1 121–4 820	3
13+	79,2	77,2–81,3	6815	6 650–6 980	2

После абсолютного максимума вылова в 1961 г. (86,1 т), объемы вылова нельмы сократились почти в 20 раз и в настоящее время не превышают 5 т.

Индигирская популяция нельмы находится в депрессивном состоянии [8], что усугубляется высоким приловом молоди (таблица 5).

Таблица 5 – Расчет прилова молоди нельмы в р. Индигирка (n = 30)

SL, см	21–31	32–41	42–51	52–61	62–71	72–81
Доля по массе, %	1,58	9,77	24,27	9,94	29,58	24,86

В р. Индигирка, как и на остальных водоемах Якутии, развит незаконный промысел нельмы на местах нагула всех ее возрастных групп в низовьях дельтовых протоков. Расчетная величина ННН-промысла составляет 79,2 т, в том числе: сбыт нелегально добытой рыбы рыбопромысловыми организациями – 539,3 т, прилов молоди нельмы рыбопромысловыми организациями свыше разрешенных 8 % – 5,6 т, бытовое браконьерство – 34,3 т [18]. Всякий вылов нельмы, кроме незначительных объемов для научных целей, с 2021 г. приостановлен.

Река Колыма. В промысловых уловах средний возраст нельмы соответствует 5,8 года, средняя SL – 50,6 см и средняя масса – 1595,9 г (таблица 6); преобладают особи с SL 42–57 см и массой 1000–2300 г (73,7 %) (таблица 6).

Таблица 6 – Биологические показатели нельмы р. Колыма

Возраст	SL, см		Масса, г		n
	Средняя	Колебания	Средняя	Колебания	
3+	40,5	40–41	815	730–900	2
4+	45,5	42–49	1 174	1 000–1 400	12
5+	48,5	43–55	1 377	1 000–2 100	21
6+	52	43–57	1 714	1 000–2 300	23
7+	52,3	49–59	1 811	1 400–2 600	9
8+	56,4	55–58	2 026	1 200–2 500	5
9+	62	–	3 000	–	1
10+	64,3	63–67	3 500	3 300–3 700	3

Вылов, за редким исключением, базируется на добыче неполовозрелых рыб (таблица 7) и с середины прошлого века неуклонно снижается. Средний вылов за последние 20 лет составляет 0,8 т, что в 240 раз меньше максимального, равного 193,7 т (1945 г.).

Таблица 7 – Расчет прилова молоди нельмы в р. Колыма (n = 86)

SL, см	40–42	43–45	46–48	49–51	52–54	55–57	58–62	63–69
Доля по массе, %	2,51	6,58	6,72	32,07	28,66	11,62	4,66	7,27

Сведения по ННН-промыслу нельмы отсутствуют, но, судя по промысловым размерам сдаваемой рыбаками рыбы, она вся, без сомнения, относится к незаконно добытой. Численность колымской популяции нельмы сократилась до критической [8], в уловах встречается крайне редко. Всякий вылов нельмы, кроме незначительных объемов для научных целей, с 2018 г. приостановлен.

Рыбный промысел в водоемах Якутии базируется на облове полупроходных нельмы, муксуна *Coregonus muksun* (Pallas, 1814), сибирской ряпушки

Coregonus sardinella Valenciennes, 1848 и проходного арктического омуля *Coregonus autumnalis* (Pallas, 1776). Из перечисленных видов наиболее деликатесным и востребованным является нельма. Ее вылов чуть более 0,5 % от совокупного улова.

Популяции нельмы из рек Лена, Яна, Индигирка и Колыма в результате перепромысла находятся в критическом состоянии. В р. Лена промышленный вылов уменьшился на порядок, а ННН-промысел в три раза превышает ОДУ. Промышленный вылов нельмы в р. Яна запрещен с 2014 г., в р. Индигирка с 2021 г., а в р. Колыма с 2018 г. приостановлен. На текущий момент вылов нельмы разрешен только в р. Лена в количестве 35 т. Сохранить существующую численность ленской популяции возможно только в случае полного приостановления ее промысла при соответствующем контроле Росрыболовства.

Библиографический список

1. Черешнев И. А., Кириллов А. Ф. Рыбообразные и рыбы морских и пресных вод бассейнов морей Лаптевых и Восточно-Сибирского // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2007. № 2. С. 95–106. EDN: KNWXYR.
2. Кириллов Ф. Н. Рыбы Якутии. М. : Наука, 1972. 360 с.
3. Новиков А. С. Рыбы реки Колымы. М. : Наука, 1966. 135 с.
4. Кириллов Ф. Н. Рыбы реки Индигирки // Известия ВНИОРХ. Т. XXXV. 1955. С. 141–166.
5. Кириллов Ф. Н. К биологическому обоснованию рыболовства в водоемах Восточной Якутии / отв. ред. В. Г. Кривошеев // Природа Якутии и ее охрана : (Материалы III респ. совещания по охране природы Якутии). Якутск : Якуткнигоиздат, 1965. С. 47–67.
6. Кириллов Ф. Н. Об охране и рациональном использовании запасов нельмы и сиговых / [отв. ред. М. В. Попов] // Любите и охраняйте природу Якутии : (Материалы IV Респ. совещания по охране природы Якутии). Якутск : Якуткнигоиздат, 1967. С. 183–187.
7. Титова К. Н. О восстановлении запасов нельмы в реке Лене // Любите и охраняйте природу Якутии : (Материалы IV Респ. совещания по охране природы Якутии). Якутск: Якуткнигоиздат, 1967. С. 241–244.
8. Черешнев И. А., Скопец М. Б., Кириллов А. Ф. Пресноводные рыбы // Красная книга севера Дальнего Востока России. Животные = Red data book of the northern Far East of Russia. Animals : Редкие и находящиеся под угро-

- зой исчезновения виды животных / под ред. А. Я. Кондратьева. М. : Пента, 1998. С. 19–71.
9. Кириллов А. Ф. Промысловые рыбы Якутии. М. : Научный мир, 2002. 194 с.
10. Кириллов А. Ф. Влияние промысла на состояние популяций рыб в водоемах Якутии // Вестник Якутского государственного университета, 2005. Т. 2, № 2. С. 48–57. EDN: JXOGEN
11. Кириллов А. Ф., Иванов Е. В., Соломонов Н. М., Федорова Е. А. [и др.]. Сиговые рыбы водоемов Якутии: состояние запасов и перспективы развития промысла // Рыбное хозяйство. 2007. № 5. С. 78–80. EDN: JKHBBL.
12. Пресноводные рыбы реки Яна = Freshwater Fishes of the Yana River / [А. Ф. Кириллов и др. ; отв. ред. А. Ф. Кириллов]. Якутск : ЯНЦ СО РАН, 2010. 112 с.
13. Водные биологические ресурсы шельфа моря Лаптевых и перспективы их хозяйственного освоения / [А. Ф. Кириллов и др. ; ред. А. Ф. Кириллов]. Тюмень : Госрыбцентр, 2016. 116 с.
14. Чугунова Н. И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М. : Изд-во АН СССР, 1959. 164 с.
15. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / под ред. П. А. Дрягина, В. В. Покровского. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.
16. Шибаев С. В. Промысловая ихтиология. СПб : Проспект Науки, 2007. 400 с.
17. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 26 июня 2020 года N34 "Об утверждении правил рыболовства для Восточно-Сибирского рыбохозяйственного бассейна".
18. Кириллов А. Ф., Ширяева Е. Д., Кириллов Д. Ф. ННН-промысел сиговых видов рыб (Coregonidae, Salmoniformes) в реках Лена, Яна (бассейн моря Лаптевых), Индигирка и Колыма (бассейн Восточно-Сибирского моря) на территории Якутии // Молодой ученый. 2021. № 3 (345). С. 26–29. EDN: CDXZVL.
19. Кириллов А. Ф., Бурмистров Е. В., Свешников Ю. А. Зимний промысел рыб семейства Coregonidae в устьевой области дельты р. Лены (бассейн моря Лаптевых) // Труды ВНИРО. 2019. Т. 175. С. 155–166. EDN: VCWTWE.

Постановка задачи разработки моделей процессов эксплуатации разноглубинного тралового комплекса

Недоступ А. А., Ражев А. О. (г. Калининград, ФГБОУ ВО "Калининградский государственный технический университет", кафедра промышленного рыболовства, e-mail: nedostup@klgtu.ru)

Аннотация. В статье приводятся ключевые подходы разработки моделей процессов эксплуатации разноглубинного тралового комплекса с учетом комплексного влияния абиотических, биотических и антропогенных факторов, и воздействия человеческого фактора на систему управления тралового комплекса. Важным обстоятельством разработки моделей процессов эксплуатации тралового комплекса является – процесс определения взаимосвязи ее компонентов и наложение ограничений. Выходом разработки моделей процессов эксплуатации разноглубинного тралового комплекса является проект – целостная совокупность характеристик, описанных в форме, пригодной для ее эксплуатации с заданной производительностью сил.

Abstract. The article provides key approaches to the development of models for the operation of a midwater trawl complex, taking into account the complex influence of abiotic, biotic and anthropogenic factors, and the impact of the human factor on the control system of the trawl complex. An important circumstance in the development of models for the operation of the trawl complex is the process of determining the interrelation of its components and imposing restrictions. The way out of developing models of operating processes for a midwater trawl complex is a project – an integral set of characteristics described in a form suitable for its operation with a given force performance.

Ключевые слова: процессы, эксплуатация, разноглубинный траловый комплекс, РХК, РТК, АСУ

Key words: processes, operation, midwater trawl complex, FEC, MTC, ACS

Повышение эффективности эксплуатации разноглубинного тралового комплекса (далее РТК), организации снабжения, промысловой разведки гидробионтов, информационного обеспечения предприятий, налаживающих цепочки взаимодействия с потребителями и поставщиками своей продукции, т. е. объектов добычи, является важной народнохозяйственной задачей рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации.

В процессе разработки моделей процессов эксплуатации разноглубинного тралового комплекса с учетом комплексного влияния абиотических, биотических и антропогенных факторов, и воздействия человеческого фактора на систему управления тралового комплекса возникает необходимость не только математического, но и физического их моделирования. Важным обстоятельством разработки моделей процессов эксплуатации тралового комплекса является – процесс определения взаимосвязи ее компонентов и нало-

жение ограничений. Выходом разработки моделей процессов эксплуатации разноглубинного тралового комплекса является проект – целостная совокупность характеристик, описанных в форме, пригодной для ее эксплуатации с заданной производительностью сил. Проектирование жизненного цикла разноглубинного тралового комплекса решает поставленные задачи, учитывает мультифизические связи, учитывает социально-экономические и экологические последствия их функционирования.

Таким образом, проектирование любого разноглубинного тралового комплекса должно повысить производительность сил. Определение понятия "производительность сил" дано в литературе [1].

Основными факторами инновационного развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации (далее РХК) часто называют переход на процессное управление и применение современных информационных технологий (ИТ). Переход на процессное управление в РХК осуществляется поступательно, существует много причин, которые не могут ускорить данный прогресс, это – сложность процессов, высокие затраты на моделирование процессов добычи, обработки и выращивание гидробионтов РХК. Внедрение ИТ, если рассматривать технологические выгоды, дает позитивный эффект и приводит к повышению эффективности и производительности труда всего РХК. Для такого эффекта необходимо использовать модели процессов эксплуатации разноглубинного тралового комплекса с учетом комплексного влияния абиотических, биотических и антропогенных факторов и воздействия человеческого фактора, которые влияют на систему управления тралового комплекса и должны изображать организационное взаимодействие всех участников, т. е. необходимо математическими, имитационными и предсказательными алгоритмами прописать все процессы. Исследования показывают, что высокий уровень описания процессов добычи в РХК при использовании ИТ объясняется достаточной проработкой деталей проекта на стадии моделирования и множеством изменений на стадии разработки [2].

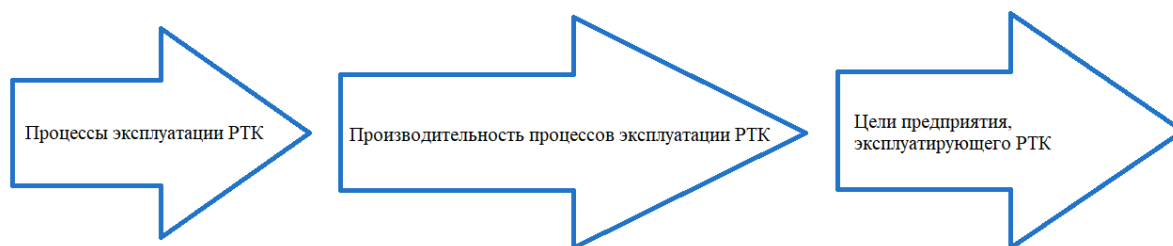


Рис. 1 – Влияние ИТ на производительность труда

ИТ-ресурсы и технологии способны привести к эффективному исполнению процессов эксплуатации РХК, что положительно скажется на производительности и качестве процессов, улучшит результаты операционной деятельности, будет способствовать достижению целей предприятия. Внедрения ИТ, которые сопровождаются глубокими изменениями организационных процессов предприятия РХК, подтверждают положительное влияние, которое оказывают процессы на повышение производительности труда на предприятиях РХК, на достижение ее целей.

Разработка моделей процессов эксплуатации РТК с учетом комплексного влияния абиотических, биотических и антропогенных факторов и воздействия человеческого фактора на систему управления тралового комплекса является приоритетом РХК в развитии добывающего сектора. Можно уверенно предположить, что эффект внедрения ИТ окажет существенное влияние на производительность труда в добывающем секторе РХК.

Полагаем, что именно уровень детализации и формализации процессов эксплуатации РТК является важнейшим фактором, определяющим успех внедрения ИТ. Таким образом, уделяя повышенное внимание вопросам формализации процессов, мы сможем получить более весомый эффект от внедрения ИТ в добывающий сектор РХК.

Важным элементом процессов эксплуатации РТК является система АСУ траловым промыслом, учитывающая комплексное влияние абиотических, биотических и антропогенных факторов и воздействие человеческого фактора на систему управления тралового комплекса (далее АСУ РТК) [3]. Внедрение ИТ в РТК должно быть сопряжено с высоким уровнем проработки спецификации всех деталей и узлов на стадии проектирования и попытки внести изменения в проект на этапе исполнения.

В промышленном рыболовстве все нормы специфицируются в правилах рыболовства, конвенционных соглашениях и проектных документах, а также документах рыбопромысловой единицы – рыболовного судна (в статье описываем только РТК). Так на стадии проекта разноглубинного трала (далее РТ) до мельчайших деталей на этапе проектирования, разрабатываются максимально подробные чертежи и спецификации, определяется технология изготовления РТ, выбираются используемые сетематериалы и канаты [2], по ходу проекта изменения в проект допускаются, отклонения не запрещены. Таким образом при внедрении ИТ начальный проект РТ делается достаточно

поверхностно, детализация решения обычно осуществляется на этапе реализации, требования меняются как заказчиком (судовладельцем), так и исполнителем (фабрикой орудий рыболовства).

Именно методы и модели описания и способы реализации процессов эксплуатации РТК являются ключевым фактором успеха внедрения ИТ. Другими словами, это является совокупностью явлений и процессов, повторяющаяся с периодичностью, определяемой временем существования типовой конструкции РТ от ее проекта до утилизации или конкретного РТ от момента завершения его производства до утилизации. Современная методология разработки ИТ для РХК, и в частности РТК, предлагает отойти от каскадной модели выполнения работ, в которой жестко зафиксированы этапы выполнения всех работ и процессов, и перейти к спиральной модели разработки и гибкой методологии управления проектами. Этот подход направлен на уменьшение вреда на абиотические, биотические и со стороны антропогенных факторов, и воздействия человеческого фактора на АСУ РТК, наносимого частыми изменениями, вносимыми в проект на стадии проектирования. Таким образом, он предлагает бороться не с главной причиной, а ее последствиями.

Для того чтобы понять, как исполняются процессы эксплуатации РТК, достаточно ограничиться его укрупненным описанием. Чем детальнее описание, тем сложнее оно становится для восприятия, понимания и дальнейшего согласования, поэтому многие исследователи и проектанты предпочитают опускать детали, зачастую достаточно важные, ограничиваются показом только самых вероятных сценариев, опускают редкие маршруты и исключительные ситуации. Такие модели следует называть аналитическими, они кажутся простыми и понятными. Однако простота обманчива, разработчикам ИТ-систем приходится повторно собирать пропущенные сведения, причем их представление о процессе может существенно отличаться от взглядов исследователя и проектанта. Часто, обнаружив несоответствие модели процесса требованиям заказчика, разработчики вносят соответствующие изменения прямо в программный код и не корректируют соответствующую модель процесса. В результате этого модель быстро теряет свою актуальность. Итак, первое противоречие заключается в недостаточной полноте описания всех сценариев исполнения и неадекватной глубине декомпозиции процесса эксплуатации РТК. Но даже в тех случаях, когда существуют качественные модели, описывающие процессы эксплуатации РТК, разработчики ИТ ча-

сто проектируют функционально-ориентированные средства автоматизации с заведомо ограничениями во взаимодействиях процессов (к примеру расчет проекта РТ и его агрегатного сопротивления в статике). Таким образом, на лицо второе противоречие между целью и средствами ее достижения.

Управление процессами как систематическая деятельность, осуществляемая в интересах заказчика (судовладельца), направленная на повышение эффективности рыбодобывающего предприятия РХК, осуществляется посредством улучшения сквозных процессов этого предприятия. Сегодня во всем мире наблюдается активный интерес к процессному управлению с использованием систем управления процессами (СУП). В качестве основного преимущества СУП выделяют моделиориентированную разработку ИТ-систем на основе исполняемых моделей, в которых машинный код генерируется непосредственно из графической модели РТК, что исключает необходимость привлечения программистов и специалистов разработчиков. Считается, что визуальная модель РТК, лежащая в основе ИТ-приложения [2], окажется одинаково понятна проектанту, руководителю промысла, капитану и тралмастеру и ИТ-разработчику, позволит сократить разрыв между потребностями предприятия добычи РХК и их реализацией в информационных системах, ускорит реакцию на изменения в среде предприятия и сократит стоимость владения ИТ-системой, что, в конечном счете, благоприятно скажется на экономических результатах деятельности предприятия. Применение СУП существенно повышает операционную эффективность предприятия путем сокращения начальных затрат на подготовку и запуск процесса, ускоряет достижение точки безубыточности, увеличивает операционную прибыль, продлевает срок ее получения, сокращает затраты на модернизацию и актуализацию процесса.

СУП относятся к двум классам: процессно-ориентированным и управляемым моделью. Они помогают компании организовать и координировать взаимодействие всех участников процесса, автоматизировать распределение и контроль выполнения заданий как по времени, так и по качеству в соответствии с заранее определенными критериями, помогают владельцу процесса преодолеть результаты отклонений, возникающих в ходе исполнения процесса. Логика работы таких систем полностью основывается на исполняемой визуальной модели процесса, которая одинаково понятна аналитику и владельцу предприятия, программирование требуется для описания нестандартных ситуаций. Сегодня во всем мире наблюдается активный интерес к процессному управлению и СУП.

Автоматизация процессов эксплуатации РТК позволяет сократить расходы на выполнение отдельных операций [3–6]. Чтобы обеспечить экономический эффект внедрения ИТ-систем в процессы РТК, необходимо тщательно подбирать и внедрять на рыбопромысловых судах ИТ-технологии. Однако, неверно предполагать, что процессы эксплуатации РТК, квалификацию капитанов, помощников по добыче, тралмастеров, организационную структуру рыбопромысловой единицы (рыболовного судна) можно свободно комбинировать и произвольно заменять. На практике изменение одной из них требует изменения комплементарных практик.

Сделаем вывод, что проблемы внедрения ИТ в процессы эксплуатации РТК связаны не столько с недостатками самих технологий, но с встраиванием их в процессы рыбодобывающего предприятия. Неправильно сводить все проблемы только к недостаткам используемых ИТ-технологий, поскольку это создает иллюзию, что появление еще одной, новой чудо технологии вдруг качественно изменит ситуацию. Следует более тщательно проанализировать причины недоловов, малой эффективности промысла гидробионтов, чтобы постараться найти ответ, как их избежать. Обратим внимание, что все три рассмотренных нами подхода уделяют пристальное внимание процессам, видят в них основной фактор повышения эффективности предприятий и причину большинства проблем с внедрением новых ИТ, однако не обращают внимание на качество моделей процессов и методы их проектирования. Можно предположить, что качество моделей процессов эксплуатации разноглубинного тралового комплекса с учетом комплексного влияния абиотических, биотических и антропогенных факторов, и воздействия человеческого фактора на систему управления тралового комплекса является важнейшим фактором успеха внедрения ИТ.

Библиографический список

1. Недоступ А. А., Ражев А. О. Производительность сил траловой системы : постановка задачи // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. Рыбное хозяйство. 2021. № 2. С. 55–65. DOI: <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2021-2-55-65>. EDN: IIGPRX.
2. DigiTechLaboratory : URL: <https://digitechlab.ru>.
3. Недоступ А. А., Ражев А. О. Постановка задачи управления разноглубинными траловыми комплексами // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование : материалы

XI национальной (всероссийской) науч.-практ. конф. (Петропавловск-Камчатский, 24–25 марта 2020 г.) / отв. за вып. Т. А. Ключкова. Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2020. С. 217–221.

4. Недоступ А. А., Ражев А. О. Постановка задачи возможности использования технологий искусственного интеллекта для задач предсказательного моделирования тралового лова // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование : материалы XII национальной (всероссийской) науч.-практ. конф. (Петропавловск-Камчатский, 28–29 апреля 2021 г.) / отв. за вып. Т. А. Ключкова. В 2 ч. Ч. 2. Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2021. С. 134–138.

5. Недоступ А. А., Ражев А. О. Прогнозирование выходных параметров траловой системы // Шестая междунар. науч.-практ. конф. "Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем" (ИКМ МТМТС-2021) = 6th International scientific-practical conference "Simulation and complex modelling in marine engineering and marine transporting systems" (SCM MEMTS-2021) : тр. конф. / составители тр.: А. М. Плотников, М. А. Долматов. Санкт-Петербург : [б. и.] ; Москва : Перо, 2021. С. 99–103.

6. Недоступ А. А., Ражев А. О. Применение нейронной сети для управления траловым промыслом // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. Рыбное хозяйство. Астрахань. АГТУ. 2021. № 1. С. 31–37. DOI: <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2021-1-31-37>. EDN: LRBBUL.

Состояние планктонного сообщества Чукотского моря осенью 2020 г.

Шебанова М. А., Кузнецова Н. А. (*г. Владивосток, Тихоокеанский филиал ФГБНУ "ВНИРО", e-mail: marina.shebanova@tinro-center.ru*)

Аннотация. В период с 26 августа по 4 сентября 2020 г. в Чукотском море на НИС "ТИНРО" была проведена комплексная экспедиция. Общий запас планктона осенью 2020 г. в Чукотском море составил 4245,3 тыс. т, из которых 182,3 тыс. т приходилось на фитопланктон и 4063 тыс. т – на зоопланктон. Основную биомассу создавали три группы зоопланктона: эвфаузииды, сагитты и копеподы.

Abstract. The complex expedition was carried out on the research station "TINRO" in the Chukchee Sea from August 26 to September 4, 2020. The total stock of plankton amounted to 4245.3 thousand tons, of which 182.3 thousand tons were phytoplankton and 4063 thousand tons was zooplankton in the autumn of 2020 in the Chukchee Sea. The main biomass estimated by three groups of zooplankton: euphausiids, sagitta and copepods.

Ключевые слова: Чукотское море, фитопланктон, зоопланктон, биомасса

Key words: Chukchee Sea, phytoplankton, zooplankton, biomass

В период с 26 августа по 4 сентября 2020 г. в Чукотском море на НИС "ТИНРО" была проведена комплексная экспедиция, в которой были собраны пробы зоопланктона, для определения состава и структуры планктонного сообщества, численности и биомассы планктонных организмов.

Цель работы – оценить состояние планктонного сообщества в Чукотском море, характеристики по размерным фракциям, группам и видам зоопланктона, а также распределение основных таксономических групп планктона.

Планктон облавливался сетью БСД (капроновое сито с ячейей 0,168 мм, площадь входного отверстия 0,1 м²) в слое 0–дно (рисунок 1). Скорость подъема сети составляла 0,7–1,0 м/с. Обработка проб планктона производилась в соответствии с методикой, принятой в ТИНРО–Центре (Волков, 1984, 1996, 2008). Численность планктеров мелкой и средней фракции, подсчитывалась в камере Богорова, крупной тотально. При расчетах показателей биомассы и численности вводились поправки на уловистость, применяемые в ТИНРО: для мелкой фракции зоопланктона – 1,5, средней – 2,0. В крупной фракции для планктеров приняты пропорционально увеличенные поправки: копеподы до 5 мм – 2, крупнее 5 мм – 3; сагитты до 10 мм – 2, 10–20 мм – 5, крупнее 20 мм – 10; гиперииды до 5 мм – 1,5, 5–10 мм – 3, крупнее 10 мм – 5 [1–3]. Биомасса рассчитывалась по численности и по сырым весам планктеров [4].

В августе – сентябре 2020 г. общая биомасса зоопланктона была 1321,5 мг/м³, биомасса крупной фракции – 86 % (1132 мг/м³). Средняя и мел-

кая фракции зоопланктона составляли 5,6 и 8,8 % от общей биомассы зоопланктона.

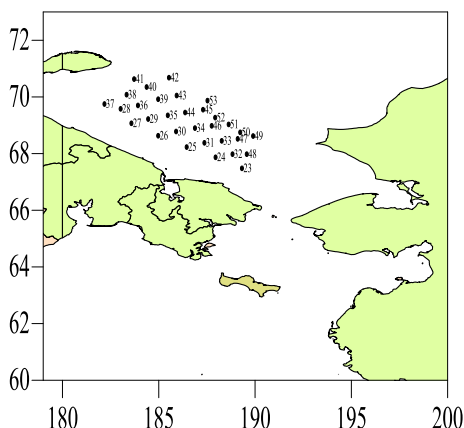


Рисунок 1 – Схема гидробиологических станций в Чукотском море с 26 августа по 4 сентября 2020 г.

Средняя величина биомассы сетного фитопланктона была $59,3 \text{ мг/м}^3$, что соответствует 4,5 % от общей биомассы зоопланктона мелкой фракции. Максимальные концентрации фитопланктона ($511\text{--}727 \text{ мг/м}^3$) находились на юго-востоке района исследований (рисунок 2). Большую часть исследуемого района с высокой концентрацией фитопланктона занимали воды с хорошо прогретым поверхностным слоем, температура которого составляла в среднем $6,7 \pm 1,3 \text{ }^\circ\text{C}$. Низкие значения температуры менее $5 \text{ }^\circ\text{C}$ (минимум $3,36 \text{ }^\circ\text{C}$) наблюдались в восточной части съемки и обусловлены они апвеллингом в циклоническом вихре, что и сказалось на обилии фитопланктона [5]. В составе сетного фитопланктона представлены диатомовые водоросли родов *Coscinodiscus*, *Chatoceros* и *Thalassiotrix*. Перидинеи рода *Ceratium* отмечены единично.

Биомасса мелкого зоопланктона в среднем составляла $115,8 \text{ мг/м}^3$, это 8,8 % от общей биомассы (рисунок 2). Основу мелкой фракции формировали копеподы $102,1 \text{ мг/м}^3$, в основном *Pseudocalanus newmani* (44 мг/м^3) и *Oithona similis* (33 мг/м^3), реже встречались *Pseudocalanus minutus* ($6,5 \text{ мг/м}^3$) и *Oithona atlantica* (5 мг/м^3). Много было молоди копепод родов *Acartia* и *Metridia* (рисунок 3). На севере в районе влияния антициклонического вихря доминировали копеподы – 277 мг/м^3 и медузы – 104 мг/м^3 . На юге при встрече берингоморских вод с водами Сибирского прибрежного течения отмечено повышение биомассы за счет копепод – $134\text{--}217 \text{ мг/м}^3$, ойкоплевр – 118 мг/м^3 и молоди усонюгих раков $10\text{--}22 \text{ мг/м}^3$ (рисунок 3).

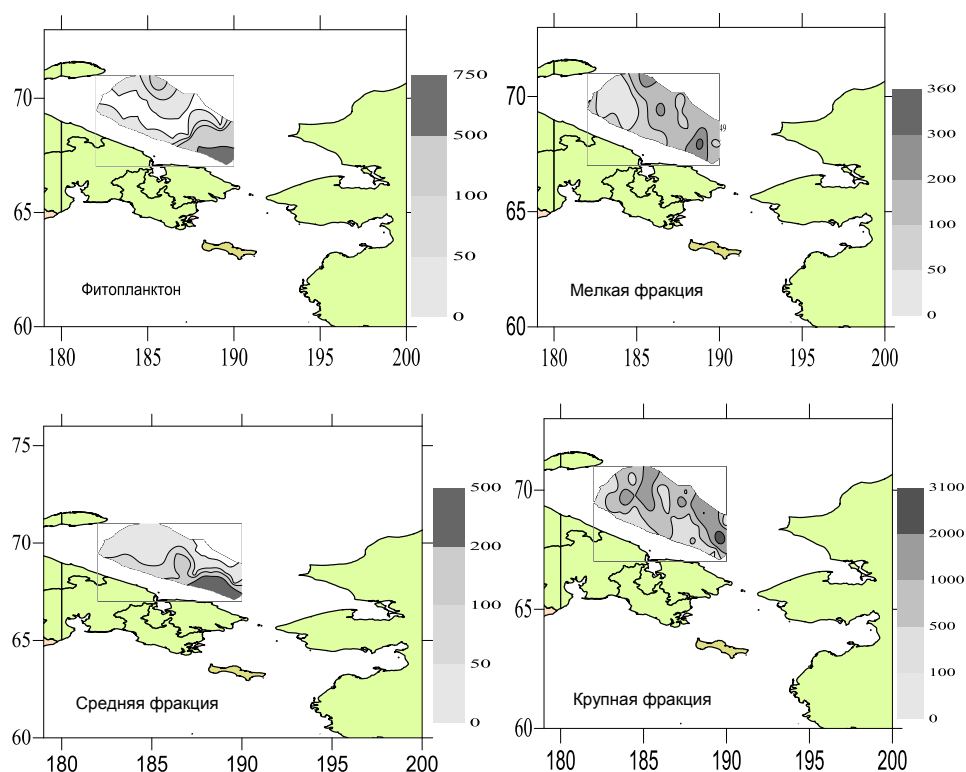


Рисунок 2 – Распределение фитопланктона и размерных фракций зоопланктона в Чукотском море в 2020 г.

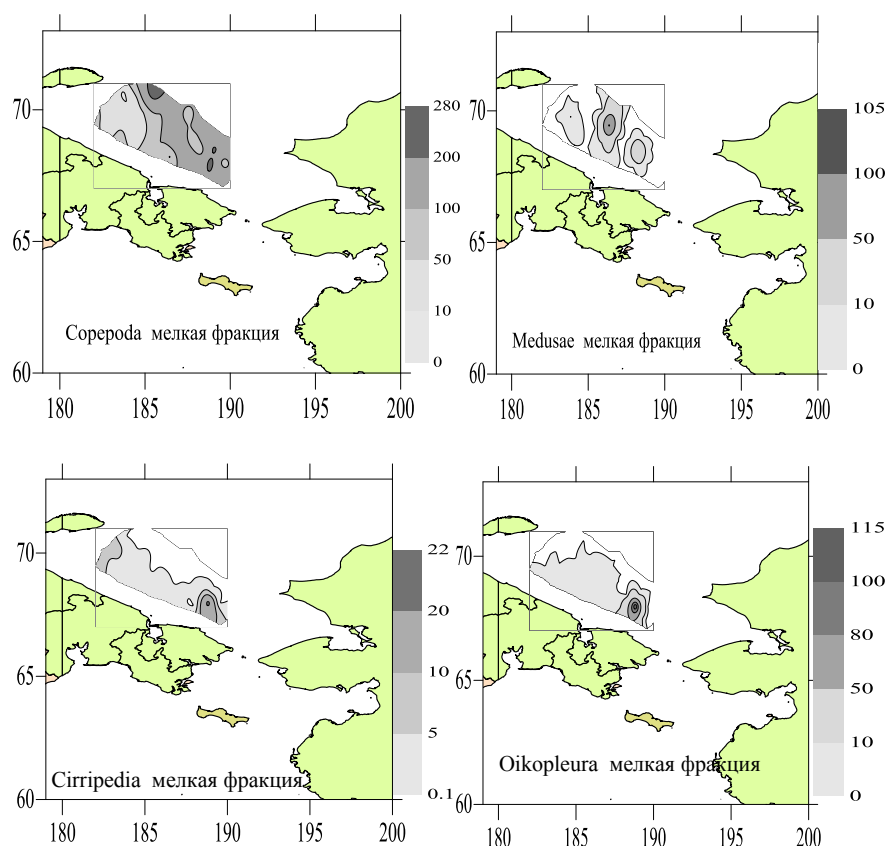


Рисунок 3 – Распределение групп мелкой фракции зоопланктона в Чукотском море в 2020 г.

Биомасса среднеразмерного зоопланктона занимала 5,6 % от общей биомассы зоопланктона, это в среднем $73,6 \text{ мг/м}^3$ (рисунок 4). Более половины биомассы этой фракции приходилось на мелких медуз 1–2 мм и медуз *Aglantha digitale* 2–3 мм. Заметным было количество мелких полихет *Tomopteris pacifica*, сагитт 3–5 мм, ойкоплевр и циприсовидных личинок усконогих раков. На долю копепод приходилось $23,3 \text{ мг/м}^3$, среди них доминировали *Ps. minutus* – $12,7 \text{ мг/м}^3$ и *Ps. newmani* – $2,55 \text{ мг/м}^3$, также *Metridia pacifica* – $3,9 \text{ мг/м}^3$. Максимальные значения биомассы средней фракции также как и мелкой наблюдались на юго-востоке района за счет мелких медуз ($110\text{--}341 \text{ мг/м}^3$), копепод ($58\text{--}108 \text{ мг/м}^3$) и ойкоплевр (27 мг/м^3), на северо-западе, за счет сагитт (14 мг/м^3) (рисунок 4).

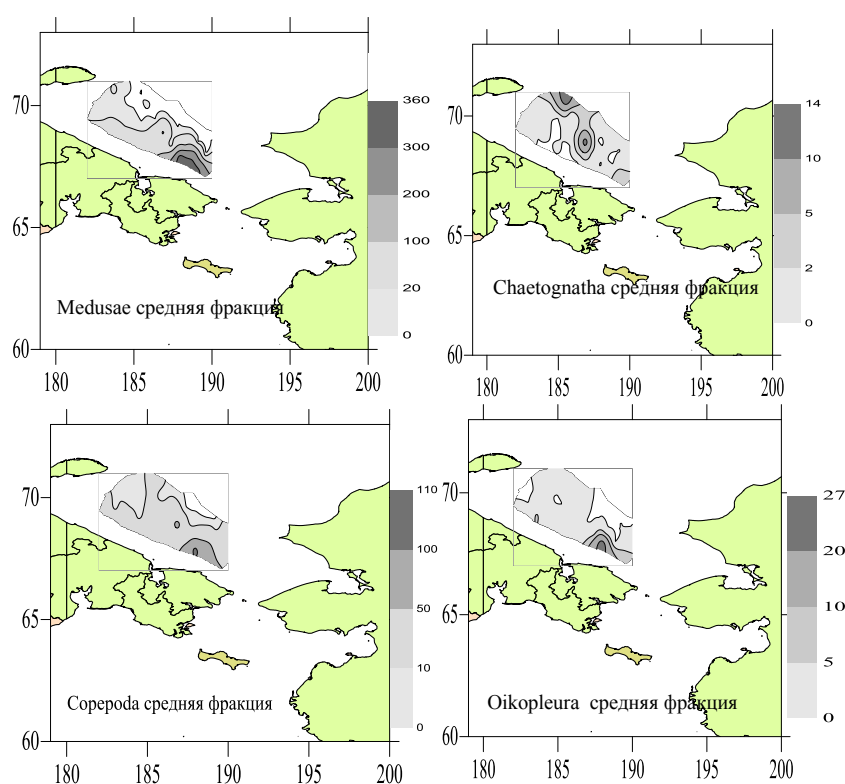


Рисунок 4 – Распределение групп средней фракции зоопланктона в Чукотском море в 2020 г.

Средняя биомасса крупной фракции была $1\,132 \text{ мг/м}^3$ это 86 % от всей биомассы зоопланктона. Основу крупной фракции слагали эвфаузииды – $568,7 \text{ мг/м}^3$ (50 %) и сагитты – $355,4 \text{ мг/м}^3$ (31 %). На долю копепод приходилось менее 10 % (107 мг/м^3). Максимальные значения крупного зоопланктона наблюдались на юго-востоке района исследований, на западе и северо-западе (рисунок 4).

Эвфаузииды были представлены преимущественно двумя видами *Thysanoessa inermis* и *Thysanoessa raschii* и их молодью. Причем значительно

доминировала эвфаузида *Th. inermis* ($2\,108\text{ мг/м}^3$). Биомасса *Th. raschii* была не порядок ниже и составила 271 мг/м^3 . Среди рачков *Th. inermis* доминировали мелкие особи длиной 5–10 и 10–15 мм, вид *Th. raschii* представлен рачками с длиной тела от 5 до 20 мм (рисунок 5).

Сагитты были представлены одним видом *Parasagitta elegans*, биомасса их достигала 355 мг/м^3 . В планктоне щетинкочелюстные представлены всеми размерными группами от 5 до 30 мм, а доминировали особи с длиной тела 15–20 мм – $149,4\text{ мг/м}^3$ (рисунок 5).

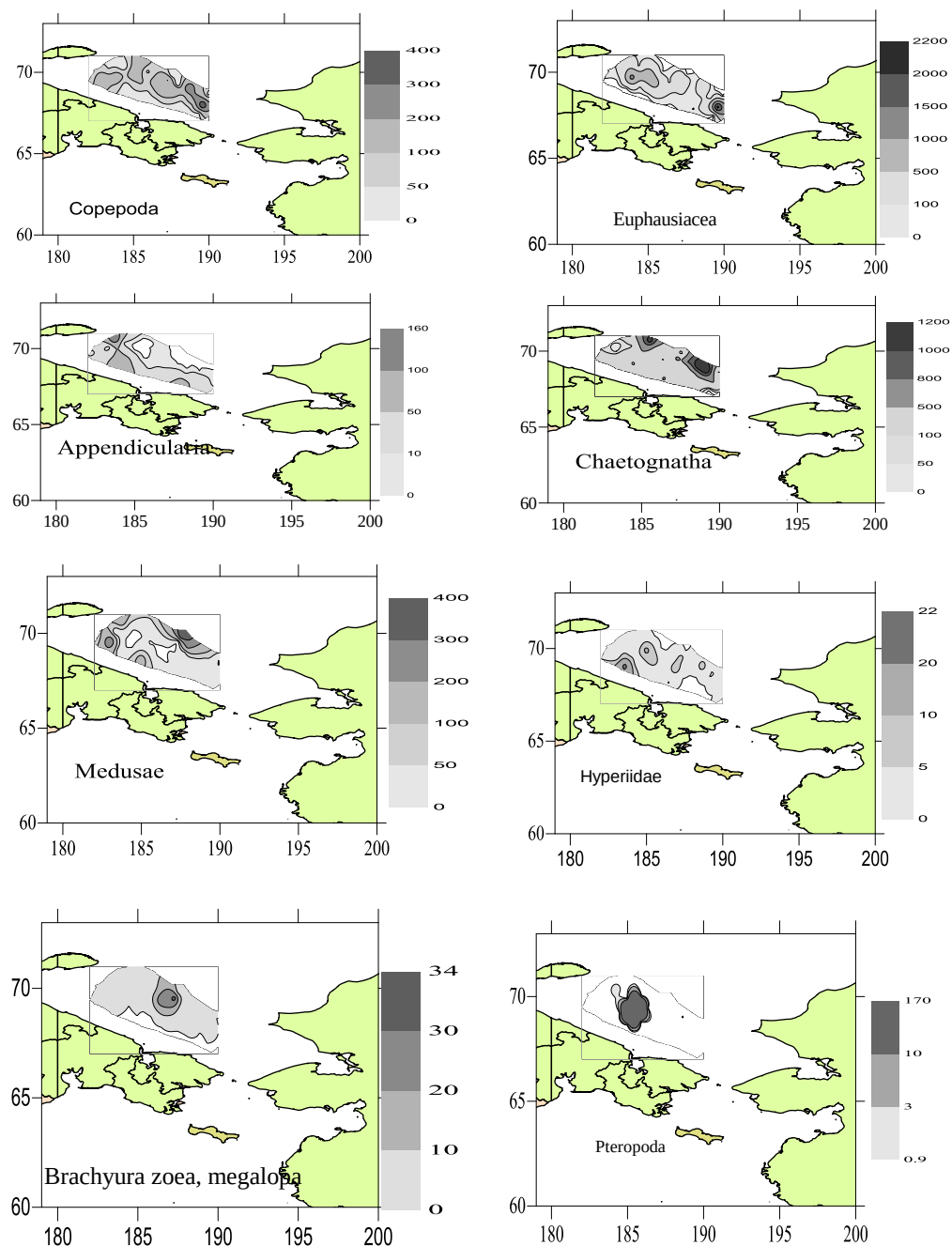


Рисунок 5 – Распределение групп крупной фракции зоопланктона в Чукотском море в 2020 г.

Копеподы были третьей по значимости группой зоопланктона, на долю которой приходилось около 9,5 % биомассы крупной фракции зоопланктона – 107 мг/м³. По биомассе доминировали *Calanus glacialis* – 61, 9 мг/м³ и *Eucalanus bungii* – 35,7 мг/м³. В меньших количествах встречались бореальные виды: *Neocalanus cristatus* – 1,2 мг/м³, *N. plumchrus* – 1,6 мг/м³, *Metridia pacifica* – 2,0 мг/м³ и *Calanus finmarchicus* – 4,4 мг/м³, единично отмечены неарктические и теплолюбивые *Epilabidocera amphitrites* и *Pleuromamma scutellata* (рисунок 5).

Другие группы зоопланктона были немногочисленны (рисунок 5).

Общий запас планктона осенью 2020 г. в Чукотском море составил 4245,3 тыс. т, из которых 182,3 тыс. т приходилось на фитопланктон и 4 063 тыс. т на зоопланктон. Основную биомассу создавали три группы зоопланктона: эвфаузииды, сагитты и копеподы.

На планктон исследуемого участка Чукотского моря в 2020 г. оказывали интенсивное влияние теплые и соленые берингоморские воды. Движение воды в пределах исследуемой акватории приурочено к стрессу северо-западного переноса берингоморских вод Центрального течения. Этим потоком берингоморских вод объясняется значительный занос зоопланктона в Чукотское море, в частности эвфаузиид, сагитт, обитающих в северной части Берингова моря.

Библиографический список

1. Волков А. Ф. Рекомендации по экспресс-обработке сетного планктона в море. Владивосток : ТИНРО, 1984. 31 с.
2. Волков А. Ф. О методике взятия проб зоопланктона // Известия ТИНРО. 1996. Т. 119. С. 306–311. EDN: KQCEJW.
3. Волков А. Ф. Методика сбора и обработки планктона и проб по питанию нектона (пошаговые инструкции) // Известия ТИНРО. 2008. Т. 154. С. 405–416. EDN: JVUJLL.
4. Борисов Б. М., Волков А. Ф., Горбатенко К. М., Коваль М. В., Шершнева В. И. Стандартные таблицы сырого веса и некоторых энергетических характеристик (калорийность, жиры, белки, углеводы, минеральный остаток) зоопланктона дальневосточных морей // Известия ТИНРО. 2004. Т. 138. С. 355–367. EDN: HPMRAF.
5. Шейбак А. Ю. О результатах научно-исследовательских работ по оценке биологических ресурсов в Беринговом и Чукотском морях на НИС "ТИНРО" с 7 августа по 31 октября 2020 г. : рейсовый отчет начальника рейса. Владивосток : ТИНРО-Центр. Архив ТИНРО, 2020. № 28402. 349 с.

**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В АРКТИКЕ
И РАДИОЛОКАЦИЯ, РАДИОНАВИГАЦИЯ,
РАДИОСВЯЗЬ**

Восстановление высотного профиля электронной концентрации по данным ионозонда наклонного зондирования "МИР"

Волков М. А., Гурин А. В. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования, e-mail: volkovma@mstu.edu.ru)

Аннотация. В работе предложена методика восстановления высотного профиля электронной концентрации в ионосфере по данным ионозонда наклонного зондирования.

Abstract. The paper proposes a method for reconstructing the high-altitude profile of the electron concentration in the ionosphere according to the data of the oblique iono sounder.

Ключевые слова: ионосфера, групповая скорость радиоволн, рефракция радиоволн, ионозонд

Key words: ionosphere, group velocity of radio waves, refraction of radio waves, iono sounder

В настоящей работе предлагается метод восстановления электронного высотного профиля ионосферы по данным наклонного зондирования ионосферы ЛЧМ-ионозондом "МИР". Методика зондирования ионосферы ЛЧМ-сигналами описана в [1–3]. Восстановление проводится в рамках одномерной модели ионосферы, в работе используются данные наклонного зондирования на радиотрассе Соданкюля – Мурманск.

Протяженность радиотрассы по прямой (вдоль геодезической линии) составляет 320 км, она идет в направлении северо-восток от Соданкюля, где находится передатчик. Радиотрасса находится в авроральной, или арктической области ионосферы. Особенности авроральной ионосферы описаны в работе [4]. Зимой в ночные часы радиотрасса может пересекать полярную границу главного ионосферного провала электронной концентрации, в этом случае одномерная модель ионосферы не применима. В ионозонде "МИР" используется линейная частотная модуляция сигнала ЛЧМ. Частота сигнала меняется от 1 до 15 МГц со скоростью 500 кГц/с. На рисунке 1 показана ионограмма, построенная по данным ионозонда "МИР".

Задержка сигнала зависит от траектории распространения сигнала и групповой скорости вблизи данной частоты. На частотах больше гирочастоты электронов в ионосфере, это около 1,5 МГц, можно пренебречь эффектом влияния магнитного поля Земли на распространение радиоволн и определять групповую скорость по формуле

$$v_{\text{гр}} = c \sqrt{1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}}, \quad (1)$$

где $\omega_p = \sqrt{\frac{e^2 N(z)}{\epsilon_0 m_0}}$ – плазменная частота ионосферной плазмы, c – скорость света в вакууме, e – заряд электрона, $N(z)$ – концентрация электронов в зависимости от высоты z над поверхностью Земли, m_0 – масса электрона, ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума.

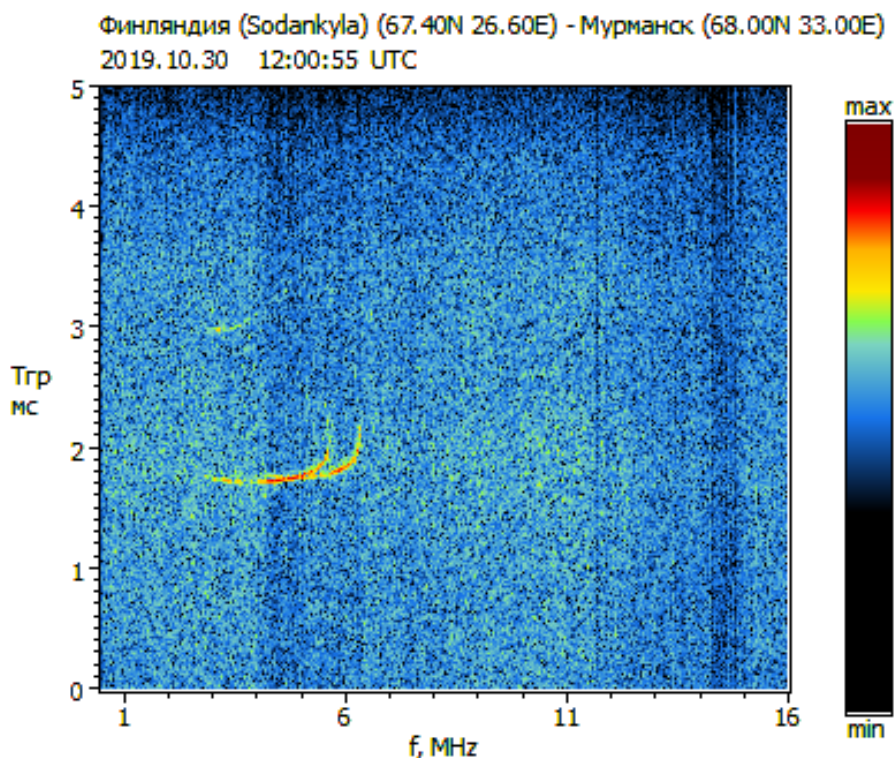


Рисунок 1 – Ионограмма по данным ионозонда "МИР" на радиотрассе Саданкюля – Мурманск $T_{гр}$ – время запаздывания сигнала, f – частота

Определение задержки сигнала. В рассматриваемой задаче пространственный масштаб изменения концентрации электронов с высотой значительно больше длины волны радиосигнала. В этом случае распространение волн можно описывать уравнением эйконала, которое в одномерном случае сводится к условию преломления волн в иносфере, в декартовой системе координат рисунка 2 это условие имеет вид

$$\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha} = n,$$

где α_0 , α – углы скольжения падающего и преломленного в ионосфере лучей радиосигнала, n – показатель преломления радиоволны в ионосфере.

$$n^2 = 1 - \left(\frac{\omega_p}{\omega}\right)^2.$$

До нижней границы ионосферы z_0 радиоволна распространяется прямолинейно, показатель преломления меняется очень незначительно.

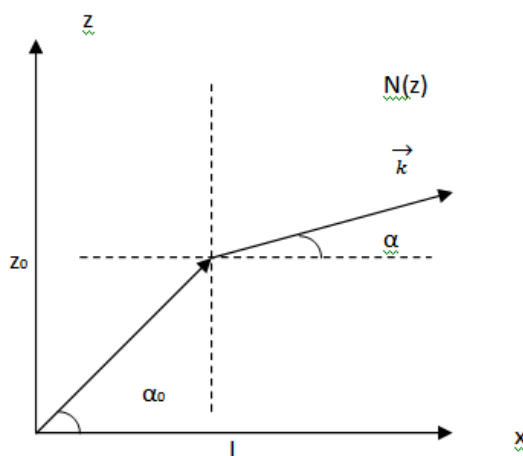


Рисунок 2 – Преломление (рефракция) волн в ионосфере,
 z_0 – нижняя граница ионосферы

Обозначим через T время задержки сигнала, его можно определить следующим образом:

$$T = \int_0^L \frac{dx}{v_{\text{гp}} \cos \alpha} = \int_0^L \frac{n dx}{v_{\text{гp}} \cos \alpha_0} = \int_0^L \frac{\sqrt{1 - (\frac{\omega p}{\omega})^2} dx}{c \cos \alpha_0 \sqrt{1 - (\frac{\omega p}{\omega})^2}},$$

$$T = \int_0^L \frac{dx}{c \cos \alpha_0} = \frac{L}{c \cos \alpha_0}, \quad (2)$$

где L – длина радиотрассы по прямой.

Из выражения (2) определим $\cos \alpha_0 = \frac{L}{cT}$ и $\sin \alpha_0 = \sqrt{1 - (\frac{L}{cT})^2}$.

Время задержки можно получить и другим способом:

$$T =$$

$$2 \int_0^{z'} \frac{dz}{v_{\text{гp}} \sin \alpha} = 2 \int_0^{z_0} \frac{dz}{c \sin \alpha_0} + 2 \int_{z_0}^{z'} \frac{dz}{v_{\text{гp}} \sin \alpha} = \frac{2z_0}{c \sqrt{1 - (\frac{L}{cT})^2}} +$$

$$2 \int_{z_0}^{z'} \frac{dz}{c \sqrt{1 - (\frac{\omega p}{\omega})^2} \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \alpha_0}{n^2}}},$$

где z' – высота, на которой происходит отражение радиоволны, множитель 2 перед интегралом учитывает распространение радиоволны вверх и вниз.

Запаздывание T' , связанное только с ионосферой

$$T' = T - \frac{2z_0}{c \sqrt{1 - (\frac{L}{cT})^2}},$$

$$T' = \frac{2}{c} \int_{z_0}^{z'} \frac{dz}{\sqrt{n^2 - \cos^2 \alpha_0}} = \frac{2}{c} \int_{z_0}^{z'} \frac{dz}{\sqrt{1 - (\frac{\omega p}{\omega})^2 - (\frac{L}{cT})^2}}.$$

Модель высотного профиля ионосферы. Высотный профиль ионосферной концентрации электронов будем описывать параболой рисунка 3.

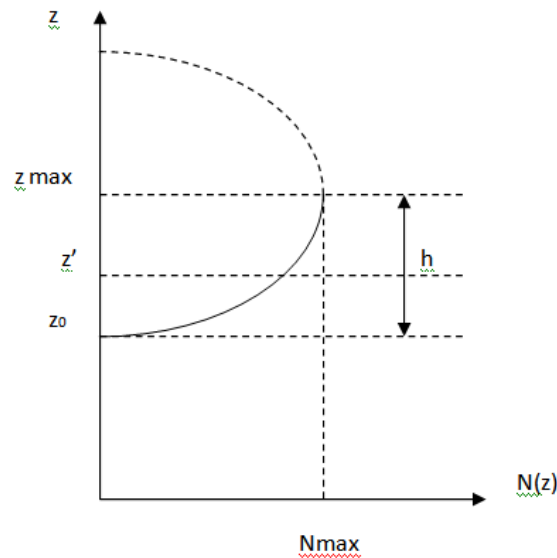


Рисунок 3 – Параболическая модель высотного профиля ионосферы,
 h – полуширина параболического слоя, z_0 – нижняя высота слоя,
 $z_{\max}$ – высота максимума слоя, z' – высота отражения радиоволны

Зависимость концентрации с высотой

$$N(z) = N_{\max} \left(1 - \left(\frac{z - z_{\max}}{h} \right)^2 \right).$$

Запишем выражение для плазменной частоты для данного профиля $N(z)$

$$\omega_p^2 = \frac{e^2 N(z)}{\varepsilon_0 m_0} = \frac{e^2 N_0}{\varepsilon_0 m_0} \frac{N(z)}{N_0} = \omega_{p_0}^2 \frac{N(z)}{N_0},$$

введем безразмерный параметр $\tilde{N} = \frac{N_{\max}}{N_0}$, N_0 – некоторое заданное значение концентрации. Выражения для плазменной частоты и времени запаздывания T' примут вид

$$\omega_p^2 = \tilde{N} \omega_{p_0}^2 \left(1 - \left(\frac{z - z_{\max}}{h} \right)^2 \right). \quad (4)$$

$$T' = \frac{2}{c} \int_{z_0}^{z'} \frac{dz}{\sqrt{1 - \left(\frac{L}{c \cdot T} \right)^2 - \frac{\omega_{p_0}^2}{\omega^2} \tilde{N} \left(1 - \left(\frac{z - z_{\max}}{h} \right)^2 \right)}} \quad \text{или} \quad (5)$$

$$T' = \frac{2\omega}{c} \int_{z_0}^{z'} \frac{dz}{\sqrt{\omega^2 - \omega^2 \left(\frac{L}{c \cdot T} \right)^2 - \omega_{p_0}^2 \tilde{N} + \omega_{p_0}^2 \tilde{N} \left(\frac{z - z_{\max}}{h} \right)^2}}. \quad (5)$$

Введем безразмерную переменную $\xi = \frac{z - z_{\max}}{h}$, для которой выражение (5) примет вид

$$T' = \frac{2\omega h}{c} \int_{-1}^{-\xi'} \frac{d\xi}{\sqrt{\omega^2 - \omega^2 \left(\frac{L}{c \cdot T} \right)^2 - \omega_{p_0}^2 \tilde{N} + \omega_{p_0}^2 \tilde{N} \xi^2}}, \quad (6)$$

ξ' определим из условия обращения в ноль знаменателя (6), условие отражения

$$\omega^2 - \omega^2 \left(\frac{L}{cT}\right)^2 - \omega_{p_0}^2 \tilde{N} + \omega_{p_0}^2 \tilde{N} \xi'^2 = 0,$$

$$\xi' = \sqrt{1 - \frac{\omega^2}{\omega_{p_0}^2 \tilde{N}} \left(1 - \left(\frac{L}{cT}\right)^2\right)}.$$

Интеграл (6) сводится к табличному интегралу

$$\int \frac{dx}{\sqrt{x^2 + a^2}} = \ln|x + \sqrt{x^2 + a^2}| + c:$$

$$T' = \frac{2\omega h}{c} \left[\frac{1}{\sqrt{\omega_{p_0}^2 \tilde{N}}} \ln \left| \xi + \sqrt{\xi^2 + \frac{1}{\omega_{p_0}^2 \tilde{N}} \left(\omega^2 - \omega^2 \left(\frac{L}{cT}\right)^2 \right) - \omega_{p_0}^2 \tilde{N}} \right| \right] \Big|_{-1}^{-\xi'},$$

$$\frac{cT'}{2h} = \frac{\omega}{\omega_{p_0} \sqrt{\tilde{N}}} \ln \left(\frac{\sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_{p_0}}\right)^2 \frac{1}{\tilde{N}} \left(1 - \left(\frac{L}{cT}\right)^2\right)}}{1 - \sqrt{\left(\frac{\omega}{\omega_{p_0} \sqrt{\tilde{N}}}\right)^2 \left(1 - \left(\frac{L}{cT}\right)^2\right)}} \right). \quad (7)$$

Получение параметров профиля ионосферы. Неизвестными параметрами ионосферного профиля, заданного параболической моделью, являются h и $\tilde{N}$, используя соотношения (7) для определения этих параметров, достаточно задать запаздывание на любой частоте, наклон кривой $T(\omega)$ и значение z_0 .

Аппроксимируем зависимость $T(\omega)$, полученную по данным ионозонда рисунка 1 линейной зависимостью рисунка 4.

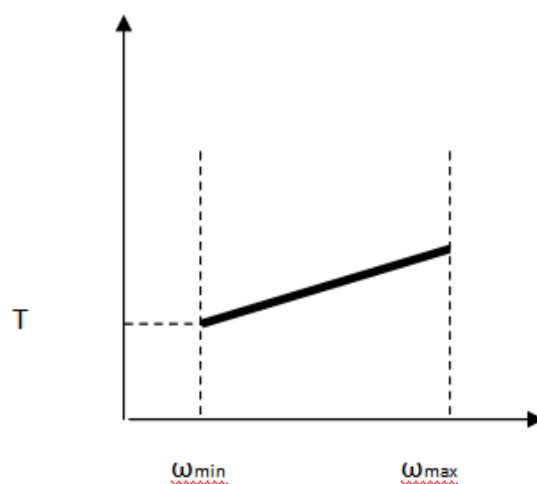


Рисунок 4 – Модель времени запаздывания сигнала

Для анализа (7) удобно ввести безразмерную величину

$$\eta = \left(\frac{\omega}{\omega_{p0} \sqrt{\tilde{N}}} \right)^2 \left(1 - \left(\frac{L}{cT} \right)^2 \right),$$

$$\frac{cT'}{2h} = \frac{\sqrt{\eta}}{\sqrt{1 - \left(\frac{L}{cT} \right)^2}} \ln \left(\frac{\sqrt{1-\eta}}{1-\sqrt{\eta}} \right) \text{ или}$$

$$\frac{c \left(T - \frac{2z_0}{c \sqrt{1 - \left(\frac{L}{cT} \right)^2}} \right)}{2h} = \frac{\sqrt{\eta}}{\sqrt{1 - \left(\frac{L}{cT} \right)^2}} \ln \left(\frac{\sqrt{1-\eta}}{1-\sqrt{\eta}} \right). \quad (8)$$

Примем, что $\omega_{\max}$ соответствует $N_{\max}$, это не так из-за наклонного зондирования, но при значениях α_0 близких к $\pi/2$ погрешность мала, принимая $\omega = \omega_{\min}$, $\omega_{\max} = \omega_{p0}$, получаем:

$$\tilde{N} = 1,$$

$$\eta = \left(\frac{\omega_{\min}}{\omega_{\max}} \right)^2 \left(1 - \left(\frac{L}{cT} \right)^2 \right), \quad (9)$$

полученное значение η подставляем в (8) и определяем h .

Определим параметры ионосферы по данным рис. 1, $T = 1.8$ мс, $f_{\min} = 4$ МГц, $f_{\max} = 6$ МГц, высоту нижней границы ионосферы примем $z_0 = 80$ км. Из формул (8–9) получим $\eta = 0.35$, $h = 59$ км, $N_{\max} = 4,5 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$, $z_{\max} = 139$ км.

Предложенная выше методика позволяет получить высотный профиль электронной концентрации в рамках принятой модели ионосферы, определить величину максимума концентрации, высоту максимума, ширину ионосферного слоя. Апробация данной методики будет связана со сравнением полученных параметров ионосферы с данными вертикального зондирования ионосферы и интегрального электронного содержания ионосферы.

Библиографический список

1. Пономарчук С. Н., Грозов В. П., Котович Г. В., Куркин В. И., Пензин М. С. Диагностика КВ-радиоканала по данным возвратно-наклонного зондирования ионосферы непрерывным ЛЧМ-сигналом // Солнечно-земная физика. 2018. Т. 4, № 2. С. 47–54. DOI: <https://doi.org/10.12737/szf-42201804>. EDN: XRVNGH.
2. Hervás M., Bergada P., Alsina-Pagès R. M. Ionospheric Narrowband and Wideband HF Soundings for Communications Purposes: A Review // Sensors. 2020. Vol. 20, Iss. 9. Article number: 2486. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20092486>.

3. РД 52.26.817-2015. Руководство по ионосферным, магнитным и гелиогеофизическим наблюдениям. Часть I. Ионосферные наблюдения : нац. руководящий документ Российской Федерации : издание официальное : введен в действие впервые приказом Росгидромета от 17.07.2015 № 436. Обнинск : ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД", 2015 г. 198 с.
4. Hunsucker R. D., Hargreaves J. K. The High-Latitude Ionosphere and its effects on Radio Propagation. Cambridge : Cambridge University Press, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511535758>. (Cambridge Atmospheric and Space Science Series).

Расчет траекторий распространения декаметровых радиоволн в ионосфере с использованием приближения геометрической оптики

Волков М. А., Гурин А. В. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования, e-mail: volkovma@mstu.edu.ru)

Аннотация. Работа посвящена изучению вопросов моделирования распространения коротковолновых радиоволн в неоднородной ионосфере с использованием принципов геометрической оптики.

Abstract. The study of modeling the propagation of short-wave radio waves in an inhomogeneous ionosphere using the principles of geometric optics carried out in this paper.

Ключевые слова: ионосфера, фазовая скорость радиоволн, траектория распространения радиоволн, приближение геометрической оптики

Key words: ionosphere, phase velocity of radio waves, trajectory of propagation of radio waves, approximation of geometric optics

Декаметровые радиоволны с частотами от 3 до 30 МГц могут распространяться далеко за радиогоризонт путем многократных искажений от ионосферы и поверхности Земли. Но существуют особенности распространения КВ радиоволн, такие как многолучевость, замирания сигнала, зависимость задержки распространения от частоты и доплеровское смещение мгновенной частоты радиосигнала при распространении. Эти эффекты подробно описаны в литературе [1]. При этом ионосфера как среда распространения радиоволн очень сильно зависит в первую очередь от солнечной активности и геомагнитных возмущений, которые особенно сильно проявляются в условиях Арктики. Использование приближений геометрической оптики при расчете траекторий лучей радиосигнала позволяет определить направление распространения потока энергии, длину группового и фазового путей волнового пакета КВ-радиосигнала. Используя эти данные можно оценить доплеровское смещение частоты радиосигнала при авроральных геомагнитных возмущениях. В настоящее время широко предпринимаются попытки осуществления задачи расчета траектории радиосигнала [2; 3].

Составления уравнения эйконала для случая распространения декаметровых радиоволн в слабонеоднородной ионосфере. Рассмотрим задачу распространения электромагнитной волны в слабонеоднородной среде. Считаем, что изменение параметров среды, описываемые $\varepsilon(r)$ и $\mu(r)$ – диэлектрической и магнитной проницаемостями среды, на масштабе длины волны λ малы.

В приближении геометрической оптики получим уравнение эйконала и считаем траектории радиолуча в ионосфере.

Рассмотрим уравнения Максвелла для монохроматической волны:

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -i\omega\mu\vec{H}; \quad (1)$$

$$\operatorname{rot} \vec{H} = -i\omega\varepsilon\vec{E};$$

где векторы E, H – напряженности электрического и магнитного полей. Параметры ε и μ зависят от координаты $\mathbf{r}$.

Решение будем искать в виде разложения полей по малому параметру $1/k_0L$:

$$\vec{E} = \left(\vec{E}_0 + \frac{1}{k_0L} \vec{E}_1 + \dots \right) e^{ik_0\psi}; \quad (2)$$

$$\vec{H} = \left(\vec{H}_0 + \frac{1}{k_0L} \vec{H}_1 + \dots \right) e^{ik_0\psi}, \quad (3)$$

$k_0L \gg 1$, где L – характерный масштаб изменения параметров среды, $E_0, E_1, H_0, H_1(\mathbf{r})$, ψ – функции, зависящие от вектора $\mathbf{r}$, ψ – эйконал, k_0 – волновой вектор в некоторой точке, принятой, например, за начало отсчета. Считаем, что амплитуда волн слабо меняется на расстоянии порядка длины волны, т. е. решение ищем в виде произведения медленно изменяющегося сомножителя – амплитуды на быстроизменяющийся, зависящий от фазы ψ .

Подставим выражения (2), (3) в систему (1) и приравняем слагаемые одинакового порядка малости слева и справа, порядок малости определяется степенью $1/k_0L$, воспользуемся записью $\operatorname{rot} \vec{E}$ через оператор набла $\operatorname{rot} \vec{E} \equiv [\vec{\nabla} \times \vec{E}]$

$$ik_0 [\nabla \psi \times \vec{E}_0] \cdot e^{ik_0\psi} + [\nabla \times \vec{E}_0] \cdot e^{ik_0\psi} = -i\omega\mu H_0 e^{ik_0\psi} + \dots, \\ [\nabla \psi \times \vec{E}_0] + \frac{1}{ik_0} [\nabla \times \vec{E}_0] = -\mu H_0 \omega / k_0 + \dots \quad (4)$$

$\sim \frac{1}{k_0L}$

оставим в уравнении (4) слагаемые нулевого порядка

$$[\nabla \psi \times \vec{E}_0] = -v_{\phi 0} \mu \vec{H}_0,$$

где $v_{\phi 0} = \omega/k_0$ – фазовая скорость.

Аналогично получим второе уравнение

$$[\nabla \psi \times \vec{H}_0] = v_{\phi 0} \varepsilon \vec{E}_0.$$

Из данных выражений следует, что вектора $\vec{E}_0, \vec{H}_0, \nabla\psi$ взаимно перпендикулярны. Исключим вектор $\vec{H}_0$

$$\left[\nabla\vec{\Psi} \times \left[\nabla\vec{\Psi} \times \vec{E}_0 \right] \right] + v_{\phi 0}^2 \mu \epsilon \vec{E}_0 = 0;$$

воспользуемся векторным тождеством

$$\underbrace{\nabla\vec{\Psi} \left(\nabla\vec{\Psi} \vec{E}_0 \right)}_{=0} - \vec{E}_0 \left(\nabla\vec{\Psi} \right)^2 + v_{\phi 0}^2 \mu \epsilon \vec{E}_0 = 0.$$

Первое слагаемое обращается в 0, так как это скалярное произведение двух взаимно перпендикулярных векторов.

Введем обозначение $v_{\phi 0}^2 \mu \epsilon = \frac{k^2}{k_0^2} = n^2$ – квадрат показателя преломления среды.

Получим уравнение эйконала

$$\begin{aligned} \left(\nabla\psi \right)^2 &= n^2(\vec{r}) \text{ или} \\ |\nabla\psi| &= n(r). \end{aligned} \quad (5)$$

Решения уравнения эйконала $\psi(r) = \text{const}$ определяют волновые поверхности в приближении геометрической оптики.

В декартовой системе координат эйконал определяется через частные производные по координатам

$$\nabla\psi = \frac{\partial\psi}{\partial x} \vec{e}_x + \frac{\partial\psi}{\partial y} \vec{e}_y + \frac{\partial\psi}{\partial z} \vec{e}_z.$$

Единичный вектор $\vec{l}$ (рис. 1) определяется как

$$\vec{l} = \frac{dx}{ds} \vec{e}_x + \frac{dy}{ds} \vec{e}_y + \frac{dz}{ds} \vec{e}_z.$$

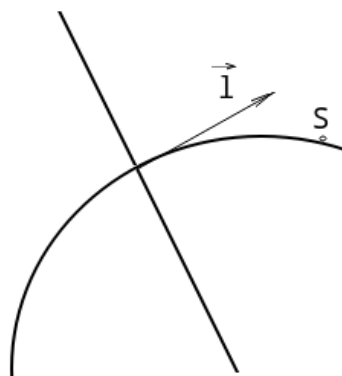


Рисунок 1 – К решению уравнения эйконала, определение единичного вектора

Выражения $dx/ds, dy/ds, dz/ds$ являются направляющими косинусами.

Единичный вектор запишем через Ψ :

$$\vec{l} = \frac{\nabla \Psi}{|\Psi|};$$

$$\vec{l} |\Psi| = \nabla \Psi;$$

$$\frac{\partial \Psi}{\partial x} \vec{e}_x + \frac{\partial \Psi}{\partial y} \vec{e}_y + \frac{\partial \Psi}{\partial z} \vec{e}_z = \frac{dx}{ds} n \vec{e}_x + \frac{dy}{ds} n \vec{e}_y + \frac{dz}{ds} n \vec{e}_z.$$

Откуда

$$\partial \Psi / \partial x = ndx/ds; \partial \Psi / \partial y = ndy/ds; \partial \Psi / \partial z = ndz/ds. \quad (6)$$

Найдем через произведения единичного вектора и элемента эйконала показатель преломления n

$$\nabla \Psi \cdot \vec{l} = \frac{\partial \Psi}{\partial x} \cdot \frac{dx}{ds} + \frac{\partial \Psi}{\partial y} \cdot \frac{dy}{ds} + \frac{\partial \Psi}{\partial z} \cdot \frac{dz}{ds} = n.$$

$$\frac{d\Psi}{ds} = n$$

Продифференцируем (6) по s

$$\frac{\partial}{\partial s} \left(\frac{\partial \Psi}{\partial x} \right) = \frac{d}{ds} \left(n \frac{dx}{ds} \right);$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial \Psi}{\partial s} \right) = \frac{d}{ds} \left(n \frac{dx}{ds} \right);$$

$$\frac{\partial}{\partial x} n = \frac{d}{ds} \left(n \frac{dx}{ds} \right). \quad (7)$$

Аналогично

$$\frac{\partial}{\partial y} n = \frac{d}{ds} \left(n \frac{dy}{ds} \right); \quad (8)$$

$$\frac{\partial}{\partial z} n = \frac{d}{ds} \left(n \frac{dz}{ds} \right). \quad (9)$$

Объединим (7–9)

$$\nabla n = \frac{d}{ds} (n \cdot \vec{l}). \quad (10)$$

В сферической (полярной) системе координат

$$\frac{d}{ds} \left(n \frac{dr}{ds} \right) = \frac{dn}{dr};$$

$$\frac{d}{ds} \left(nr \frac{d\varphi}{ds} \right) = \frac{1}{r} \frac{dn}{d\varphi}.$$

Если $dn/d\varphi = 0$

$$n \frac{r d\varphi}{ds} = \text{const} = n_0 \frac{r_0 d\varphi}{ds},$$

$$n \sin \theta = n_0 \sin \theta_0.$$

Перепишем уравнения (7) и (8) для случая зависимости от двух координат x и y в декартовой системе координат

$$\partial n / \partial x = d/ds(n(x,y)dx/ds); \quad (11)$$

$$\partial n / \partial y = d/ds(n(x,y)dy/ds). \quad (12)$$

В декартовых координатах элемент пути ds зависит от текущих координат точки $x(s)$, $y(s)$, и определяется как

$$ds^2 = dx^2 + dy^2,$$

$$dn/ds = \partial n / \partial x dx/ds + \partial n / \partial y dy/ds.$$

Из системы уравнений (11) (12) можно выразить d^2x/ds^2 и d^2y/ds^2 через первые производные, для следующего шага определяем первые производные через вторые и приращение координат, начальные производные dx/ds и dy/ds задают косинусы угла наклона волнового вектора, угол который образует волновой вектор с ионосферой (ось x) в точке передатчика.

Численное решение уравнения эйконала. Запишем уравнение эйконала в декартовых координатах. Для коротких радиотрасс (когда кривизной Земли можно пренебречь) использование декартовых координат допустимо:

$$\frac{\partial n}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial s} \left(n \frac{dx}{ds} \right);$$

$$\frac{\partial n}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial s} \left(n \frac{dy}{ds} \right).$$

Разбиваем область расчета на элементарные ячейки как показано на рисунке 2. Считаем радиолуч прямолинейным в пределах одной элементарной ячейки, причем для оптимизации вычислений зададим переменный шаг по осям y и x . Нет необходимости пересчитывать угол α , если показатель преломления на следующем шаге вычисления не изменяется относительно предыдущего.

Определим приращения по осям y и x :

$$\Delta y = \Delta x \cdot \text{tg}(\alpha), \quad (13)$$

$$\Delta x = \Delta y \cdot \text{ctg}(\alpha). \quad (14)$$

Сформулируем правила выбора шага в (13) и (14) Δy и Δx

Если $\text{tg}(\alpha) > 1$; зададим $\Delta y, \Delta x = \Delta y_0 / \text{tg}(\alpha)$.

Если $\text{tg}(\alpha) < \max(\text{tg}(\alpha))$; $\Delta x_{\min} = \Delta y_0 / \max(\text{tg}(\alpha))$.

Если $\text{tg}(\alpha) < 1$; зададим $\Delta x, \Delta y = \Delta x_0 \cdot \text{tg}(\alpha)$.

Если $\text{tg}(\alpha) > \min(\text{tg}(\alpha))$; $\Delta y_{\min} = \Delta x_0 \cdot \min(\text{tg}(\alpha))$,

$\Delta x_0, \Delta y_0$, – выбираются в начале расчета.

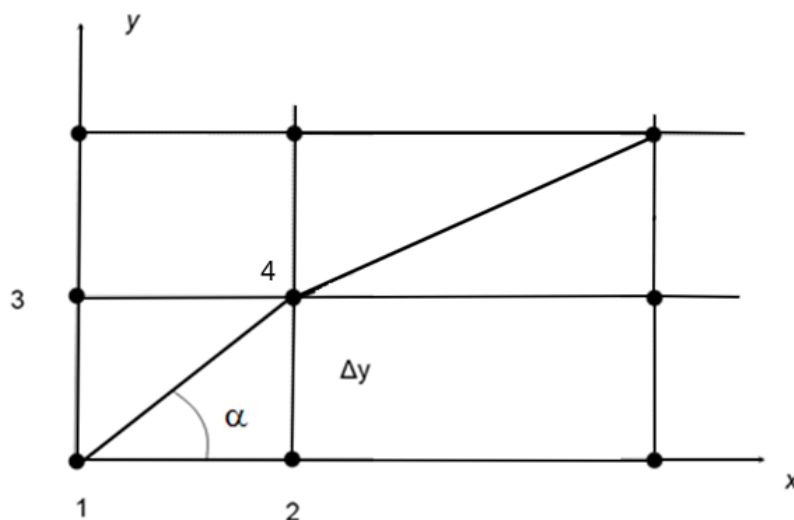


Рисунок 2 – К определению элементарных ячеек
для численного решения уравнений эйконала в двумерном случае

Определим направляющие косинусы

$$dx/ds = \cos(\alpha), dy/ds = \sin(\alpha). \quad (15)$$

Изменение концентрации электронов вдоль осей x и y будет

$$\frac{\partial n}{\partial x} = \frac{n_2 - n_1}{\Delta x}, \quad \frac{\partial n}{\partial y} = \frac{n_3 - n_1}{\Delta y}.$$

Составим разностные уравнения

$$(n_2 - n_1)/\Delta x = (n_4 \cos(\alpha + \Delta \alpha) - n_1 \cos(\alpha))/\Delta s,$$

$$(n_3 - n_1)/\Delta y = (n_4 \sin(\alpha + \Delta \alpha) - n_1 \sin(\alpha))/\Delta s.$$

Направляющие косинусы определим через разности

$$\Delta x/\Delta s = \cos(\alpha), \quad \Delta y/\Delta s = \sin(\alpha),$$

$$\Delta y/\Delta x = \text{tg}(\alpha).$$

Разность показателей преломления равна

$$n_2 - n_1 = n_4 \cos(\alpha + \Delta \alpha) \cdot \cos(\alpha) - n_1 \cos^2(\alpha),$$

$$n_3 - n_1 = n_4 \sin(\alpha + \Delta \alpha) \cdot \sin(\alpha) - n_1 \sin^2(\alpha).$$

Определим прирост угла α :

$$\begin{aligned} \cos(\alpha + \Delta \alpha) &= \\ &= \cos(\alpha) \cdot \cos(\Delta \alpha) - \sin(\alpha) \cdot \sin(\Delta \alpha) \approx \cos(\Delta \alpha) \cdot (1 - 0.5(\Delta \alpha)^2 k) - \sin(\alpha) \cdot \Delta \alpha, \end{aligned} \quad (16)$$

где k – некоторое значение меньшее 1,

$$\begin{aligned} \sin(\alpha + \Delta \alpha) &= \\ &= \sin(\alpha) \cdot \cos(\Delta \alpha) + \cos(\alpha) \cdot \sin(\Delta \alpha) \approx \sin(\Delta \alpha) \cdot (1 - 0.5(\Delta \alpha)^2 k) + \cos(\alpha) \cdot \Delta \alpha. \end{aligned} \quad (17)$$

Перепишем выражения (16) и (17) для изменения показателя преломления

$$n_2 - n_1 = n_4 \cos^2(\alpha) - 0.5n_4(\Delta\alpha)^2 \cdot k \cdot \cos^2(\alpha) - n_4 \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha) \cdot \Delta\alpha - n_1^2 \cos^2(\alpha), \quad (18)$$

$$n_3 - n_1 = n_4 \sin^2(\alpha) - 0.5n_4(\Delta\alpha)^2 \cdot k \cdot \sin^2(\alpha) + n_4 \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha) \cdot \Delta\alpha - n_1^2 \sin^2(\alpha). \quad (19)$$

При сложении уравнений (18) и (19) получим

$$n_2 - n_1 + n_3 - n_1 = n_4 - n_4(\Delta\alpha)^2 \cdot k - n_1. \quad (20)$$

При вычитании из (18) (19) получим:

$$\begin{aligned} n_2 - n_1 - n_3 + n_1 &= \\ &= n_4 \cos(2\alpha) - n_1 \cos(2\alpha) - 0.5n_4(\Delta\alpha)^2 \cdot k \cdot \cos(2\alpha) - n_4 \cos(2\alpha) \cdot \Delta\alpha. \end{aligned} \quad (21)$$

После дальнейших преобразований (20) и (21) получим

$$n_2 - n_3 + 2n_1 \cos(2\alpha) - n_2 \cos(2\alpha) - n_3 \cos(2\alpha) = -n_4 \sin(2\alpha) \cdot \Delta\alpha.$$

Откуда определим изменение угла траектории $\Delta\alpha$

$$\Delta\alpha = (2n_1 \cos(2\alpha) + n_2(1 - \cos(2\alpha)) - n_3 \cos(2\alpha) - n_3) / (-n_4 \sin(2\alpha)). \quad (22)$$

Иначе

$$\begin{aligned} \Delta\alpha &= (2n_1 (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) + n_2(2\sin^2 \alpha) - n_3 2\cos^2 \alpha) / (-2n_4 \sin \alpha \cos \alpha), \\ \Delta\alpha &= (-(n_2 - n_1) \operatorname{tg} \alpha + (n_3 - n_1) \operatorname{ctg} \alpha) / n_4. \end{aligned} \quad (23)$$

Проверка правильности определения приращения угла наклона траектории.

Когда нет зависимости от x

$$n_1 = n_2, n_3 = n_4.$$

Подставим эти значения в (22), получим в результате

$$\begin{aligned} n_1(1 + \cos(2\alpha)) - n_3(1 + \cos(2\alpha)) &= -n_3 \sin(2\alpha) \cdot \Delta\alpha, \\ n_3 - n_1 &= n_3 \cdot (\sin(2\alpha) \cdot \Delta\alpha) / (1 + \cos(2\alpha)), \\ \Delta n / n &= (2\sin(\alpha) \cos(\alpha) \cdot \Delta\alpha) / (\sin^2(\alpha) + 2 \cos^2(\alpha) - \sin^2(\alpha)), \\ \Delta n / n &= \operatorname{tg}(\alpha) \cdot \Delta\alpha, \end{aligned}$$

$$\ln n = \int \frac{\sin \alpha d\alpha}{\cos \alpha} = -\ln \cos \alpha + \ln,$$

$$n \cdot \cos(\alpha) = C. \quad (24)$$

Когда нет зависимости от y

$$n_1 = n_3, n_2 = n_4.$$

Подставим эти значения в (22), получим в результате

$$\begin{aligned} n_2(1 - \cos(2\alpha)) - n_1(1 - \cos(2\alpha)) &= -n_2 \sin(2\alpha) \cdot \Delta\alpha, \\ dn &= -n \sin(2\alpha) / (1 - \cos(2\alpha)) d\alpha, \\ dn / n &= -\cos(\alpha) / \sin(\alpha) d\alpha, \end{aligned}$$

$$\ln n = \int \frac{\cos \alpha d\alpha}{\sin \alpha} = -\ln \sin \alpha + \ln C,$$

$$n \cdot \sin(\alpha) = C. \quad (25)$$

При отсутствии изменения показателя преломления по оси x из формулы (24) следует, что прирост по оси x получается постоянный, аналогично, при отсутствии изменения показателя преломления по оси y из общей формулы (25) следует, что прирост по оси y является постоянной величиной, что доказывает правильность выражения (22).

Библиографический список

1. Дэвис К. Радиоволны в ионосфере / пер. с англ. ; под ред. А. А. Корчака. М. : Мир, 1973. 502 с.
2. Дементьев В. О. Расчет лучевых траекторий декаметровых радиоволн, распространяющихся в трехмерно-неоднородной анизотропной ионосфере : магистерская дис. : 011800.68 "Радиофизика". Казань, 2015. 77 с.
3. Кулябов Д. С. Компьютерная реализация геометрических методов в максвелловской оптике : дис. ... д-ра физ.-мат. наук : 05.13.18. М., 2017. 230 с.

Способ создания мобильной антенной системы с высоким коэффициентом направленного действия сверхдлинноволнового – коротковолнового диапазона

Гурин А. В.¹, Милкин В. И.¹, Шульженко А. Е.¹, Козелов Б. В.², Миличенко А. Н.² (¹г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра радиоэлектронных систем и транспортного оборудования, e-mail: gurinav@mstu.edu.ru; ²г. Мурманск, ФГБНУ "Полярный геофизический институт КНЦ РАН")

Аннотация. В работе предлагается способ создания мобильной антенной системы с высоким коэффициентом направленного действия сверхдлинноволнового – коротковолнового диапазона, пригодной для развертывания в местности, не подходящей для установки крупногабаритных антенных мачт.

Abstract. The paper proposes a method for creating a mobile antenna system with a high gain at the LF-HF range, suitable for deployment without the installation of large antenna masts.

Ключевые слова: фазированная антенная решетка, средневолновые и коротковолновые направленные антенны, антенна бегущей волны

Key words: phased array antenna, medium-wave and short-wave directional antennas, traveling wave antenna

Нестандартное техническое решение синтеза мобильной антенной фазированной решетки на базе активных антенных элементов и узлов, установленных на дронах, обеспечивающих суммарное повышение излучаемой мощности и формирующих требуемую диаграмму направленности антенной системы, открывает новое направление конструкций антенн. Предлагаемый способ построения мобильной активной фазированной антенной решетки предназначается для использования в технике радиосвязи, преимущественно в диапазонах сверхдлинных – коротких радиоволн, на автономных объектах с низкой энерговооруженностью, в неудобных местах для размещения антенных устройств, без требований к подстилающей поверхности, в том числе для транспортных радиостанций и объектов Северного морского пути.

Известные технические решения. Известны буксируемые тросовые, около десятикилометровой длины, но практически изотропной направленности, антенны, выпускаемые из приспособлений фюзеляжей специальных самолетов в России ТУ-142 МР и в США E-6 Mercury, с мощными передающими комплексами, используемыми для ретрансляции сигналов оперативной связи с подводными лодками, с излучением в диапазонах сверхдлинных – длинных

радиоволн [1]. Недостатком известных антенн является отсутствие ярко выраженной направленности, требующей для обеспечения гарантированной связи с приемными устройствами даже на известных направлениях повышенных мощностей излучения.

Наиболее известным по назначению является способ построения активной фазированной антенной решетки, являющийся отражением всеобъемлющего и универсального способа для систем радиосвязи и радиолокации [2]. В варианте известного способа построения активной фазированной антенной решетки размещают антенные элементы на передающих модулях и формируют антенное полотно активной фазированной антенной решетки из таких передающих модулей. Во встроенном формирователе излучаемого антенной решеткой сигнала в каждом из передающих модулей формируют передаваемый сигнал с фазовыми соотношениями для создания направленной диаграммы, который в каждом передающем модуле усиливается встроенным усилителем мощности для применения, в основном, при реализации в плоских структурах пространственных антенных фазированных решеток, используемых, преимущественно в сантиметровых диапазонах радиоволн. Недостатком описанного в [2] устройства является применение сложных устройств, встроенных формирователей и элементов распределительной системы, передаваемых сигналов к модулям с использованием циркуляторов и фазовращателей, введение в систему гетеродинов и устройств регулировки фазовых и амплитудных соотношений.

Способ построения мобильной активной фазированной антенной решетки. В работе предлагается реализация способа построения мобильной активной фазированной антенной решетки, при котором для излучения сигналов используют установленные на дронах (носителях) антенные элементы. Они размещаются на передающих модулях с встроенными, формирующими передаваемый сигнал и усиливающими его в бортовых усилителях мощности. Дроны – близнецы размещаются друг за другом для создания антенного полотна в направлении формирования направленного излучения.

Каждый из идентичных передающих модулей с антенными элементами устанавливают на дронах, находящихся в зависшем положении или синхронно летящих над земной поверхностью. Размещённые друг за другом в направлении формирования направленного излучения, они создают линейную антенную фазированную решетку с режимом бегущей волны. При этом в каждом

передающем модуле с помощью встроенного формирователя осуществляют от источника передачи сигнала прием сигналов прямым усилением на повышенной частоте и детектируют его. Усиленный встроенным усилителем мощности принятый сигнал подают на антенные элементы, причем необходимые фазовые соотношения задержек для создания направленной диаграммы формируются за счет взаимного расположения дронов в пространстве.

Реализация предлагаемого способа обеспечивает расширение функциональных возможностей антенных устройств за счет упрощения процессов диаграммообразования активной фазированной антенной решетки. Для этого применяется прием сигналов с последующим излучением антенной решеткой с прямым усилением на повышенной частоте и детектирования, усиления по мощности и создания необходимых фазовых соотношений задержек при излучении сигналов антенными элементами полотна решетки без использования электрических фазовращателей, только за счет взаимного расположения дронов (носителей) в пространстве.

Описание устройства активной фазированной антенной решетки с использованием мобильных носителей в виде БПЛА. На рис. 1 показана функциональная схема версии реализации способа построения мобильной активной фазированной антенной решетки.

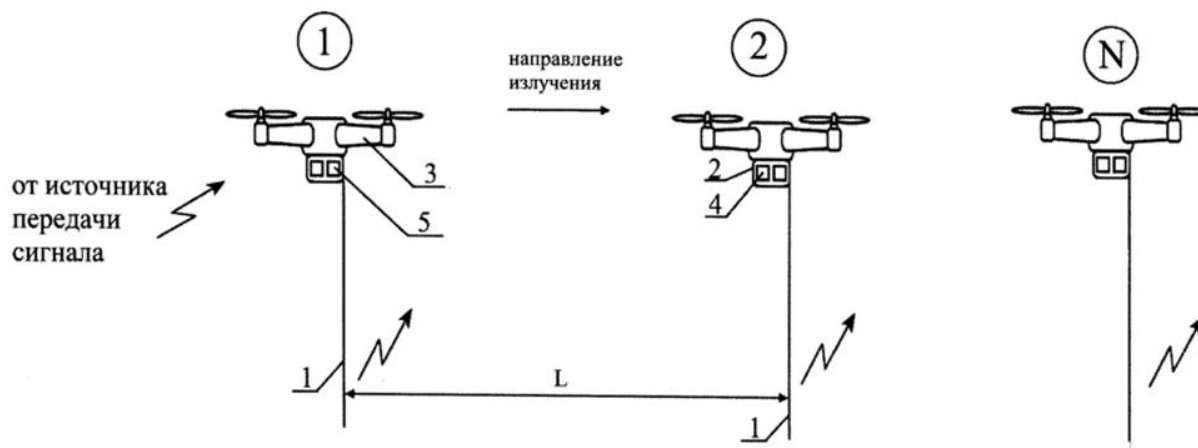


Рисунок 1 – Структура фазированной антенной решетки, формируемой взаимным расположением излучающих элементов на мобильных носителях (БПЛА)

Устройство, реализующее предлагаемый способ, содержит антенные элементы 1 на передающих модулях 2, которые создают антенное полотно активной фазированной антенной решетки из N передающих модулей. Каждый из идентичных передающих модулей 2 с антенными элементами 1 установлен на дронах 3. Каждый передающий модуль 2 содержит встроенный формирователь 4 и встроенный усилитель мощности 5.

При реализации предложенного способа на рассматриваемой версии, показанной на фигуре 1, выполняется следующая последовательность действий:

- выводят в точки для нахождения в зависшем положении группировку дронов 3 с установленными идентичными передающими модулями 2 с антенными элементами 1, размещая их в пространстве друг за другом в направлении формирования направленного излучения. Для создания антенной фазированной решетки с режимом бегущей волны, расставляют их друг от друга, например, на классическое расстояние L , равное четверти рабочей длины радиоволны;

- дроны (носители) могут зависать, барражировать, лететь, сохраняя строй и направленность при реализации в антенне бегущей волны;

- от источника передачи сигнала (на функциональной схеме не показан), сигнал на повышенной частоте, например, с амплитудной модуляцией требуемой для излучения частотой, которая также может иметь модуляцию, в каждом передающем модуле с помощью встроенного формирователя 4 принимают, усиливают на принятой повышенной частоте с прямым усилением и детектируют его;

- требуемая для излучения частота, после детектированная, которая может иметь модуляцию, подается на встроенный усилитель мощности 6 и после его на антенные элементы 1;

- ввиду идентичности передающих модулей 2, с антенными элементами 1, фазовые и амплитудные изменения при обработке принятых сигналов внутри модулей 2 также будут идентичными во всех модулях 2. Однако, фазовые соотношения удаленных от источника передачи сигнала модулей 2, будут измененными и при размещении модулей 2 друг за другом при расстоянии L , в направлении формирования направленного излучения на одной линии, равном четверти рабочей длины радиоволны. Они будут кратны 90 градусам, что обеспечит режим бегущей волны с выраженной направленностью суммарного излучения.

Способ создания мобильной антенной системы является универсализацией синтеза фазированных антенных решеток с использованием однотипных точечных излучателей на дронах при создании антенных систем с расширенными возможностями по диапазонности, мобильности и адаптации к широкому спектру условий при оперативном развёртывании.

Дальнейшим развитием технического решения по применению предлагаемого способа возможно его использование для реализации как пространственного, так и в комбинации с частотным разносом. Например, при разнесении группировок предлагаемых мобильных активных фазированных антенных решеток на заданные расстояния друг от друга в направлении формирования направленного излучения на одной линии как от одного и того же источника передачи сигнала, так и от нескольких с разными номиналами повышенных, требуемых для излучения частот в целях помехоустойчивости каналов связи.

Предлагаемый способ обеспечивает развертывание активных фазированных антенных решеток в диапазонах сверхдлинных–коротких радиоволн в тех местах, где их нельзя создать стационарно, в том числе при аварийном использовании на транспортных средствах. Дополнительно к этому предлагаемый способ может использоваться в научно-исследовательских целях при дооборудовании Северного морского пути и наиболее дешевой реализации резервных каналов радиосвязи, так как в качестве источников передачи сигналов могут быть использованы портативные, широко применяемые средства связи. На разработку легко развертываемой фазированной антенной решетки получен патент на изобретение [3].

Библиографический список

1. Радиосвязь с подводными лодками. Ч. 1: Общий обзор // Janto. URL: <http://janto.ru/repository/014/01.html>.
2. Способ построения активной фазированной антенной решетки : пат. 2717258 Рос. Федерация / В. В. Задорожный, А. А. Косогор, А. Ю. Ларин, И. С. Омельчук № 2019123485 ; заявл. 19.07.2019 ; опубл. 19.03.2020, Бюл. № 8. 6 с.
3. Способ построения мобильной активной фазированной антенной решетки : пат. 2758569 Рос. Федерация / В. И. Милкин, Б. В. Козелов, А. Н. Миличенко, А. В. Гурин, А. Е. Шульженко № 2020140428 : заявл. 08.12.2020 ; опубл. 29.10.2021, Бюл. № 31. 7 с.

Система арктической средневолновой радиосвязи для обеспечения безопасности

Давлетова Д. А., Милкин В. И., Борисова Л. Ф., Шульженко А. Е.
(г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования, e-mail: davletovada@mstu.edu.ru)

Аннотация. В работе рассматривается версия создания гарантированной двухсторонней радиосвязи в Арктике с использованием существующих технических средств по обеспечению безопасности с расширением функциональных возможностей при осуществлении квитационного обмена с передачей оповещений и контролем излучения дополнительно к возможностям приема информации по безопасности в акватории дислокации.

Abstract. In the work, a version of the creation of a guaranteed two-way radio communication in the Arctic using existing technical means to ensure security, with the expansion of functionality in the implementation of receipt exchange with the transmission of alerts and radiation control, in addition to the possibility of receiving information on safety in the water area of deployment, is considered.

Ключевые слова: средневолновая радиосвязь, антенная система, нефтедобывающая платформа, безопасность мореплавания, радиопередающая система, гарантированная радиосвязь СМП

Key words: medium-wave radio communication, antenna system, oil platform, navigation safety, radio transmission system, guaranteed radio communication of the NSR

Передача информации по безопасности мореплавания является обязательством, которое принимают на себя правительства государств согласно "Международной конвенции по охране человеческой жизни на море" [1]. Обязательными фрагментами передачи информации по безопасности на плавсредства в акваториях морей и океанов являются береговые станции, использующие частоты 490 и 518 кГц диапазона средних радиоволн, передающие антенные устройства которых, соизмеримые с 0,25 длин используемых радиоволн, реализуются конструкциями до 150 метров высоты. В судовых условиях установка передающих антенн подобных крупногабаритных размеров не представляется возможным. В свою очередь особенность диапазона средних радиоволн по гарантированной надежной радиосвязи без мертвых зон на расстояния от 250 до 400 морских миль (750 километров), вполне удовлетворяет требованиям донесения срочных оповещений по особенностям мореплавания при односторонней радиосвязи с береговых станций на плавсредства. Прием информации судовыми станциями осуществляется мало-

габаритными, преимущественно активными антеннами. Формализованная информация с береговых станций передается на суда в автоматизированном режиме методом узкополосной частотной телеграфии в полосах частот 300 Гц по расписанию передачами по 10 минут в указанный час или в течение 10 минут каждые 4 часа при наличии срочных сообщений. Недостатком известных станций системы передачи информации по безопасности на море является низкоскоростная односторонняя передача данных на плавсредства и исключение в надёжной системе оповещения искусственных морских сооружений в виде нефтедобывающих платформ, являющихся одновременно навигационными помехами судоходству и объектами потенциальных аварий от плавсредств и гидрометеорологических воздействий.

Известна цифровая широкополосная система NAVDAT, передающая на центральной частоте 500 кГц в полосе 10 кГц, обеспечивающая увеличение скорости передачи данных на основе использования многочастотных сигналов, современных многократных методов модуляции сигналов и избыточного сверточного кодирования. Недостатком известной системы является односторонность радиосвязи и необходимость кардинального переоснащения радиооборудованием береговых передающих станций и судовых радиоприёмных устройств с невозможностью интеграции в используемые устройства в разветвлённой сети существующей системы НАВТЕКС [2].

В ходе исследования вопроса, касающегося систем передачи информации по безопасности на море, наиболее близким к предлагаемому далее устройству стал "Автоматизированный комплекс связи" в составе блока приема плавсредствами навигационной информации системы НАВТЕКС, в котором для повышения надежности односторонней радиосвязи, обеспечивается прием аналоговых сигналов одновременно на двух частотах двумя параллельно соединенными трактами радиочастоты типовых средневолновых радиоприемников [3]. Недостатками устройства-прототипа являются односторонность радиосвязи с непредсказуемыми результатами о получении информации плавсредствами и отсутствие возможности нефтедобывающих платформ оперативно извещать о складывающейся навигационной обстановке по надежным каналам радиосвязи.

В предлагаемой ниже разработке техническим результатом является расширение функциональных возможностей системы, в том числе возможностей реализации двухсторонней средневолновой радиосвязи с приемом

информации по безопасности, квитационного ответа и передачи оповещений с контролем излучения. Указанный технический результат достигается тем, что система средневолновой радиосвязи обеспечения безопасности содержит радиопередающее устройство с большеразмерной антенной системой, состоящей из типовой стационарной конструкции факельной вышки в качестве пассивного антенного проводникового элемента. Она дополнительно восполнена активным элементом в виде оттяжки – проводника, верхним концом кондуктивно прикрепленного к стволу верхней части факельной проводящей вышки с "заземленным" основанием к проводящей палубе. Нижний конец активного элемента прикреплён к изолированному электроду ввода узла питания. В системе используются типовые радиоприемники с малогабаритными антеннами. Факельная вышка на нефтедобывающей платформе, из состава ее обязательного оборудования дополнительно к технологическому назначению (по изобретению) в исследуемых версиях выполняет функцию элемента передающей антенны. Антенная система радиопередающего устройства нефтедобывающей платформы конструктивно реализуется в виде шлейф-вибратора из активного проводника, верхним концом кондуктивно прикрепленного к стволу верхней части факельной проводящей вышки с "заземленным" основанием к проводящей палубе. Нижним концом прикрепленного к изолированному электроду ввода узла питания антенна подключается к радиопередающему устройству. При этом вторым электродом ввода является точка, соединенная с поверхностью проводящей палубы. Антенная система радиопередающего устройства нефтедобывающей платформы конструктивно может быть выполнена в виде двух идентичных проводников, верхними сведенными концами кондуктивно прикрепленных к стволу верхней части факельной проводящей вышки с "заземленным" основанием к проводящей палубе, с симметрично разведенными на расстояние S , соизмеримое с $0,075 - 0,1\lambda$, нижними концами. Нижние концы соединительными проводниками равной длины подключены к изолированному электроду ввода узла питания, через который антенна подключается к радиопередающему устройству, при этом вторым электродом ввода является точка, соединенная с поверхностью проводящей палубы (рисунок 1). Достижимым техническим результатом изобретения является новое построение элементов структуры системы средневолновой радиосвязи обеспечения безопасности, с расширением функциональных возможностей за счет осуществления квитационного

ответа и передачи оповещений, с контролем излучения, дополнительно к возможностям приема информации по безопасности в акватории дислокации [4].

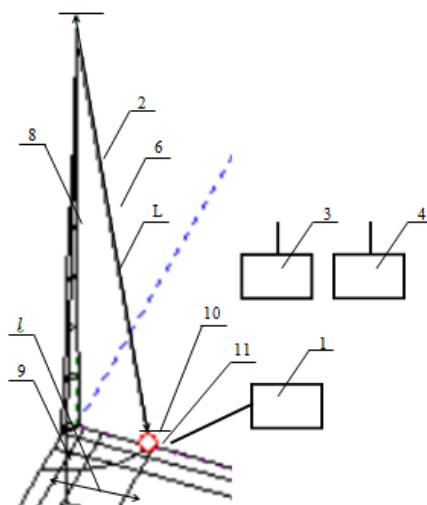


Рисунок 1 – Эскиз устройства антенной системы радиопередающего устройства нефтедобывающей платформы с двумя антенными проводниками

Предложенная средневолновая система радиосвязи обеспечения безопасности работает следующим образом. Радиоприемник 3 с малогабаритной антенной, установленный на нефтедобывающей платформе осуществляет прием информации по безопасности в международной автоматизированной системе оповещения NAVTEX в установленные сеансы связи. После приема информации радиопередающее устройство 1 с большеразмерной антенной системой 2 обеспечивает передачу квитанции о принятой информации, подтверждая нормальную работу средневолнового канала радиосвязи. Радиоприемник 4 с малогабаритной антенной, установленный на нефтедобывающей платформе осуществляет контроль излучения радиопередающим устройством 1 с большеразмерной антенной системой 2. Излучение электромагнитных колебаний средневолнового диапазона длин радиоволн производится крупногабаритных размеров антенной системой 2 радиопередающего устройства 1 нефтедобывающей платформы. Антенная система конструктивно выполнена в виде проводника 6, верхним концом 7 кондуктивно прикреплённого к стволу верхней части факельной проводящей вышки 8 с "заземленным" основанием к проводящей палубе 9, а нижним концом 10 прикреплённого к изолированному электроду ввода узла питания 11, через который антенна подключается к радиопередающему устройству 1. Предложенная конструкция антенны реализует полувибратор Пистолькорса с пассивным проводником увеличенного диаметра в виде факельной проводящей вышки 8 и активного проводника 6 верхним концом 7 кондуктивно прикреплённого

к стволу верхней части факельной проводящей вышки 8 с "заземленным" основанием к проводящей палубе 9, а нижним концом 10 прикрепленного к изолированному электроду ввода узла питания 11, через который антенна подключается к радиопередателю устройству 1. Таким образом, излучающая структура в составе активного проводника 6 и пассивного проводника 8, замкнутых по линии нулевого потенциала проводящей палубой 9, реализуют половину классического шлейф-вибратора Пистолькорса, работа которого общеизвестна. В отличие от широко используемых средневолновых антенн в виде "штырей" с низким входным сопротивлением и узкой полосой пропускания, широко используемый в ультракоротковолновом диапазоне шлейф-вибратор Пистолькорса обладает в 4 раза увеличенным сопротивлением и более широкой полосой пропускания, что подтверждается графиком изменения коэффициента стоячей волны и в средневолновом диапазоне, как показано на рисунке 2. Работа рассматриваемых версий проверялась компьютерным моделированием.

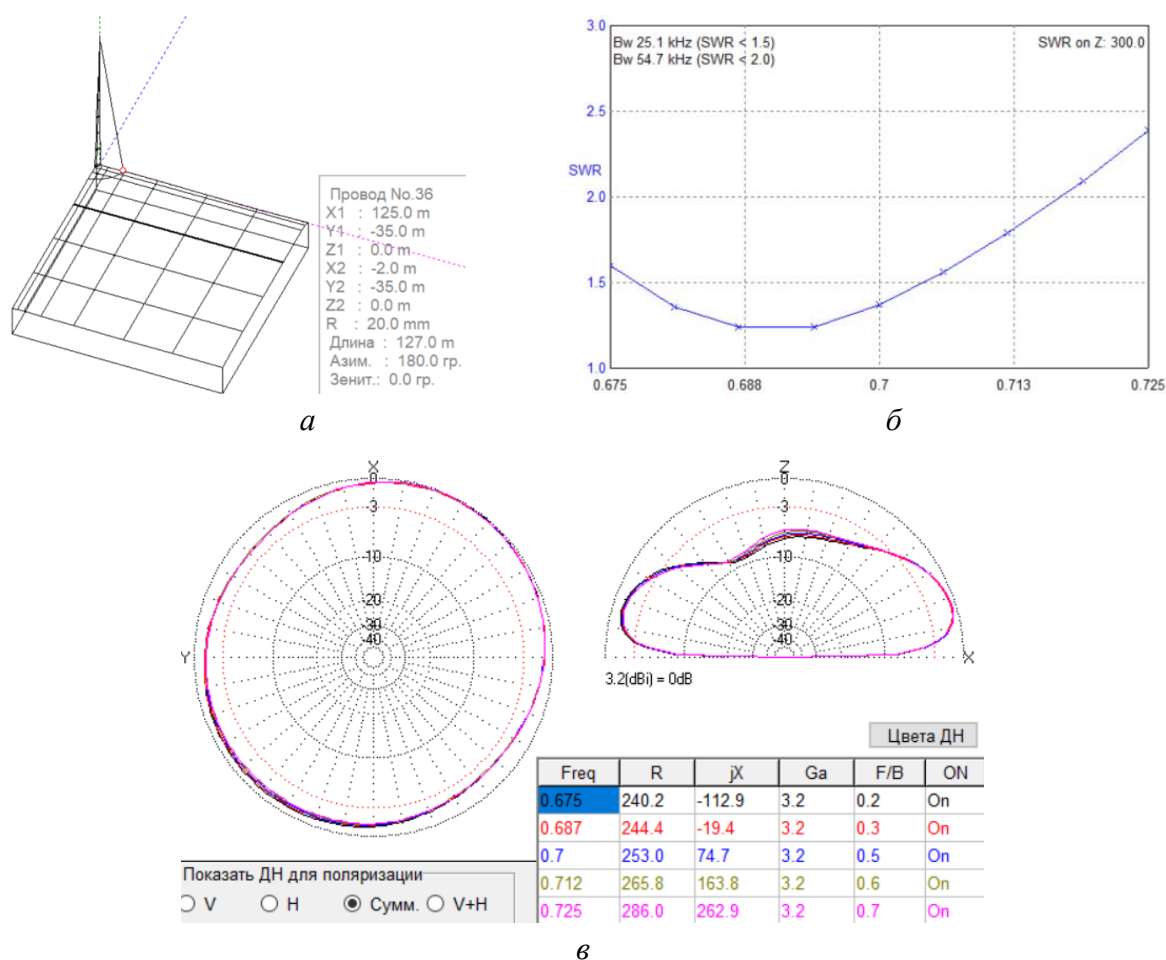


Рисунок 2 – Устройство антенной системы: а – компьютерная модель в версии установки на нефтедобывающей платформе; б – график изменения коэффициента стоячей волны в рабочем диапазоне; в – диаграммы направленности

Исходя из выявленного, предложенное техническое решение реализации антенной системы позволяет увеличить скорости передачи информации и параллельно с существующей технологией передачи расширить функции по использованию в международной автоматизированной системе оповещения "НАВТЕКС" для обмена служебной информацией. Дополнительно к классическому приему информации по безопасности в системе "НАВТЕКС" предлагается организация на существующей элементной базе и ее перспективном совершенствовании высоконадежной системы арктической двухсторонней средневолновой радиосвязи морских нефтедобывающих платформ, используя и расширяя их конструктивные особенности. За счет применения передачи квитанций или репетирования полученных сообщений для расширения зоны электромагнитной доступности судам в акваториях, а также с возможностью оперативной передачи и получения служебных сообщений вне установленного графика времени работы системы "НАВТЕКС" по прямому назначению, с контролем излучений при работе средневолнового передатчика предложенной системы связи, значительно расширяются функциональные возможности, и повышается надежность работы ответственной системы радиосвязи как в повседневной деятельности, так и в особые периоды.

Библиографический список

1. Консолидированный текст Конвенции "СОЛАС-74". СПб. : Центр. н.-и. и проект.-конструкт. ин-т мор. флота : ТОО "Триас", 1993. 757 с.
2. Резолюция А.617(15). Внедрение Системы НАВТЕКС – компонента Всемирной службы навигационных предупреждений : принята 19 ноября 1991 г.
3. Автоматизированный комплекс связи : пат. на полезную модель Рос. Федерация / А. В. Мартынов, Л. М. Клячко, И. В. Дулькейт, К. С. Патронов [и др.] № 2013125672/07 ; заявл. 04.06.2013 ; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16.
4. Система антенная средневолновой радиосвязи нефтедобывающей платформы : заявка на российский патент на изобретение № 2021116014 от 02.06.2021 / Милкин В. И., Кукуи Ф. Д., Борисова Л. Ф., Шульженко А. Е., Давлетова Д. А.

О сходстве и различии между ориентацией поперечной анизотропии мелкомасштабных неоднородностей и направлением дрейфа среднемасштабных неоднородностей в F -области ионосферы над московским регионом

Романова Н. Ю.¹, Телегин В. А.², Панченко В. А.², Жбанков Г. А.³
(¹г. Мурманск, ФГБНУ "Полярный геофизический институт КНЦ РАН";
²г. Троицк, ФГБУН "Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова РАН";
³г. Ростов-на-Дону, "Научно-исследовательский институт физики" ФГАОУ ВО "Южный федеральный университет", e-mail: romanova@pgi.ru)

Аннотация. Сопоставлены ориентация поперечной анизотропии мелкомасштабных неоднородностей и направление дрейфа среднемасштабных неоднородностей (программа LocalDrift), полученные совместно в различные дни и время суток (преимущественно ночное) над московским регионом в спокойных геомагнитных условиях. В большинстве случаев наблюдается сходство этих численных величин. Большое в ряде случаев различие между ними также анализируется.

Abstract. The orientation of cross-field anisotropy of small-scale irregularities and the drift direction of medium-scale irregularities (LocalDrift programs) obtained simultaneously on different days and times (mainly night) over the Moscow region in normal geomagnetic conditions compared. In most cases, the numerical similarity between them is observed. In some cases, the large difference between them is also analysed.

Ключевые слова: ионосферные неоднородности, дрейф плазмы, радиопросвечивание, радиолокация

Key words: ionospheric irregularities, plasma drift, radioprobing, radiolocation

F -область ионосферы имеет достаточно сложную структуру: помимо крупномасштабных неоднородностей электронной плотности (от нескольких сотен до двух тысяч километров) наблюдаются неоднородности меньших масштабов, вплоть до нескольких сантиметров. Методы исследования неоднородностей обычно не универсальны: для каждого из них есть интервал размеров неоднородностей, где применение конкретного метода позволяет получать достоверные результаты. Мы применили два метода: радиолокацию и радиопросвечивание, что обусловлено присутствием в ионосфере неоднородностей, сильно отличающихся поперечными размерами относительно геомагнитного поля.

Метод радиолокации ионосферы с поверхности земли декаметровыми радиоволнами ионзонда DPS-4 [1–3, электронный ресурс <http://www.digisonde.com/publications.html>] (установлен в ИЗМИРАН г. Москва, г. Троицк) позволяет исследовать неоднородности с поперечными разме-

рами от одной до нескольких зон Френеля. В численном эквиваленте – от 10 до 50–100 км в зависимости от высоты отражения и частоты зондирования. В рамках данной статьи будем называть их среднемасштабными неоднородностями (СН).

Метод радиопросвечивания [4] ионосферы сигналами ИСЗ "Парус" на двух когерентных частотах ~ 150 и ~ 400 МГц с частотой оцифровки радиосигнала 50 Гц наземным приемником (установлен в МГУ им. М. В. Ломоносова) и анализом амплитудных флуктуаций радиосигнала позволяет исследовать неоднородности с поперечными размерами от нескольких сотен метров до нескольких километров. В рамках данной статьи будем называть их мелкомасштабными неоднородностями (МН). Условная модель единичной неоднородности представлена на рисунке 1.

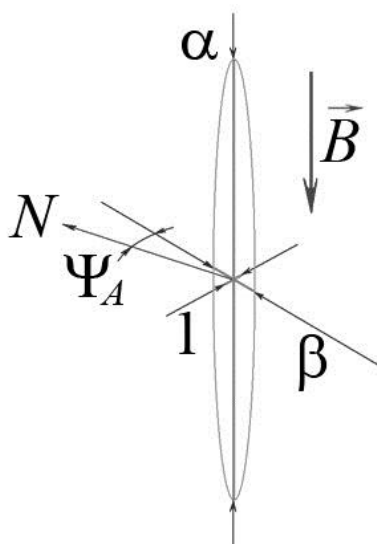


Рисунок 1 – Модель изолированной поперечно-анизотропной мелкомасштабной неоднородности электронной плотности в F -области ионосферы. α – вытянутость вдоль геомагнитного поля; β – вытянутость перпендикулярно геомагнитному полю; Ψ_A – ориентация поперечной анизотропии, измеряется в градусах, отсчитывается от направления на географический север по часовой стрелке

Модель представляет собой эллипсоид, который не является эллипсоидом вращения. Буквенные обозначения α , β , Ψ_A имеют общий термин "параметры анизотропии". МН вытянуты преимущественно вдоль геомагнитного поля (продольная анизотропия α). Перпендикулярно геомагнитному полю (поперечная анизотропия β) МН вытянуты менее, т. е. $\alpha > \beta > 1$, но для высокоширотных и среднеширотных МН F -области эта поперечная анизотропия наблюдается, и ее ориентация (ориентация поперечной анизотропии Ψ_A) – величина не постоянная, а меняется с течением времени наблюдения

и близка, соответственно, к направлению горизонтального э/м дрейфа [5] и горизонтального ветра [6].

В настоящей работе продолжается начатое в [7], изучение связи между ориентацией поперечной анизотропии Ψ_A МН и направлением горизонтального дрейфа Ψ_D СН по данным, полученным над московским регионом.

В качестве небольшого отступления уточним, что начало регулярного приема сигналов ИСЗ "Парус" радиотомографическим приемником в МГУ им. М. В. Ломоносова положено в 2003 г. По причине, не зависящей от наземного приема радиосигналов, последний сеанс связи состоялся 30 мая 2019 г. В настоящей работе мы проанализировали период май – декабрь 2009 г., за который состоялось 402 радиосеанса с ИСЗ, когда максимальный угол места ИСЗ был не ниже 75° . Этот критерий использован для того, чтобы величина минимального угла Θ между лучом зрения "приёмник – спутник" и магнитным полем не превышала $18\text{--}20^\circ$.

В противном случае луч зрения "приёмник – спутник" проходит больший путь в ионосфере, что может нарушить условие постоянства дисперсии флуктуаций электронной плотности в исследуемом объеме. Амплитудные флуктуации в квадратурах предметной радиоволны (~ 150 МГц) наблюдались в 25 % от общего количества регистраций, преимущественно в ночное время суток, составляя 102 регистрации. Из этого количества только в 32 случаях интенсивность флуктуаций была достаточной для определения параметров мелкомасштабных неоднородностей. Один из таких случаев в качестве примера приведен на рисунке 2.

Областью ионосферы, занимаемой мелкомасштабными неоднородностями, является весь участок вдоль траектории ИСЗ, где присутствуют флуктуации амплитуды радиосигнала. Однако определение параметров α , β , Ψ_A возможно только в области, занимаемой максимумом дисперсии логарифма относительной амплитуды. Часто эта область меньше, чем участок траектории ИСЗ с наблюдаемыми флуктуациями. В примере на рисунке 2 в экспериментальном графике (сплошная тонкая кривая) дисперсии уровня амплитуды присутствует единственный максимум вблизи локального магнитного зенита ($\sim 54.6^\circ$), образованный вследствие усиления амплитудных флуктуаций. Максимум в несколько раз превышает уровень фона, что позволяет определить параметры анизотропии α , β , Ψ_A мелкомасштабных неоднородностей путем его аппроксимации теоретической кривой (кружки), рассчитанной на основе базового соотношения из работы [4]. Соотношение осей $\beta : \alpha = 1 : 8$.

Ориентация поперечной анизотропии $\Psi_A = 64^\circ (\pm 3^\circ)$, в наглядном представлении близка к северо-восточному направлению.

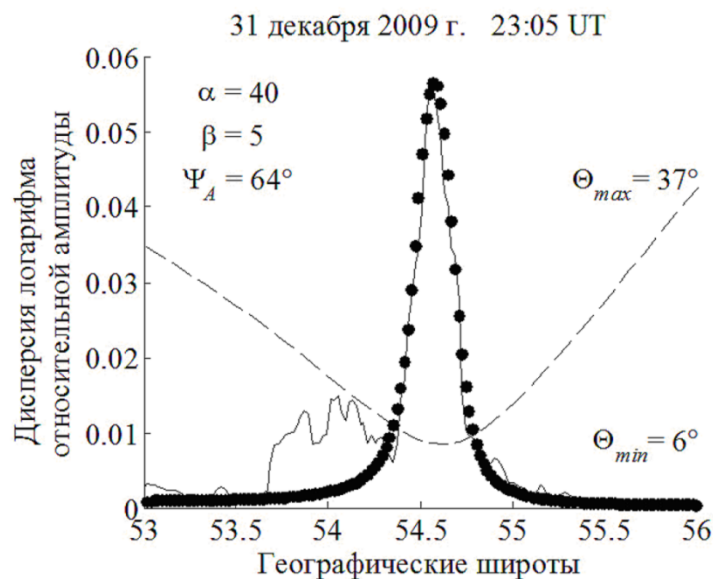


Рисунок 2 – Экспериментальный максимум в графике дисперсии логарифма относительной амплитуды (сплошная кривая) и его аппроксимация теоретической кривой (кружки). Параметры α , β , Ψ_A , с которыми достигается наилучшая аппроксимация, приведены в левом верхнем углу рисунка.

Пунктиром показан график значений углов Θ между перемещающимся спутником и магнитным полем в точке наблюдения

На рисунке 3 показано сопоставление ориентации поперечной анизотропии Ψ_A с одновременным направлением дрейфа Ψ_D среднемасштабных неоднородностей.

Рисунки представляют собой автоматически сформированное изображение карты неба при ионосферном рассеянии во всей (слева) и в ограниченной (справа) области принимаемых к расчету ионосферных отражателей (цветные точки). Сопоставление Ψ_A с направлением дрейфа $\Psi_D = 34^\circ$, рассчитанного программой DriftExplorer, разработанной для ионозонда DPS-4 и поставляемой вместе с ним, показало большое различие $\Delta\Psi = 30^\circ$. Сопоставление с направлением дрейфа $\Psi_D = 63^\circ$, рассчитанного специально разработанной программой LocalDrift [8], показало гораздо меньшее различие $\Delta\Psi = 1^\circ$. Причина в следующем. Поскольку программа DriftExplorer рассчитывает направление дрейфа, усредненное по всем отражателям карты неба есть вероятность, что это направление в разных участках карты неба может быть как постоянным, так и непостоянным. Поэтому программа LocalDrift учитывает пространственное положение области, занимаемой МН, которая в данном случае смещена к югу от зенита. Выделяя в карте неба интересу-

ющую область путем задания нужных углов прихода радиоволн, LocalDrift рассчитывает параметры дрейфа максимально близко к области с МН. Область с ионосферными отражателями выбрана таким образом, чтобы количество отражателей было одинаковым в направлении "север–юг" и одинаковым в направлении "запад – восток". (Заметим, что направление и скорость дрейфа, рассчитанные программой LocalDrift с использованием данных всей карты неба, совпадают с результатом программы DriftExplorer). В рассматриваемом случае $\Delta\psi = 1^\circ$ означает, что поперечная анизотропия МН вытянута вдоль направления дрейфа СН.

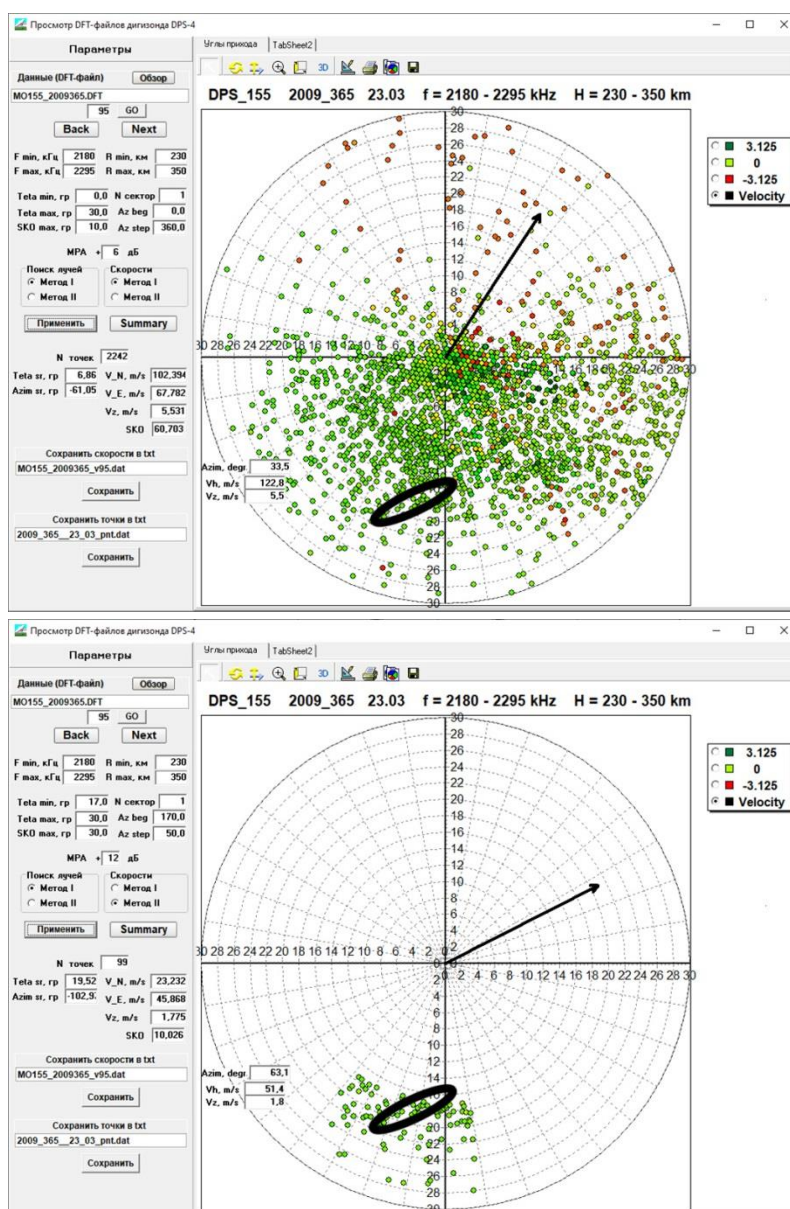


Рисунок 3 – Карта неба, сформированная программой DriftExplorer (слева), и программой LocalDrift (справа). Стрелка в центре рисунка – результирующее направление дрейфа. Эллипс – схематичное изображение ориентации поперечной анизотропии

В остальных случаях при численном сопоставлении экспериментальных данных также имели значение не усредненные по всей карте неба параметры, а характеристики в ограниченной, локальной области ионосферы. Это делает оправданным применение в нашей работе именно программы *LocalDrift*, а не *DriftExplorer*. Обработка данных периода май–декабрь 2009 г. показала, что из 32 случаев численное сопоставление Ψ_A с направлением дрейфа Ψ_D было сделано в 27 случаях, когда техническое качество обоих видов данных было удовлетворительным. Для отобранных 27 случаев в 23 из них различие между ориентацией поперечной анизотропии Ψ_A и направлением дрейфа Ψ_D не превышало 20° .

Методами радиопросвечивания и радиолокации исследованы, соответственно, мелко и среднемасштабные неоднородности электронной плотности в F -области ионосферы над московским регионом. Анализ периода наблюдения май – декабрь 2009 г. выявил 27 случаев, когда экспериментальные данные были получены одновременно, с соблюдением критерия применимости и хорошим техническим качеством. Численное сопоставление между направлением дрейфа среднемасштабных неоднородностей (с применением программы *LocalDrift*) и ориентацией поперечной анизотропии мелкомасштабных неоднородностей, сделанное в каждом из 27 случаев, показало, что в 23 случаях различие между ориентацией поперечной анизотропии и направлением дрейфа не превышало 20° . Это означает, что в F -области ионосферы на широте московского региона существует взаимосвязь между дрейфом среднемасштабных неоднородностей и ориентацией поперечной анизотропии мелкомасштабных неоднородностей.

Авторы благодарят инженеров лаборатории радиопросвечивания ПГИ за проведение экспериментальных работ. Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках госзадания в сфере научной деятельности № 0187-2021-0007, № 0852-2020-0015, № 01201356396; гранта РФФИ № 19-52-25001_Кипр_а.

Библиографический список

1. Reinisch B. W., Scali J. L., Haines D. M. Ionospheric drift measurements with ionosondes // *Annals of Geophysics*. 1998. Vol. 41, Iss. 5–6. P. 695–702. DOI: <https://doi.org/10.4401/ag-3812>.
2. Reinisch B. W., Galkin I. A., Khmyrov G. M., Kozlov A. V. [et al.]. The New Digisonde for Research and Monitoring Applications // *Radio Science*. 2009. Vol. 44, Iss. 1. DOI: <https://doi.org/10.1029/2008RS004115>.

3. Galushko V. G., Kascheev A. S., Paznukhov V. V., Yampolski Yu. M. [et al.]. Frequency-and-angular sounding of traveling ionospheric disturbances in the model of three-dimensional electron density waves // Radio Science. 2008. Vol. 43, Iss. 4. DOI: <https://doi.org/10.1029/2007RS003735>.
4. Tereshchenko E. D., Khudukon B. Z., Kozlova M. O., Nygrén T. Anisotropy of ionospheric irregularities determined from the amplitude of satellite signals at a single receiver // Annales Geophysicae. 1999. Vol. 17, Iss. 4. P. 508–518. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00585-999-0508-4>.
5. Козлова М. О. Исследование неоднородностей километрового масштаба в F -области высокоширотной ионосферы по данным о мерцаниях спутниковых радиосигналов : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук : 25.00.29. Мурманск, 2002. 30 с.
6. Романова Н. Ю. Взаимосвязь между направлением горизонтального ветра и ориентацией поперечной анизотропии мелкомасштабных неоднородностей в F -области среднеширотной ионосферы // Геомагнетизм и аэронавигация. 2017. Т. 57, № 4. С. 463–471. DOI: <https://doi.org/10.7868/s0016794017040150>.
7. Панченко В. А., Телегин В. А., Романова Н. Ю. Связь ориентации поперечных осей мелкомасштабных анизотропных неоднородностей среднеширотной ионосферы с направлением дрейфа на высотах F -области // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2019. Т. 22, № 4. С. 53–65. DOI: <https://doi.org/10.32603/1993-8985-2019-22-4-53-65>.
8. Telegin V. A., Romanova N. Yu., Zhbankov G. A., Maltseva O. A. [et al.]. Investigation of the Small-scale Irregularities in F-region of the Mid-latitude Ionosphere by Radioprobing and Radiolocation // 2021 Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves (RSEMW). IEEE, 2021. DOI: [10.1109/RSEMW52378.2021.9494052](https://doi.org/10.1109/RSEMW52378.2021.9494052).

**КЛАССИЧЕСКОЕ И ИННОВАЦИОННОЕ
В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Дефицит специалистов в сфере пищевой промышленности

Барабашина С. И., Глухарев А. Ю. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств; e-mail: barabashinasi@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы, связанные с нехваткой кадров в сфере пищевой промышленности, и их решения, направленные на совершенствование кадровой политики предприятий. Особый акцент в работе сделан на взаимосвязи высших учебных заведений, готовящих специалистов по направлениям профильной подготовки, и предприятий, заинтересованных в привлечении молодых квалифицированных специалистов.

Abstract. The article discusses the problems associated with the lack of personnel in the food industry, and their solutions aimed at improving the personnel policy of enterprises. Special emphasis in the work is made on the relationship between higher educational institutions that train specialists in the areas of specialized training, and enterprises interested in attracting young, qualified specialists.

Ключевые слова: подготовка кадров, высшая школа, специалисты пищевой промышленности, образовательные программы

Key words: personnel training, graduate school, food industry specialists, educational programs

Успешное трудоустройство выпускников с высшим образованием складывается из многих факторов. Важно наличие высокого уровня профессиональных знаний, практических навыков и компетенций, которые соответствуют актуальным требованиям рынка труда. В том числе, необходимо уметь применять полученные знания в практической деятельности на производстве. При этом немаловажно сохранять мотивацию к профессиональному развитию и личностному росту. Таким образом, сегодня на рынке труда пользуются особым спросом молодые специалисты, имеющие высокий уровень подготовки и готовые при минимальном времени адаптации справляться с поставленными перед ними задачами на профессиональном уровне с полной ответственностью за полученный результат [1; 2].

Пищевая промышленность является одной из крупнейших и динамично развивающихся отраслей российской промышленности. Она занимается производством готовых пищевых продуктов, полуфабрикатов и напитков и относится к важнейшему сектору экономической и социальной жизни общества. Важную роль в улучшении отдельных показателей эффективности данной отрасли (например, объем промышленного производства, уровень отгруженной продукции, порог рентабельности, уровень ликвидности активов) играет опыт высшего управленческого звена. Поэтому подготовка кадров

для пищевой промышленности страны имеет определяющее и важное стратегическое значение. Обеспечение предприятий профессиональными кадрами находится в прямой зависимости с продовольственной безопасностью региона и страны в целом. Без новых стандартов кадрового обеспечения современного уровня невозможно говорить о повышении конкурентоспособности продукции, производительности труда.

Многие эксперты в области пищевой промышленности отмечают, что сейчас очень остро стоит проблема привлечения специалистов, обладающих необходимыми теоретическими знаниями и соответствующим практическим опытом, для работы на предприятиях в данной сфере. Существуют проблемы неукomплектованности производственного процесса специалистами соответствующего уровня квалификации. Дефицит кадровых ресурсов также усложняет низкая мобильность рабочей силы на рынке труда. В качестве главной причины, оказывающей сдерживающее влияние на приток кадров в пищевую индустрию, выделяют неудовлетворительный уровень заработной платы для потенциальных работников. Именно уровень оплаты труда служит важным критерием, опираясь на который многие молодые специалисты решают либо работать по специальности, либо же переквалифицироваться для работы в другие более прибыльные отрасли. Большое количество предприятий пищевой индустрии нуждаются в квалифицированных рабочих, технологах, мастерах, бренд-менеджерах, опытных экономистах, бухгалтерях.

Другие проблемы пищевой промышленности – это нехватка инвестиций и оборотных средств на эффективное переоснащение производства. Несмотря на это, многие предприятия данной сферы имеют достаточное стабильное финансовое положение. Однако зная это, все равно не каждый выпускник после окончания высшего учебного заведения (вуз) планирует работать в сфере пищевой промышленности. Наряду с этим, низкая заинтересованность государственных органов в поддержке и развитии данной сферы, недостаточным образом скоординированное взаимодействие между предприятиями и учебными заведениями, отсутствие должной мотивации у выпускников накладывает свой след на проблему дефицита специалистов в пищевой промышленности [1; 3].

Одновременно с обозначенными проблемами наблюдается набор сотрудников на временной основе для работы в пищевом производстве. Нехватка кадров высокой квалификации приводит к тому, что руководству ве-

дущих пищевых производств страны приходится использовать посторонних специалистов. Причиной этому могут быть неудовлетворительные масштабы и направления подготовки кадров в специальных заведениях, профессиональных училищах и вузах, которые препятствуют совершенствованию кадрового потенциала предприятий. Таким образом, для пищевой промышленности 21 века особенно остро стоит проблема дефицита и текучести кадров. Следовательно, уже сейчас необходимо предпринимать самые кардинальные меры к тому, чтобы свести к минимуму проблему кадров на предприятиях пищевой промышленности [3].

Участники научно-образовательного "Форума–2020: подготовка кадров для малого и среднего бизнеса в пищевой промышленности" выделили следующие проблемы в кадровом обеспечении в пищевой индустрии [3; 4]:

- 1) недостаток кадрового обеспечения высшей школы;
- 2) низкий уровень оплаты научно-педагогических кадров;
- 3) слабая связь высшей школы с предприятиями;
- 4) недостаточный уровень коммуникационного и информационного обеспечения профильных заведений;
- 5) значительное количество ограничений (например, невозможность создания хозяйствующих субъектов), затрудняющих развитие инновационной деятельности.

По мнению Л. Д. Смыкаловой [3], основные направления совершенствования кадровой политики должны заключаться в следующем:

- 1) совершенствование государственного регулирования в сфере развития трудовых ресурсов;
- 2) приведение структуры подготавливаемых профессий и специальностей в четкое соответствие с комплексными потребностями экономики в квалифицированных кадрах;
- 3) создание и внедрение системы государственного заказа на подготовку кадров по наиболее перспективным направлениям и специальностям;
- 4) формирование комплексной системы профессиональной ориентации и сопровождения профессиональной молодежи;
- 5) обновление организационно-экономических механизмов системы образования, обеспечение соответствия между социально-общественными потребностями и практической ориентацией образования;
- 6) разработка государственной системы мероприятий, обеспечивающей привлекательность участия работодателей в образовательном процессе;

7) формирование основного и непрерывного образования в рамках социально-культурных территориальных комплексов, позволяющих максимально эффективно использовать человеческий потенциал и создавать условия для самореализации граждан в течение всей жизни;

8) создание образовательной структуры университетов, соответствующей требованиям инновационного развития экономики.

Необходима интеграция ВУЗов и его кафедр с наукой и бизнесом в реализации инновационных программ развития, а также открытие представительств базовых кафедр ВУЗов на предприятиях:

1) создание лабораторий совместно с отраслевыми НИИ;

2) интеграция образования и производства.

Вузам следует постоянно совершенствовать образовательные программы на основе изучения спроса на услуги высшего образования и потребностей работодателей, встраивать в учебные программы стажировки и обучения на рабочих местах, развивать партнерские отношения с промышленностью. При этом применение целевых программ по подготовке высшего звена имеет определенный потенциал для решения кадровых проблем на пищевых предприятиях. Именно целевые программы могут исправить ситуацию с несоответствием в профессионально-квалификационной структуре спроса и предложения рабочей силы на рынке труда, в том числе сократить уровень безработицы среди выпускников [1–3].

Библиографический список

1. Ясинов О. Ю., Матисон В. А. Повышение качества подготовки кадров в сфере производства пищевой продукции // Пищевая промышленность. 2017. С. 15–17. EDN: YRXDWP.
2. Старцев В. С., Романов Р. В., Гринберг Г. М. Актуальные проблемы современного технического образования // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2012. Т. 2, № 8. С. 488–499. EDN: TAPQXB.
3. Смыкалова Л. Д., Туровец Д. Г. Развитие пищевой промышленности и проблемы кадрового обеспечения // Проблемы современной экономики. 2010. № 1-3. С. 352–357. EDN: RIMTIF.
4. Рекомендации Научно-образовательного форума "Стратегия – 2020: подготовка кадров для малого и среднего бизнеса в пищевой промышленности" // Кондитерское производство. 2009. № 2. С. 34–35. EDN: KHRKOL.

Проблема модернизации качества современного образования

Гончарова Г. С. (*г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств, e-mail: galla95.vasilieva@yandex.ru*)

Аннотация. Усовершенствование современного образования в настоящее время является главной задачей Российской Федерации. Модернизация образования – это обновление образовательной системы и всех сфер образовательной деятельности, в ходе которого традиционные общества становятся прогрессивными, индустриально развитыми.

Abstract. The improvement of modern education is currently the main task of the Russian Federation. Modernization of education is the renewal of the educational system and all spheres of educational activity, during which traditional societies become progressive, industrially developed.

Ключевые слова: модернизация образования, качество образования

Key words: modernization of education, quality of education

Изменение качества подготовки учащихся и функционирование учебных заведений на данный момент является одной из основных проблем педагогической теории и образовательной практики [1].

Все чаще возникают вопросы о качестве современного образования, для этого в центре внимания оказываются дискуссии в связи с происходящей модернизацией образования.

Какие существуют критерии качества современного образования, каким образом контролируется качество образования, какие проблемы возникают в современном образовании, влияние модернизации на качество образования?

Под качеством современного образования в настоящее время понимают соответствие утвержденным нормативным требованиям, удовлетворение уровня государственного, общественного и личного заказа. Выработаны критерии качества современного образования:

- 1) индивидуальные образовательные достижения обучающихся;
- 2) профессионализм педагогов;
- 3) организация образовательного процесса;
- 4) организация управленческой деятельности;
- 5) инновационная деятельность [2].

Важнейшим показателем, являются индивидуальные достижения учащихся в школе, в том числе и итоговой аттестации, подтвержденные на едином государственном экзамене (ЕГЭ) [2].

В результате успешной сдачи ЕГЭ, абитуриенты приходят в высшее учебное учреждение, выбирая профессию (согласно проведенному опросу среди поступивших в 2021 году студентов 1 курсов) исходя из:

- интереса к профессии – 69,23 %;
- особо не задумываясь – 23,07 %;
- по настоянию родителей – 7,7 % (рисунок 1).



Рисунок 1 – Почему Вы выбрали данную профессию?

Выпускники школ приходят в высшее учебное заведение и сталкиваются с проблемами нехватки знаний, которые они должны были получить в школе. Какие знания хотели получить ученики школ, но в результате не получили:

- практические знания по химии (21,2 %);
- знания по математике, физике, биологии и истории (30,25 %);
- знания по гуманитарным предметам (48,55 %).

Вследствие того, что школьников в старших классах ориентируют только на ЕГЭ, не особо развивая их способности к решению нестандартных задач, став студентами они сталкиваются с проблемами:

- недостатком разносторонних знаний (в области биологии, физики, математики, химии) (35,3 %);
- способностью работать по шаблонам, в то время как в университете для решения некоторых задач нужно самим выстраивать логическую цепочку (52,4 %);

– недостатком знаний в области гуманитарных наук, кроме русского языка (12,3 %).

В Мурманском государственном техническом университете с целью выявления причин падения успеваемости у студентов первого курса было проведено социологическое исследование, которое включало в себя: опрос, интервьюирование, анкетирование, анализ статистических данных. В результате опроса планировалось определить мотивированность выбора, профессии, его осознанность или за них сделали выбор родители! Какие проблемы возникли в университете, в результате "натаскивания" в школе и что для них является проблемой в стенах университета. В опросе участвовало две группы по направленности "Химия": выпускники школ 2020 и 2021 годов в количестве 26 человек, из них 9 мальчиков и 17 девочек.

В данный момент мы сталкиваемся с такой проблемой, как подготовка к итоговой аттестации выпускников школ. Учащийся в раннем возрасте определяет свою судьбу, так как в девятом классе они делают выбор о направленности своего образования, хотя этот выбор еще неосознанный! Когда подходит время к аттестации выпускников в школе, большинство из них осознают, что выбор в девятом классе был неосознанный, но ничего поделать не могут, потому как в продолжении двух лет их "натаскивали" на эту направленность, и сдавать другие предметы они уже не могут, так как у них нет времени подготовиться к этому!

Целью введения ЕГЭ являлась реализация принципа общедоступности высшего образования на конкурсной основе. ЕГЭ приводит к ограничению знаний учеников, к снижению формирования творческих способностей учащихся [3].

Высшее учебное заведение сталкивается с проблемой не сформированности у обучающихся умений и навыков к самостоятельному обучению. Как показало исследование, которое осуществлялось среди студентов первых курсов, выпускники средних образовательных учреждений обладают навыками решения типовых задач, которые входят в круг заданий для ЕГЭ [3], однако, задания, требующие нестандартных решений, вызывают у студентов определенные затруднения. Данный вывод получил подтверждение по результатам внутрисеместровой аттестации, по итогам проведенных практических и лабораторных работ, в которых было предусмотрено выполнение типовых заданий и задач повышенной сложности, с которыми справились

55 % студентов 1 курса, обучающихся по направлению "Химия". Причины сложности освоения курсов в университете представлены на рисунке 2.

Причины сложности освоения курсов в университете?

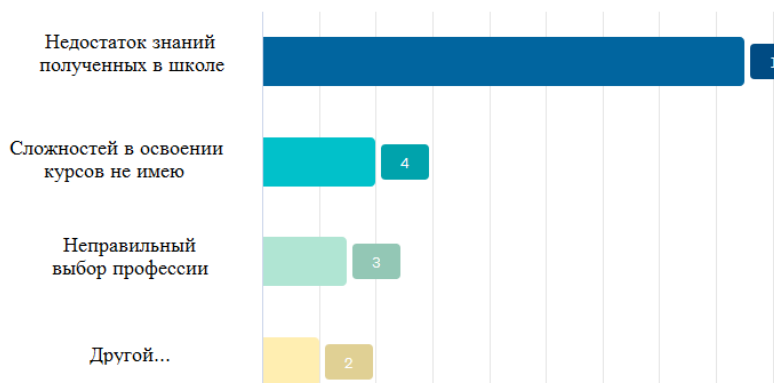


Рисунок 2 – Причины сложности освоения курсов в университете

Мотивация обучения в вузе как важный критерий успеваемости студента. Мотивом учебной деятельности выделяют направленность на: "получить диплом", "приобрести профессию", "вести научные исследования", "пожить студенческой жизнью", "добиться материального благополучия", "свободно владеть иностранными языками", "стать культурным человеком", "получить возможность обучения за границей", "освоить теорию и практику предпринимательства", "добиться уважения в кругу знакомых", "продолжить семейную традицию" [4].

Мотивацией для обучения студентов является интерес к выбранной профессии, который возник во время обучения в университете (53,85 %) (рисунок 3).

Возник ли интерес к профессии в процессе обучения в университете?

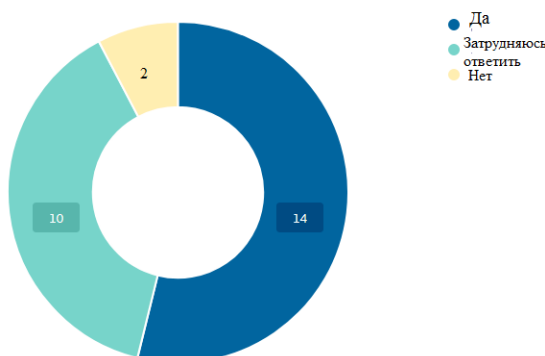


Рисунок 3 – Возник ли интерес к профессии в процессе обучения в университете

В результате опроса были сделаны следующие выводы:

1. В школе знания по гуманитарным и техническим предметам даются поверхностно, даже предметы необходимые для сдачи ЕГЭ проходят поверхностно, а не углублено, решают типовые задачи, не объясняя смысла и решения, учащиеся не понимают их.

2. Большинство опрошенных студентов имеют мотивацию, так как данная профессия им интересна, есть стремление к получению диплома.

3. За время обучения большинство студентов стали иметь еще больший интерес к выбранной профессии и нисколько не жалеют о своем выборе.

4. Во время обучения возникли сложности с обучением в университете, так как большинство знаний, которые требуют от них преподаватели, они должны были получить в школе, но не получили. Это связано с тем, что происходит противоречие между новой социально-экономической реальностью и образованием.

В результате обучения в университете в течение четырех месяцев у студентов изменились представления о выбранной профессии:

– 61,54 % (16 студентов) ответили "да", некоторые представления оказались лучше, чем они ожидали;

– 20,07 % (6 студентов) ответили "да", некоторые вещи оказались хуже их ожиданий;

– 18,37 (4 студентов) ответили да, в лучшую сторону (рисунок 4).

Изменились ли Ваши представления о выбранной профессии за время обучения в университете?

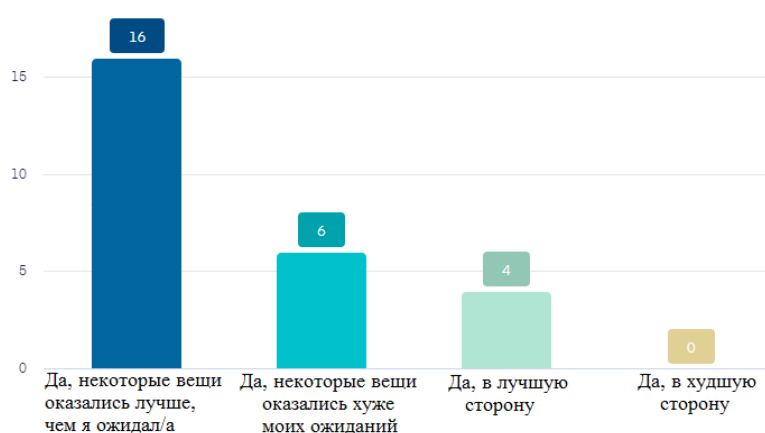


Рисунок 4 – Изменились ли Ваши представления о выбранной профессии за время обучения в университете?

Приносят ли студентам занятия по специальности радость:

- 34,61 % ответили "по настроению, иногда просто нет желания что-либо делать";
- "да, мне нравится это занятие" – 34,61 %;
- 30,78 % ответили "в зависимости от конкретной направленности" (рисунок 5).

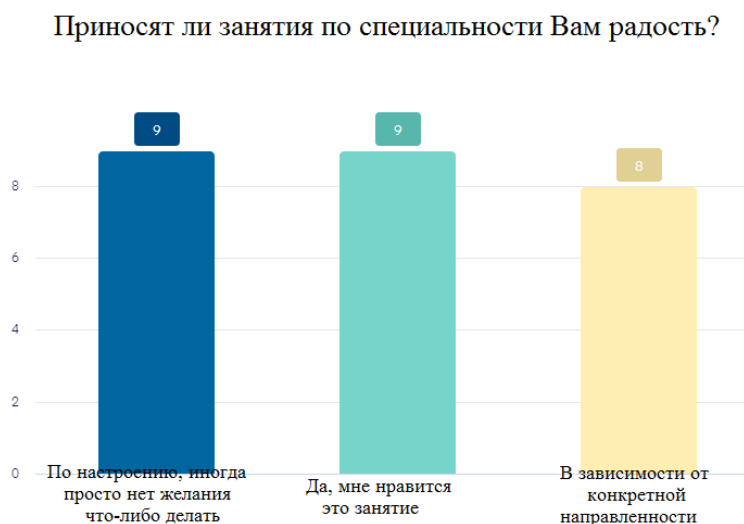


Рисунок 5 – Приносят ли занятия по специальности Вам радость?

Все больше внимания уделяется формированию личностных качеств: умению самостоятельно мыслить, адекватно реагировать на изменяющиеся условия жизни, способности к непрерывному обучению. Такой подход связан с новым типом образования, который основан на решении конкретных задач, а не на формировании навыков и умений, что в дальнейшем ведет к узкой способности мыслить, т. е. неспособности к многозадачности [5; 6].

Это касается не только обучения специалистов, которые должны уметь ставить цели, задачи, проектировать и анализировать собственную деятельность, но и эффективно взаимодействовать в различных ситуациях [6; 7].

Университеты и школы загоняют в такие рамки, которым они должны соответствовать!

Библиографический список

1. Проблема качества образования. URL: https://studme.org/72444/pedagogika/problema_kachestva_obrazovaniya.
2. Модернизация образования // Управление образования администрации Старооскольского городского округа Белгородской области : офиц. сайт.

URL:https://oskoluno.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=4052&Itemid=170

3. Больше половины студентов технических специальностей – школьные троечники // Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики. URL: <https://www.hse.ru/news/1163611/43932978.html>.

4. Сорокина Н. Д. Проблемы качества образования в современной высшей школы: Философские и социологические аспекты // Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология. 2011. № 3(7). С. 27–34. EDN: OFUQNB.

5. ФГОС 18.03.01 Химическая технология // ФГОС : сайт. URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-18-03-01-himicheskaya-tehnologiya-922>.

6. Проблема качества образования на современном этапе // Фундаментальные исследования. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=4783>

7. Эрганова Н. Е., Колясникова Л. В., Игониная Е. В. Квалиметрический подход в образовании // Образование и наука. 2014. № 3(112). С. 35–48. EDN: SAHCZH.

Цифровые тенденции в становлении радиоинженера

Давлетова Д. А. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования, e-mail: davletovada@mstu.edu.ru)

Аннотация. Актуальность и значимость цифровизации образовательного процесса технического университета вызвана необходимостью адаптации системы высшего образования к запросам цифровой экономики и цифрового общества, становление которых – глобальные тренды современной эпохи. В предлагаемой работе рассматривается изучение влияния современных цифровых образовательных технологий на качество обучения в процессе становления радиоинженера.

Abstract. The relevance and significance of digitalization of the educational process of a technical university is caused by the need to adapt the higher education system to the needs of the digital economy and digital society, the formation of which is the global trends of the modern era. The proposed work examines the study of the influence of modern digital educational technologies on the quality of education in the process of becoming a radio engineer.

Ключевые слова: цифровые образовательные технологии, инновации, мультимедия, интерактивность, высшее образование, технические дисциплины, специалист

Key words: digital educational technologies, innovations, multimedia, interactivity, higher education, technical disciplines, specialist

Построение цифровой экономики и цифрового образования – значимые приоритеты государственной политики Российской Федерации. В свою очередь использование современных методов и подходов, техники и технологий дает возможность проводить образовательный процесс на высоком уровне, что в свою очередь напрямую влияет на качество подготовки специалиста 21 века. Стоит заметить, что в преподавании технических дисциплин необходимо уделять особое внимание возможности применения современных технологий.

Целью данной работы является изучение влияния современных цифровых образовательных технологий на качество обучения в процессе становления радиоинженера.

Преобразовательные процессы в образовании начались по всему миру. Российская Федерация – не исключение. В виду стремительного развития цифровой экономики возросла необходимость овладения каждым обучаемым компетенциями 21 века (критическим мышлением, умением качественно использовать цифровые технологии в своей деятельности и т. д.).

В настоящее время трудно представить область науки и техники, где не использовались бы достижения радиотехники. С развитием цифровых тех-

нологий актуальность использования радиотехнических и радиоэлектронных систем не только не уменьшается, а увеличивается. Следовательно, в обучении специалиста-радиоинженера преподавателю необходимо регулярно и качественно обновлять существующую практику педагогических исследований, превращения их в инструмент научно-методического обеспечения и поддержки процессов цифровой трансформации высшего образования.

Высококвалифицированный специалист в области радиотехники, радиоэлектроники и высоких информационных технологий передачи, приема и обработки информации определяет уровень развития общества в целом. Как распорядиться всеми достижениями разума будущему радиоинженеру и каково последствие научно-технического прогресса напрямую зависит от современной и инновационной методики преподавания.

Технические дисциплины отличаются от гуманитарных тем, что при их изложении приходится обращаться к терминологическому и иллюстративному материалу различного уровня, от формул, схем, рисунков до графиков и баз данных. Важное значение имеет умение довести необходимое знание до обучающихся. Например, по метрологии и радиоизмерениям необходимо снимать числовые показания с высокой точностью, что в свою очередь ведет к усложнению понимания и анализа данных. Каждый обучающийся должен научиться обращаться с учебной и технической литературой, уметь обрабатывать экспериментальные данные после статической обработки. Все это усложняется, когда и без того трудные для восприятия дисциплины нужно максимально цифровизировать.

В ходе подготовки материалов и выбора методики преподавания технической дисциплины с учетом цифровых технологий возникают основные проблемы:

- как переработать учебный курс для его компьютеризации;
- какую долю учебного материала и в каком виде представить и реализовать с использованием компьютера;
- как и какими средствами осуществлять контроль знаний, оценивать уровень закрепления навыков и умений;
- какие инновационные цифровые технологии применять для реализации поставленных преподавательских задач [2].

В подготовке специалиста на сегодняшний день используется несколько типов компьютерных программ: контрольные программы тестового типа, обучающие программы, мультимедийные энциклопедии, учебники. Приме-

нение и использование учебных презентаций, видеоматериалов и электронных учебно-методических средств в преподавании технических дисциплин определяется возможностями, позволяющими представлять учебный материал с высокой степенью наглядности, в особенности при моделировании явлений физических процессов в динамике; повысить мотивацию обучаемых при применении учебных презентаций, в которых основополагающие учебные вопросы сопровождаются звуковыми маркерами, что способствует усилению эмоционального фона образования; расширить потенциал по индивидуализации образования [3].

Применение инновационных цифровых технологий в процессе обучения будущего специалиста вполне закономерное явление. Интерактивность и мультимедийность создают положительный эффект, который способствует лучшему восприятию и запоминанию материала в сегодняшних реалиях [1]. Мультимедийные учебники, видеолекции являются наиболее мощными инструментами в процессе обучения, которые делают процесс становления будущего специалиста более эффективным, сокращает сроки обучения и в целом дает возможность быть более производительным.

Наибольшее внимание в подготовке подобных материалов необходимо уделить интерактивности, которая дает возможность обучающемуся самому управлять процессом "усваивания" материала. Обязательными элементами таких методических материалов должно являться:

- 1) качественная инфографика с использованием подвижных элементов;
- 2) присутствие аудиальной формы (звуки, речь и т. д.);
- 3) возможность контролировать процесс обучения во времени;
- 4) единое оформление;
- 5) наличие контрольных материалов для проверки темы;
- 6) непрохождение контроля может автоматически возвращать к началу темы;
- 7) терминологический словарь.

Рассмотрим преимущества современного цифрового процесса обучения радиоинженера на примере видеолекций:

- 1) демонстрация динамических процессов, происходящих в аппаратуре или в скрытых условиях для человеческого глаза;
- 2) упрощенная для восприятия форма представления технических характеристик устройств, элементов и т. д.;
- 3) контроль актуальности и соответствия материала.

В классическом обучении возникает много проблем, связанных с постоянно нарастающим потоком новой информации, усложнением знаний, отсутствием иллюстративного материала. В этих условиях акцент на интенсивную самостоятельную работу не дает положительных результатов по тем же причинам. Появление цифровых технологий позволяет решить эти проблемы. Использование электронных учебно-методических обучающих средств в образовательном процессе не только освобождает преподавателя от рутинной работы в организации учебного процесса, оно дает возможность создать богатый справочный и иллюстративный материал, представленный в самом разнообразном виде: текст, графика, анимация, звуковые и видеоэлементы.

Внедрение подобных информационных технологий в учебный процесс должно быть качественно обоснованным и не повсеместно заменяющим, а дополняющим фактором в системе современного образования. Однако применение данных комплексов в профессиональной подготовке как радиоинженера, так и других будущих специалистов позволяет повысить качество обучения, научить их самостоятельно мыслить и работать с учебным материалом, что способствует их дальнейшему непрерывному совершенствованию в течение всей жизни.

Библиографический список

1. Берлёв С. В. Особенности применения видеоматериалов и учебных презентаций в преподавании технических дисциплин // Проблемы и перспективы развития образования : материалы I Междунар. науч. конф. (г. Пермь, апрель 2011 г.). В 2 т. Т. 2. Пермь : Меркурий, 2011. С. 184–186. URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/17/433/>.
2. Есенбекова А. Э., Дусталиева С. М. Методика преподавания специальных дисциплин для технических специальностей // Образование: прошлое, настоящее и будущее : материалы V Междунар. науч. конф. (г. Краснодар, ноябрь 2018 г.). Краснодар : Новация, 2018. С. 57–58. URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/309/14562>.
3. Пархоменко Е. И. Применение современных информационных технологий в обучении студентов техническим дисциплинам // Проблемы и перспективы развития образования : материалы II Междунар. науч. конф. (г. Пермь, май 2012 г.). Пермь : Меркурий, 2012. С. 151–153. URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/58/2256>.

Традиционные подходы к организации успешного обучения иностранному языку в высшей школе

Дьяченко И. И. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра социально-гуманитарных дисциплин, e-mail: mitten0@mail.ru)

Аннотация. В статье раскрываются традиционные подходы к обучению английскому языку в техническом вузе, имеющие целью организацию образовательного процесса со сведением к минимуму стрессового компонента.

Abstract. The article deals with traditional approaches to teaching English at technical higher educational institutions to organize educational process with minimal stress components.

Ключевые слова: групповая работа, психологический дискомфорт, речевой компонент, язык тела, стратегия

Key words: group work, psychological discomfort, speech component, body language, strategy

Человеческие способности, сопряженные с желанием познавать мир, а вместе с ним и языки, практически безграничны. Многие же студенты, однако, недостаточно владеют умением учиться из-за недостаточного осознания того, что современные условия требуют переосмысления подходов к образованию, все более подчеркивая возрастающую потребность в высококвалифицированных кадрах с как минимум хорошими знаниями в своей профессиональной сфере в тесной коллаборации с достойным знанием иностранных языков. Каким образом преподавателю стоит выстраивать занятие, чтобы оно оставило след и не было просто схоластической догмой? Как пробить иногда возникающую стену между обучающим и обучаемым? Единственно возможный путь, абсолютно методически оправданный, направленный на преодоление непонимания, порой имеющего место в аудитории, – актуальность излагаемого материала. Именно она задержит внимание студента, направит его активность в нужное русло, заставит вникнуть в предмет обсуждения, пробудит поисковую деятельность. Триада "широта – глубина – значимость" в обучении должна стать первостепенной. В противном случае обучаемые не смогут вспомнить даже то занятие, что прошло только вчера. Иными словами, любой студент должен подходить к новому материалу осмысленно, понимать, почему эта информация так важна для него.

Существует множество доказательств тому, что студенты, работающие в группах, качественно повышают свой уровень образования. Преимущества такой работы сопряжены с познавательными и социальными навыками.

Групповая работа позволяет студентам более глубоко изучить проблему, прийти к выводам, иногда созданным на базе столкновения мнений в процессе обсуждения какой-либо идеи. Традиционно выделяют четыре способа создания студенческих групп: случайный, по воле случая, на основе самостоятельного выбора, сгенерированный преподавателем и смешанный. У каждого способа есть свои преимущества и недостатки. Первый – наиболее простой, основанный на делении по нужному количеству. Фактор комфортности пребывания каждого в образовавшейся группе учитываться не может априори. Такую группу могут составлять студенты с совершенно разным уровнем подготовки и разными способностями. Однако же именно в случайных группах прекрасно развиваются навыки общения, плодотворного группового сотрудничества, поскольку изначально ни о какой сплоченности говорить не приходится. Необходимость же обсудить проблему и прийти к каким-то выводам заставляет искать способы грамотного построения дискуссии, корректного преодоления возникающих разногласий. Так, студенты радиоинженерных специальностей живо обсуждают вопрос доступности многих компонентов обычной электронной схемы в микросхемных эквивалентах. В эту зону заключены транзисторы, конденсаторы, индукторы, резисторы, диоды, изоляторы, проводники. В своей маленькой группе студенты составляют микродиалоги по темам "What devices does microelectronics produce?", "What happens in microelectronics as techniques improve?", "What is the parasitic effect in microelectronics?", "What is the difference between electronics and microelectronics?"

Группы на основе самостоятельного выбора работают с большей легкостью в плане личностного общения. Однако же богатого разнообразия мнений, различных точек зрения на обсуждаемый вопрос ждать не приходится. Группы, сгенерированные преподавателем, несомненно, будут работать более плодотворно, но процесс их создания более энергозатратен. В данном случае учитываются психологические особенности обучаемых, их способности, уровень владения языком. Студенты с более высоким уровнем подготовки могут оценить работу каждого в подгруппе. Важно, чтобы в процессе групповой работы никто не был обделен вниманием.

Смешанный способ основывается на работе из маленьких групп по три человека. Так, например, будущие радиоинженеры могут обсуждать общие вопросы нанoeлектроники, но микродиалоги в рамках этой темы составляются уже с иными партнерами по общению из других подгрупп. Мините-

мами для диалогов могут быть: "What is the difference between traditional electronics and nanoelectronics/", "What are the products of nanofabrication?", "What devices can be worked out on the basis of a single molecule?"

Чрезвычайно важной частью процесса языкового обучения является проблема вопросов – ответов. Она становится актуальной отнюдь не только при организации групповой работы на языковых занятиях. Бывает так, что обучающиеся сталкиваются с собственной неготовностью адекватно воспринимать вопросы со стороны аудитории во время проведения семинаров и студенческих конференций. Вопросы априори несут в себе стрессовую составляющую, поскольку студент не может с абсолютной точностью спрогнозировать или проконтролировать их появление. Задающие же вопросы часто не только уточняют информацию, но и показывают свою осведомленность и вдумчивый подход к воспринимаемому материалу.

Не владея базовыми стратегиями, сопряженными с грамотной реакцией на вопросы, поступающие от аудитории, студент часто испытывает панику. Каким образом подготовить обучающегося к правильному принятию вопросов на иностранном языке? Безусловно, что именно преподаватель должен вооружить его способами, максимально нивелирующими психологический дискомфорт, иногда граничащий с полной потерей ориентации в описываемых студентом явлениях.

Цепочка из четырех простых составляющих "Улыбка – дыхание – осмысление – речевой компонент" занимает в стратегическом ряду первое место. Улыбка ориентирована в данном случае не на аудиторию, она – рычаг управления беспокойством, которое так свойственно человеку в стрессовых ситуациях, способ достичь успокоения. Далее – правильное дыхание, позволяющее дополнительно отрегулировать эмоциональный фон и предоставляющее время для кратковременной паузы, необходимой для вдумчивого ответа. И, наконец, солирует четвертый компонент – речевой. Далее – благодарность за вопросы, которые наверняка были для спрашивающего интересными и важными, а докладчик мог во время выступления не акцентировать на них внимания. Ответы на такие вопросы, как правило, создают незримую связь между аудиторией и выступающим.

Следующая стратегия – владение языком тела. Когда мы отвечаем на вопросы, это умение имеет большое значение. Создавая зрительный контакт с человеком и разворачиваясь непосредственно к нему, мы даем ему понять, что слушаем и слышим его, уважаем сам вопрос. И, напротив, игнорируя

зрительный контакт, пересекая руки, разворачиваясь в другую сторону или хмурясь, мы нарочито транслируем, что либо считаем вопрос неудобным, либо не готовы ответить.

В последнем случае важно также быть вооруженным стратегией грамотного реагирования. Фразу "I don't know" многие считают катастрофой, в особенности, если это случается не на стандартных практических занятиях по языку, а на студенческих научно-технических конференциях. На самом деле, надо понимать, что слушатели, присутствующие на подобных мероприятиях, могут иметь достаточно хороший уровень владения не только языком, но и широким спектром знаний, в частности, в сфере той проблемы, что доносится до аудитории. В большинстве случаев такие вопросы касаются непосредственно практики, той области, где студенты младших курсов еще не так сильны. И здесь не надо стесняться нынешнего незнания, важно показать свою заинтересованность, вдумчивость и готовность ответить на следующий год на такой же конференции, но уже с результатами, основанными на личных наблюдениях или экспериментах. Это никоим образом не умалит значения труда студента при подготовке к данной конференции, но нацелит его на продолжение работы над выбранной темой и, возможно, с учетом аспектов, недостаточно освещенных ранее.

Еще одна стратегия в умении правильно принимать вопросы – это любовь к ним. Вопросы создают прекрасную базу для продуктивного общения как в области преподавания в системе педагог – студент, поскольку студенческие вопросы зачастую заставляют нас пересматривать программный контент, так и в дискуссиях, возникающих на научных конференциях. В свою очередь, даже вопросы, которые неминуемо, как снежный ком, будут разрастаться у самого студента после прошедшей конференции, также внесут свою лепту в успешное завершение его работы над проектом. Вот почему преподавателю на языковых занятиях так важно научиться поощрять студенческие вопросы и, более того, научить любить их. Они – залог глубокого осознания и плодотворного разрешения любой научной проблемы.

Библиографический список

1. Развитие речевой активности на уроках иностранного языка. М. : Просвещение, 2012. 244 с.
2. Щукин А. Н. Обучение иностранным языкам. Теория и практика. М. : Филоматис, 2013. 188 с.

О проблеме использования дистанционно-образовательных технологий в изучении биологических дисциплин

Зайчикова Д. С. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: zaychikovads@mstu.edu.ru)

Аннотация. Информатизация общества и внедрение инновационных подходов в процесс обучения создали условия для проведения учебных курсов с использованием дистанционных форм обучения. В статье рассматриваются актуальные проблемы развития электронного обучения и дистанционно-образовательных технологий в системе биологического образования.

Abstract. The informatization of society and the introduction of innovative approaches to the learning process have created conditions for conducting training courses using distance learning. The article discusses the current problems of the development of e-learning and distance learning technologies in the system of biological education.

Ключевые слова: дистанционное формат обучение, онлайн-обучение, информационные технологии, биология, студент, преподаватель

Key words: distance learning, online learning, information technology, biology, student, teacher

Современные информационно-коммуникационные (ИК) технологии активно и прочно проникают во все сферы человеческой деятельности. Не стала исключением и система образования, играющая значимую роль в разработке и практике применения ИК-технологий.

В настоящее время проблема информатизации образования стала наиболее актуальной и приобрела острый характер не только в нашей стране, но и во всем мире [1; 2]. Ситуация, сложившаяся в марте 2020 года в связи с пандемией коронавирусной инфекции, вынудила систему образования, в течение короткого времени, перейти на дистанционный формат обучения с целью сохранения здоровья учащихся, преподавателей и других сотрудников образовательных учреждений [3].

Говоря об электронном формате обучения, стоит понимать, что его появление не является внезапным событием. Во все времена потребность в образовании сохранялась на высоком уровне, а появление глобальной компьютерной сети "Интернет" и ускорение темпов научного прогресса только расширили масштаб данного запроса. Становится понятным то, что появление "дистант-формата" представляет собой не избитый ответ на кризисную ситуацию, а новый способ освоения знаний, умений, навыков, получивший дополнительное ускорение за счет внешних факторов [4; 5].

Существуют многочисленные трактовки понятия "дистанционное обучение", отражающие многообразие подходов к его пониманию. На наш взгляд, определение, предложенное В. И. Тузлуковой, является наиболее точным: "это процесс приобретения знаний и умений через опосредованный процесс передачи информации, включающий все технологии и все возможные формы информационного обмена на расстоянии". Педагогами же данное понятие трактуется и как "слегка модернизированное, заочное обучение", и как "самообразование с помощью различных учебно-методических комплексов" [6].

У большинства ученых-исследователей современности, которые занимаются вопросами актуальности дистанционного формата обучения, необходимость применения новейших технологий в образовательном процессе не вызывает сомнений, поскольку это универсальная тенденция, проявляющаяся в цифровизации большинства социальных институтов и систем [5; 7]. Однако внедрение онлайн-обучения в образовательный процесс получает и противоречивые оценки как со стороны его участников, так и общества в целом, как "у медали есть две стороны", так и использование "дистант-формата" имеет свои преимущества и недостатки.

Доступность и привлекательность электронных средств обучения, возможность их создания собственными силами, причем без особых материальных и временных затрат, сделали их широко распространенными в практике учебной работы общеобразовательных организаций, средних специальных учебных заведений, вузов и учреждений системы дополнительного образования [8]. Необходимость и преимущества дистанционного обучения неоспоримы, однако далеко не всякую профессию можно успешно освоить дистанционно.

Ввиду практической ориентации биологических, медицинских, технических и технологических направлений подготовки процесс обучения напрямую зависит от материально-технической базы вуза или партнерского предприятия [9]. Большинство образовательных программ прикладного характера невозможно реализовать онлайн, поскольку освоение практических навыков требует очного контакта и далеко не вся теоретическая подготовка может проходить в дистанционной форме.

Вынужденный и быстрый переход вузов на дистанционный образовательный формат может значительно отразиться на качестве подготовки будущих специалистов-биологов. Биология как дисциплина является неотъемлемой составной частью естественнонаучного образования на всех ступенях обучения.

Биология – одна из интереснейших и практически значимых наук, изучающая мир живой природы. Специфика данной дисциплины требует максимальной наглядности. При ознакомлении с ее узкопрофильными разделами (экология, ботаника, зоология, микробиология, вирусология, микология и др.) молодому исследователю важно видеть объект его изучения, освоить методы работы с ним [10]. Данная профессия во многом состоит в выполнении различного рода операций и манипуляций, а обучение студентов-биологов предполагает выделение значительного количества часов учебного плана на практические и лабораторные занятия, являющихся фундаментом в изучении прикладных дисциплин. Занятия, проводимые в дистанционном формате, стали более обобщенными и ориентированными скорее на усвоение теории. Высвечивается определённая проблема использования данной формы обучения – отсутствие возможности полноценного проведения лабораторных работ и формирования практических навыков у студентов.

Работа с микроскопом, микропрепаратом при изучении микробиологических дисциплин являются базовыми знаниями, которые студент, обучающийся по направлению подготовки биология, должен освоить. В рамках дистанционного обучения преподаватель может частично заменить работу с микроскопом изучением фотографий микропрепаратов, но научить студента пользоваться оптической техникой, работать с препаратами без непосредственной работы с ними невозможно. Таким образом, натуральные объекты в обучении биологии не могут быть заменены виртуальными.

Для биолога практикоориентированное обучение – это снова для отработки уже полученных теоретических знаний, которая является основой для подготовки высококвалифицированного специалиста. Очевидно, что замещение практических и лабораторных занятий обработкой эмпирических данных, фото- и видеодемонстрацией реальных процессов не решает проблему формирования профессиональных компетенций у студентов в рамках онлайн-обучения [9].

Еще одна проблема дистанционного образования – отсутствие прямого взаимодействия в системе "преподаватель – обучающийся". Даже при обладании абстрактным и образным мышлением учащимся зачастую сложно самостоятельно понять тот или иной биологический процесс, изучить то или иное явление, а также освоить методику необходимую для работы с выбранным объектом исследования [10]. Студент лишается возможности "спросить", что и как нужно делать, а преподаватель – "показать" и "объяснить", как это сделать. Например, изучая различные методы окраски бактериальных кле-

ток, только лишь преподаватель в рамках проведения реальных лабораторных работ может доступно разъяснить студенту тонкости и технические нюансы выполнения методики, указать на ошибки, которые обучающийся может допустить при отработке практических навыков. Для прикладных специальностей, в том числе и биологических, взаимосвязь студента и преподавателя является важным условием эффективности подготовки будущих специалистов [11].

Таким образом, удаленный формат обучения имеет свои границы применения. По нашему мнению, дистанционное образование неприменимо для обучения студентов-биологов. Учитывая практическую направленность биологических специальностей, дистанционное образование может выступать только как дополнительный инструмент в решении традиционных образовательных задач, поскольку на расстоянии невозможно обучить целому ряду практических умений и навыков. Систему дистанционного обучения стоит рассматривать как дополнение к традиционной (очной) форме обучения. Заменить натуральную наглядность электронные средства обучения не способны, однако, их использование придаст биологическому образованию интерактивность. Применение модели интеграции очной и дистанционной форм обучения биологии поможет открыть принципиально новые возможности для управления учебно-познавательной деятельностью, что позволит значительно увеличить объем воспринимаемой информации, существенно расширить рамки самостоятельной, творческой, исследовательской деятельности учащихся, обеспечить индивидуализацию обучения. В результате интеграция очной и дистанционной форм обучения способна повысить качество знаний обучающихся.

Библиографический список

1. Архипова И. В., Черкасова В. В. Особенности эмоционально-волевой сферы студентов в условиях дистанционного обучения // Дистанционное обучение: актуальные вопросы : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 16 июля 2020 г.) / гл. ред. Ж. В. Мурзина. Чебоксары : ИД "Среда", 2020. С. 7–9.
2. Клепикова А. Г., Кормакова В. Н. Применение дистанционных образовательных технологий в режиме офлайн, смешанного и онлайн обучения (на примере реализации основных образовательных программ и программ дополнительного профессионального образования). Белгород : ИД БелГУ НИУ "БелГУ", 2020. 60 с.

3. Мухина О. Д. Дистанционное обучение в высшем образовании: социально-психологический аспект // Дистанционное обучение: актуальные вопросы : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 16 июля 2020 г.) / гл. ред. Ж. В. Мурзина. Чебоксары : ИД "Среда", 2020. С. 45–48.
4. Кац А. С. Педагог в цифровом мире: испытание пандемией // Дистанционное обучение: актуальные вопросы : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 16 июля 2020 г.) / гл. ред. Ж. В. Мурзина. Чебоксары : ИД "Среда", 2020. С. 12–14.
5. Попова Е. И., Баландин А. А., Дедюхин Д. Д. Дистанционное образование: современные реалии и перспективы // Образование и право. 2020. № 7. С. 203–209. DOI: 10.24411/2076-1503-2020-10738. EDN: RUMXZW.
6. Тихомирова Ю. А. Учебные проекты в дистанционном обучении биологии // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. 2012. № 151. С. 273–277. EDN: PIFNBH.
7. Нарбут Н. П., Алешковский И. А., Гаспаришвили А. Т., Крухмалева О. В. Вынужденное дистанционное обучение как стимул технологических изменений высшей школы России // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. Социология. 2020. № 3. С. 611–621. DOI: <https://doi.org/10.22363/2313-2272-2020-20-3-611-621>. EDN: CWVVDV.
8. Теремов А. В., Галушин В. М., Теплов Д. Л. Проблемы использования электронных средств обучения биологии // Преподаватель XXI век. 2018. № 1-1. С. 168–179. EDN: YVVQUS.
9. Захарова У. С., Вилкова К. А., Егоров Г. В. Этому невозможно обучить онлайн: прикладные специальности в условиях пандемии // Вопросы образования. 2021. № 1. С. 115–137. DOI: <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2021-1-115-137>. EDN: XZFFLV.
10. Куликович Д. В. Использование дистанционных форм обучения биологии в период социального дистанцирования // Эффективное использование научно-технического потенциала в условиях цифровой цивилизации : сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.-практ. конф. (Белгород, 13 января 2021 г.) / под общ. ред. Е. П. Ткачевой. Белгород: АПНИ, 2021. С. 105–108.
11. Соловых Г. Н., Кануникова Е. А., Фабарисова Л. Г., Тихомирова Г. М. [и др.]. Опыт внедрения дистанционных форм обучения по блоку естественно-научных дисциплин в медицинских вузах // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 6. EDN: XIBJOT.

Новации в образовании: проблемы управления рисками

Мачкарина О. Д., Глухих Я. А. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра социально-гуманитарных дисциплин, e-mail: machkarinaod@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье обозначены риски, связанные с цифровизацией и глобализацией, с изменением структуры рынка труда, запросами общества. Особое внимание авторы уделяют проблемам, связанным с внедрением информационных технологий в сферу образования и культуры.

Abstract. The article refers to the risks associated with digitalization and globalization, a change in the structure of the labor market and the demands of society. The authors pay special attention to the problems associated with the introduction of information technologies in the field of education and culture.

Ключевые слова: информационные технологии, дигитальная культура, образование, дистанционные технологии, цифровая экономика

Key words: information technology, digital culture, education, distance technologies, digital economics

Подготовка квалифицированного специалиста, обладающего компетенциями, отвечающими требованиям технической и технологической оснащенности и управления современного производства, является сегодня актуальной проблемой для современной системы образования, ориентированной на потребности производства, на возрастающие темпы модернизации. Современный этап модернизации, получивший название шестого "технологического уклада", отличается прорывными технологиями, среди которых выделяются нанотехнологии, биотехнологии, робототехника, аддитивные технологии, возобновляемые источники энергии, внедрение которых в производство диктует необходимость модернизации существующей системы подготовки профессиональных кадров и всей системы образования в целом. Прежде всего это проявляется в переходе образования на новые образовательные стандарты и созданные на их основании образовательные программы, ориентированные на конкретные профессиональные стандарты. Образование сегодня становится практико-ориентированным. В современном обществе осуществлен поворот от "управления деньгами и потоками углеводородов" к "управлению технологиями" [1], повлекший за собой рост потребности в высококвалифицированных кадрах, ориентированных на новые виды коммуникаций.

Модернизация образования – это комплексное преобразование, которое направлено на сохранение лидирующих позиций на мировом рынке в стра-

тегически важных отраслях, на доступность дополнительного образования для всех категорий, включая активное внедрение IT-технологий в образовательный процесс [2].

Модернизация – это процесс адаптации системы образования к новым реалиям, направленный, прежде всего, на устранение возникших в ходе его развития противоречий между растущим спросом современного производства на высококвалифицированных специалистов и предложениями на рынке труда специалистов, ориентированных на "прошлый" опыт, кадров, обладающих "престижными" в прошлом профессиями, подготовку которых продолжают осуществлять вузы без учета потребностей рынка и возможности их трудоустройства по профессии. Особенности современной модернизации производства стал рост спроса на компетентных специалистов и дефицит необходимых кадров, имеющих рабочие специальности – каменщиков, сварщиков, строителей и др., необходимых для растущего производства. Сегодня мы сталкиваемся с кризисом "традиционной" системы подготовки кадров, ориентированной на прошлый опыт и наставничество, с неготовностью профессорско-преподавательских кадров быстро пересматривать свои учебные программы, ориентируя их на современное производство, современные технологии и технику, с недофинансированием образовательных учреждений, что отражается на материальном обеспечении мастерских и лабораторий, оснащенных устаревшим оборудованием, нуждающихся в замене или модификации, с необходимостью оптимизации университетских структур.

Определенный кризис переживает инженерия, увлеченная сегодня нетрадиционным проектированием, учитывающим такие факторы, как запросы потребителя, экономический фактор, фактор влияния на среду, на образ жизни человека, экологию; рост миграционных потоков, включая отток выпускников из регионов в Москву и Санкт-Петербург для последующего обучения, и, в конечном итоге, остающихся в центре, и как результат – неравномерность распределения трудовых ресурсов на фоне демографического спада; неравномерность цифровизации, что создает определенные трудности для внедрения инноваций; изменился сегодня и сам потребитель. В современном обществе осуществлен поворот от "управления деньгами и потоками углеводородов" к "управлению технологиями" [2], повлекший за собой рост потребности в высококвалифицированных кадрах, ориентированных на новые виды коммуникаций.

В программе "Цифровая экономика – 2024", утвержденной указом Президента РФ от 7 мая 2018 года № 204, сделан акцент на цифровых техноло-

гиях и заявлены три базовых цели: создание экосистемы, в которой будет обеспечено эффективное взаимодействие всех участников экономических отношений, включая научно-образовательные сообщества, бизнес, государство и граждан; создание условий для развития высокотехнологических производств; повышение конкурентоспособности на глобальном рынке [3]. Они определяют направления будущего развития страны, но остаются весьма неопределенными перспективами развития для конкретного человека.

Проблема подготовки кадров для современного производства обозначила и возможные риски, которые обусловлены тем, что технологии из средств производства сегодня превратились в доминирующий фактор общественного прогресса, который вынуждает нас задуматься о приоритетах в выборе направлений экономического развития: "человек для экономики" или "экономика для человека"? Выбор "экономики для человека" в условиях цифровизации и глобализации определяет направление модернизации в целом, результатами которой должны стать рост уровня благосостояния общества, качества жизни человека, уровень доходов на душу населения, здоровье, уровень образования (количество образовательных учреждений, качество образования). Все критерии взаимосвязаны между собой и демонстрируют уровень социально-экономического развития страны.

Востребованность в компетентных кадрах для инновационного производства обозначила перед системой образования сложную задачу: разработку инновационных технологий подготовки специалистов, на которую ориентированы образовательные учреждения разного уровня (средние профессиональные, высшие, институты дополнительного образования), включая разработку нормативных актов. Но для этого необходимо изменить образовательную стратегию, ориентированную на прошлый опыт и выстроить новую модель обучения, опирающуюся на связь теории и практики. Это и проблема отношения к науке, прежде всего, к фундаментальной науке, и проблема управления и контроля инновационными процессами.

Действительно, акцент в программе "Цифровая экономика" сделан на развитие информационных технологий и их внедрение во все сферы общественных отношений, что, безусловно, необходимо учитывать в построении модели образования. Акцентируя внимание на "экономике для человека", данная модель должна предусматривать уровень компетентности профессорско-преподавательских кадров, соответствующую материально-техническую базу, обеспеченную современными программными ресурсами, разработанные методики, совмещающие традиционное и инновационное в образователь-

ном процессе, гуманизацию образования, направленность его на развитие творческого потенциала личности и гуманитаризацию.

Следует отметить, что проникновение технологий в сферу человеческих отношений проявляется неоднозначно. Наблюдается падение качества образования, несоответствие рынка труда рынку образовательных услуг, быстрое устаревание транслируемых знаний, смена культурных ценностей и идеалов. Отметим, что IT-технологии породили новый тип культуры, так называемую "дигитальную" культуру, культуру субъекта, оперирующего большими данными (Big Data). Благодаря им сформировался новый тип мышления человека, ориентированного на переработку большого объема информации, для которого вопрос об истинности ушел на второй план, подменяя собой набор определенного количества информации, однако количество данных (информации) не может отразить специфику качества объекта, раскрыть его сущность [4].

Технологии позволили создать комфортные условия для самого пользователя, обеспечили: доступность информации, расширение его возможностей (в том числе и детей, используя их умения до знаний, предоставляя им, например, возможность обучения грамоте), хранение информации (человек все больше передает функцию памяти цифровым устройствам), высокую скорость обработки большого объема данных, передачу информации. Создано новое глобальное коммуникационное пространство, новое культурное пространство, в котором проявились и новые для человека проблемы – проблема унификации и "глокализации" (Р. Робертсон), проблема соотношения национального и общечеловеческого, проблема норм и ценностей, влияющая на состояние национальных культур [5].

Технологии тесно вошли в нашу жизнь и превратились сегодня в доминирующий, самостоятельный фактор [3]. Благодаря новым технологиям появился и новый тип работника, формирование которого ускорилось "антиковидными" мероприятиями, принимаемыми государством, – "работник вне фабрики", и возникновение нового вида капитализма. В системе образования появился новый тип отношений – "ученик (студент) вне школы (вуза)", который возник в связи с переводом обучающихся на дистанционное обучение, с расширением сферы образовательных услуг с использованием IT-технологий, включая программы профессиональной переподготовки, курсы повышения квалификации, видеокурсы лекций по различным учебным дисциплинам, электронные площадки в университетах (ЭИОС) для осуществления образовательной деятельности, открывая перед человеком возмож-

ность осваивать новые области знаний, повышать свою профессиональную компетентность без отрыва от производства. Технологии позволили обучающему получить доступ к различным библиотечным фондам, к различным образовательным программам, тем самым обеспечив ему возможность непрерывного образования. Для преподавателя существующие платформы обеспечили возможность, включая период пандемии коронавирусной инфекции, доступа к различным научным мероприятиям, расширения научных коммуникаций (конференции, симпозиумы, форумы, проблемные семинары по отдельным проблемам и другие мероприятия, проводимые различными научными объединениями), повышения уровня профессиональной компетенции.

Однако информационные технологии породили и ряд проблем, которые вызывают определенную тревогу и необходимость разработки мер, предусматривающих необходимость управления рисками. Особое внимание необходимо сосредоточить на созданной благодаря ИТ-технологиям новой реальности – "гибридной" субъективности, которая обозначила перед человеком новую проблему, проблему определения реальности субъекта как следствие активного развития самообучающихся нейросетей и искусственного интеллекта [6]. Обозначились новые угрозы: с одной стороны, возможность утраты человеком своей субъективности, возможность проникновения в его личное пространство; с другой, – снижение у человека способности критически оценивать окружающий мир, что обуславливает возможность манипуляции массовым сознанием, опасность этических рисков и распространения фашистской идеологии. Обозначилась важная проблема, требующая необходимость контроля за распространением информации.

Информационные технологии повлияли на структуру труда и занятости, ускорив темпы модернизации профессиональных кадров. И вместе с тем, обозначился риск цифрового неравенства в обществе, который связан с неравномерным распределением технологий, техническим оснащением центра и регионов, с материальным благосостоянием семей и их способностью приобретения технических средств и связи. Появился особый критерий социальной стратификации – информационно-цифровое неравенство, которое следует рассматривать как фактор риска [7]. Необходимость его предотвращения предполагает разработку программ информационной и компьютерной грамотности, позволяющих развить интерес обучающихся к самообразованию, включающих их в информационную культуру.

Все обозначенное выше проявляется в возможности выхода на цифровые платформы или ограничения этой возможности, включая способности получения образования на основе использования дистанционных технологий. Вместе с тем именно цифровые технологии, которые стали сегодня важнейшими средствами в образовательном процессе, обеспечивающими непрерывность образования, создали предпосылки для полной зависимости человека от техники, которая порождает множество проблем, описанных выше. Технологии, проникнув во все сферы жизнедеятельности человека, способствовали формированию новых отношений – "человек – машина", где машина замещает человека в производственном процессе, деятельность человека все более смещается в сторону обслуживания нейросетей [8].

"Общество знаний" подталкивает человека к полной зависимости от техники, что необходимо учитывать при разработке современной модели образования, ориентированной на профессиональные компетенции и конкурентоспособность. Цифровая экономика – это экономика, ориентированная на техническое перевооружение производства, на конвергентные технологии, на управление информацией, на инновации.

Процессы цифровизации и глобализации экономики сопровождаются глобальным разделением труда, которое включает в себя выработку идей, технологических решений, формирование кадрового потенциала и распределение доли прибыли между участниками рынка.

Транснациональный рынок складывается из специализированных производственных секторов, где каждая страна занимает свое место: более развитые, менее развитые. На рынке формируется жесткая специализация. Но равновесие достигается путем сдерживания развития одних стран, например, введением санкций, и, напротив, путем вливания финансовых потоков, стимулирование развития других [9]. Складывается определенная иерархия на рынке: "ведущие" страны и "ведомые", узкоспециализированные страны, где массы попадают в состояние психологического дискомфорта, выход из которого порождает мощные миграционные процессы, с которыми сегодня сталкивается Западная Европа.

В этот процесс включены и молодые кадры, обладающие необходимыми компетенциями, стремящиеся выехать в высокоразвитые страны, способные обеспечить благоприятные условия для проживания, работы и повышения своей квалификации. Однако наибольшую обеспокоенность вызывают миграционные потоки внутри страны – из регионов в центральные районы, в частности, из Мурманской области в Москву и Санкт-Петербург, особенно

отток молодежи для получения необходимого образования и последующего трудоустройства. На 1 сентября миграционный отток составил 5,2 тыс. человек, что составило 0,7 % от уровня 2020 года [10]. В Мурманской области необходимо создать социально-экономические, культурно-бытовые условия для того, чтобы выпускники образовательных учреждений оставались в регионе, способствуя его развитию. Сложившаяся ситуация актуализирует значимость управления кадровой политикой в регионе, роль образовательных учреждений в формировании необходимого на местах кадрового потенциала, в создании благоприятной среды для человека. Но для этого необходимо обратить внимание на существующие в вузах проблемы, которые требуют внимания образовательных учреждений разного уровня. Это проблема профессиональной ориентированности студента, которая должна решаться совместными действиями школ и вузов посредством укрепления существующих и создания новых классов профильно-ориентированных на потребности рынка труда в регионе. Требуется решения и проблема обновления материально-технической базы учебных заведений, соответствующих уровню современного производства, что позволит не только сформировать компетентный кадровый потенциал, но и обеспечит возможность научно-исследовательской деятельности.

Важным остается вопрос организации образовательного процесса, который должен соответствовать запросам общества. Образовательное учреждение должно ориентироваться на опережающее обучение будущего выпускника, что вызывает необходимость пересмотра преподавателями существующих образовательных программ и наполнение их дисциплинами, формирующими базу знаний, требуемых современному производству, необходимость постоянного взаимодействия вузов, сузов с потенциальными работодателями для закрепления знаний, умений и навыков и приобретения новых. Однако сохраняются риски: падение качества образования, снижение гуманитарной составляющей в образовательном процессе в связи с переносом акцентов в подготовке квалифицированного специалиста на компетентностную составляющую. Все названное вызывает обеспокоенность научно-педагогического сообщества и требует особого внимания к существующим проблемам.

Библиографический список

1. Иванов В. В., Малинецкий Г. Г. Цифровая экономика: от теории к практике // Инновации. 2017. № 12(230). С. 3–12. EDN: YQCXQL.
2. Государственная программа Российской Федерации "Развитие образования" [Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации

от 26 декабря 2017 г. № 1642 (срок реализации – 2018–2025 годы)]. URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/3a928e13b4d292f8f71513a2c02086a3/download/1337/>

3. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года : Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 (в редакции указов Президента Российской Федерации от 19.07.2018 № 444, от 21.07.2020 № 474). URL: <https://docs.cntd.ru/document/557309575>.

4. Миронов В. В. Платон и современная пещера big-data // Вестник Санкт-Петербургского университета. Философия и конфликтология. 2019. Т. 35, № 1. С. 4–24. DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu17.2019.101>. EDN: ZAUOXJ.

5. Касаткин П. И. Глобализация культуры: проблемы и перспективы // Власть. 2017. Т. 25, № 8. С. 40–48. EDN: ZDQHWL.

6. Володенков С. В., Федорченко С. Н. Субъектность цифровой коммуникации в условиях технологической эволюции интернета: особенности и сценарии трансформации // Политическая наука. 2021. № 3. С. 37–53. DOI: <https://doi.org/10.31249/poln/2021.03.02>. EDN: GINGRL.

7. Шиняева О. В., Слепова О. М. Информационно-цифровое неравенство населения: факторы риска и антириска // Известия Саратовского университета. Новая серия. Сер. Социология. Политология. 2019. Т. 19, № 1. С. 53–61. DOI: <https://doi.org/10.18500/1818-9601-2019-19-1-53-61>. EDN: ZAMGQX.

8. Латыпова А. Р. Оракулы нашего времени, или как устроено общество технoзнания // Гуманитарные исследования в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. 2019. № 4(50). С. 126–136. DOI: <https://doi.org/10.24866/1997-2857/2019-4/126-136>. EDN: DKPO SX.

9. Миронов В. В. Трансформация экономики, политики и права в условиях глобализации // Вестник Российской академии наук. 2016. Т. 86. № 2. С. 99–107. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0869587316020092>. EDN: VLPYIP.

10. Население // Мурманскстат. URL: <https://murmanskstat.gks.ru/folder/72764>.

Проблемы современного высшего образования

Пеньковский Д. В., Пеньковская К. В. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовождения, e-mail: penkovskiydvl@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье предпринята попытка анализа наиболее актуальных проблем в области современного образования. Рассматривается кадровый потенциал как один из основополагающих факторов развития вуза, сделан акцент на значимость работы с человеческим ресурсом в вузах, рассматривается понятие "наставничество". Приводится определение понятия "социально-трудовая адаптация" и как она влияет на "закрепление" молодых преподавателей в вузах.

Abstract. The article analyzes the most pressing problems in the field of modern education. The article considers human resources as one of the fundamental factors in the development of a university, emphasizes the importance of working with human resources in universities, considers the concept of "mentoring". The definition of the concept of "social and labor adaptation" and how it affects the "consolidation" of young teachers in universities is given.

Ключевые слова: современное образование, проблемы образования, образовательная система, вузовская научная школа, преемственность поколений, наставничество, кадровый потенциал, человеческий ресурс

Key words: modern education, educational problems, educational system, university scientific school, continuity of generations, mentoring, human resources, human resources

Анализируя проблемы системы современного высшего образования, можно сделать выводы о наличии кризиса. Ситуация в этой отрасли подвергается частой критике, и это не без оснований. На данный момент образовательная система переживает проблемы трансформации. Ко всему прочему имеет место экономическая нестабильность, недофинансирование системы образования.

Финансирование системы высшего образования – довольно важный аспект. Судьба любого государства напрямую зависит от состояния системы образования. Если государство ставит перед собой цель занимать лидирующие позиции на мировой арене, то одним из факторов, дающих толчок для этого развития – высокий уровень образованности населения [1].

Скромное финансирование системы высшего образования ограничивает заработную плату преподавателей на уровне, который не является привлекательным для амбициозно настроенной молодежи и приводит к одной из причин нехватки молодых научно-педагогических кадров в образовательной системе. Также недофинансирование ограничивает возможности внед-

рения новых технологий в образовательном пространстве, модернизацию уже устаревшего оборудования, оснащения новыми тренажерными комплексами, обновления библиотечного фонда и т. д. А это, в свою очередь, накладывает отпечаток на качество предоставляемого образования и понижает его.

В соответствии со ст. 69 ФЗ № 273 основной задачей высшего образования служит обеспечение подготовки высококвалифицированных кадров по всем основным направлениям общественно-полезной деятельности в соответствии с потребностями общества и государства, удовлетворение потребностей личности в интеллектуальном, культурном и нравственном развитии, углублении и расширении образования, научно-педагогической квалификации [2].

Таким образом, можно прийти к выводу, что основной задачей реализации этой цели является подготовка высококвалифицированных специалистов через систему высшего образования.

Кадровый потенциал – это один из основополагающих факторов развития любого вуза. От этого зависит и его имидж, и конкурентоспособность. Ситуация с привлечением молодых специалистов является острой проблемой. Нарращивание кадрового потенциала невозможно без привлечения молодежи к преподавательской деятельности, с последующим "закреплением" в вузе. Молодые преподаватели, исследователи, специалисты более активно реагируют и откликаются на веяния времени и современные вызовы. Происходящие изменения, связанные с техническим прогрессом, изменением и модернизацией самих специальностей, а также изменением потребностей общества, бизнеса требует от преподавателей идти в ногу со временем и уметь адаптироваться к современным требованиям.

В настоящее время существуют некоторые трудности для деятельности преподавательских кадров. Одной из них является неуклонное повышение среднего возраста профессорско-преподавательского состава. Это происходит вследствие того, что получив дипломы, многие молодые специалисты уходят. Уходят работать в производственную сферу, сферу бизнеса, туда, где зарплаты ощутимо выше.

Конечно, удержать молодых специалистов непросто. Открытых и нерешенных вопросов в обсуждении этой темы больше, чем ответов. И, конечно, решить эти вопросы вузы самостоятельно, без участия государства не могут.

Анализируя вышеизложенные проблемы системы высшего образования можно дать некоторые рекомендации по их решению.

Первое – это закрепление молодых преподавателей-исследователей в вузах на научно-педагогических должностях. Руководство должно предпринимать все возможные меры по привлечению выпускников аспирантур к работе в вузах.

Важна и необходима работа с человеческим ресурсом в высших учебных заведениях. Количество и качество человеческого ресурса напрямую зависит от понимания административно-управленческим аппаратом важности этой работы.

Деятельность, направленная на управление человеческим ресурсом имеет следующие составляющие:

- анализ рабочего места;
- планирование потребности в персонале;
- набор и отбор персонала (подготовка кадров, переподготовка, повышение квалификации);
- управление карьерой;
- управление резервом;
- управление оплатой труда работников и т. д. [3].

Активная работа по вышеизложенным направлениям способствует "закреплению" перспективных преподавателей-исследователей в вузе и повышению мотивации труда.

Решение многосторонней задачи по успешному привлечению молодых кадров могло бы решить проблему сохранения и преемственности научно-исследовательских школ.

Научные школы обычно формируются на базе отдельной кафедры или на межкафедральной основе.

Своеобразная уникальность вузовских научных школ выражается в оптимальности сочетания образовательного и научного процессов, что создает благотворную почву для формирования будущих исследователей и ярко выраженной преемственности поколений.

Профессорско-преподавательский состав вуза включает в себя профессоров, доцентов, старших преподавателей. Все эти люди являются профессионалами очень высокого уровня в своих областях, опытными преподавателями. И сейчас наступает то время, когда необходимо решать проблему преемственности поколений. Нужно сделать так, чтобы преподаватели старшего поколения успели поделиться теми знаниями, навыками, умениями и опы-

том с молодыми, только начинающими свою профессиональную карьеру коллегами. Иначе такая ситуация может привести к такому моменту, когда просто некому будет передавать профессиональный опыт, накопленный годами работы.

Можно вспомнить такое явление педагогической деятельности, как "наставничество". Эта традиция сейчас, как никогда, становится актуальной.

Просветитель и педагог XVII в. Коменский А. Я., рассуждая о наставничестве в трудах "Великая дидактика" и "Пампедия", писал: "Никто не может сделать людей нравственными и благочестивыми, кроме нравственного и благочестивого учителя-наставника" [4].

Наставничество могло бы помочь с социально-трудовой адаптацией молодого специалиста в профессии.

Социально-трудовая адаптация – это процесс, в котором происходит взаимное приспособление специалиста и организации к новым реалиям и требованиям современного мира.

Насколько комфортно молодой специалист вольется в профессиональную деятельность преподавателя, и насколько интересно ему будет заниматься научно-исследовательской деятельностью, зависит его будущий карьерный и профессиональный рост.

При социально-трудовой адаптации молодой преподаватель может столкнуться с такими трудностями, как несоответствие профессионального личностного ресурса требованиям, предъявляемым к профессиональной деятельности вуза, психологические нагрузки, взаимоотношение с коллективом и т. д. Все эти трудности, так как они взаимосвязаны, оказывают негативное влияние, что приводит к психологическому стрессу. Специалисты, исследующие проблемы управления персоналом, едины во мнении, что краеугольным камнем в решении вопроса о "закреплении" специалиста в организации является инструмент социально-трудовой адаптации, который поможет приспособиться специалисту к окружающей среде с ее изменениями. А это может стимулировать к повышению эффективности деятельности молодых преподавателей-исследователей.

В целом проведенный анализ некоторых проблем системы современного высшего образования позволяют прийти к определенным выводам. Вузы в современных условиях столкнулись с множеством трудностей как внешних, так и возникающих внутри структуры самого вуза. К внешним можно

отнести недостаточное финансирование. К внутренним – дефицит молодых педагогических кадров и разрыв преемственности поколений научных школ. Данные трудности можно преодолеть, решив задачи, направленные на оптимизацию работы с человеческим ресурсом, акцентируя внимание на молодых преподавателях-исследователях. Работа по данному направлению могла бы способствовать "закреплению" перспективных специалистов в вузах.

Библиографический список

1. Исаев М. Д. Проблемы образования в государственных федеральных учреждениях высшего образования // Молодой ученый. 2017. № 2 (136). С. 676–678. EDN: XIFOIB.
2. Бодрова Е. В., Никитина С. Б. Кризис системы образования. Поиск новой парадигмы образования на рубеже XX–XXI веков. URL: <https://mosgu.ru/nauchnaya/publications/2009/professor.ru/Bodrova&Nikitina.pdf>.
3. Мудрова Е. Б., Легостаева В. И. Привлечение и закрепление в вузе молодых научно-педагогических кадров на основе современных технологий адаптации // Университетское управление: практика и анализ. 2006. № 2. С. 61–64. EDN: JSHZMU.
4. Егерев Д. С., Егерев С. В., Ладный А. О., Захарова С. А. [и др.]. Ведущие научные школы: опыт 1996–2008 годов // Наука. Инновации. Образование. 2009. Т. 4, № 1. С. 241–264. EDN: RMYGQT.

Schools on Spitsbergen (*the native experience*)

Portcel A., Malaeva A. (*Murmansk, FSAEI HE "Murmansk State Technical University", Department of Social Studies and Humanities, e-mail: portseliak@mstu.edu.ru*)

Abstract. Since 1931 the trust "Arcticugol" has been mining coal on Spitsbergen. Till the 1960-s of the twentieth century there were people among the workers who had no secondary education. Quite a lot of children lived there together with their parents. The organization of secondary schools' activity for children and adults is investigated in the article.

Аннотация. С 1931 г. на Шпицбергене ведет добычу угля трест "Арктикуголь". Среди его работников вплоть до конца 1960-х гг. были люди, не имевшие среднего образования. Вместе с родителями здесь жило и немало детей. В статье рассматривается организация работы общеобразовательных школ для детей и взрослых в поселках "Арктикугля".

Key words: Spitsbergen, Barentsburg, Pyramid, school, education

Ключевые слова: Шпицберген, Баренцбург, Пирамида, школа, образование

The mastering of natural resources of the Arctic and the intensification of the Russian presence in this region of the world is one of the priority aims of the modern study of the development of Russia. At the same time, it is necessary to rely on the existing experience of mastering the Arctic zone. The archipelago Spitsbergen is one of the areas where such experience is accumulated. During the XX-th century the large settlements of urban type were established and successfully developed, where children of different ages lived together with adult population. One of the aspects of social life in these settlements was creating and functioning of secondary schools.

The purpose of the study is to show how and in what forms the educational process in the native settlements of Spitsbergen was organized.

In 1931, the Trust "Arcticugol" began its work on Spitsbergen. Until the 60s of the twentieth century, there were many people among workers of mines who did not have secondary education. There were also many children who lived together with their parents – employees of the "Arcticugol". Studying has become one of the important components of the of Spitsbergen polar explorers' lives.

The educational system was created at the mines of the "Arcticugol" from the first days of the existence of the trust. This system includes the educational system and training system. The system of political studies was functioning separately, it included the system of economic studies.

The evening schools for working young people

It is recorded in the "Memorandum for the worker leaving for the island of Spitsbergen" (1935): "To increase the general educational and technical level, Barentsburg has its educational plant with a branch at the Grumant City mine. The educational plant has a school for children, groups of technical minimum, groups for illiterate and semi-literate people, courses of socialist labor masters and German courses. In addition, workers completed the courses of training in technical school and university. The academic year lasts from October, 15 and to the 1st of June. Classes were organized without leaving the production place, in 2 shifts" [1; Sh.8].

Among the people who went to work in the Arctic, in the pre-war and in the first post-war years there were many people who, for quite understandable reasons, could not get secondary education. Even in the late 1960s, people, who had education at the level of 5–7 classes, worked on Spitsbergen.

In pre-war years, the School of Diploms (Likbez), a school of semi-literate, training courses in technical school and in university, foreign language courses were organized for the adults.

To help the adults to get education, the evening schools of working young people were created in the post-war years in USSR. It was also organized at Spitsbergen. This school operated on Spitsbergen since 1957 – first as the consulting point of the Murmansk correspondence school for working youth at the mines of Barentsburg and Pyramid (in the documents it was sometimes called "the branch of School for Sailors of Murmansk"). There were a lot of difficulties in organizing the work of this school. There were no special facilities. Therefore, it was necessary to allocate rooms in the available administrative buildings for school. Textbooks had to be delivered from the mainland. "Teachers who came to the archipelago on fishing vessels worked there delivering lessons. Tests done by the students were sent to the mainland by mail" [2; p.123]. It is not surprising that the first academic year began with a delay classes began only in November.

Since full-time teachers of correspondence school traveled from Murmansk irregularly, it was necessary to look for the solution at a place. "Teachers of the evening school were polar explorers – employees of the trust and the mine office, public organizations, – engineers and teachers by education. The composition of the teaching staff fully suited the educational process" [3]. But unprofessional teachers are unlikely to provide the effective educational process.

Such variant of education had many flaws. One of the main drawbacks was that it was extremely difficult to organize its rhythmic, systematic work on the island due to the difficulties of communication with the mainland, especially in winter. Therefore, the logical development of the education system among the miners of the "Arcticugol" was the creation of an independent permanent evening school on the island. The decision on its opening instead of a branch of the correspondence school of sailors was adopted by the Murmansk regional executive committee in 1960. But in August 1960 it was noted that "the staff of the teachers was not fully complete and the facilities were not ready by the beginning of the school year" [4; Sh. 8]. But in 1966 the information to the Murmansk Committee of the CPSU noted: "The teaching staff of the school is complete. Schools are in good state and there are all the conditions for its normal operation" [5; Sh. 36].

Students studied from 5 to 11 forms of secondary school. The school worked in two shifts. There were groups (classes) of students with an accelerated program, where they could get an eight-year education in two years. Evidently, it was not easy to combine work and study. It is not surprising that some students of evening schools gave up their studies. However, their mates tried to do everything to return them to the educational process. For example, in 1958, a group of students in the school of working young people in Barentsburg addressed their open letter to the mates. In particular, in the letter it was written: "Remember the hard time our school was born, how many years passed till we finally managed to organize the teaching of young people in Barentsburg! (...) Difficulties and the lack of time are just excuses" [6].

It is appropriate to bring information about the number of students and leavers of the evening school.

1962 – "In the past academic year, 259 polar explorers were engaged in the school of working youth on the Pyramid and Barentsburg. Of these, 43 people left the 10th form and received the certificate of maturity, more than two hundred people proceeded to the next classes" [7; Sh. 34]. In 1962, V. Likobabin and L. Yudanova finished school with a gold medal. They were the first medalists of the Spitsbergen School.

In the academic year of 1979–80 155 people studied at school for working young people of Barentsburg, from them in graduation class there were 81 students [8]. At the end of the first half of 1981–82 academic year, there were 57

students in this school [9]. In the settlements of Pyramid in the 1982–83 academic year, 120 polar explorers studied at school [10].

In 1987 the branch of the preliminary department of the Donetsk Polytechnic Institute began working on Spitsbergen. Already in the first year of its work, about 40 listeners attended the classes [11]. In 1987, more than 70 people studied in the evening schools. 45 of school leavers received the certificate of secondary education that year [12].

However, the further existence of such form of education was considered unnecessary. Technical director of "Arcticugol" V. D. Trifonenkov wrote about evening schools: "About 5,000 workers received secondary education in thirty years. However, in 1988 these schools had to be closed – among specialists who arrived at Spitsbergen, there were no longer people who had no secondary education" [13].

The secondary school for children

The secondary school for children worked on Spitsbergen in the settlements of the "Arcticugol" trust from pre-war years. There was no separate building for it, and the school worked in the buildings of the training plant. In 1963, a new school came into operation in Pyramid.

In the first post-war years, when the restoration of mines began, some children came to the island together with their parents – the workers of the "Arcticugol". S. F. Baranova recollected: "There were several children of school age at the mine, my son among them. The consul's wife Fechina taught them according to the school program, (...) In the summer of 1948, I. F. Naumkin (*the chief of the mine – AP, AM*) announced that there was nobody to teach children (teachers were not provided for by the staff schedule), and I had to go to the mainland ahead of the contract's time" [14]. There was no school for children in the 50s, in Barentsburg, Grumant and Pyramid as there were no children there. But by the 60-s, families arrived to work on the archipelago. The children became the inhabitants of Soviet settlements of Spitsbergen. In 1962, only 12 boys and girls studied at the Barentsburg School. In 1963, 9 of them finished school [15].

The head of kindergarten in Barentsburg A. Dyachenko recalled: "Until 1970, there a few children arrived and they were mostly of preschool age. For those who were to go to school, the lessons were delivered by the group of the enthusiasts – teachers of the evening school. Over time, this problem was solved. In 1975, the elementary school opened its doors for the pupils" [16].

In 1980, 38 pioneers and schoolchildren completed the school year at the Barentsburg School [17]. In winter, 1980–81 in the elementary school of the Barentsburg there were 45 pupils [2; p. 122]. In the 1981–82 school year, 57 pupils studied in the elementary school [9]. In 1983, 54 small citizens of Barentsburg came to school and studied in forms 1–4 [18].

But the staff of teachers in small schools of mines could not properly ensure the effective training of all children. In this regard, in the mid-80s the authorities of "Arcticugol" were forced to take tough measures and monitor considering the problem. In 1986, the question was discussed by the Party committee of the trust. It was noted in the resolution: "The available classrooms, studies, utility premises at the Barentsburg mine at that moment meet the standards for training schoolchildren of primary classes and working youth. School is provided with teachers, study is conducted in accordance with the main directions of the reform of general education and professional school based on new improved curricula". But a serious problem was also marked: "In the elementary classes, according to the staff schedule there are two teachers, that creates difficulty for studying in complete-classes" [18]. (Complete-classes – is a class where pupils of different ages study together.)

In the resolution measures to correct the situation were also identified, they were very radical: "For primary schools, it is necessary to have one more teacher or not bring together children of different primary classes (...)

It is also necessary to update the furniture for primary classes and decide the question of the construction of schools in a typical project. (...)

When children living with parents on the archipelago, special attention should be paid to the health of children, their development". (...)

It is also decided to recommend the mines authorities, professional and public organizations not to extend the time of work trip for the parents, whose children should study in the fourth and next classes, and also to inform the "Arcticugol" personnel service about the presence of children in the excess of sanitary standards at schools, as well as in preschool institutions" [18].

In the 90s, there were three grades of secondary school to teach children of polar explorers on the archipelago. More than 60 children studied there. All disciplines were taught by one teacher. "Schoolchildren were fully provided with textbooks, but the stationery was delivered in parcels from the mainland. Some other goods could be bought here in the shop of Barentsburg" [19; p. 4].

The secondary school for children has been preserved in Barentsburg until now. In the autumn of 2015, 36 students studied there [20; p. 16]. At the end of the school year – in May 2016 – 26 children studied at primary school, at secondary school – 16 [21; p. 16]. "At school, children are actually from eight in the morning till five in the evening. We have extended day groups, three-time meals, so after school on weekdays they immediately get home" [22; p. 15].

In 2015, the agreement on cooperation in the educational sphere was concluded between the Interregional Public Organization "Zvon" and the "Arcticugol" trust. The chairman of the Council of MOO "Zvon" A. Kovaleva noted: "Given the need for the formation of a single educational space in the Russian Federation, we combine efforts and public resources so that children studying in Barentsburg do not feel their remoteness from other schoolchildren, the inhabitants of our huge country" [23; p. 7].

Since 2016, the project of the "Modern Arctic Russian School" (MARS) began to be implemented in Barentsburg. Its main task is "Socially cultural development of the settlement and improving the quality of life of polar explorers on the mine". The director of the school and kindergarten Ya.V. Kudryavtseva said: "The school of Barentsburg in the near future should become a technologically modern and methodically progressive platform for qualified teaching of children whose families come to the mine to work under the contract" [24; p. 12].

Conclusions

1. The organization of studies in various forms and for various age – related and professional groups detached from the mainland for a long time is an important part of the organization of life in the large Arctic settlements.

2. The effective organization of life and education of children in the Arctic settlements requires professional teachers to perform the task.

3. The organization of the educational process in various forms requires indispensable participation and support from the administration of the city-forming enterprise. In this case, the administration of the "Arcticugol" with the active participation of public organizations, primarily the party organization and the trade union performed this function.

The experience of the "Arcticugol" showed that rather large settlements with developed infrastructure and permanent population which are remote from the mainland can successfully operate. The involvement of citizens in the educational process solved the task of increasing the professional and general educa-

tional level of workers on the one hand, which, due to the objective reasons, was not sufficient in the pre-war and first post-war years, but on the other hand, leading active social life helped them in rapid socialization.

The organization of the educational process of children in the conditions of the settlements of Spitsbergen became one of the first experiments of such activities in the Arctic. The experience of the "Arcticugol" showed that under the conditions of the Arctic wintering, a full-fledged study of children is quite possible as part of the general organization of the educational process in the conditions of children's living in the Arctic zone.

References

1. Instruction booklet for a worker leaving for the island of Spitsbergen to work, 1937 // State Archives of Murmansk Region (SAMO). F. P-17. Inv. 1. Cas. 10.
2. Gureev V. Twelve unforgettable years // Half a century near the Pole. Murmansk, 1983. P. 112–123.
3. Grigorieva S. Polar explorers enhance their knowledge // *Poliarnaya koche-garka*. Vol. 91(1085). 20.11.1957.
4. Report of the XIII-th island trade union conference of Soviet coal mines on the island of Spitsbergen dated August 7, 1960 // State Archives of Murmansk Region (SAMO). F. P-17. Inv.1. Cas.10.
5. Information to the Murmansk Regional Committee of the CPSU "On the work of the Soviet coal mines of the trust "Arcticugol" of the Ministry of the coal industry of the USSR on the island of Spitsbergen in 1965 and five months of 1966" // State Archives of Murmansk Region (SAMO). F. P-17. Inv. 1. Cas. 250.
6. Gainutdinov Z. [et al.]. Fight for the future (open letter) // *Poliarnaya koche-garka*. Vol. 10(1106). 01.02.1958.
7. Report of the XV island trade union conference of Soviet coal mines on the island of Spitsbergen dated July 29, 1962 // State Archives of Murmansk Region (SAMO). F. P-17. Inv. 1. Cas. 224.
8. Romanova V. A man of the future is born // *Poliarnaya koche-garka*. Vol. 43(3390). 04.06.1980.
9. Vrzhes V. Knowledge is power // *Poliarnaya koche-garka*. Vol. 6(3557). 23.01.1982.
10. Trostyanka A. Before the last bell // *Poliarnaia koche-garka*. Vol. 44(3691). 15.06.1983.
11. Khasanov M. We invite you to ... the institute // *Poliarnaya koche-garka*. Vol. 2(4143). 09.01.1988.

12. Khasanov M. Wish you successful studies! // Poliarnaia kochegarka. Vol. 67(4107). 02.09.1987.
13. Trifonenkov V. D. "Arcticugol": yesterday, today, tomorrow // Polarnaya pochta. 1992. Vol. 1(3). URL: www.pseudology.org/goroda/Shpitsbergen.htm.
14. Pioneers // Poliarnaya kochegarka. Vol. 37(3384). 14.05.1980.
15. Kirillov V. Newly born // Poliarnaya kochegarka. Vol. 9(2034). 01.02.1967.
16. Dyachenko A. Caring for children // Poliarnaya kochegarka. Vol. 72(3521). 16.09.1981.
17. The final day at school // Poliarnaya kochegarka. Vol. 42(3389). 31.05.1980.
18. Taking care of school // Poliarnaya kochegarka. Vol. 64(4004). 20.08.1986.
19. Belousova N. Country of childhood // Russian Bulletin of Spitsbergen. 2013. Vol. 7. P. 4–5.
20. Island childhood // Russian Bulletin of Spitsbergen. 2015. Vol. 5(19). P. 16–17.
21. Summer is ahead // Russian Bulletin of Spitsbergen. 2016. Vol. 3(23). P. 16–17.
22. Polar "set" // Russian Bulletin of Spitsbergen. 2013. Vol. 8. P. 14–15.
23. In the children's interests: Interview with A. Kovaleva // Russian Bulletin of Spitsbergen. 2016. Vol. 4(24). P. 7.
24. New school – new director // Russian Bulletin of Spitsbergen. 2016. Vol. 5(25). P. 12.

Анализ возможных последствий внедрения цифровых технологий в процесс обучения высших учебных заведений

Романов С. Ф. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологии материалов и судоремонта, e-mail: romanov_stas@mail.ru)

Аннотация. В статье автор провел анализ возможных последствий внедрения цифровых технологий в процесс обучения высших учебных заведений. На основании анализа научных статей и информации из открытых источников были рассмотрены положительные и отрицательные стороны процесса, проанализированы трудности, с которыми может столкнуться процесс реформирования и сделаны выводы о возможных путях и объеме внедрения.

Abstract. In the article, the author analyzed the possible results of digitalizing the learning process in university. Based on analysis of scientific articles and information from open sources, the positive and negative sides of the process were considered, difficulties were analyzed and conclusions were drawn about the possible ways and scope of implementation.

Ключевые слова: цифровизация, современное образование, цифровые технологии, проблемы современного образования

Key words: digitalizing, modern education, digital technologies, problems in modern education

Технический прогресс и постоянно растущий темп жизни привели к увеличению потребности людей в эффективном образовании и появлению новых методов его получения. Процесс подготовки специалистов претерпел значительные изменения, большее внимание стало уделяться развитию творческого потенциала, познавательной активности и самостоятельности студентов, формированию профессиональной гибкости и мобильности. Общество требует подготовки профессионально компетентных специалистов, что в свою очередь привело к изменению многих компонентов системы обучения.

Информатизация образования становится логическим продолжением реализации национальной программы цифровой реформации общества. Таким образом внедрение инновационных цифровых технологий в систему среднего и высшего профессионального образования получило особую важность, поскольку речь идет о формировании образовательного пространства с целью создания общей и специфической профессиональной культурной среды. В связи с этим, помимо создания и внедрения новых технологий, особую актуальность приобретает фактор подготовки педагогов, способных в полной мере создавать образовательный материал, отвечающий требованиям новых образовательных стандартов, позволяющий удовлетворить потреб-

ности обучающихся. Учебные материалы должны быть не только актуальными по содержанию, но и предоставлять всю необходимую информацию в востребованном формате [1].

Педагог обязан не только глубоко разбираться в сути своего предмета, но и обладать навыками в работе с цифровыми инструментами, позволяющими: во-первых, быстро проводить обобщение изученного материала, подводить итоги проделанной работы, во-вторых, проводить закрепление и проверку знаний, в-третьих, организовать групповую работу, в-четвертых, создавать визуализацию материала, вести видео блог. Использование цифровых технологий в образовательной среде создает возможность управления процессом обучения, методического сопровождения, оптимальной организации совместного взаимодействия преподавателя и студентов, обновления форм межличностной коммуникации [2].

Частичное внедрение дистанционных форм обучения способно стать своего рода индикатором формирования личности и выявить следующие качества: уровень дисциплины, наличие навыков самостоятельного сбора, анализа и усвоения информации, умения грамотно организовывать личное и рабочее время.

С теоретической точки зрения цифровизация способна решить ряд проблем, назревших в современной системе образования, но так ли это на самом деле? При написании статьи автор поставил перед собой цель провести развернутый анализ возможных последствий внедрения инновационных технологий в учебный процесс высшей школы и сделать выводы по данному вопросу на основании полученных результатов.

Проанализировав набор функций популярных цифровых образовательных платформ и приложений, автор пришел к выводу, что применение данных инструментов способно решить ряд проблем, возникающих из-за пандемии вирусных инфекций, удаленности учебных заведений от места непосредственного проживания студента; невозможности регулярного посещения аудиторных занятий в связи с медицинскими противопоказаниями, неблагоприятными погодными условиями; проводить набор и обучение абитуриентов, находящихся в местах лишения свободы. Последний фактор способен стать решающим в вопросе социализации освободившихся из мест лишения свободы, положительно повлиять на принятое решение относительно ходатайства о условно-досрочном освобождении и стать дополнительной личной мотивацией осужденного встать на путь исправления.

Но изменение принципов обучения и форм организации образовательного процесса способно повлечь за собой ряд отрицательных последствий, выраженных в недостаточности социализации личности, нарушении коммуникативных связей, отсутствии навыков критического мышления, снижении успеваемости за счет отсутствия достаточного уровня самостоятельности и дисциплины.

Нахождение в коллективе крайне важно с точки зрения выработки навыков построения межличностной коммуникации и повышения социализации. Умение заводить новые знакомства с целью общения и обмена опытом важны для студентов, планирующих построение карьеры в области управления персоналом, производством или выполнения работ по вахтовому методу. Отсутствие достаточного опыта в общении с однокурсниками и обучающимися других направлений подготовки может послужить причиной возникновения конфликтных ситуаций в будущем – в результате отсутствия взаимопонимания среди коллег, между начальником и подчиненным. Советская система образования подразумевала наличие летних производственных практик, посещения учебно-производственных комбинатов во внеурочное время для старшеклассников, что способствовало решению проблемы профессионального самоопределения учащихся [3]. Выпускник школы мог получить представление о принципах поведения в коллективе и сформировать необходимые социальные навыки, основываясь на собственном опыте, что помогало ему наладить отношения с однокурсниками в высшем учебном заведении. Также обучение в составе группы способствует выработке лидерских качеств у индивида, формирует атмосферу соперничества между наиболее способными и подготовленными студентами, что при грамотном подходе со стороны преподавателя, позволяет максимально активизировать внутренний потенциал для достижения наилучшего результата. Поэтому при первоначальном внедрении технологий дистанционного обучения необходимо основной упор делать именно на аудиторные занятия, постепенно увеличивая количество видео-конференций, руководствуясь показателями успеваемости и учитывая потребности студентов.

Переход к новым цифровым стандартам требует наличия достаточного уровня технической оснащенности как от учебных заведений, так и от обучающихся. Всеобщая изоляция, введенная в связи с пандемией COVID-19 в 2020 году, наглядно продемонстрировала невозможность глобального пере-

хода на систему дистанционного обучения из-за наличия технических проблем, связанных с отсутствием навыков пользования цифровыми платформами, достаточного количества технических средств у учащихся и преподавателей, рекомендованных образовательных методик.

Ключевой фактор цифровизации системы образования – уровень готовности преподавательского состава учебных заведений к переходу на новую модель обучения. По данным статистического исследования ВШЭ в период с 2020 по 2021 год профессорско-преподавательский состав насчитывает 223,1 тысяч человек, из них только 10,7 в возрасте до 30 лет и 64,6 – старше 60 лет [4]. Опираясь на статистические данные, автор статьи пришел к выводу, что на данный момент не только наблюдается тенденция к сокращению числа преподавателей, но и отсутствует тенденция омоложения кадров. Данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Численность профессорско-преподавательского состава

Критерий \ Период	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021
Численность, тыс. чел.	245,1	236,1	229,3	223,1
До 30 лет	14,8	13,1	11,7	10,7
60 лет и старше	69,5	67,8	66,4	64,6

Согласно приведенным цифрам, в период с 2017 по 2021 год произошло сокращение профессорско-преподавательского состава на 27 тысяч человек, данный фактор способен сказаться на качестве внедрения и реализации новых технологий в обучении. В своей статье В. Л. Снежко приводит результаты проведенного анализа, на основании которых делает выводы о преимуществе "молодого поколения" из числа преподавательского состава в вопросах реализации принципов цифрового обучения, поскольку им проще дастся процесс адаптации к новым условиям с учетом необходимости освоения и внедрения цифровых образовательных продуктов [5]. Продолжение тенденции сокращения числа молодых преподавателей (до 30 лет) на фоне общего сокращения профессорско-преподавательского состава приведет к нарушению принципа преемственности поколений и не позволит заслуженным представителям высшей школы подготовить достойную смену, возникновению трудностей в вопросах внедрения новых методик в процесс цифрового обучения.

Анализируя приведенные выше промежуточные результаты анализа, автор статьи пришел к следующим выводам: во-первых, цифровизация про-

цесса обучения должна вестись поэтапно с учетом особенностей и возможностей современных образовательных учреждений, во-вторых, учитывая специфику направлений подготовки, внедрять гибридную форму обучения, оптимально сочетающую традиционные и дистанционные формы обучения [6], в-третьих, пересмотреть вузовскую подготовку преподавателей с учетом новых тенденций, делая упор на освоение технологий организации учебного процесса, с учетом необходимости применения цифровых платформ и инструментов.

Библиографический список

1. Ослякова И. В., Йоффе Н. Е., Абайдуллина О. С. Культурно-образовательное пространство и его потенциал в формировании профессионала // Человеческий капитал. 2020. № 7 (139). С. 131–138. DOI: <https://doi.org/10.25629/НС.2020.07.12>. EDN: IWKQOU.
2. Гузеев М. С., Фасоля А. А. Использование цифровых технологий в деятельности образовательной организации высшего образования // Человеческий капитал. 2020. № 3 (135). С. 181–186. DOI: <https://doi.org/10.25629/НС.2020.03.20>. EDN: ARTFKF.
3. Гузеев М. С., Григорьев С. М. Проблемы интеграции в системе общего образования в России: исторический анализ // Человеческий капитал. 2020. № 1(133). С. 72–77. DOI: <https://doi.org/10.25629/НС.2020.01.07>. EDN: BIVSCJ.
4. Гохберг Л. М., Озерова О. К., Саутина Е. В., Сутырина Т. А. [и др.]. Образование в цифрах: 2021 : краткий статистический сборник. М. : НИУ ВШЭ, 2021. 132 с. DOI: <https://doi.org/10.17323/978-5-7598-2384-1>.
5. Снежко В. Л., Щедрина Е. В. Кластерный анализ возраста профессорско-преподавательского состава ВУЗов в субъектах Российской Федерации // Казанский педагогический журнал. 2020. № 2 (139). С. 44–55. DOI: <https://doi.org/10.34772/KPJ.2020.139.2.005>. EDN: PRFHNJ.
6. Борисова Е. В. Роль преподавателя в цифровой системе образования // Человеческий капитал. 2020. № 3 (135). С. 104–110. DOI: <https://doi.org/10.25629/НС.2020.03.11>. EDN: HXBZJP.

Об опыте обучения в норвежской магистратуре

Скрябин А. В.¹, Коваленко А. С.² (¹г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра цифровых технологий, математики и экономики; ²г. Буде, Норвегия, "Северный университет"; e-mail: skryabinav@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье представлены различные стороны норвежского высшего образования, отмеченные авторами во время их обучения в магистратуре Университетского колледжа города Молде. Рассматриваются подходы к ведению занятий, групповой работе и проблеме плагиата, организации учебного процесса, а также применяемые в нем программные средства.

Abstract. The article presents the various aspects of Norwegian higher education, noted by the authors during their master's studies at Molde University College. The approaches to conducting classes, group work and the problem of plagiarism, organization of the educational process, as well as the software used in it, are considered.

Ключевые слова: норвежское высшее образование, групповая работа, учебный процесс, антиплагиат, программные инструменты

Key words: Norwegian higher education, team works, studying process, anti-plagiarism, software tools

Как известно, все познается в сравнении. Классическое и инновационное в образовательном пространстве технического университета не является исключением из этого правила. Став непосредственными участниками образовательного процесса в Университетском колледже города Молде в Норвегии, авторы данной статьи получили возможность сравнить свой новый опыт с обучением в России. В последующих параграфах представлено описание некоторых наблюдений.

Учебный процесс. Осенний семестр в Норвегии начинается в середине августа. До 1 сентября идет регистрация студентов на учебные курсы и экзамены. После этой даты регистрация уже невозможна, но допустимо отказаться от выбранных дисциплин и/или экзаменов. Количество дисциплин в семестре значительно меньше, чем в российских вузах. При этом все дисциплины связаны с изучаемой специальностью, а принятых в России общепрофессиональных дисциплин – нет. Однако, несмотря на малое количество курсов, учебная нагрузка во время семестра достаточно высокая. Занятия проводятся 5 дней в неделю, обычно в первой половине дня. После занятий студенты занимаются самостоятельно в аудиториях или в библиотеке. С помощью студенческих карт обучающиеся могут попасть в университет в любое время – уви-

деть людей, занимающихся в лабораториях или библиотеке, глубокой ночью или на выходных здесь абсолютно не удивительно.

С конца ноября начинается экзаменационный период, который длится примерно месяц. Обучающиеся выпускных курсов магистратуры к началу этого периода подготавливают развернутый отчет по теме планируемой диссертации, а затем защищают его перед комиссией. В докладе отражаются актуальность темы, ее цели и задачи, контекст решаемой проблемы, а также перечень работ и средств, которые при этом предполагается использовать. Хочется отметить, что предварительно на специальных семинарах в течение семестра студенты обучаются основам ведения научной деятельности и оформления ее результатов, а также подготавливают свой первый краткий отчет по планируемой теме своей диссертации.

Зимний семестр начинается в начале января. Регистрация на курсы и экзамены осуществляется до 1 февраля. С конца апреля начинается экзаменационный период. У магистрантов выпускных курсов зимний семестр полностью посвящен работе над диссертацией, но допустимо записываться на дополнительные дисциплины и экзамены. К определенной дате в конце мая студенты должны загрузить тексты своих диссертаций на специальный сайт, а затем в течение двух-трех недель проходят защиты. Каждый выпускник заслушивается своей индивидуальной комиссией, состоящей из руководителя и оппонента, в отведенное для этого время. В роли оппонента выступает профессор, являющийся экспертом в предметной области и методе анализа защищаемой диссертации, из другого норвежского университета.

Летом студенты могут пройти практику по своей специальности в организациях, готовых предоставить такую возможность. Информация о таких предприятиях размещается на сайте университета. Прохождение практики не является обязательной частью обучения, что однако компенсируется прикладными проблемами, решаемыми в рамках выпускных работ, зачастую на базе и/или с использованием данных какой-либо организации.

Программные инструменты в обучении. В норвежском образовании очень активно используются современные технологии. Помимо разнообразного прикладного программного обеспечения, можно выделить следующие специфические платформы:

1. *StudentWeb*. Это организационная платформа, на которой студенты могут записаться или отменить регистрацию на курсы и экзамены в семестре, а также ознакомиться со своими оценками.

2. *Canvas*. Это наиболее часто используемая студентами и преподавателями платформа. По каждой дисциплине, на которую подписался обучающийся, он может посмотреть загруженные преподавателем материалы, найти ссылки на встречи в Zoom или видеозаписи занятий, задать вопрос на форуме или в чате, а также загрузить выполненные проверочные работы.

3. *Inspira*. Это экзаменационная платформа, где студенты получают задания и куда загружают файлы со своими ответами.

4. Электронная библиотека университета с электронными базами журналов и книг (Web of Science, ScienceDirect, Scopus, Springer), а также с электронными версиями выполненных выпускных работ студентов университета. Обучающиеся имеют право запросить у администрации университета доступ к другим международным научным базам, после чего университет покупает подписку и открывает к ней доступ. Список пожеланий обновляется каждые полгода.

5. *Kahoot* (kahoot.com) – платформа для проведения интерактивных викторин. Многие преподаватели используют ее для проведения увлекательных опросов во время занятий.

Отдельно хочется отметить, что все студенты имеют возможность удаленно подключиться к компьютерам университета и работать со всеми программами и документами из дома.

Преподавание. На первом занятии преподаватель представляется и кратко описывает свою профессиональную и научную деятельность, после чего, как правило, также просит студентов представиться и рассказать об их ожиданиях от дисциплины.

Каждая лекция состоит из двух 45-минутных частей с 15-минутным перерывом между ними. Все лекционные занятия проводятся с презентациями, в которых представлены ссылки на источники используемых материалов. Сами лекции зачастую носят обзорный характер и подразумевают самостоятельное, более глубокое изучение тем. Одним из интересных моментов в норвежском образовании является то, что преподаватели не адресуют вопросы какому-то конкретному студенту. Это сделано для того, чтобы не выделять студента среди остальных, если он ответит правильно, или, наоборот, не понизить его "социальный статус" в глазах его однокурсников, если он не сможет ответить. Однако дискуссии, когда студенты сами вступают в обсуждение, приветствуются. Другой интересный момент – как минимум на одну лекцию

по дисциплине в семестре лектор приглашает гостя с производства или из другого университета, чтобы тот осветил какую-то тему и поделился практическим опытом.

Практические занятия лектору помогают вести так называемые *help-teachers* – ассистенты из числа аспирантов или студентов, успешно завершивших изучение дисциплины ранее. Они же проводят консультации по решению выданных студентам работ в семестре и проверяют выполненные задания. Кроме того, ассистенты помогают лектору определить проблемные для студентов места на основе часто задаваемых вопросов, чтобы скорректировать учебный курс для следующего года. Несмотря на то, что ассистенты являются действующими студентами, с ними заключается контракт и их работа оплачивается. Таким образом, у студентов появляется стимул показать очень хорошие результаты во время изучения дисциплины, чтобы получить возможность стать ассистентом на следующий год.

Формы контроля. Состав форм контроля похож на применяемые в российском образовании, но ставящиеся перед студентами проблемы гораздо чаще, чем в России, носят прикладной характер и требуют творческого подхода. Очень редко можно встретить задания, требующие простого выполнения заданной последовательности шагов. Перед студентом ставится прикладная задача, а он должен применить полученные знания для ее решения.

Отдельно хочется отметить строгий подход к своевременной сдаче промежуточных форм контроля. В случае, если студент не сдал какую-то работу в установленные сроки, то он не допускается к сдаче экзамена в текущем семестре и ему придется снова сдавать все формы контроля по этой дисциплине в следующем году.

До начала пандемии коронавируса практически все экзамены по дисциплинам проходили в письменном виде. На таком экзамене все организационные процессы осуществляются приглашенными наблюдателями. Студентам раздают конверты с заданиями. Преподаватель, ведущий дисциплину, может появиться на экзамене только в определенное время для ответа на вопросы по формулировке заданий. Оцениваются ответы студентов тоже не только преподавателем, но и сторонним независимым экспертом, для которого преподаватель подготавливает рекомендации по оцениванию работ. Итоговая оценка студента – это наивысшая из оценок, поставленных преподавателем и экспертом. Проверка ответов студентов занимает достаточно длительное

время, но не позднее, чем через три недели после экзамена, все оценки должны быть проставлены.

Другими формами экзаменов являются компьютерное тестирование и собеседование. Если в тестировании есть хотя бы один вопрос с ответом в открытой форме, то для оценивания также задействуется сторонний эксперт. В случае собеседования ответы студентов заслушивает комиссия. Таким образом в норвежской системе обучения пытаются довести до максимума объективность оценки знаний студентов.

Если студент не сдал экзамен по какой-либо причине (получил самый низкий балл из возможных или же не смог или не захотел присутствовать на экзамене), то он имеет право на еще одну попытку, но не ранее следующего семестра. В первый месяц администрация университета определяет список дисциплин, экзамены по которым были провалены хотя бы одним студентом. Затем этот перечень размещается на сайте и все желающие (не справившиеся с экзаменом в первый раз или желающие повысить оценку) могут записаться на повторный экзамен, форма которого может отличаться от предыдущего. Если все студенты успешно справились с экзаменом с первого раза, то желающим повысить оценку придется дожидаться следующего года и снова записаться на этот экзамен. При этом от них потребуется снова выполнить все промежуточные формы контроля для допуска.

После начала пандемии и повсеместного внедрения дистанционного обучения все экзамены были переведены в электронный формат. В назначенное время дня письменного экзамена все студенты заходят на сайт экзаменационной системы, где получают задание и через несколько часов должны загрузить файл с ответами. Устные экзамены проводятся в формате видеоконференции. Экзаменационные тестирования проходят без изменений, за исключением того, что студенты находятся во время них не в аудитории, а у себя дома. В настоящее время в Норвегии планируется возврат к стандартному формату обучения с января 2022 года.

Групповая работа. Групповая работа очень важна в норвежском учебном процессе – дискуссия о возможных подходах к решению проблем помогает найти верный подход. Задания изначально формулируются для группы из 2–4 человек. Довольно часто даже выпускные работы выполняются несколькими студентами.

Университет поддерживает групповую работу студентов не только формированием заданий на несколько человек, но и созданием соответствующей

щих условий. В университетах Норвегии очень много так называемых комнат для групповой работы. Это небольшие помещения, рассчитанные на 4–8 человек, со столом и стульями. Главное отличие таких кабинетов от альтернативы в виде компьютерных лабораторий заключается в их уединенности. Другие студенты не мешают группе обсуждать задачи и способы их решения. Для того, чтобы попасть в комнату для групповой работы, студентам достаточно найти свободную, но более приемлемым вариантом является запись на определенное время через сайт, особенно если нужно помещение с учебной доской или чем-то еще. На сайте же можно посмотреть занятость групповых комнат в данный момент и в ближайшие дни. Стоит отметить, что востребованность этих комнат очень высокая – студенты активно используют их для работы над заданиями.

Антиплагиат. Наличие большого объема групповой работы при выполнении форм контроля может навести на мысли о проблеме списывания. Для решения данного вопроса в Норвегии повсеместно внедрена система антиплагиата. Практически все выполненные формы контроля студентов автоматически загружаются в нее и проверяются на наличие заимствований. Преподаватель получает информацию о результатах проверки на плагиат. В случае, если объем обнаруженных заимствований в работе превышает допустимые 20 %, то к студенту могут быть применены штрафные меры. Самое простое наказание заключается в аннулировании работы. При серьезных нарушениях ставится вопрос об отчислении студента и занесении информации о нарушении в национальную систему, что не позволит обучающемуся быть зачисленным куда-то еще в Норвегии в течение некоторого времени. При такой строгости неудивительно, что среди прочего студентов также обучают, как правильно работать с литературными источниками и как правильно оформить цитируемые фрагменты, чтобы не нарушить правила о плагиате.

В ограниченном объеме статьи, разумеется, невозможно перечислить все особенности норвежской системы высшего образования. Однако представленные в статье классические и инновационные моменты обучения в Норвегии кажутся достойными обсуждения и анализа с целью дальнейшего улучшения образовательного процесса в России.

Особенности преподавания дисциплины "Зоология" обучающимся в региональном техническом университете

Тюкина О. С., Кравец П. П. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии и водных биоресурсов, e-mail: tyukinaos@mstu.edu.ru)

Аннотация. Рассматриваются особенности преподавания дисциплины "Зоология" обучающимся по направлению "Биология" в региональном техническом университете с точки зрения психологии и педагогики.

Abstract. The article discusses the features of teaching the discipline "Zoology" to students in the field of "Biology" at the regional technical university from the point of view of psychology and pedagogy.

Ключевые слова: дисциплина "Зоология", наука "Зоология", воспитательная работа, биологическая систематика, виварий

Key words: discipline "Zoology", science "Zoology", educational work, biological systematics, vivarium

Как дисциплина "Зоология" базируется на довузовской подготовке в области биологии, экологии, окружающего мира. Зоология решает много задач в образовании, которые можно разделить на следующие: познавательные, исследовательские, нормативные, ценностные, практические. Очень важна и воспитательная составляющая – формирование культуры отношения к объектам живой природы [1; 2].

Цель работы – выяснить настоящие возможности преподавания дисциплины "Зоология" обучающимся в региональном техническом университете с учетом современных реалий. Для этого кратко рассмотрим два аспекта: значение дисциплины зоология в образовательном процессе и сложности преподавания зоологии в вузах.

Значение дисциплины "Зоология" в образовательном процессе

Между дисциплиной "Зоология" и наукой "Зоология" имеется большая разница. Цель зоологической науки – получить новые знания об основных закономерностях строения, жизнедеятельности, размножения и развития животных, их взаимодействии с окружающей средой, расселении в природной среде, их происхождении, историческом развитии [1].

В отличие от науки основная функция дисциплины – учебная. И как учебная дисциплина зоология выполняет главную функцию – образовательную. Учебный предмет по зоологии содержит не все знания, накопленные наукой в ходе исследований, а лишь её основы. В ходе преподавания зоо-

логии в университете происходит не только воспроизведение данных науки, но и обобщение, уточнение понятий, систематизация научных фактов и суждений, отражение новых идей и открытий. Таким образом, цель университетской дисциплины "Зоология" – дать обучающимся знания, полученные зоологической наукой [2–4].

Значение образовательной функции зоологии в процессе обучения будущих биологов неоспоримо. Поэтому сосредоточимся на функции воспитания в рамках преподавания зоологии.

Университетское образование, как и школьное, нацелено на воспитание всесторонне и гармонично развитой личности. В процессе преподавания зоологии в первую очередь осуществляют экологическое, гигиеническое и этическое, а также эстетическое и патриотическое воспитание [2–4].

Экологическое воспитание на дисциплине возможно формировать за счет донесения до обучающихся многообразия животного мира, его родстве с человеком, сложности поведения даже "низших, простых" и образа жизни животных, через демонстрацию уникальных возможностей различных животных, а также их хрупкость (уничтожение человеком сотен видов). Это может помочь сформировать осознание ценности жизни, природы и необходимости их защищать.

Гигиеническое воспитание на зоологии реализуется через привитие знаний о паразитических протистах, беспозвоночных животных и некоторых позвоночных, а также переносчиков опасных для человека заболеваний, элементарных правилах гигиены, поведения и знаний опасных районов.

Этическое воспитание формируется через экологическое и гигиеническое воспитание, а также личным примером преподавателя, особенно при проведении лабораторных работ, связанных с подготовкой и осуществлением анатомического вскрытия животных.

Эстетическое воспитание реализуется за счет формирования восприятия прекрасного у "страшных" животных (тараканов, пауков, миног и пр.), умение видеть не только внешнюю красоту, но и внутреннюю.

Патриотическое воспитание осуществляется через демонстрацию разнообразия животных родной страны, через уникальность и хрупкость животных приарктических и арктических районов. Это формирует уважение и любовь к родине, стремление сберечь, украсить и защитить ее.

Таким образом, дисциплина "Зоология" играет важную роль в образовании и формировании всесторонне гармонично развитой личности у обучающихся биологов.

Сложности преподавания зоологии в вузах. Как самостоятельная дисциплина в вузовском образовании зоология существует пару последних столетий. За это время сформировались определенные принципы преподавания зоологии. В целом, их можно разделить на две группы. Первая – на изучении отдельных групп животных в порядке эволюционного развития с упором на видовое многообразие, вторая – на сравнительном изучении морфологических и анатомических систем животных в порядке эволюционного развития. И это первая дилемма преподавателя, какой принцип выбрать. У обоих вариантов есть много аргументированных доводов в их пользу, и есть свои недостатки [1].

Вторая проблема связана с таксономической революцией, произошедшей в конце прошлого столетия и начале настоящего [5–8].

На данный момент в школьном и классическом вузовском образовании изучение живых организмов базируется на их делении на безъядерные и ядерные организмы. Последние, в свою очередь, делятся на ранги по типу питания, т. е. царства растений, животных и грибов. Таким образом, зоология – это наука, изучающая представителей царства животных. Но в современной систематике такого царства не существует, нет привычных понятий о растениях, животных и грибах. Представители из этих групп теперь могут присутствовать в одном царстве или представители одной группы могут быть разбросаны по нескольким царствам. Возникает закономерный вопрос, что же тогда должна изучать зоология? Какие у нее теперь объекты для изучения? Если всё оставить как есть, то тогда возникает гигантский разрыв между вузовским образованием и научным миром, который максимально придерживается и модернизирует свои исследования согласно таксономической революции. Поэтому вузовскому биологическому образованию в части базовых дисциплин требуются кардинальные изменения. Но тогда и так имеющееся в настоящее время отличие между вузовским биологическим образованием и школьным увеличится значительно. Эта проблема со временем будет становиться все острее.

Не менее важна проблема современных вузов, связанная с материально-техническим оснащением дисциплин, в том числе зоологии.

Для уровня школьного образования достаточно живого уголка природы, в котором содержатся в основном растения, а из животных некоторые культуры одноклеточных протистов, дождевых червей, аквариумы с моллюсками, дафниями, рыбками, иногда террариумы с черепахами и пр. За живым уголком ухаживает учитель и школьники.

В то время как для достижения наилучших результатов в освоении материала по зоологии необходимы технически оснащенные лаборатории с богатыми и постоянно пополняющимися коллекциями фиксированных животных организмов, а также виварии. Обновление и пополнение коллекций держится в основном на энтузиазме преподавателей и их личных договоренностях с сотрудниками различных научно-исследовательских институтов, биологических научных станций и производств.

Для качественного университетского зоологического образования необходим виварий – здание или отдельное помещение при научно-исследовательском институте, лаборатории или учебном заведении, предназначенное для содержания лабораторных животных, которые используются в экспериментальной работе или в учебном процессе. Требования к вивариям регламентируются ФЗ РФ "О ветеринарии" от 14.05.1993 № 4979-1, ФЗ РФ "О техническом регулировании" от 15.12.2002, а также РД-АПК 3.10.07.02-09 "Методические рекомендации по содержанию лабораторных животных в вивариях научно-исследовательских институтов и учебных заведений".

Согласно им виварии должны быть отдельно стоящими зданиями, огороженными глухими заборами с озелененной санитарно-защитной зоной, или располагаться на верхнем этаже здания. Виварии должны состоять из ряда помещений: приема животных, карантина, кормокухней, дезинфекционно-моечным отделением, склада чистого инвентаря и пр. При этом должна быть полная изоляция вивария от остального здания (отдельная вентиляция, локальная канализация и пр.). Обслуживанием вивария должен заниматься отдельный персонал. Все животные, поступающие в виварий, должны быть с ветеринарным свидетельством либо сопроводительным документом из питомника [9]. Это только ключевые моменты, которые демонстрируют необходимость внушительного финансирования. Далеко не каждый научный институт может позволить себе содержание вивария.

Все перечисленное показывает высокую стоимость преподавания данной дисциплины. Таким образом, современные научные достижения и настоящие финансовые возможности высших учебных заведений значительно усложняют возможности качественного обучения зоологии будущих биологов.

Как наука и как дисциплина зоология формировалась не одно тысячелетие. Но за последние полвека в естественных науках произошли величайшие открытия, которые повлекли кардинальный пересмотр животного мира, а также сокращения финансирования многих региональных вузов в стране

приводят к существенному недофинансированию высшего образования, все это приводит к значительным сложностям в возможности качественного обучения зоологии будущих биологов во многих современных вузах.

Несмотря на это дисциплина "Зоология" выполняет важную роль в образовании и формировании всесторонне гармонично развитой личности у обучающихся биологов.

Библиографический список

1. Большая российская энциклопедия. Зоология. URL: <https://bigenc.ru/biology/text/1995912#gallery> (дата обращения 20.11.2021).
2. Якунчев М. А., Волкова О. Н., Аксенова О. Н., Колмыкова Т. С. [и др.]. Методика преподавания биологии. М. : Академия, 2008. 320 с.
3. Пономарева И. Н., Роговая О. Г., Соломин В. П. Методика обучения биологии / под ред. И. Н. Пономаревой. М. : Академия, 2012. 368 с. Пономарева И. Н., Соломин В. П., Сидельникова Г. Д. Общая методика обучения биологии. 3-е изд. М. : Академия, 2008. 273 с.
4. Харламов И. Ф. Педагогика. М. : Юрист, 1997. 506 с.
5. Adl S. M., Simpson A. G. B., Lane C. E., Lukeš J. [et al.]. The Revised Classification of Eukaryotes // Journal of Eukaryotic Microbiology. 2012. Vol. 59, Iss. 5. P. 429–514. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2012.00644.x>.
6. Cavalier-Smith T. Deep phylogeny, ancestral groups and the four ages of life // Philosophical transactions of the Royal. Society B: Biological sciences. 2010. Vol. 365, Iss. 1537. P. 111–132. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0161>.
7. ПИНРО – на пути к столетию. Мурманск : ПИНРО, 2005. 264 с.
8. Леонтьев Д. В., Акулов А. Ю. Революция в мегатаксономии: предпосылки и результаты // Журнал общей биологии. 2002. Т. 63, № 2. С. 158–166.
9. РД – АПК 3.10.07.02-09. Методические рекомендации по содержанию лабораторных животных в вивариях научно-исследовательских институтов и учебных заведений : М. : Министерство сельского хозяйства РФ, 2009. 27 с.

Проблема прокрастинации и самостоятельной организации управления временем при дистанционном обучении

Фомин К. Ю. (*г. Мурманск, Полярный филиал ФГБНУ "ВНИРО" ("ПИНРО" им. Н. М. Книповича)*, e-mail: fomin@pinro.ru)

Аннотация. В работе рассматриваются особенности явления прокрастинации у студентов, связанные с необходимостью переходить на дистанционное обучение, приводится обзор актуальных исследований в данной области и методов, направленных на уменьшение частоты возникновения прокрастинации в процессе самостоятельной учебной или исследовательской деятельности.

Abstract. This paper addresses the peculiarities of students' procrastination associated with the mandatory remote education, reviews the current research in that area and the methods of reducing the frequency of procrastination in the process of autonomous educational or research activities.

Ключевые слова: прокрастинация, самоорганизация, студенты, дистанционное обучение
Key words: procrastination, self-organization, students, remote education

В условиях сложившегося распорядка учебы или иных видов труда у человека обычно не возникает затруднений с выполнением небольших объемов самостоятельной работы, поскольку режим в течение рабочей недели носит циклический характер: каждый день или раз в несколько дней в определенное время предполагается исполнение одних и тех же действий. Это характерно как для посещения учебного заведения или рабочего места, соблюдения обеденного перерыва или расписания транспорта, так и для периода свободного времени, включающего в себя, к примеру, работу по дому или родительские обязанности. Такая цикличность способствует разделению 24-часовых суток на отрезки разной продолжительности, предназначенные для разной деятельности, которые могут частично совпадать у разных людей (например, у сотрудников одного и того же предприятия или членов одной семьи), но в целом на протяжении суточного, недельного или более длительного периода образуют уникальный индивидуальный паттерн. Ограниченность отрезков времени, которые можно посвятить самостоятельной работе, в рамках других составляющих паттерна не предполагает возможности отложить запланированные дела на более поздний срок без объективной причины.

Ситуация с пандемией COVID-19 привела к повсеместному введению режима самоизоляции и дистанционного обучения, что, в свою очередь, повлекло за собой нарушения сложившегося паттерна повседневной деятельности граждан. Исчезла необходимость добираться до места работы или учебы

из дома, в большинстве случаев – соблюдать строгий график и поддерживать дресс-код (например, деловой костюм или униформу) для ряда учреждений и должностей. Все это освободило большое количество времени, которое, на первый взгляд, должно способствовать росту производительности труда, однако на самом деле наблюдается обратный эффект: поскольку периоды труда и отдыха фактически не разграничены, между ними отсутствуют "промежуточные" периоды времени, посвященные обычно приведению внешнего вида человека в порядок и дороге от дома до места работы или учебы. Эти периоды имеют большую значимость, чем принято считать, поскольку они способствуют самомотивации и "настройке" на процесс деятельности [1, с. 36]. Когда они пропадают, заменяясь свободным временем, возникает желание отвлечься от немедленного выполнения работы, отложить ее на более поздний срок, т. е. прокрастинация, причем как у преподавателей, так и у студентов [2].

Удаленный режим работы, особенно в условиях отсутствия четкого суточного графика и возможностей для оперативного контроля, также способствует возникновению прокрастинации. В качестве примера можно привести обязанности по сбору возрастных проб из уловов в промысловом рейсе. Подразумевается, что пробы должны отбираться из уловов ежедневно, по мере продвижения судна по маршруту промысла, отражать распределение рыб по районам, глубинам и отдельным тралениям, а также соответствовать в определенной пропорции количеству дней, в течение которых велся лов, т. е. при сборе первичных данных должна соблюдаться чистота эксперимента. На практике, однако, могут встречаться случаи, когда ответственный специалист пропускает без уважительной причины часть рабочего периода и заменяет пробы, которые должны были быть собраны в пропущенные дни, пробами из других тралений. Общее количество материала номинально соответствует указанным в техническом задании нормам сбора, но в размерно-возрастном составе уловов закладывается ошибка, способная дать погрешность при последующем использовании собранных данных для анализа состояния промысловых запасов или других видов научной деятельности.

Выделение академической прокрастинации в отдельный класс осуществил еще Ной Милгрэм, однако впоследствии было показано, что границы составленной им классификации являются нечеткими и дополнительно модифицируются личностными особенностями человека, а также наличием специфических расстройств, таких как перфекционизм, заниженная самооценка

или иррациональные убеждения [3]. Тем не менее рассматривать именно академическую прокрастинацию удобно с точки зрения однородности ее субъектов как по возрастному диапазону, так и по роду занятий: в любой момент времени в распоряжении исследователей имеется достаточно большое количество школьников, студентов или аспирантов. Фокусируясь именно на студентах, выделяют следующие возможные причины академической прокрастинации: сложности адаптации и самоорганизации в процессе дистанционного обучения, общий психологический стресс на фоне пандемии, резкая смена обстановки и требований к персональной отчетности, а также упомянутые выше особенности личности [4]. Смена обстановки с оффлайн-режима на онлайн-режим учебы и обратно (поскольку в большинстве случаев дистанционное обучение носит временный характер) сопровождается ломкой временных паттернов. Требования к отчетности на дистанте обычно имеют вид внушительного списка заданий, которые необходимо выполнить к определенному сроку. При этом ни промежуточных сроков исполнения отдельных заданий, ни плана работы, ни списка справочных материалов, которые при очном обучении успешно заменяются консультацией у преподавателя, зачастую не предоставляется, поскольку подразумевается, что студент способен организовать всю эту работу самостоятельно. На практике организация учебного процесса является "подводным камнем" с точки зрения планирования временных затрат, поскольку сама необходимость ее проведения осознается студентом далеко не всегда, и непредвиденная вспомогательная работа вызывает стресс с боязнью не успеть выполнить все задания вовремя, что дополнительно усугубляет прокрастинацию у учащихся. Среди факторов, затрудняющих освоение студентами методов дистанционного обучения, можно назвать потребность в адаптации к новому формату занятий, проблемы технического характера, связанные с оборудованием или программным обеспечением, отсутствие живого общения с одногруппниками и преподавателями [5].

Исследования способности студентов совладать с повышенным уровнем стресса, обусловленным как связанной с получением высшего образования нагрузкой и мероприятиями по профилактике распространения COVID-19, так и сопутствующими явлениями (переход к самостоятельной жизни, зарабатывание денег, построение личных отношений, общая неопределенность и т. д.), показали по результатам тестирований и опросов, что те из студентов, которые обладают высоким уровнем осмысленности жизни, способны

адаптироваться к изменениям внешних условий и принимать возникающие риски, проявляют проактивную позицию с точки зрения саморегуляции и, как следствие, – значительно более низкий уровень стресса [6]. Анализ статистики опросов показал, что большинство студентов обладают низким и средним уровнем прокрастинации; общий ее уровень проявляет положительную корреляцию с возрастом (чем старше курс, тем выше прокрастинация) и отрицательную корреляцию с уровнем самоорганизации. Для девушек была характерна более низкая прокрастинация, чем для студентов мужского пола. Примечательно, что на снижение уровня прокрастинации повлияло также наличие в учебной программе дисциплины "Самоорганизация учебной деятельности в вузе" [7].

С точки зрения преодоления прокрастинации существует достаточно большое количество рекомендаций, ориентированных как на учащихся, так и на работающую аудиторию, как на очные, так и на дистанционные условия. Фокусируясь на способах, наиболее подходящих для студентов на дистанционном обучении, следует обратить внимание на следующие из них.

- Ликвидация любых затруднений технического характера. Если формат занятия предполагает двустороннее общение с преподавателем, требуется убедиться в том, что у всех студентов имеются работоспособные аппаратные (микрофон, камера) и программные (приложения типа Skype, Zoom, WebEx и др.) средства для его реализации. Если для организации и контроля учебного процесса используется единая платформа (например, Moodle), необходимо удостовериться, что у всех студентов имеется доступ к ней [5]. Также периодически возникают проблемы с программным обеспечением, используемым для подготовки отчетности: текстовых документов, электронных таблиц, презентаций и т. д. Наиболее часто среди них встречаются несовместимость форматов файлов, созданных или отредактированных в разных приложениях, а также заражение вирусами или иным вредоносным ПО.

- Расширение взаимодействия между студентами и преподавателем. Во время проведения учебных мероприятий преподаватель является примером и моделью для студентов. Он соблюдает расписание и временные рамки занятий, поддерживает контакт с аудиторией, не оставляет без внимания вопросы, соответствует установленному уровню культуры общения и преподавания [8]. В неучебное время преподаватель оставляет возможность студентам связаться с ним при помощи электронной почты, социальных сетей, мессенджеров и т. д., консультируя их по возникающим вопросам и отсле-

живая ход исполнения выданных заданий. Если к группе прикреплен куратор, он может взять на себя часть указанных обязанностей, поддерживая оперативную связь между студентами и преподавателями [5].

- Приемы самоорганизации для студентов: для выполнения объемных, трудоемких заданий полезно делить их на части и планировать работу, закладывая для каждой из этих частей избыточный резерв времени, чтобы, во-первых, иметь возможность решать возникающие в процессе трудности, во-вторых, выделять достаточно большие периоды отдыха. Обсуждение учебных материалов в парах или более крупных группах с необходимостью сообщать о ходе выполнения работы способствует поддержанию интереса к обучению через элемент соревнования и взаимопомощи [9]. Неприятные или затруднительные для выполнения задания можно заложить в ежедневный распорядок дня, что постепенно сформирует привычку и поможет в формировании мотивации к их освоению.

В качестве выводов необходимо высказать две ключевые мысли в отношении явления прокрастинации. Усугубление частоты ее встречаемости и степени выраженности связано не столько с дистанционным обучением как таковым, сколько с необходимостью переходить на него, перестраивая фактически весь образ жизни, а затем возвращаться к очной форме обучения, проходя эту процедуру еще раз в обратном направлении. Противодействие данному явлению, будучи оставлено исключительно на личную ответственность студента, является неустойчивым, как и любое тело с единственной точкой опоры. Продолжая эту аналогию, существенно более надежным представляется наличие трех точек опоры: личная ответственность, взаимодействие студентов с преподавателем и между собой.

Библиографический список

1. Прохоров А. О., Валиуллина М. Е., Габдреева Г. Ш., Гарифуллина М. М. [и др.]. Психология состояний. М. : Когито-Центр, 2011. 624 с.
2. Щелина С. О., Галина З. Н. Особенности прокрастинации и перфекционизма студентов и преподавателей вуза // Новая психология профессионального труда педагога: от нестабильной реальности к устойчивому развитию, Москва, 05–06 июля 2021 года. М. : Психологический институт РАО, 2021. С. 183–186. EDN: IXMPOU.
3. Колесникова В. И., Денисенко Ю. С. Теоретический анализ феномена прокрастинации в парадигме глубинной психологии // Психология и педагогика в Крыму: пути развития. 2020. № 2. С. 155–172. EDN: OKMOVU.

4. Петрова С. С., Краснянская Д. С. Профилактика склонности к академической прокрастинации студентов // Молодой ученый. 2020. № 50 (340). С. 435–437. EDN: IVLYZH.
5. Олейник Е. В., Муталова Д. А., Безенкова Т. А., Мананникова А. В. Изучение проблемы адаптации студентов вуза в условиях самоизоляции к on-line обучению с применением дистанционных образовательных технологий // Современное педагогическое образование. 2020. № 5. С. 69–72. EDN: WRROPE.
6. Леоненко Н. О. Психологические особенности совладания студентов со стрессом, ассоциированным с пандемией COVID-19 // Новая психология профессионального труда педагога: от нестабильной реальности к устойчивому развитию. 2021. № 1. URL:
<https://cyberleninka.ru/article/n/psihologicheskie-osobennosti-sovladaniya-studentov-so-stressom-assotsiirovannym-s-pandemiei-covid-19>.
7. Еремицкая И. А., Андреева И. В. Прокрастинация и самоорганизация у студентов вуза // Общество: социология, психология, педагогика. 2019. № 3(59). С. 91–97. DOI: <https://doi.org/10.24158/spp.2019.3.15>. EDN: UZFOWE.
8. Дрещинская М. К. Использование доступных информационных технологий при трансформации форм образовательного процесса // Дистанционное обучение в высшем образовании: опыт, проблемы и перспективы развития : XIV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, г. Санкт-Петербург, 20 апреля 2021 г. Санкт-Петербург : СПбГУП, 2021. С. 49–52.
9. Кохан Н. В., Путинцева К. А. Влияние прокрастинации на учебный процесс // Молодой ученый. 2020. № 34 (324). С. 115–117. URL:
<https://moluch.ru/archive/324/73271/>. EDN: SVIHEW.

Классическое и инновационное в призме среднего профессионального образования

Хармич Е. Е. (*г. Мурманск, ГАПОУ МО "Мурманский строительный колледж им. Н. Е. Момота", e-mail: sulikova_e@mail.ru*)

Аннотация. В статье поднимаются проблемы современного профессионального образования уровня колледжей и техникумов. Рассматривается переход к профессиональным стандартам, пути повышения мотивации студентов за счет укрепления материально-технической базы и проведения конкурсов профессионального мастерства.

Abstract. The article raises the problems of modern vocational education at the level of colleges and technical schools. The transition to professional standards, ways to increase students' motivation by strengthening the material and technical base and holding professional skill competitions are considered.

Ключевые слова: современное среднее профессиональное образование, модернизация, образовательный профессиональный стандарт, направление WorldSkills, профессиональные навыки

Key words: modern secondary vocational education, modernization, educational professional standard, WorldSkills direction, professional skills

Проблемы современного образования – этот вопрос всегда будет затрагивать струны нашей души. В нас откликается не каждый вопрос, а только тот, с которым мы когда-либо сталкивались, который нас задевает за живое. Так вот образование – одна из тех частей нашей жизни, которую миновать не получается, и наша жизнь полностью пронизана этим аспектом, у кого-то в большей, а у кого-то в меньшей степени.

В результате развития человеческого общества происходит трансформация всех форм жизнедеятельности. Развитие науки и техники, медицины и других неотъемлемо важных сфер общества приводит к тому, что нужно повышать эффективность образования. Глубокие изменения, происходящие в российском социуме, привели к тому, что образование переживает сегодня, по оценкам ученых и учителей, государственных и общественных деятелей, глубокий кризис, выражающийся не только в материально-финансовом оскудении, но и в неопределенности целей и содержания самого образования [2].

Понятие "образование" очень обширно. Существует большое количество определений, дополняющих друг друга. Согласно толковому словарю русского языка С. И. Ожегова "образование – это получение систематизированных знаний и навыков, обучение, просвещение" [1]. И в то же время Закон об образовании Российской Федерации трактует это понятие совсем

иначе: "образование – целенаправленный процесс воспитания и обучения в интересах человека, общества, государства, сопровождающийся констатацией достижения гражданином (обучающимся) установленных государством образовательных уровней (образовательных цензов)" [5].

В желанном социокультурном обществе таким недостижимым становится понимание образования как возможности для становления личности при помощи получения знаний, освоения навыков развития (познавательных и творческих) через систему социальных институтов (семья, школа, СМИ).

За последние годы произошел ряд изменений, касаемых образования в Российской Федерации. Указом президента Министерство образования и науки РФ разделено на три ведомства (2012 год). Также в послании президента Федеральному собранию (2018 год) было заявлено о необходимой и скорейшей модернизации системы профессионального образования [6]. В 2016 году вступили в силу Приказы Минобрнауки России об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по профессии и специальности [3, 4]. И казалось бы, на бумаге вышли новые стандарты, разработанные с учетом необходимых общих и профессиональных компетенций. Но преподавательский состав остался тем же, интеллектуальный уровень студентов, жизненные цели и предшествующий опыт обучения в школе, как и семейный багаж, остались прежними.

Как отметил В. В. Путин на совещании 2018 года: "Нужно, чтобы колледжи и техникумы обеспечивали не только современную профессиональную подготовку, но и давали сильное, разностороннее образование, в том числе по естественнонаучным и гуманитарным дисциплинам, программированию, иностранному языку, и конечно, так называемые гибкие навыки: умение работать в команде, решать творческие, нестандартные задачи и настраивать молодых людей и вообще людей любого возраста на постоянное совершенствование, постоянную учебу, движение вперед в прямом смысле слова". То есть задача, которая стоит перед колледжами – это воспитание разностороннего работника, отвечающего требованиям современного производства и предприятий.

Но примерные образовательные программы, разработанные для всех специальностей и профессий, количество часов в которых неуклонно сокращается, свидетельствуют об обратном. В большинстве случаев наблюдается уменьшение количества лабораторных и практических занятий. Динамика

сокращения занятий, на которых студенты могут не только по одному разу попробовать, но и отточить свое мастерство, ведет к поверхностным знаниям, умениям и уменьшению интереса и мотивации к обучению.

Реалиями современных учебных заведений является то, что оборудование, инвентарь и инструменты, так называемая материально-техническая база лабораторий и профессиональных мастерских находилась на достаточно низком уровне. Переход к образовательным программам по профессиональному стандарту вынуждал учебные заведения среднего профессионального образования пополнять и совершенствовать комплектацию материально-технической базы. Вследствие этого не каждое учебное заведение, особенно если оно негосударственное, смогло возложить на себя такие достаточно большие финансовые обязательства. Для многих колледжей единственным выходом из сложившейся ситуации стало не производить набор студентов по данным направлениям.

Достаточно очевидно, что выпускники образовательных учреждений приходя на предприятия города, не имеют навыков работы с современным оборудованием, не знают принципов его работы и не понимают целей использования, так как не работали на нем, в лучшем случае – видели на картинках, представленных на уроках или при подготовке презентаций про современное оборудование. Так скудная оснащенность лабораторий и невозможность знакомства с передовыми технологиями оставляла отпечаток на внешнем облике и мастерстве выпускника или студента.

Реформирование системы среднего профессионального образования является задачей, стоящей перед автономной некоммерческой организацией "Агентство развития профессионального мастерства" WorldSkills Russia. 17 мая 2012 года Россия официально вступила в международное движение WorldSkills International (WSI). Среди основных целей данной организации можно выделить внедрение новых высоких стандартов рабочих профессий, поднятие престижа рабочих профессий, совершенствование экзаменационной системы в среднем профессиональном и высшем образовании с применением стандартов WorldSkills. В 2017 году в качестве эксперимента в 26 субъектах России государственная итоговая аттестация прошла в форме демонстрационного экзамена по стандартам WorldSkills. И так как к этому времени уже большинство учебных заведений среднего профессионального образования производили набор по новому стандарту, в 2018 году начались массовые сдачи демонстрационных экзаменов, наглядно демонстрирующие мастерство и навыки сдающих.

Внедрение профессионального стандарта и демонстрационного экзамена обязало колледжи и техникумы к обновлению и пополнению материально-технической базы. Закупается новое современное оборудование, дающее возможности к продвижению и использованию новых технологических процессов в производстве. Но одновременно с этим вскрывается следующая проблема, остро стоящая на этом этапе. Новое оборудование появляется, его можно и нужно использовать, а преподавательский состав не имеет навыков работы с ним. Соответственно встает необходимость в обучении преподавателей и мастеров производственного обучения в повышении квалификации. Хорошо, если колледж изыскивает на обучение средства, отправляет преподавательский состав на курсы повышения квалификации и всячески способствует поднятию профессионального мастерства своих работников. Преподаватели, освоившие навыки и обладающие знаниями, с воодушевлением передают опыт работы обучающимся. Новые приемы, технологии производства и возможности воплощения их в жизнь на лабораторных и практических занятиях являются способами привлечения внимания и мотивации студентов. Практические занятия – это важная составляющая образовательного процесса, где осязая руками, происходит "щелчок" и студент влюбляется в профессию.

Движение WorldSkills – это не только демонстрационные экзамены. Конкурсы профессионального мастерства проходят по многим компетенциям (поварское дело, кондитерское дело, малярные и декоративные работы, парикмахерское искусство, графический дизайн, сварочные технологии и другие), в разных возрастных категориях (юниоры, студенты из средних профессиональных образовательных организаций не достигшие 22 лет, "Навыки мудрых" – 50 лет и старше) и на разных уровнях (Региональные чемпионаты, Национальные чемпионаты, Международные чемпионаты).

При подготовке студентов для участия в региональном чемпионате WorldSkills в конкретной компетенции и студент, и готовившая его команда преподавателей производит поиск новых решений, осваивает новые техники, оттачивает мастерство и совершенствуется в профессии так, как не продвинулись бы в данном направлении, не будь соревновательного момента. Конечно, стоит отметить, что в большинстве случаев образовательные организации обязывают выставлять для участия в данном чемпионате каждый год студентов и преподавателей. Подготовка студентов к участию и сам кон-

курс это колоссальная нагрузка на всех участников процесса. Но без движения не будет развития! Конкурсы необходимы для реализации потенциала, вывода мастера на новый уровень, причем необходимы не только студентам, но и преподавателям, для совершенствования навыков, возможности ориентироваться и быть современным в своей профессии.

Образовательный процесс претерпевал много реформ и трансформаций, результатом которых является заветное профессиональное мастерство и компетентность выпускающегося специалиста.

Библиографический список

1. Ожегов С. И., Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка. М. : Азъ, 1994. 907 с.
2. Осипова А. С. Современная система образования в России: анализ состояния, проблемы и пути решения // Экономика и бизнес: теория и практика. 2016. № 5. С. 132–135. EDN: WBFUDD.
3. Приказ Министерства образования и науки РФ от 09.12.2016 г. № 1569 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по профессии 43.01.09 Повар, кондитер" (в ред. от 17.12.2020 г.).
4. Приказ Министерства образования и науки РФ от 09.12.2016 г. № 1565 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 43.02.15 Поварское и кондитерское дело" (в ред. от 17.12.2020 г.).
5. Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации". Текст с изменениями и дополнениями на 2021 год. М. : Эксмо, 2021. 240 с.
6. Соловьев В. П. Модернизация системы профессионального образования: современные реалии и новые вызовы // Инженерное образование = Engineering Education. 2020. № 28. С. 104–117. URL: http://www.aeer.ru/files/io/m28/art_11.pdf (дата обращения: 18.11.2021).

Проблемы подготовки высококвалифицированных специалистов в технических вузах (на примере Мурманского государственного технического университета)

Якубович М. И. (г. Мурманск, ФГУП "АТОМФЛОТ", e-mail: ucic@mail.ru)

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные проблемы подготовки высококвалифицированных специалистов технических вузов на примере Мурманского государственного технического университета.

Abstract. The article deals with the actual problems of training highly qualified specialists of technical universities on the example of the Murmansk State Technical University.

Ключевые слова: высококвалифицированные специалисты, морское образование, проблемы образования, технические вузы

Key words: highly qualified specialists, maritime education, problems of education, technical universities

*"Простой взгляд на карту России показывает,
что она своим главным фасадом выходит на Ледовитый океан"*
Макаров С. О.

Мурманская область в силу географического положения имеет свою экономическую специализацию, которая исторически сложилась за всё время освоения Русского Севера. Среди приоритетных и наиболее развитых промышленных отраслей можно выделить: морское судоходство, добыча морских и речных биоресурсов и их переработка.

С 1960-х годов прошлого века на шельфах арктических морей (Баренцево и Карское моря, море Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское) активно ведутся геолого-геофизические работы, направленные на поиски и разведку месторождений углеводородного сырья. В последние десятилетия активно ведется разработка уже открытых месторождений нефти и газа в шельфовой части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, что влечет за собой необходимость создания мощной инфраструктуры для транспортировки добытых углеводородов, которыми чрезвычайно богат российский сектор Арктики [1].

Кроме того, на шельфах Баренцева и Карского морей ждут начала эксплуатации уникальные по запасам Штокмановское, Ленинградское и Русановское месторождения газа и конденсата. Все эти многочисленные ресурсы в самом скором будущем потребуются доставить потребителю.

Практически все компании и организации, имеющие своей сферой деятельности вышеуказанные отрасли экономики, нуждаются в квалифицированных и мотивированных сотрудниках. Морские вузы Российской Федера-

ции ежегодно выпускают дипломированных специалистов, которые должны быть способны трудиться в данных областях человеческой деятельности. Казалось бы, организации не должны иметь никаких проблем с молодыми специалистами. Но практика показывает, что в подготовке выпускников есть существенные недостатки. Нередко эти проблемы в профессиональной подготовке выпускников проявляются уже непосредственно на самом производстве.

К сожалению, в профессиональной деятельности мне не раз приходилось сталкиваться с подобным. Я работаю на судне обеспечения "Тобой" в должности старшего помощника капитана, основными задачами которого являются обеспечение безопасной погрузки танкеров, а также ведение круглосуточного аварийно-спасательного дежурства в районе Стационарного морского ледостойкого отгрузочного причала (СМЛОП) "Варандей" – одного из важных и технологически сложных объектов, которых будет появляться все больше и больше в связи с развитием судоходства вдоль Северного морского пути и увеличения объемов транспортировки по СМП добытых в Арктике полезных ископаемых.

Моя практическая деятельность, связанная в том числе с работой со специалистами-выпускниками морских вузов, заставляет меня прийти к неутешительным выводам: выпускники не подготовлены к реальным условиям работы в Арктическом регионе. Сказанное выше касается, прежде всего, теоретической, практической, а также морально-психологической подготовки.

Всесторонняя подготовка современных кадров должна иметь тесную связь с практическими потребностями конкретных работодателей, в частности, потребностями крупных компаний, ведущими экономическую деятельность в Арктическом регионе, такими как "Атомфлот", "Норникель", "Новатэк", "Совкомфлот", "Газпромнефтешипинг", "Роснефтефлот" и целый ряд других организаций.

В первую очередь необходимо уделить особое внимание разработке учебно-методического материала, адекватно отражающего существующие реалии сегодняшнего дня. Это касается учебных программ как по техническим дисциплинам и естественным наукам, так и в области экономических и общественно-гуманитарных дисциплин. Разработка высококачественных современных обучающих средств позволит усилить теоретическую подготовку обучающихся [2].

В этой связи необходимо привлекать к написанию учебно-методических пособий специалистов крупных компаний – потенциальных работодателей,

которые работают в условиях Арктики, принимают на работу выпускников морских вузов. Не менее важно, на основе практического опыта сотрудников этих компаний, своевременно вносить коррективы в уже существующие методические материалы.

Как положительный пример здесь можно привести устоявшуюся практику сотрудничества ПАО "Совкомфлот" и подшефных ему учебных заведений, таких как центр ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, Морской университет им. Ушакова (г. Новороссийск), Морской университет им. Адм. Невельского (г. Владивосток). В частности, использование в образовательном процессе учебных пособий, написанных либо непосредственно сотрудниками компании-работодателя, либо сотрудниками в кооперации с преподавателями перечисленных вузов.

Не менее остро стоит вопрос о необходимости привлечения в вуз и молодых преподавателей. Молодые преподаватели уже в силу своего возраста более склонны быстрее воспринимать и перенимать новые теоретические знания, практические компетенции, возникающие в результате продолжающегося развития науки и техники. Кроме того, необходимы педагоги и наставники, способные разговаривать со студентами и курсантами на одном языке, что способствует созданию более прочной обратной связи "обучающий – обучаемый".

На мой взгляд, было бы очень полезным внести коррективы в организацию учебных практик, более соответствующих пониманию предприятия-работодателя и международной Конвенции ПДНВ, Полярного кодекса. В частности, тот же ПАО "Совкомфлот" считает наиболее подходящими для дальнейшей адаптации выпускников на судне длительные плавательные практики, в том числе полугодовые, начиная со 2-го курса, помимо более коротких ознакомительных. Прохождения долгосрочных практик помогает курсантам погрузиться в рабочий процесс, почувствовать ответственность, понять весь комплекс судового "организма", что в дальнейшем позволяет легко и безболезненно начать самостоятельную трудовую деятельность.

Также считаю, необходимо разбивать учащихся на группы, в которых вводить более узкую специализацию, привлекать будущих работодателей к шефству над наиболее способными студентами, готовить курсантов к выполнению конкретных задач, поставленных перед ними работодателями, что гарантирует будущее их трудоустройство и движение по карьерной лестнице.

Неготовность выпускников к реальным условиям производства часто бывает связана, помимо прочего, с морально устаревшей материально-тех-

нической базой университета. В частности, это проблема оснащенности современными техническими средствами обучения, а именно, тренажерами, соответствующими технологическому уровню современных судов.

Кроме того, особое внимание следует уделить обучению работе на судах, использующих в качестве движителей винторулевые колонки, также известные как азимутальные трастеры (в народе именуемые аzipод) в специфических условиях Арктики, тем более, что в настоящее время в Российском и мировом флоте стремительно растет количество таких судов, а управление ими требует иного подхода и образа мышления судоводителя.

При должной подготовке судоводителей, суда, оборудованные ВРК могут совершать точные и эффективные маневры как на открытой воде, так и в стесненной акватории без использования буксиров, что на практике значительно повышает безопасность мореплавания и сокращает операционные расходы конкретного судна.

Таковыми тренажерами оснащен Морской учебно-тренажерный центр ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова (г. Санкт-Петербург), что позволяет курсантам как отрабатывать типовые задачи по управлению и маневрированию судном, так и создавать и отрабатывать специфические задачи по запросу заказчика. Это все дает возможность выработать и закрепить у обучающихся навыки, необходимые для успешного выполнения практических задач, развить уверенность в своих способностях по управлению судном, оборудованным ВРК, и в большинстве случаев сформировать готовность к самостоятельной работе.

К сожалению, такие тренажеры отсутствуют на базе МГТУ, что сильно понижает как качество практической подготовки выпускников вуза для дальнейшей работы не только в нашем регионе, но и на общемировом рынке труда, так и конкурентоспособность самого вуза в качестве площадки для подготовки высококлассных специалистов, его рейтинг, обеспечить рост экспорта отечественного образования, привлекательность не только для абитуриентов, но и для крупных компаний, потенциальных работодателей, что влечет за собой целый комплекс проблем, таких как нехватка специалистов освоения Арктики, отток способной молодежи из региона и многие-многие другие.

Учитывая все вышесказанное, считаю разделение обучения на упомянутых выше тренажерах и теоретической подготовки нецелесообразным. Обучение работе на судах с аzipодами и ВРК в арктических морях следует выделить в отдельную дисциплину с разработкой соответствующего учебно-

методического комплекса (УМК), который должен представлять собой совокупность систематизированных материалов, необходимых для успешного осуществления процесса обучения, разработанных на научно-теоретических основах и дидактических принципах педагогики.

Необходима вариативность дидактических средств обучения, которые должны включать в себя: ТСО или технические средства и обучающие программы (в нашем случае – вышеупомянутые тренажеры) и, кроме того, печатные пособия, учебно-информационные материалы в аудио- и видеоформате, информационные базы данных. Должны быть разработаны: стандарты по данной специализации; рабочий учебный план; рабочая программа дисциплины; критерии текущего, промежуточного и итогового контроля полученных обучающимися знаний, умений и навыков, формы проверочных тестов и контрольных заданий.

Методы безопасной работы экипажа в полярных условиях, влияние психофизиологических факторов на жизнь и работу экипажей в высокоширотных районах, методы и способы покидания судна и выживания на льду, использование средств борьбы с пожаром и средств спасения жизни в условиях обледенения и низких температур воздуха и воды [3].

Существует еще одна проблема, связанная, по моему мнению, не только и не столько с пробелами в теоретической и практической подготовке, а скорее с нюансами в морально-психологическом настрое будущих морских специалистов. На сегодняшний день морские вузы не готовят специалистов для работы в условиях именно Крайнего Севера. И это при том, что жизнь и работа в условиях Арктики является серьезным вызовом для человека. Серьезным вызовом для человека является и работа в море. Работа же в условиях арктического моря только обостряет и усугубляет все факторы, негативно влияющие на психику и физическое самочувствие человека.

Работа в Арктике требует от человека готовности к жизни и работе в условиях низких температур, полярной ночи или полярного дня, магнитных бурь и т. д. Работа в море требует готовности к длительному пребыванию в отсутствии твердой земли под ногами, в местах, удаленных от суши. Такие условия тяжело переносят даже люди, родившиеся и выросшие на Севере. Что же говорить о людях, приехавших из климатически более комфортных регионов? Морские вузы, готовящие специалистов для Арктики, должны уделять должное внимание морально-психологической подготовке своих студентов и курсантов, этому как раз и могли бы поспособствовать длительные мореходные практики, о которых говорилось выше.

Кроме того, у судовладельцев и компаний, добывающих и транспортирующих ресурсы, существует очень серьезный неудовлетворенный спрос на узких специалистов для работы во льдах и специфических условиях мореплавания в Арктике (в условиях полярной ночи, например) к чему молодые специалисты часто не готовы. У подавляющего большинства выпускников современных вузов нет не только необходимых умений и навыков или соответствующей психологической подготовки, многие плохо представляют себе, что такое Арктика, даже в самых общих чертах.

Работа в полярных водах требует от моряков дополнительных специфических знаний, кроме тех, которые необходимы при эксплуатации судов в менее сложных условиях мореплавания. Для этого нужна особая подготовка к работе в таких условиях, крайне желателен опыт работы на специализированных судах. Нередко становишься свидетелем сцены, как пришедший на судно молодой специалист, который должен самостоятельно нести вахту, только смотрит со стороны на более опытных сотрудников, управляющих процессами на корабле. Ему же вследствие отсутствия должных опыта и навыков участвовать в управлении судном нельзя, ибо считается, что он еще "сырой специалист".

Отсутствие должной подготовки влечет за собой очевидные проблемы для работодателей. В экстренной ситуации, если выясняется, что молодой специалист не готов к самостоятельной работе, может даже встать вопрос о его срочной замене и репатриации с судна при помощи вертолѐта (случаи, конечно, крайне редкие, но встречающиеся), что приводит к существенным материальным затратам, не считая того, что судно остается без нужного сотрудника, а работодатель вынужден решать ситуацию форс-мажора. Кроме того, более опытному персоналу приходится контролировать молодых специалистов вместо отдыха или другой работы.

В очередной раз стоит напомнить азбучную истину, заключающуюся в том, что вуз должен выпускать высококвалифицированного специалиста, способного практически сразу включиться в работу по месту своего трудоустройства. То есть, выпускники должны приходить готовыми специалистами, а не доучиваться в процессе работы. Если это происходит, то, по сути, они не в состоянии выполнять свои непосредственные обязанности. Это проблема и для работодателя, и для плавсостава, и для самого начинающего работника.

Работодатель не должен выполнять работу учебного заведения, тратя свои ресурсы на доподготовку сотрудников и неся при этом убытки, так как

недоученный молодой специалист не выполняет возлагаемые на него обязанности в полном объеме. Однако на деле работодатели сплошь и рядом вынуждены это делать.

Не лишним будет упомянуть о непосредственной связи повышения качества обучения морских специалистов именно для арктического региона в связи с крайней важностью исполнения нацпроектов, направленных на развитие Российской Арктики. Только специалисты, получившие должную подготовку для высококвалифицированной и компетентно-трудовой деятельности, способны внести значимый вклад в осуществление данных нацпроектов, направленных на экономическое и социальное развитие Арктического региона.

Мурманск – ворота Арктики – порт с развитой инфраструктурой, включая и развитую научно-образовательную инфраструктуру. Из всех городов Севера представляется идеальной кандидатурой для размещения современного учебного центра. Именно МГТУ может и должен стать центром подготовки морских специалистов-профессионалов для работы в условиях Арктики. Это говорится не для красного словца и не из чувства местного патриотизма. Такое утверждение прямо связано с тем, что изложено выше. Необходима подготовка кадров с учетом местных арктических условий. И создание многофункционального центра по подготовке специалистов не столько для работы на судах с азимутальными двигателями и винто-рулевыми колонками (ВРК), сколько для работы на таких судах конкретно в условиях арктических морей. При этом крайне желательно техническую подготовку совместить с морально-психологической.

Библиографический список

1. Гагиев Н. Н., Гончаренко Л. П., Сыбачин С. А., Шестакова А. А. Национальные проекты в Арктической зоне Российской Федерации // Арктика и Север. 2020. № 41. С. 113–129. DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2020.41.113>. EDN: HRGSPG.
2. Москаленко М. А., Друзь И. Б. Проблемы совершенствования морского образования при переходе вузов на эффективные контракты и компетентностный стандарт подготовки моряков // Актуальные вопросы качества морского образования : сб. материалов 41-й Всерос. научн.-метод. конф. с междунар. участием, Владивосток, 22–27 июня 2018 г. В 2 т. Т. 2 : Заочные доклады. Владивосток : Мор. гос. ун-т, 2018. С. 3–11. EDN: OVASAQ.
3. Губарев О. Ледоколы с азиподами для работы в полярных условиях. URL: <https://sudostroenie.info/novosti/23567.html>.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ
И ПРОГРАММНЫЕ РАЗРАБОТКИ**

Особенности рабочих процессов в водоходных движителях самоходных паромов

Рахматуллин Р. Р., Месропян А. В. (г. Уфа, ФГБОУ ВО "Уфимский государственный авиационный технический университет", кафедра прикладной гидромеханики, e-mail: radmir.molodets.93@mail.ru)

Аннотация. Описаны особенности протекания рабочих процессов в водоходных движителях самоходных паромов. Проведен анализ различных типов водоходных движителей, который показал высокую нагруженность гребных винтов. Также проведен анализ совместной работы сухопутного и водоходного движителя при выходе паромной машины на берег, показавший падение суммарной тяги обоих движителей.

Abstract. The features of the flow of working processes in the propelling propulsion of self-propelled ferries are described. The analysis of various types of water-propellers was carried out, which showed a high loading of propellers. Also, the analysis of the joint work of the land and water propulsion unit when the ferry machine went ashore was carried out, which showed a drop in the total thrust of both engines.

Ключевые слова: рабочий процесс, самоходный паром, водоходный движитель, гребной винт, кольцевая насадка

Key words: the working process, self-propelled steam, water-propeller, propeller, annular nozzle

Корпус и водоходный движитель движущегося по воде самоходного парома представляют собой единую систему "корпус – водоходный движитель". Взаимодействие компонентов этой системы обусловлено отрывами потока жидкости от элементов корпуса и ходовой части, возникновением различных вихрей, изменением поля скоростей и направления потока, подходящего к гребному винту. Вышеописанные процессы оказывают существенное влияние на параметры рабочего процесса водоходного движителя, снижая тягу гребного винта, КПД и т. д. С другой стороны, гребной винт, работающий вблизи корпуса, влияет на структуру потока воды в кормовой части паромной машины, что снижает действие на нее давления жидкости. Вследствие этого значение сопротивления воды движению машины при работающем гребном винте больше сопротивления воды при буксировке машины без водоходного движителя.

В качестве водоходного движителя в амфибийных машинах применяются гребные винты, гребные винты в насадке, водометы, колесные, гусеничные и роторно-винтовые движители. Сравнение движителей проводится с использованием безразмерных характеристик [1, с. 220; 2, с. 12]:

1. Отношение мощности двигателя к гидравлической площади водоходного движителя, характеризующая энергетическую нагруженность водоходного движителя

$$k_{N/S} = \frac{N_e}{S_{ВД}}, \quad (1)$$

где N_e – мощность двигателя; $S_{ВД}$ – гидравлическая площадь водоходного движителя.

2. Отношение силы тяги на швартовах к гидравлической площади водоходного движителя, определяющая рациональность конструкции водоходного движителя

$$k_{P/S} = \frac{P_{ш}}{S_{ВД}}, \quad (2)$$

где $P_{ш}$ – тяга водоходного движителя на швартовах.

3. Отношение силы тяги на швартовах к максимальной мощности двигателя: определяющая рациональность конструкции водоходного движителя

$$k_{P/N} = \frac{P_{ш}}{N_{e\max}}. \quad (3)$$

Сравнение водоходных движителей различных амфибийных машин представлено графически на рисунках 1–3.

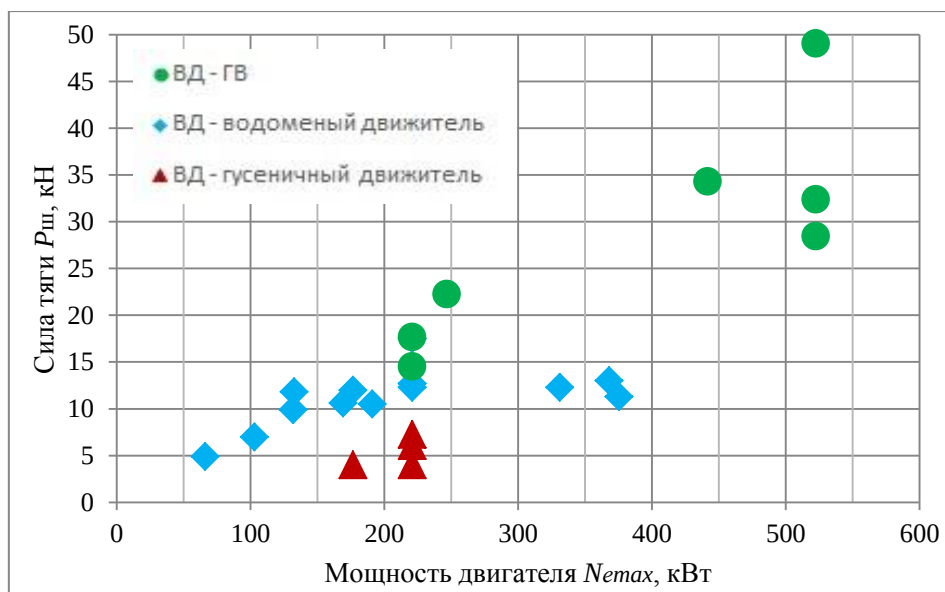


Рисунок 1 – Зависимость тяги водоходного движителя от мощности двигателя

Анализ приведенных графиков показывает, что гребные винты являются наиболее нагруженными из всех типов водоходных движителей, что объясняется специфическими условиями эксплуатации гребных винтов (движение паромной машины по суше, мелководью, вход в воду и выход из воды и т. д.). Эти условия накладывают ограничения на диаметр гребного винта, что

приводит к уменьшению гидравлического сечения и увеличения коэффициента нагрузки δ_p до 10...15, в результате чего КПД гребных винтов не превышает 25...30 % [1, с. 214]. Большие коэффициенты нагрузки – одна из основных особенностей гребных винтов паромных машин, из-за чего еще на этапе проектирования необходимо стремиться заложить максимально возможный диаметр гребного винта и уменьшать буксировочное сопротивление корпуса самоходного парома [3, с. 19].

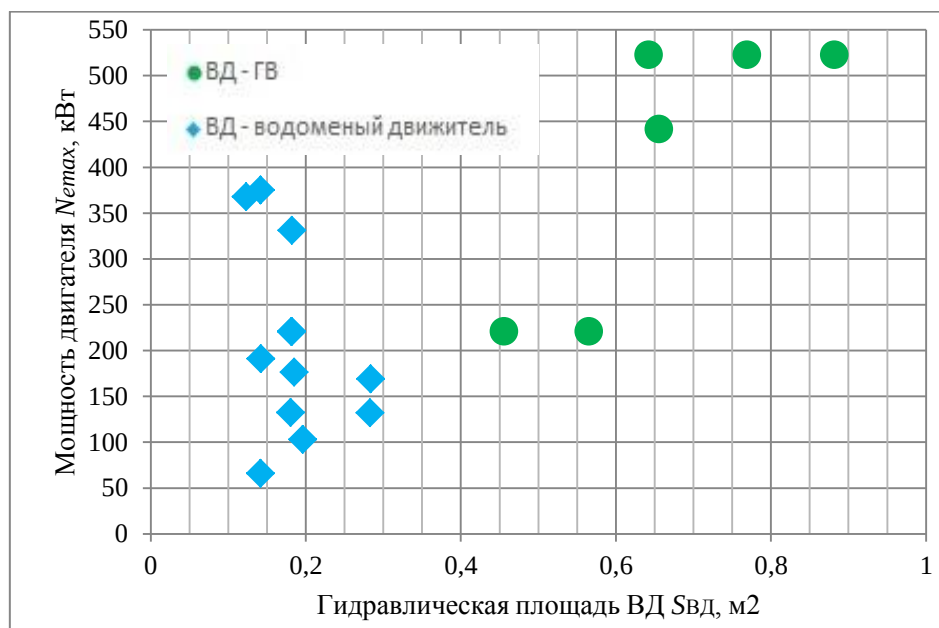


Рисунок 2 – Зависимость мощности двигателя от гидравлической площади водоходного движителя

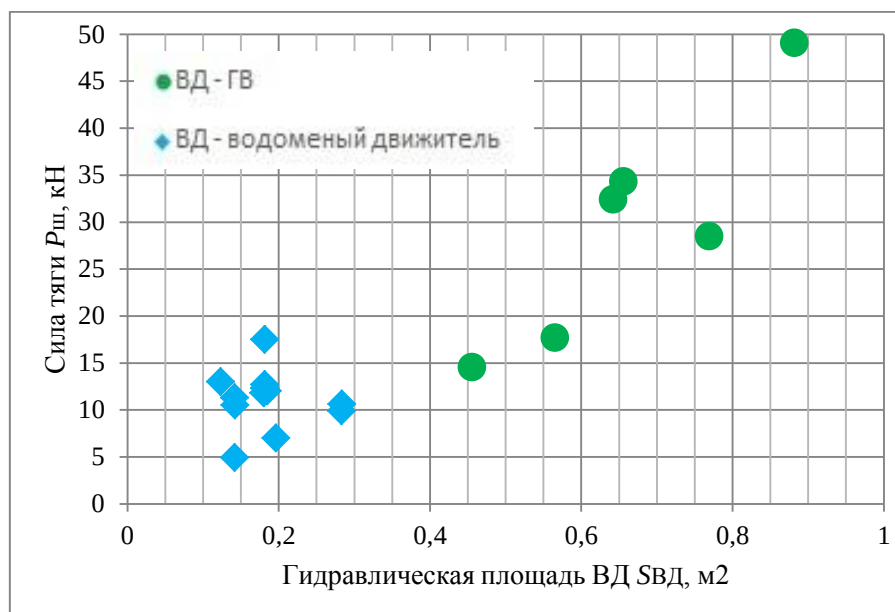


Рисунок 3 – Зависимость тяги водоходного движителя от гидравлической площади водоходного движителя

Расположение водоходного движителя относительно корпуса также влияет на эффективную работу гребного винта. В зависимости от места расположения движителя, его удаленности от корпуса, распределение скоростей по диску винта будет неравномерным, и направление линий тока потока будет не параллельным оси винта. Это распределение скоростей имеет важное значение при проектировании движителя для обеспечения его максимального КПД, отсутствия кавитации и исключения повышенной вибрации элементов трансмиссии и корпуса паромной машины.

Вход и выход самоходного пара оказывает влияние на параметры рабочего процесса водоходных движителей, поскольку в этот момент работают одновременно водоходный и сухопутный движители паромной машины. Совместная работа двух типов движителей из-за увеличения нагрузки на двигатель приводит к уменьшению частоты вращения вала двигателя и уменьшению суммарной тяги обоих движителей. Выявлено, что при совместной работе сухопутного и водоходного движителей сила тяги на 57 % ниже, чем при работе только гребного винта, при этом частота вращения гребного винта уменьшается на 40 % [4, с. 176]. Для улучшения протекания рабочих процессов при совместной работе обоих типов движителей необходима оптимизация распределения потока мощности между сухопутным и водоходным движителями и их кинематическое согласование.

Особенности протекания рабочих процессов в водоходных движителях самоходных паромов оказывают существенные влияния на силу тяги, развиваемый момент и КПД гребного винта. При использовании результатов моделирования рабочих процессов и последующем проектировании водоходных движителей паромных машин следует учитывать факторы, оказывающие влияние на параметры рабочего процесса, а именно геометрию элементов корпуса и ходовую часть самоходного парама, место размещения водоходного движителя, максимально возможную мощность силовой установки и т. д., совместное решение которых позволит обеспечить высокие гидродинамические характеристики пропульсивного комплекса самоходного парама.

Библиографический список

1. Степанов А. П. Проектирование амфибийных машин. М. : Мегалион, 2007. 421 с.
2. Мартиросов Г. Г. Проектирование водоходных движителей с гребными винтами для амфибийных машин. М. : МАДИ, 2006. 87 с.
3. Месропян А. В., Платонов Е. А., Рахматуллин Р. Р. Моделирование рабочих процессов водоходного движителя паромно-мостовой машины ПММ-2М // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2020. Т. 47, № 3. С. 16–25. DOI: <https://doi.org/10.21822/2073-6185-2020-47-3-16-25>. EDN: XKDBYW.
4. Степанов А. П. Конструирование и расчет плавающих машин. М. : Машиностроение, 1983. 197 с.

Разработка математической модели рабочего процесса системы "корпус – водоходный движитель" самоходного парома

Рахматуллин Р. Р., Месропян А. В. (г. Уфа, ФГБОУ ВО "Уфимский государственный авиационный технический университет", кафедра прикладной гидромеханики, e-mail: radmir.molodets.93@mail.ru)

Аннотация. Разработана математическая модель рабочего процесса системы "корпус – водоходный движитель" самоходного парома. Построена трехмерная модель расчетной области, из которой сформирована сеточная модель. Описаны основные уравнения гидродинамики, сопровождающие рабочий процесс водоходных движителей самоходных паромов.

Abstract. A mathematical model of the working process of the hull – water propulsion system of a self-propelled ferry has been developed. A three-dimensional model of the computational domain has been built, and a grid model has been formed. The basic equations of hydrodynamics accompanying the working process of aquatic inhabitants of self-propelled ferries are described.

Ключевые слова: математическая модель, самоходный паром, водоходный движитель, гребной винт, кольцевая насадка

Key words: mathematical model, self-propelled steam, water-propeller, propeller, annular nozzle

Состояние амфибийной техники, эксплуатирующейся в данный момент времени в подразделениях МО и МЧС РФ, требует их модернизации совместно с проведением НИОКР по разработке перспективных образцов самоходных паромов следующего поколения. С целью достижения высоких гидродинамических характеристик проектируемых изделий необходима разработка математической модели рабочих процессов системы "корпус – водоходной движитель" самоходных паромов.

Разработка математической модели включает в себя три этапа:

1. Построение трехмерной геометрии расчетной области.
2. Создание сеточных моделей расчетной области.
3. Формирование численной модели в CAE-системе.

Построение трехмерной геометрической модели расчетной области проводится с использованием 3D-CAD моделей самоходного парома и его водоходных движителей. Модель паромной машины является упрощенной, т. е. в ней не учитываются сварные швы, головки болтовых соединений, выштамповки на корпусе и эксплуатационные лючки, звенья траков и зубья ведущих колес. Выполнено это с целью уменьшения машинного времени расчета задачи. Расчетная область, представленная на рисунке 1, представляет собой параллелепипед, поделенный на две части: основная большая часть представляет собой объем воды для исключения краевых эффектов, в меньшей – размещены паромно-мостовая машина с водоходными движителями

при нулевом дифференте. Верхняя грань параллелепипеда условно является поверхностью воды [1, с. 3].

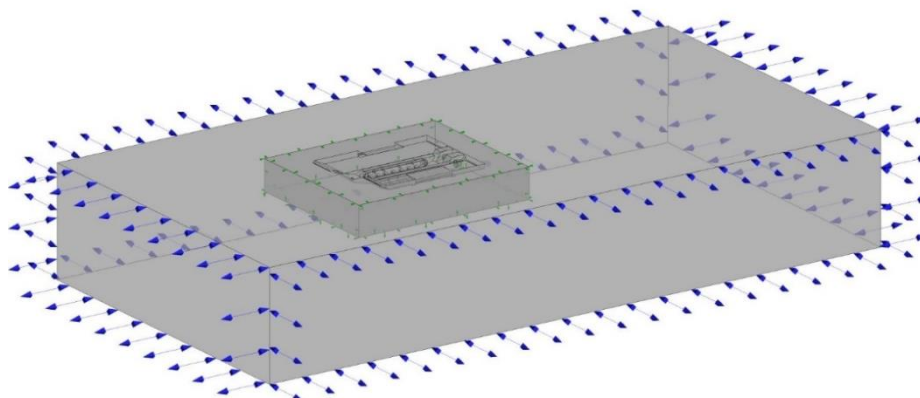


Рисунок 1 – Расчетная область математической модели

Следующим этапом является создание сеточной модели. Разбиение основной расчетной области проводится в модуле *ANSYS Mesh*, а области вращения гребного винта – в *TurboGrid*.

Сетка в бóльшем объеме расчетной области – гексаэдрическая, с целью уменьшения количества ячеек и машинного времени расчета задачи. Меньшая область разбита на тетраэдрические элементы с призматическими ячейками и измельчением размера сетки вдоль твердых стенок.

Сеточная модель области вращения гребного винта построена с использованием гексаэдрических элементов, с загущением вдоль твердых стенок для описания пограничного слоя. Особое внимание уделено зазору между лопастью гребного винта и внутренней поверхностью кольцевой насадки. Минимальное количество ячеек в зазоре с учетом пограничного слоя составляет 20 элементов. Суммарное количество элементов в расчетной области – 12 млн. Сеточные модели расчетной области представлены на рисунке 2.

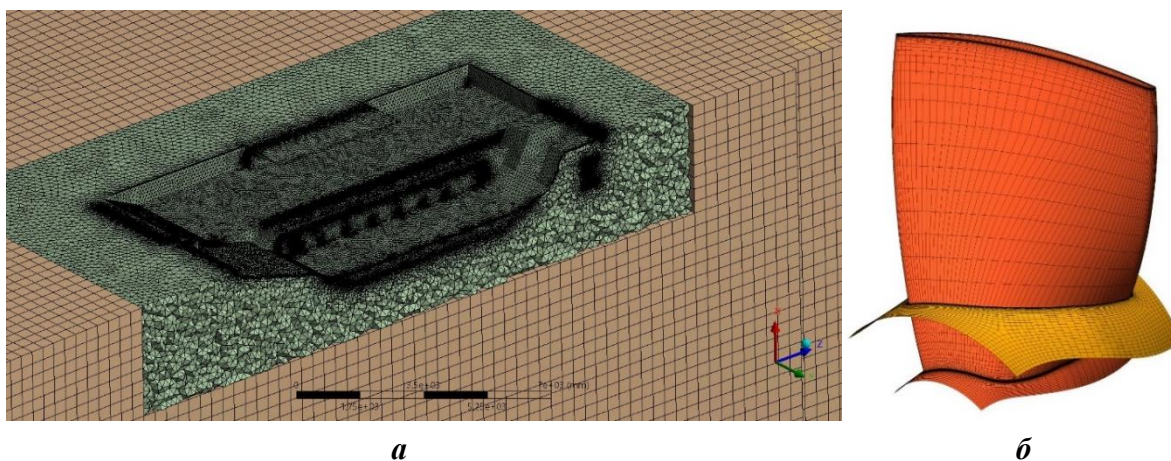


Рисунок 2 – Сеточные модели основной расчетной области (а) и гребного винта (б)

Завершающим этапом разработки математической модели является формирование численной модели рабочего процесса водоходных движителей самоходных паромов, которая проводится в модуле *ANSYS CFX-Pre*, и включает в себя наложение граничных условий, выбор модели турбулентности и кавитационного массопереноса, определяется закон определения параметров потока между роторными и статорными частями модели, вводятся начальные условия для решения поставленной задачи, настраиваются параметры решателя, такие, как шаг по времени, условия сходимости решения и т. д.

Рабочие процессы, сопровождающие функционирование паромной техники, описываются основными уравнениями гидродинамики:

1) уравнение импульсов [2, с. 29]

$$\frac{\partial v_i}{\partial t} + v_j \frac{\partial v_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \eta \Delta v_i + g_i, i = 1, 2, 3, \quad (1)$$

где $\partial v_i / \partial t$ – ускорения; $\partial p / \partial x_i$ – силы давления; g_i – массовые силы; $\eta \Delta v_i$ – вязкие силы;

2) уравнение неразрывности [2, с. 29]

$$\frac{\partial v_i}{\partial x_i} = 0, \quad (2)$$

3) уравнение энергии [3, с. 75]

$$\rho \frac{d}{dt} \left(i + \frac{W^2}{2} \right) = \rho (\vec{R} \vec{W}) + \frac{\partial p}{\partial t} + \vec{W} \left(\frac{\partial \vec{p}'_x}{\partial x} + \frac{\partial \vec{p}'_y}{\partial y} + \frac{\partial \vec{p}'_z}{\partial z} \right) + \rho \dot{q}_e + \mu D, \quad (3)$$

где $\rho \frac{d}{dt} \left(i + \frac{W^2}{2} \right)$ – изменение энергии единицы жидкого объема в единицу времени; $\rho (\vec{R} \vec{W})$ – работа массовых сил; $\vec{W} \left(\frac{\partial \vec{p}'_x}{\partial x} + \frac{\partial \vec{p}'_y}{\partial y} + \frac{\partial \vec{p}'_z}{\partial z} \right)$ – работа вязких сил; μD – работа деформации элемента жидкости под действием сил вязкости; $\rho \dot{q}_e$ – теплота, подведенная извне;

4) уравнение модели турбулентности k - ϵ [4, с. 57]. Турбулентная вязкость

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\epsilon}, \quad (4)$$

где C_μ – константа диссипации; k – кинетическая энергия турбулентного потока; ϵ – скорость рассеяния (диссипации) турбулентной энергии;

5) уравнение модели кавитации (модель Релея-Плессета) [4, с. 146]

$$R_B \frac{d^2 R_B}{dt^2} + \frac{3}{2} \left(\frac{dR_B}{dt} \right)^2 + \frac{2\sigma}{\rho_f R_B} = \frac{p_v - p}{\rho_f}, \quad (5)$$

где R_B – радиус пузырька; σ – коэффициент поверхностного натяжения между жидкостью и паром; ρ_f – плотность жидкости; p_v – давление пара в пузырьке; p – давление жидкости, окружающей пузырек.

Рабочим телом является вода в жидком и парообразном состояниях. Граничные условия: на входе на швартовом режиме – *Opening* с атмосферным давлением p_0 ; на скоростном режиме – *Inlet* со скоростью движения пара V_{π} ; открытые поверхности и выход из расчетной области – *Opening* с атмосферным давлением p_0 ; условная поверхность воды – *Wall* со скольжением; твердые стенки – *Wall* с прилипанием; для вращающейся области назначается частота вращения винта. Взаимодействие вращающихся и статорных областей определяется следующим образом: во вращающейся области вращаются не твердые стенки, а система координат, и взаимное угловое расположение вращающейся области относительно статорной определяется режимом "*Frozen rotor*".

Таким образом, сформированная математическая модель системы "корпус – водоходный движитель" самоходного парама позволяет провести моделирование процессов, сопровождающих функционирование паромной техники, что необходимо для определения локальных (распределение векторов скоростей, полей давлений, зон образования кавитационных каверн и т. д.) и интегральных (сила тяги, сопротивление корпуса, КПД гребного винта, требуемая мощность и т. д.) параметров рабочего процесса водоходных движителей самоходных паромов.

Библиографический список

1. Lopez D., Hernandez J., Plazaola C., Banfield I. [et al.]. Modeling and simulation of the bollard pull test on twin propeller tugboats using CFD. 2015. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Modeling-and-Simulation-of-the-Bollard-Pull-Test-on-L%C3%B3pez-Hernandez/732d4ab3de23b84e2483e5e94dcff31bc066e99e#references>.
2. Мазо А. Б., Поташев К. А. Гидродинамика. Казань : Казан. ун-т, 2013. 128 с.
3. Клеванский В. М. Газодинамика. 2-е изд., стер. Уфа : УГАТУ, 2013. 309 с.
4. Software for Fluid Dynamic ANSYS CFX – Ver. 11 // ANSYS CFX-Solver Theory Guide. ANSYS, Inc., 2008. 262 p.
5. Кудоярова В. М., Кишалов А. Е. Решение прикладных задач теплообмена и газодинамики в пакете ANSYS. Уфа : УГАТУ, 2016. 219 с.

Android-приложение "Расписание МГТУ"

как источник данных для анализа

Золотов О. В.^{1,2}, Романовская Ю. В.¹ (г. Мурманск, ¹ФГБОУ ВО "Мурманский арктический государственный университет", научно-исследовательская лаборатория "Компьютерное моделирование физических процессов в околоземной среде"; ²ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра цифровых технологий, математики и экономики, e-mail: zolotovo@gmail.com)

Аннотация. В работе приведены принципы, на основе которых разрабатывалось Android-приложение "Расписание МГТУ". Показано, что данные этого приложения (точнее, данные о его установках через Google Play Store) могут быть использованы в учебном процессе, при планировании развития цифровой инфраструктуры университета, при поиске возможных заинтересованных сторон, для оценки "популярности" среди пользователей приложения операторов сотовой связи, моделей используемых мобильных устройств и версий операционной системы Android. Указанные данные не позволяют оценить аналогичные параметры для пользователей не-Android-устройств, а также не позволяет явным образом "отделить" пользователей-обучающихся от пользователей-сотрудников.

Abstract. This paper describes the principles driving the "MSTU Schedule" Android-app development. It is shown that the application data (more precisely, installation statistics through the Google Play Store) may be used (1) for educational purposes, (2) during university digital infrastructure development planning, (3) to search for the interested parties, and (4) to assess the "popularity" of mobile operators, specific mobile devices, and Android versions among the users. The specified data do not allow ones to evaluate similar parameters for non-Android users, as well as do not allow "separate" student-users from staff-users explicitly.

Ключевые слова: android-приложение, расписание МГТУ, операторы связи, анализ данных

Key words: Android app, MSTU schedule, telecom operators, data analysis

В 2021 году на кафедре Цифровых технологий, математики и экономики (ранее – Математики, информационных систем и программного обеспечения) МГТУ велась разработка Android-приложения "Расписание МГТУ", которое в мае 2021 года было размещено в магазине приложений Google Play Store (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ozdevstudio.intmar>). При проектировании приложения мы руководствовались следующими принципами: 1) приложение должно обеспечивать просмотр расписания "в один клик" на текущую дату, и этот "клик" должен приходиться на запуск приложения; 2) приложение должно отображать наиболее актуальное на момент запроса расписание, размещенное на сайте МГТУ; 3) приложение должно запоминать первичный выбор пользователя и в дальнейшем отображать расписание согласно этому выбору без запроса дополнительной информации;

4) приложение должно обеспечивать "легкое переключение" между ранее просмотренными расписаниями (т. е. переключение между преподавателями, группами). Дополнительно мы сформулировали следующие требования к приложению: а) оно должно быть абсолютно бесплатным, т. е. для любого пользователя обеспечивается бесплатная установка, отсутствие "закрытых" платных функций или любых иных платежей внутри приложения, а также полное отсутствие рекламы; б) в приложении должна отсутствовать телеметрия или иные средства, потенциально способные привести к утечке данных о пользователе или о характере использования им приложения. Таким образом, приложение "Расписание МГТУ" не собирает данных об устройстве пользователя, а равно и о самом пользователе.

Все перечисленные выше требования призваны обеспечить положительный пользовательский опыт. К сожалению, в процессе эксплуатации приложения выявилась не зависящая от разработчика и принципиально неустранимая разработчиком особенность установки приложений из Google Play Store. В некоторых случаях процесс установки никогда не завершается, что проявляется для пользователя как "бесконечное скачивание" приложения, при этом прогресс скачивания отсутствует. Остановка (отмена) и перезапуск процесса установки проблему не решают – процесс снова "зависает" на этапе скачивания. С точки зрения конечного пользователя невозможность установки может восприниматься (и во многих случаях воспринимается) как дефект приложения, хотя в действительности эта проблема известна и никакого отношения к приложению не имеет. Во всех известных нам случаях при возникновении этой проблемы при установке приложения "Расписание МГТУ" было достаточно очистить кэш Google Play Market (для этого выберите меню Настройки → Приложения (Менеджер приложений) → Вкладка Все → Приложение Google Play Market → Очистить кэш; иногда рекомендуют предварительно его Остановить; точные наименования могут отличаться на вашем устройстве). Эта проблема является достаточно распространенной среди многих Android-приложений [1].

Из сказанного выше следует, что само приложение не может являться источником данных, так как никаких данных не собирает. Однако Google Play Console предоставляет разработчику ряд данных об установках приложения. Таким образом, размещение приложения в магазине приложений Google Play Store является ключом для доступа к этим данным и их генерации. Наиболее интересными в нашем случае мы считаем данные о количе-

стве установок и их распределении по версиям ОС Android, моделям пользовательских устройств и операторам связи.

Данные о количествах установок (рисунок 1) и их временной динамике (совместно с динамикой других параметров) могут использоваться в учебном процессе для демонстрации свойств статистических выводов, выполненных по малым выборкам, а также их изменение по мере увеличения мощности выборки. Другим применением может быть анализ трендов и выделение эффектов отдельных факторов. Так, "скачок" установок в мае произошел после размещения ссылки на группу кафедры в VK, затем наблюдались небольшой процент деинсталляций приложения летом и возобновление роста с конца августа. Детальнее данные рисунка 1 в настоящей работе мы не анализируем (например, такие как скорость "органического роста", влияние на него размещения ссылок в интернет-ресурсах и материалов на стендах), хотя они могут использоваться для оценки параметров привлечения пользователей из различных источников.

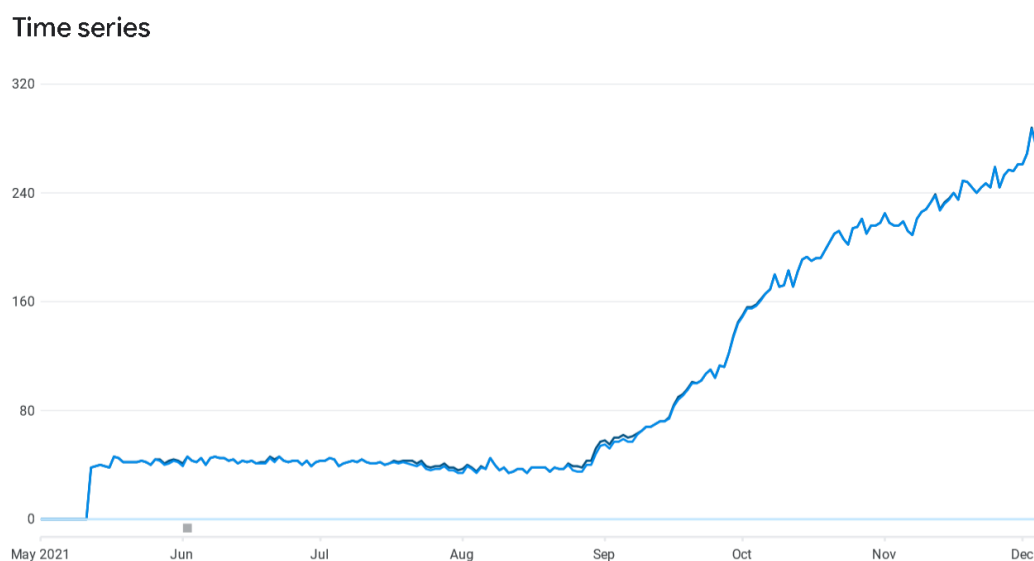


Рисунок 1 – Количество установок приложения "Расписание МГТУ".

По оси абсцисс – время. По оси ординат – количество установок приложения

Данные о версиях реально используемых ОС Android (рисунок 2) могут использоваться при планировании развития цифровой инфраструктуры и сервисов университета. Так, при разработке Android-приложения "Расписание МГТУ" в качестве минимальной платформы мы определили Android 4.4 KitKat, что внесло некоторые дополнительные ограничения в процесс разработки. При этом как видно из рисунка 2 при количестве 290 установок имеется только одно устройство под управлением Android 5.1, а более ранние версии отсутствуют вовсе. Так как мы в процессе тестирования исполь-

зовали смартфон на Android 5.1 (работающий смартфон под управлением Android 4.4 мы "в доступе" найти не смогли), в качестве минимальной "пользовательской" версии можно рассматривать Android 7.0 (количество установок – 8). Большинство же устройств работают под управлением Android версий 11, 10 и 9. Разумеется, анализируемые данные не предоставляют информации о пользователях, использующих не-Android-устройства.

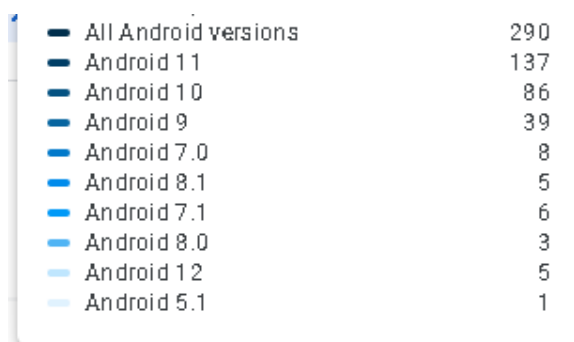


Рисунок 2 – Полное количество установок приложения "Расписание МГТУ" (верхняя строка) и количество установок приложения на конкретные версии ОС Android (в порядке убывания)

Данные об используемых моделях устройств (рисунок 3) могут использоваться при планировании развития цифровой инфраструктуры университета, так как позволяют определить доступные пользователю объем оперативной памяти, разрешение экрана и другие технические характеристики устройства. Аналогично данные не предоставляют сведений о не-Android-устройствах. Также эти данные могут представлять интерес соответствующим продавцам устройств (смартфонов, планшетов) при планировании маркетинговых акций, если обучающиеся и сотрудники университета являются их целевой группой. Ценность имеющихся данных будет тем выше, чем больше будет аудитория приложения.

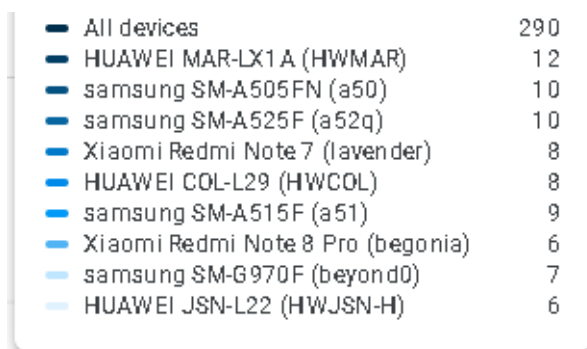


Рисунок 3 – Полное количество установок приложения "Расписание МГТУ" (верхняя строка) и TOP 9 наиболее популярных моделей используемых устройств (в порядке убывания)

Данные об используемом операторе связи (рисунок 4) могут представлять отдельный интерес. Во-первых, из них можно определить количество пользователей, использующих устройства без мобильной связи (метка "No carrier"). Для оставшихся пользователей возможно выполнить оценку рейтинга (популярности) и его динамики для операторов мобильной связи. Эти данные впоследствии могут использоваться при поиске сотрудничества с определенными операторами сотовой связи, а также при планировании мероприятий и оценке динамики этого показателя после мероприятия (если результатом мероприятия предполагалось, например, привлечение новых пользователей и удержание старых). Ценность имеющихся данных будет тем выше, чем больше будет аудитория приложения. Разумеется, эти данные не позволяют проводить оценку для не-Android-устройств. Кроме того, выбор потенциальных контрагентов и планирование возможных мероприятий и форм сотрудничества определяется не данными, а лицом, принимающим решение (предлагать сотрудничество наиболее vs наименее популярному и т. п.). Кроме того, поскольку целевая аудитория Android-приложения "Расписание МГТУ" включает в себя как обучающихся, так и сотрудников университета в предоставляемых данных будут представлены обе эти группы без явного ("промаркированного" каким-либо образом) разделения.

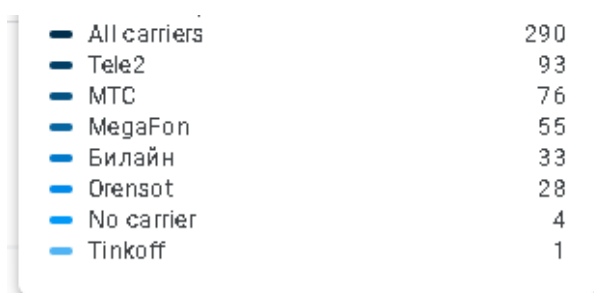


Рисунок 4 – Полное количество установок приложения "Расписание МГТУ" (верхняя строка) и перечень операторов сотовой связи, отсортированный в порядке убывания количества пользователей. Метка "Orensot" обозначает бренд "Yota". Метка "No carrier" обозначает отсутствие информации об операторе сотовой связи (может быть в случае, например, использования Wi-Fi на устройстве без модуля GSM-связи)

Таким образом, Android-приложение "Расписание МГТУ" может рассматриваться как источник данных:

– для учебного процесса в ходе изучения дисциплин, связанных с анализом и обработкой данных;

- для оценки возможностей пользовательских устройств при планировании развития цифровой инфраструктуры университета;
- при поиске возможных партнеров "со стороны бизнеса" и планировании совместных мероприятий;
- для анализа динамики показателей, оценивающих распространенность ("популярность") среди пользователей приложения операторов мобильной связи, используемых мобильных устройств (смартфонов) и версий ОС Android.

Благодарности. Непосредственное кодирование Android-приложения "Расписание МГТУ" в 2021 году выполнял Николаев Михаил, выпускник бакалавриата по направлению подготовки 09.03.01 "Информатика и вычислительная техника". Учитывая, что это его первый опыт мобильной разработки (и разработки для ОС Android), результат получился более чем достойный.

Библиографический список

1. Stack Exchange Network. URL:

<https://android.stackexchange.com/questions/1975/application-stuck-in-installing-stage-in-market>.

**МИКРОБИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ
И МЕДИЦИНА**

Резистентность нозокомиальных штаммов *Klebsiella pneumoniae* среди пациентов Мурманской областной клинической больницы

Гарбуль А. В.¹, Маркина Л. А.² (г. Мурманск, ¹ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии; ²г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный арктический университет", e-mail: anna.cusumaria@yandex.ru)

Аннотация. В работе определена распространенность *Klebsiella pneumoniae* среди пациентов лечебного учреждения, проанализирована её антибиотическая резистентность к основным препаратам, применяемым в отделениях лечебного учреждения. Исследованы основные генетические маркеры карбапенемаз бактерий и установлена частота их встречаемости в биологическом материале пациентов и отделениях стационара.

Abstract. The work determined the prevalence of *Klebsiella pneumoniae* among hospital patients, analyzed its antibiotic resistance to the main drugs used in the departments of the hospital. The main genetic markers of bacterial carbapenemases have been investigated and their frequency has been established in the biological material of patients and hospital departments.

Ключевые слова: антибиотикорезистентность, *Klebsiella pneumoniae*, карбапенемазы, генетические маркеры

Key words: antibiotic resistance, *Klebsiella pneumoniae*, carbapenemases, genetic markers

Введение. В настоящее время значительно увеличилась скорость образования антибиотикорезистентных штаммов *Klebsiella pneumoniae*, что привело к пандемическому масштабу заболеваний, связанных с внутрибольничными инфекциями. Одним из факторов, способствующих повышению резистентности, стало чрезмерное использование карбапенемов, особенно в отделениях интенсивной терапии и реанимации [1; 2]. Поэтому актуальные данные о частоте и механизмах резистентности *K. pneumoniae* лежат в основе эффективности антибактериальной терапии. В связи с этим изучение патогена, нацеленное на определение распространенности и механизмов устойчивости к антибиотикам, характеристику генетической структуры бактериальных популяций, будет способствовать рациональному выбору антимикробных препаратов и разработке мер по преодолению устойчивости [3].

Цель настоящей работы – оценка распространенности генетических маркеров *K. pneumoniae*, определение ее антибиотической устойчивости и частоты встречаемости среди пациентов ГОБУЗ "Мурманская областная клиническая больница (МОКБ) им. П. А. Баяндина" с 2017 по 2020 гг.

Согласно поставленной цели определены следующие задачи:

- выявить частоту встречаемости *K. pneumoniae* в различных отделениях больницы;
- оценить резистентность возбудителя к основным группам антибиотиков;

– обнаружить генетические маркеры клебсиеллы пневмонии в биологических материалах пациентов лечебного учреждения и оценить их распространенность в отделениях стационара;

– сравнить частоту выделения генетических детерминант *K. pneumoniae* в биоматериале больных г. Мурманска и Российской Федерации.

Материал и методы. Работа выполнена на базе централизованной многофункциональной лаборатории ГОБУЗ "МОКБ им. П. А. Баяндина", лаборатории клинической микробиологии.

Объектом исследований явилась бактерия *K. pneumoniae*, выделенная из биологического материала (кровь, слизь дыхательных путей, кал, моча, гнойные выделения) пациентов МОКБ.

В работе использовали микробиологический и молекулярно-генетический методы. Чувствительность клебсиеллы к антибактериальному препарату определяли диско-диффузионным методом [4]. Для выявления генов карбапенемаз применяли метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) [5; 6].

Для анализа данных резистентности к антибиотикам в Российской Федерации пользовались онлайн-платформой AMRmap.

Результаты и обсуждение. Высокая частота встречаемости *K. pneumoniae* отмечается (рисунок 1) в урологическом, отделениях хирургического профиля (общей хирургии, нейрохирургии и кардиохирургии) и отделении анестезиологии и реанимации (ОАР). Средний показатель выделения клебсиеллы за четыре года составляет: в ОАР – 11,8 %, в урологическом – 16,8 % и хирургических отделениях – 49,8 %.



Рисунок 1 – Частота встречаемости *Klebsiella pneumoniae* в отделениях стационара с 2017 по 2020 гг.

Высокое обнаружение изучаемого возбудителя в ОАР и хирургических отделениях связано с тем, что данные подразделения представляют собой особую экологическую нишу для клебсиеллы пневмонии, где есть условия для быстрого формирования госпитальных штаммов: преобладание иммунокомпромитированных пациентов, проведение большого числа разнообразных медицинских манипуляций и длительная антибиотикотерапия [3].

В урологическом отделении высокая частота встречаемости *K. pneumoniae* связана с тем, что для пациентов проводится катетеризация мочевого пузыря, а исследуемая бактерия обладает способностью к неспецифической адгезии на имплантируемые устройства, попадая в мочевой пузырь во время установки катетера или из внешней среды, окружающей его наружную часть. На последней и на уротелии формируется биопленка, которая защищает их от смывания мочой и действия иммунных факторов организма и антибиотиков.

С 2017 по 2020 гг. исследовали антибиотикорезистентность *K. pneumoniae* к основным группам антибиотиков: аминогликозидам, карбапенемам, цефалоспорином, фторхинолонам и пеницилинам.

Клебсиелла пневмонии демонстрирует высокую резистентность и обладает высокой адаптивной устойчивостью к основным группам антимикробных средств (рисунок 2).

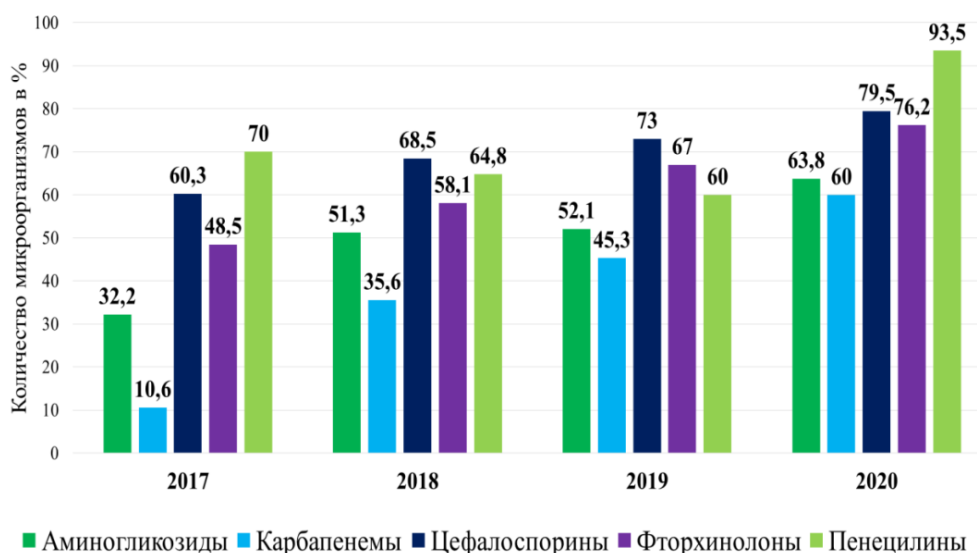


Рисунок 2 – Резистентность *K. pneumoniae* к антибактериальным препаратам за 2017–2020 гг.

Необходимо подчеркнуть, что микроорганизм проявляет высокую устойчивость к карбапенемам, которые рассматриваются как препараты "резерва"

для лечения наиболее тяжелых инфекций, вызванных грамотрицательными бактериями.

В работе изучены основные генетические маркеры карбапенемаз *K. pneumoniae*: KPC, OXA-48, VIM, IMP и NDM. Установлено, что в 2019 и 2020 гг. в отделениях стационара у клебсиеллы пневмонии чаще всего встречаются гены OXA-48 и NDM (рисунок 3). Наличие этих генов позволяет возбудителю широко распространяться среди пациентов больницы, потому что бактерии подвержены наименьшей межвидовой и внутривидовой конкуренции со стороны микроорганизмов, чувствительных к антибиотикам и подавляемых при обычном лечении.

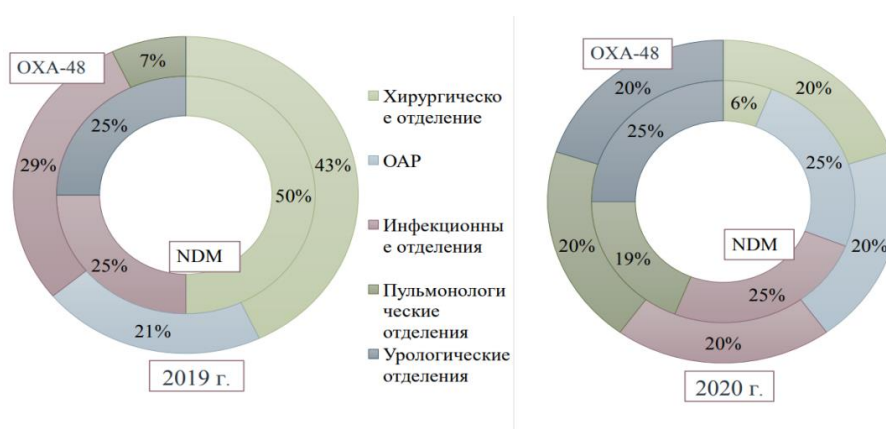


Рисунок 3 – Генетические маркеры *K. pneumoniae* NDM и OXA-48 в отделениях стационара с 2019 по 2020 гг.

Инфекции крови, которые вызывает ген OXA-48, имеют неблагоприятный прогноз, так как часто происходит задержка между постановкой диагноза и началом адекватной терапии. Это связано с тем, что *K. pneumoniae* синтезирует группу ферментов – карбапенемаз, инактивирующих действие антибиотических препаратов.

Продукт гена NDM способен к гидролизу практически всех β -лактамных антибиотиков и в сочетании с другими механизмами резистентности делает возбудителя устойчивым почти ко всем антимикробным средствам.

Генетические детерминанты клебсиеллы преобладают (рисунок 4) в моче (из-за адгезии микроорганизмов на имплантируемые устройства) и раневой поверхности (на большую открытую зону воспаления происходит седиментация бактерий). Стоит отметить наличие генетических маркеров в крови и брюшной полости пациентов. Одной из причин попадания в кровь клебсиеллы пневмонии при ослабленном иммунитете лежит ее транслокация из кишечной микрофлоры в кровоток. Это может привести к септическому воспа-

лению, что опасно для больных с заболеваниями системы крови, у которых часто обнаруживаются такие болезни как мукозит и нейтропения.

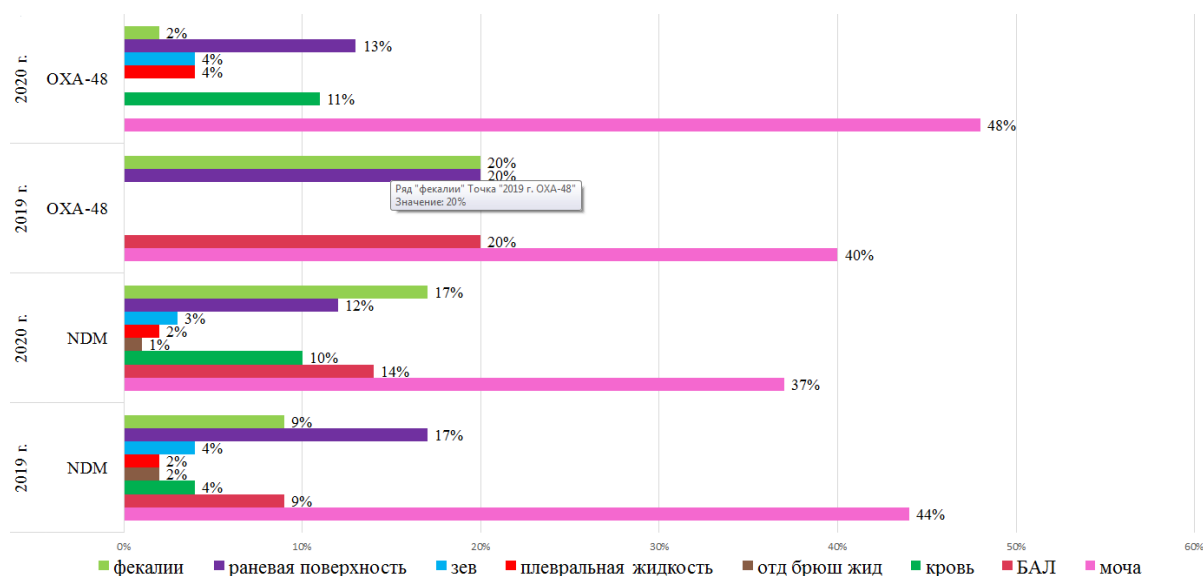


Рисунок 4 – Обнаружение генетических маркеров OXA-48 и NDM в биологическом материале пациентов за 2019–2020 гг.

Кроме того, что генетический маркер NDM способен гидролизовать практически все антибиотики класса β -лактамов, он может вызывать следующие заболевания: сепсис, пневмония, ИМП, интраабдоминальные инфекции, раневые инфекции и уменьшать возможность лечения антимикробными препаратами.

Генетический маркер OXA-48 обладает быстрым распространением конъюгативных плазмид широкого спектра хозяина, высокой вирулентностью среди генетических маркеров и вызываемые им инфекции крови имеют плохой прогноз из-за сложности назначения подходящей антибиотикотерапии.

С помощью онлайн-платформы AMRmap, где опубликованы данные генетических маркеров *K. pneumoniae*, устойчивых к действию карбапенемов, проведена оценка частоты встречаемости основных генетических детерминант карбапенемаз за 2020 г. по наиболее крупным городам России.

На территории РФ чаще всего встречаются следующие гены карбапенемаз: KPC, OXA-48 и NDM (рисунок 5). Ген KPC в большинстве случаев выявляется в Москве, Санкт-Петербурге и Мурманске, ген OXA-48 – в Москве, Краснодаре и Новосибирске, а ген NDM – в Новосибирске, Санкт-Петербурге и Мурманске.

Исходя из полученных данных, можно увидеть, что гены KPC и OXA-48 в г. Мурманске встречаются реже, чем в других городах.

Тем не менее, судя по данным, полученным в лечебном учреждении г. Мурманска, этих генов достаточно для передачи и формирования генетической устойчивости и для распространения инфекции между пациентами отделений стационара.

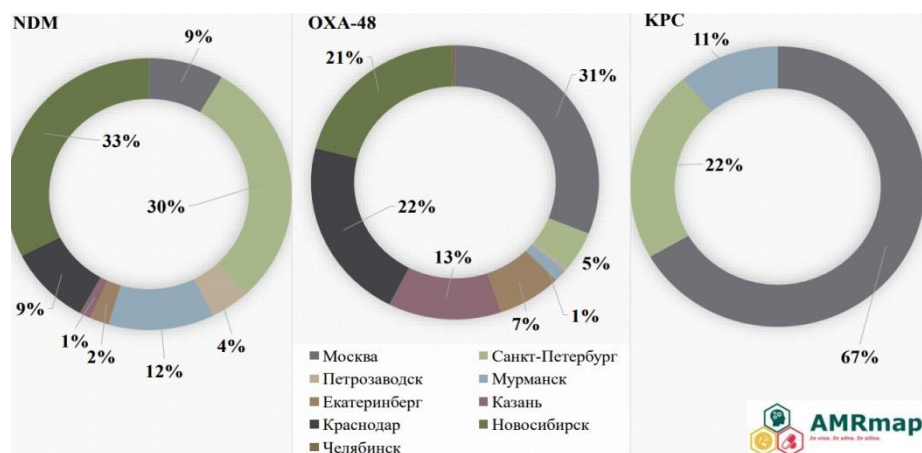


Рисунок 5 – Частота встречаемости генетических маркеров среди городов Российской Федерации в 2020 г.

Анализируя вышесказанное, можно предположить, что там, где данные генетические маркеры карбапенемаз клебсиеллы пневмонии встречаются наиболее часто и в большем количестве, складывается не совсем благоприятная эпидемическая обстановка, которая заслуживает особого внимания.

Спектр карбапенемаз *K. pneumoniae*, выделенных в стационаре МОКБ (рисунок 4), типичен для территории России.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее часто *K. pneumoniae* встречается в отделениях хирургического профиля, урологии и отделении анестезиологии и реанимации.
2. С 2017 по 2020 гг. наблюдается тенденция к увеличению резистентности *K. pneumoniae* к карбапенемам – от 10,6 до 60,0 %, аминогликозидам – 32,2–63,8 % и фторхинолонам – 48,5–76,2 %.
3. Самыми распространенными генетическими маркерами, обнаруженными у *K. pneumoniae* в биоматериалах пациентов лечебного учреждения г. Мурманска, являются OXA-48 и NDM. Эти маркеры наиболее распространены в отделениях хирургического профиля и чаще всего обнаруживаются в моче и раневой поверхности.
4. Частота выделения генетических детерминант *K. pneumoniae* в биоматериале больных г. Мурманска схожа с таковой в Российской Федерации, преобладающие гены – NDM и OXA-48.

Библиографический список

1. Сухорукова М. В., Эйдельштейн М. В., Скленова Е. Ю., Иванчик Н. В. [и др.]. Антибиотикорезистентность нозокомиальных штаммов *Enterobacteriaceae* в стационарах России: результаты многоцентрового эпидемиологического исследования "МАРАФОН" 2013–2014 // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2017. Т. 19. № 1. С. 49–56. EDN: ZHJQBV.
2. Тапальский Д. В., Осипов В. А., Жаворонок С. В. Карбапенемазы грамотрицательных бактерий: распространение и методы детекции // Медицинский журнал. 2012. № 2 (40). С. 10–15. EDN: RSKOEL.
3. Борзилов А. И., Воложанцев Н. В., Коробова О. В., Комбарова Т. И. [и др.]. Эффективность бактериофага KpV289 при лечении острой пневмонии и инфекции бедра, вызванных *Klebsiella pneumoniae*, у мышей // Инфекционные болезни. 2017. Т. 15, № 3. С. 48–56. DOI: <https://doi.org/10.20953/1729-9225-2017-3-48-56>.
4. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам. М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 91 с.
5. Шабанова В. В., Краснова М. В., Божкова С. А., Агеевец В. А., Лазарева И. В., Рукина А. Н., Сидоренко С. В. Первый случай выявления в России *Klebsiella pneumoniae* ST147, продуцирующей NDM-1 карбапенемазу, в травматологоортопедическом стационаре // Травматология и ортопедия России. 2015. № 2 (76). С. 90–98. EDN: UBZEJF.
6. Эйдельштейн М. В. β -Лактамазы аэробных грамотрицательных бактерий: характеристика, основные принципы классификации, современные методы выявления и типирования // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2001. Т. 3, № 3. С. 223–242.

Сравнительный анализ методов определения антагонистической активности некоторых представителей пробиотических молочнокислых микроорганизмов

Зайчикова Д. С., Алпатова С. О., Макаревич Е. В. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: makarevichev@mstu.edu.ru)

Аннотация. Антагонистическая активность молочнокислых культур (*L. acidophilus* и *Lac. lactis*) по отношению к представителям условно-патогенной микрофлоры (*E. coli*) определена различными методами *in vitro*: диффузионными (лунок, капель, агаровых слоев, перпендикулярных штрихов) и методом, основанным на принципе сокультивирования в жидких питательных средах. На основании полученных результатов представляется возможным оценить результативность лабораторных методов определения антагонистической активности, а также возможность их дальнейшего использования в оценке эффективности антимикробного действия пробиотиков на гнилостную микрофлору.

Abstract. Antagonistic activity of lactic acid cultures (*L. acidophilus* and *Lac. lactis*) in relation to representatives of conditionally pathogenic microflora (*E. coli*) was determined by various *in vitro* methods: diffusion (wells, drops, agar layers, perpendicular strokes) and a method based on the principle of co-cultivation in liquid nutrient media. Based on the results obtained, it is possible to evaluate the effectiveness of laboratory methods for determining antagonistic activity, as well as the possibility of their further use in assessing the effectiveness of the antimicrobial action of probiotics on putrefactive microflora.

Ключевые слова: пробиотические микроорганизмы, молочнокислые микроорганизмы, антагонистическая активность, методы *in vitro*

Key words: probiotic microorganisms, lactic acid bacteria, antagonistic activity, *in vitro* methods

Введение. Важным и технологически значимым свойством пробиотических бактерий является их способность оказывать бактерицидное и бактериостатическое действие на вредную микрофлору [1]. Наличие данного свойства имеет значение при выборе пробиотических микроорганизмов в качестве натуральных и избранных стартеров для использования в различных областях народного хозяйства (молочная, пищевая промышленность, медицина, ветеринария, сельское хозяйство, другие) [2].

Антагонистические свойства многих представителей молочнокислых бактерий являются одной из характерных особенностей данных микроорганизмов. В результате их жизнедеятельности в среде постепенно вытесняются грамотрицательные бактерии, анаэробные гнилостные бациллы, стафилококки [3].

Известно, что антагонизм молочнокислых бактерий, посредством которого они препятствуют образованию нежелательной микрофлоры, обу-

словлен образованием и экскретированием антимикробных и антибиотических субстанций: лизоцима, перекиси водорода, бактериоцинов (лактацинов), короткоцепочечных жирных кислот, диацетила [1]. Общим свойством данной группы бактерий является продуцирование молочной кислоты и связанное с этим снижение pH среды до значений, несовместимых с жизнедеятельностью многих групп микроорганизмов [4]. Активное кислотообразование рассматривается как один из основных факторов антагонизма в отношении других видов микробов. Создание низкого окислительно-восстановительного потенциала за счет утилизации кислорода, а также способность к конкуренции за питательные вещества являются проявлением неспецифических факторов бактериального антагонизма [1].

Антагонизм как важное в научном и техническом плане свойство привлекает к себе интерес исследователей, проявляющийся как в опытах *in vitro*, так и *in vivo* (непосредственно в естественных системах), целью которых является поиск новых и перспективных бактериальных штаммов с широким спектром применения.

Целью данного исследования явилось проведение сравнительного исследования антагонистического потенциала молочнокислых культур *Lactobacillus acidophilus* и *Lactococcus lactis* по отношению к условно-патогенной культуре *Escherichia coli* различными методами *in vitro*.

Материалы и методы. Материалом исследования служили заквасочные культуры молочнокислых стрептобацилл *Lactobacillus acidophilus*, а также стрептококков *Lactococcus lactis*. Выделение, идентификацию, изучение морфолого-культуральных и биохимических свойств молочнокислых бактерий проводили по стандартным методикам [5]. Для проведения опытов исследования антагонистической активности *L. acidophilus* и *L. lactis* были приготовлены закваски из сухой лиофилизированной культуры. Для их активации в качестве питательной среды использовали стерильный гидролизат молока. Активированные культуры пересеивали на плотные питательные среды, соответствующие потребностям исследуемых микроорганизмов в источниках питательных веществ, при соблюдении условий, способствующих росту культур [6].

Для проведения эксперимента в качестве тест-объекта служили культуры *Escherichia coli*, относящиеся к группе санитарно-показательных микроорганизмов. В случае тест-культур их активация не требовалась, поскольку они представлены музейными штаммами. Для получения суточных культур изучаемых объектов производили пересев на скошенные в пробирке среды с дальнейшим термостатированием при температуре 37 °C в течение 24 часов [7].

Оценку антагонистической активности *Lactobacillus acidophilus* и *Lactococcus lactis* в отношении тест-культуры *E.coli* изучали с использованием методов *in vitro*. Данная группа методов позволяет быстро проверить большой массив штаммов молочнокислых бактерий и тест-культур нежелательных микроорганизмов: санитарно-показательных, патогенных, условно-патогенных или технически вредных [8].

Для определения антагонистической активности молочнокислых культур использовали диффузионные методы исследования (лунок, капель, агаровых слоев, перпендикулярных штрихов), которые основаны на диффузии антибиотических веществ, образуемых испытуемыми штаммами, в толщу агаровой среды, содержащей тест-культуру, и подавлении роста последней [9], а также метод совместного тестирования в жидкой питательной среде [10].

Результаты и обсуждения. В результате исследования антагонизма молочнокислых культур различными методами *in vitro* было показано, что лактококки и стрептококки были активны в отношении бактерий группы кишечной палочки, проявляя ингибирующую активность.

Диффузионные методы. При сравнении диффузионных методов (таблица 1) исследования антагонистической активности культуры *Lactococcus lactis* методы агаровых слоёв и перпендикулярных штрихов показали некорректный результат. По методу агаровых слоев наблюдалось отсутствие роста пробиотической культуры, причиной которого могло послужить воздействие хлороформа на бактериальные клетки. Метод перпендикулярных штрихов показал спорный результат: во-первых, отсутствовало подавление пробиотической культуры тест-штамма, а во-вторых, рост культур в непосредственной близости друг от друга не оказал антимикробного действия на какую-либо из них, что в большей степени свидетельствует о нейтральных взаимоотношениях микроорганизмов. Результат исследования антагонистической активности методом капель и лунок показал полное ингибирующее действие молочнокислых бактерий на тест-культуру *E.coli*.

Таблица 1 – Эффективность использования диффузионных методов изучения антагонистической активности культур *Lactococcus lactis* и *Lactobacillus acidophilus*

Изучаемый объект	Методы исследования			
	Метод лунок	Метод капель	Метод перпендикулярных штрихов	Метод агаровых слоёв
<i>L. acidophilus</i>	+	+	+	+
<i>Lac. lactis</i>	+	+	-	-

Диффузионные методы изучения антагонистической активности, используемые в данной работе, имеют общий недостаток – подбор питательной среды, отвечающей потребностям объектов исследования. Для оценки степени антагонистической активности необходимо создание равных условий культивирования как для штамма-пробионта, так и для тест-объекта.

Говоря о преимуществах данной группы методов, стоит отметить, что для методов лунок, капель и агаровых слоев характерным является наглядность проявления антагонизма в виде зоны ингибирования и возможности её измерения. Преимущество метода перпендикулярных штрихов заключается в непосредственном взаимодействии исследуемых штаммов.

Таким образом, выбранные нами диффузионные методы изучения антагонистических свойств молочнокислых бактерий позволяют лишь качественно оценить наличие таких свойств у изучаемых объектов.

Метод совместного культивирования. Результаты исследования методом сокультивирования показали, что подавление тест-культуры наблюдалось при минимальной концентрации *L. acidophilus* 1×10^5 КОЕ/мл и минимальной концентрации *Lac. lactis* 1×10^6 КОЕ/мл (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты проведения исследования методом совместного культивирования по изучению антагонистической активности культур *Lactococcus lactis* и *Lactobacillus acidophilus*

Разведение	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	Контроль
Культура № 1 – <i>Lactococcus lactis</i>											
Наличие роста тест-культуры	–	–	–	–	–	–	–	+	+	+	+
Культура № 2 – <i>Lactobacillus acidophilus</i>											
Наличие роста тест-культуры	–	–	–	–	–	+	+	+	+	+	+

Данный метод позволяет в естественной для молочнокислых бактерий среде определить их ингибирующее действие и количественно оценить степень проявления антагонистических свойств данных бактерий. Недостатком, как и в случае с диффузионными методами, является среда для культивирования объектов, поскольку не всегда её состав является благоприятным для жизнедеятельности как пробиотического штамма, так и тест-культуры.

Заключение. Эксперименты, проведенные в рамках настоящей работы, свидетельствовали о том, что бактерии вида *Lactobacillus acidophilus* показали наиболее активное проявление антагонистических свойств (все выбранные методы зафиксировали проявление антимикробного действия). Культура

Lactococcus lactis проявила менее выраженную антагонистическую активность. Метод совместного культивирования является наиболее информативным, поскольку позволяет количественно определить степень антагонистической активности молочнокислых бактерий.

Библиографический список

1. Жакслыкова С. А., Хабибуллин Р. Э., Яковлева Г. Ю., Решетник О. А. Антагонистическая активность бактериальных молочнокислых заквасок // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 10. С. 152–155. EDN: SGIXOF.
2. Абдуллаева Н. Ф., Тагизаде З. А., Мустафаева Р. С. Микробиологические и биохимические характеристики молочнокислых бактерий и области их применения (обзор) // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. № 3-3. С. 31–35. EDN: YFMBXJ.
3. Здрабова Е. М. Исследование потенциальных гипотензивных свойств сыровяленых продуктов из говядины с использованием стартовых культур : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04. М., 2015. 20 с.
4. Харченко Н. В. Выделение бифидобактерий и изучение их пробиотических свойств при длительном хранении : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.03. М., 2016. 20 с.
5. Рамонова Э. В. Выделение и идентификация местных штаммов молочнокислых микроорганизмов и их использование в качестве пробиотиков : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.14. Владикавказ, 2011. 24 с.
6. ГОСТ 33951–2016. Молоко и молочная продукция. Методы определения молочнокислых микроорганизмов. М. : Стандартинформ, 2016. 13 с.
7. ГОСТ ISO 7218–2015. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим. М. : Стандартинформ, 2016. 70 с.
8. Иркитова А. Н., Каган Я. Р., Соколова Г. Г. Сравнительный анализ методов определения антагонистической активности молочнокислых бактерий // Известия Алтайского государственного университета. 2012. № 3-1 (75). С. 41–44. EDN: PBFQGV.
9. Мищенко В. А. Изучение антагонистических свойств новых штаммов лактобацилл // Молодой ученый. 2017. № 16 (150). С. 10–13. EDN: YLNVMX.
10. Грицкевич Е. Р., Бученков И. Э., Иконникова Н. В. Лабораторный практикум по микробиологии. Минск : ИВЦ Минфина, 2017. 113 с.

Анализ антибиотикорезистентности микроорганизмов, выделенных из биологического материала пациентов ГОБУЗ "Кольская ЦРБ"

Кривенко О. Г., Афанасьева А. А., Мишанина Л. А. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: krivenkoog@mstu.edu.ru)

Аннотация. В работе представлен анализ устойчивости микроорганизмов, выделенных из биоматериала больных ГОБУЗ "Кольская ЦРБ" за период с 2017 по 2021 гг.

Abstract. The paper presents an analysis of the resistance of microorganisms isolated from the biomaterial of patients GOBUZ "Kola CRH" for the period from 2017 to 2021.

Ключевые слова: микроорганизмы, грамположительные, грамотрицательные, штаммы, антибиотикорезистентность, инфекционные заболевания

Key words: microorganisms, gram-positive, gram-negative, strains, antibiotic resistance, infectious diseases

Введение. По прогнозам к 2050 году смертность от инфекционных заболеваний, не поддающихся антибиотикотерапии, составит 10 млн человек в год и выйдет на одно из первых мест в мире вместе с сердечно-сосудистыми и онкологическими заболеваниями [1]. Имеющиеся на сегодняшний день в ассортименте антимикробные препараты являются модификацией уже существующих классов [2; 3].

Рост инфекционной заболеваемости, изменение микробиома человека вследствие нецелевого использования антибиотиков (в сельском хозяйстве – для увеличения массы животных, в медицине – назначение препаратов не по показаниям, в обществе – широко практикуется самолечение), развитие тяжелых осложнений, определяют актуальность изучения антибиотикорезистентности бактерий, поиска новых схем лечения больных.

Материалы и методы. В настоящей работе представлены результаты анализа спектра микроорганизмов, выделенных из мочи пациентов ГОБУЗ "Кольская ЦРБ", оценка их чувствительности к антибактериальным препаратам.

Объект исследования – микроорганизмы – уropатогены, выделенные из биологического материала (мочи) пациентов терапевтического отделения (ТО) и отделения ИНФСОВИD-19 (ИО) за период с 2017 по 2021 годы.

Для выделения и идентификации микроорганизмов использовали классические методы:

– метод секторного посева для выделения микроорганизмов-уропатогенов в чистой культуре и определения степени бактериурии [4];

– бактериологический метод для выделения чистой культуры микроорганизмов и их идентификации (определение биохимических и антигенных свойств) [5; 6].

Определение чувствительности к антибиотикам проводили диско-диффузионный методом.

Результаты и обсуждение. За период с 2017 по 2020 гг. из биоматериала пациентов терапевтического отделения было выделено и идентифицировано 576 микроорганизмов, у пациентов отделения ИНФСОВИД-19 за период с 2020 по 2021 год выделено 510 микроорганизмов.

Соотношение грамположительной и грамотрицательной микрофлоры в отделениях различалось. У пациентов терапевтического отделения преобладали грамотрицательные микроорганизмы (51,5 %). Самыми многочисленными оказались бактерии семейства *Enterobacteriaceae* (41,7 %). Грампозитивная микрофлора (41,2 %) представлена родами *Enterococcus* (20,5 %), *Staphylococcus* (17,9 %) и др. В 7,3 % случаев из исследуемого биоматериала были выделены грибы рода *Candida*.

В моче пациентов отделения ИНФСОВИД-19 увеличилась доля грамположительных бактерий (56,1 %), грамотрицательные бактерии (34,9 %) также представлены семейством *Enterobacteriaceae*. В 9 % исследуемых образцов обнаружены грибы рода *Candida* (рисунок 1).

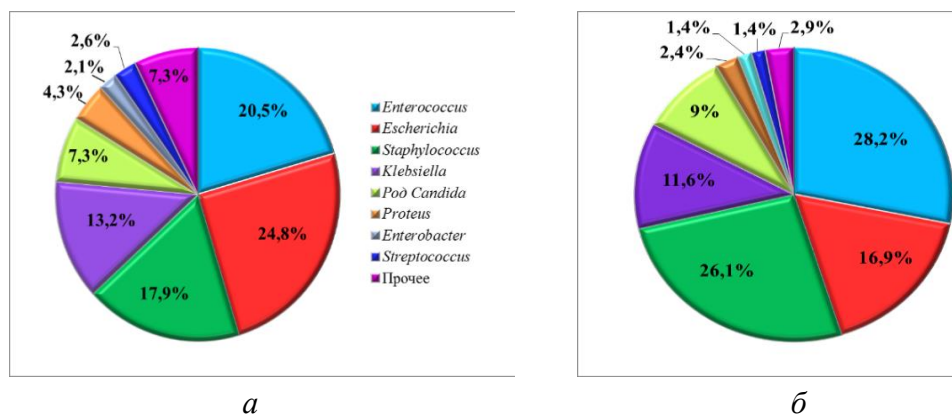


Рисунок 1 – Основные рода микроорганизмов, выделенных из мочи пациентов терапевтического отделения (а) и отделения ИНФСОВИД-19 (б) ГОБУЗ "Кольская ЦРБ"

Наблюдаемая картина преобладания грамположительной микрофлоры в биоматериале пациентов отделения ИНФСОВИД-19 возможно связана с применением антибиотиков. Протокол лечения пациентов с коронавирусной инфекцией, с диагнозом "пневмония" предусматривает назначение антибактериальной терапии до выяснения ее этиологии в упреждающем режиме.

Применяемые с этой целью антибиотики имеют более выраженное воздействие на грамотрицательную микрофлору.

Сравнительный анализ выявленных возбудителей инфекций мочевыводящей путей (ИМП) пациентов обоих отделений показал (рисунок 2), что в этиологической структуре преобладают грамотрицательные микроорганизмы. *E. coli* занимает лидирующую позицию в отделении общей терапии (24,5 %), в специализированном инфекционном стационаре этот показатель ниже на 7,8 % [7].

В ИНФСОВИД-19 первое место занимает *Enterococcus faecalis* (17,5 %), который в последнее время все чаще становится причиной ИМП [8].

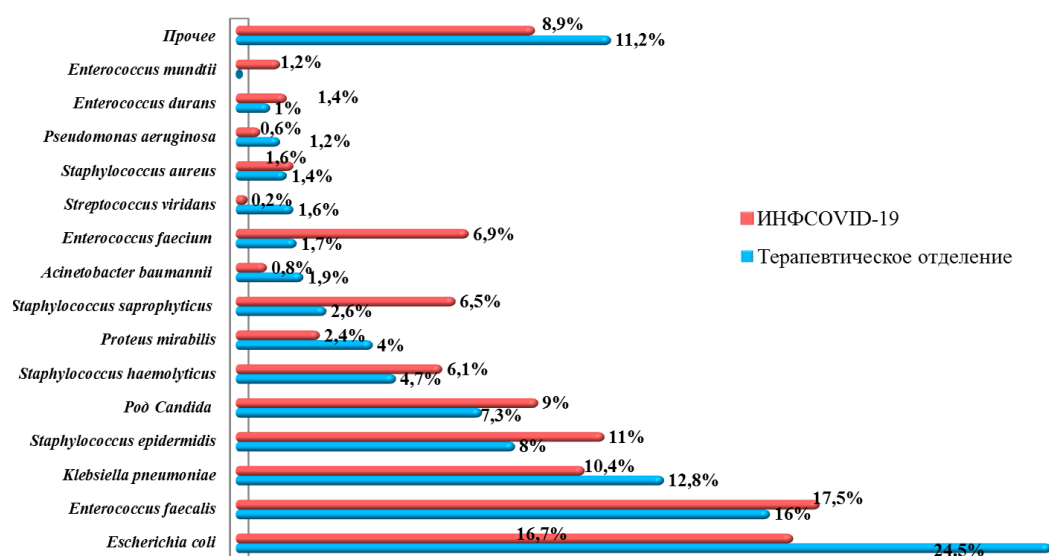


Рисунок 2 – Выявляемость микроорганизмов в двух стационарах
ГБОУЗ "Кольская ЦРБ"

По литературным данным, в рейтинге причин ИМП *Klebsiella pneumoniae* в настоящее время занимает второе место. В нашем исследовании данная бактерия заняла третье место в терапевтическом отделении и 4 – в инфекционном.

P. mirabilis выделен у 4 % пациентов ТО и 2,5 % пациентов инфекционного отделения. Чаше *P. mirabilis* обнаруживается у пациентов с осложненным течением ИМП, при длительной катетеризации мочевого пузыря, у пожилых пациентов.

Возбудители рода *Candida* выявлены у пациентов обоих отделений (7,3 % – в ТО, 9 % – ИО). Полученные нами данные соотносятся с научными, где отмечается возрастание роли этих микроорганизмов в развитии ИМП в связи с широким применением антибактериальной терапии, противоопухолевых средств, иммунодепрессантов.

Для лечения пациентов с ИМП обычно применяют антибиотики широкого спектра действия. Учитывая преобладание грамотрицательной флоры у пациентов отделений ГОБУЗ "Кольская ЦРБ", мы оценили резистентность выделенных уропатогенов к следующим препаратам: пенициллины, цефалоспорины 3 поколения, аминогликозиды, карбапенемы (обладают широким спектром и активны против грамотрицательной и против грамположительной микробиоты).

Штаммы *Escherichia coli* показали отсутствие резистентности к карбапенемам, прогрессивное снижение устойчивости к пенициллинам и цефалоспорином (показатели уменьшились соответственно на 41 % и 37 %), что возможно является следствием ограниченного их применения в последние годы для лечения ИМП. Резистентность *E. coli* к амингликозидам с начала исследования уменьшается, находится на стабильно низком уровне (рисунок 3).

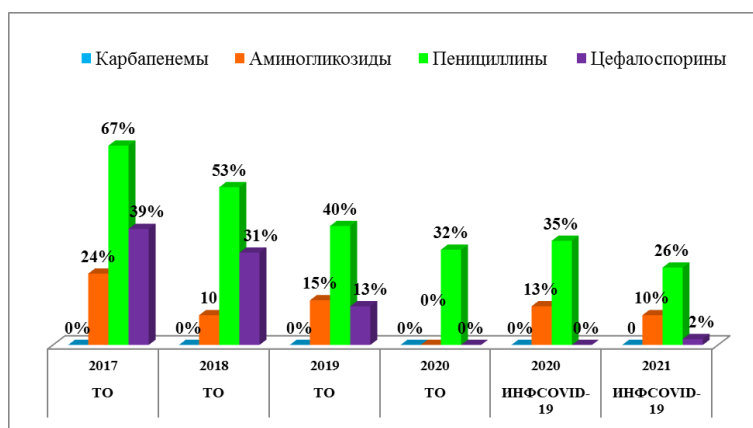


Рисунок 3 – Антибиотикорезистентность *Escherichia coli* в ГОБУЗ "Кольская ЦРБ"

Штаммы *Enterococcus faecalis* показали 100 %-ю резистентность к аминогликозидам, резкий ее рост к карбапенемам, и стабильно низкий уровень резистентности к пенициллинам (рисунок 4).

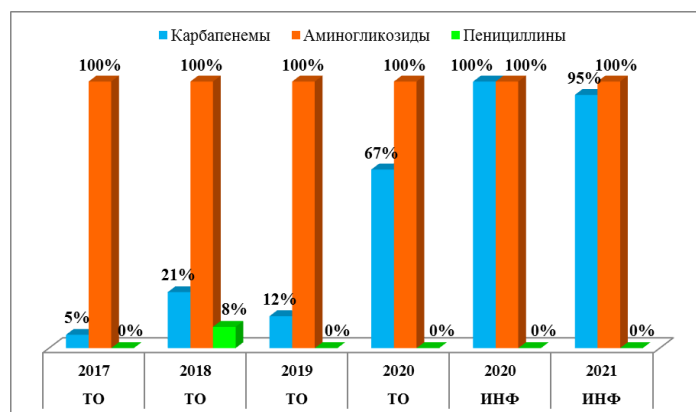


Рисунок 4 – Антибиотикорезистентность *Enterococcus faecalis* в ГОБУЗ "Кольская ЦРБ"

Klebsiella pneumoniae является возбудителем самых тяжелых бактериальных поражений различных органов, частым возбудителем внутрибольничных инфекций, обладает высоким уровнем резистентности ко многим антибиотикам. В нашем исследовании данный тезис подтвердился, можно сказать о комбинированной резистентности данного микроорганизма, так как она имеет стабильно высокий уровень устойчивости к исследуемым антибиотикам (аминогликозидам, пенициллинам, цефалоспорином), отмечен рост резистентности к карбапенемам на 42 % (рисунок 5).

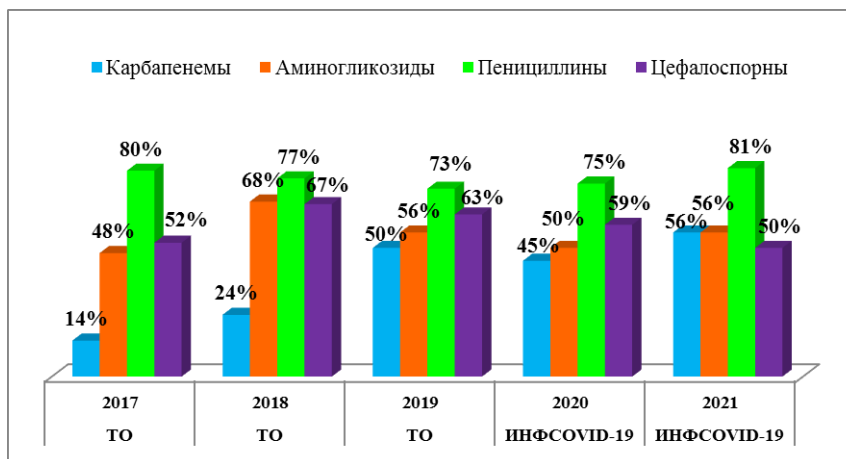


Рисунок 5 – Антибиотикорезистентность *Klebsiella pneumoniae* в ГОБУЗ "Кольская ЦРБ"

Выявлено снижение резистентности *Proteus mirabilis* ко всем группам антибиотиков за исключением пенициллинов (рисунок 6). Этот факт следует учитывать при составлении схемы лечения инфекционных заболеваний, вызванных данным микроорганизмом.

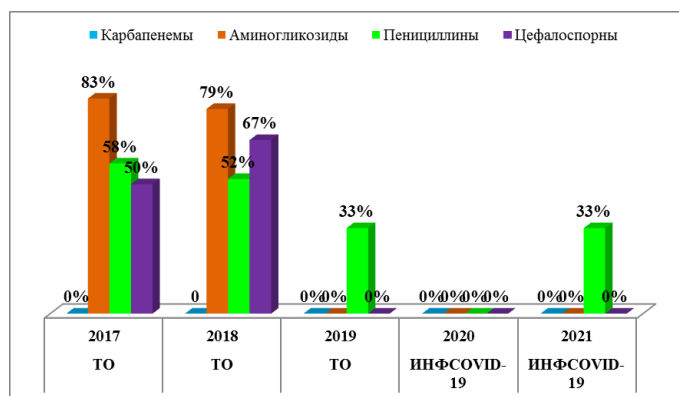


Рисунок 6 – Антибиотикорезистентность *Proteus mirabilis* в ГОБУЗ "Кольская ЦРБ"

Закключение. Исследование, проведенное в рамках настоящей работы, показало, что причиной ИПМ чаще всего являются штаммы *E. coli*, *En. faecalis* и *Kl. Pneumoniae*.

Препаратами выбора для лечения инфекций, вызванных *E. coli*, могут стать антибиотики группы пенициллина и цефалоспоринового ряда.

En. faecalis обладая 100 % резистентностью к аминогликазидам, показал высокую чувствительность к антибиотикам пенициллинового ряда.

Наиболее выраженной, комбинированной резистентностью к антибиотикам обладает *Kl. pneumoniae*.

В целом полученные результаты могут быть использованы для создания схем эффективного лечения больных не только с ИМП, но и другими заболеваниями.

Библиографический список

1. Ефименко Т. А., Терехова Л. П., Ефременкова О. В. Современное состояние проблемы антибиотикорезистентности патогенных бактерий // Антибиотики и химиотерапия. 2019. Т. 64, № 5-6. С. 64–68. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2990-2019-100033>. EDN: GJTLZH.
2. Намазова-Баранова Л. С., Баранов А. А. Антибиотикорезистентность в современном мире // Педиатрическая фармакология. 2017. Т. 14. № 5. С. 341–355. DOI: <https://doi.org/10.15690/pf.v14i5.1782>. EDN: ZTIETT.
3. Глобальная стратегия ВОЗ по сдерживанию устойчивости к противомикробным препаратам. URL: <http://antibiotic.ru.net/files/pdf/execsumr.pdf>.
4. Лелевич С. В., Сидорович Е. А., Волчкевич О. М., Дитко А. И. Клиническая лабораторная микробиология. Гродно : ГрГМУ, 2015. 208 с.
5. Концевая И. И. Микробиология: культивирование и рост бактерий. Чернигов : Десна Полиграф, 2017. 44 с.
6. Лагун Л. В. Методы микробиологических исследований. Гомель : ГомГМУ, 2016. 163 с.
7. Яковлев С. В. Рекомендации Европейской ассоциации урологов по лечению инфекций мочевыводящих путей: комментарии к возможности практического использования в России // Эффективная фармакотерапия. 2007. № 17. С. 18–27. EDN: XSCHLF.

Научно-практические аспекты использования бактериального фермента β -галактозидаза для гидролиза и трансгалактозилирования лактозы в молоке

Крысанова Ю. И. (г. Москва, ФГАНУ "Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности",
e-mail: yu_krysanova@vnimi.org)

Аннотация. Одним из наиболее широко используемых ферментов для производства низко- и безлактозных молочных продуктов на сегодняшний день является β -галактозидаза, фермент, продуцируемый растениями, бактериями, дрожжами и плесневыми грибами, способный расщеплять молочный сахар – лактозу – на глюкозу и галактозу. Широкое распространение среди большинства методов удаления лактозы из молока ферменты получили благодаря простоте их выделения и финансовой доступности. Одними из самых распространенных являются β -галактозидазы, выделенные из бактериальных клеток. В настоящее время активно ведутся исследования новых видов бактерий, способных не только к высокой активности в отношении молочного сахара, но и к катализируанию образования таких соединений, как галактоолигосахариды, выступающих в роли пребиотика.

Abstract. One of the most widely used enzymes for the production of low- and lactose-free dairy products today is β -galactosidase, an enzyme produced by plants, bacteria, yeast and molds that can break down milk sugar – lactose – into glucose and galactose. Enzymes are widely used among the methods for decreasing lactose content in milk due to the ease of their isolation and financial availability. One of the most popular enzymes are β -galactosidases isolated from bacterial cells. Currently, research is being actively carried out on new types of bacteria capable not only of high activity in relation to milk sugar, but also of catalyzing the formation of compounds such as galactooligosaccharides, which act as a prebiotic.

Ключевые слова: бактериальная нейтральная β -галактозидаза, гидролиз лактозы

Key words: bacterial neutral β -galactosidase, lactose hydrolysis

Молоко и молочные продукты имеют высокую питательную ценность за счет входящих в их состав питательных веществ, таких как белки, молочный жир, молочный сахар, а также макро- и микроэлементов: кальция, магния, витаминов D, A, витаминов группы B и др. На сегодняшний день в России по разным оценкам доля населения с непереносимостью лактозы, в той или иной степени (или предрасположенностью к ней), достигает от 30 % до 50 %. Особенно сильно эта проблема распространена у коренных народов Севера (якуты, чукчи, карелы, саами, эскимосы и др.), у которых доля может достигать 60–80 % [1].

Лактоза или молочный сахар – это углевод группы дисахаридов, состоящий из остатков молекул глюкозы и галактозы, который содержится

в молоке большинства млекопитающих. Для нормального переваривания лактозы в организме человека она должна быть расщеплена на моносахариды: глюкозу и галактозу. Эту функцию выполняет фермент или энзим β -галактозидаза (лактаза) [2], который также играет роль и в трансгалактозилировании лактозы, синтезируя галактоолигосахариды (ГОС), которые не подвергаются расщеплению и не всасываются в верхних отделах кишечника человека, выступая в роли пребиотика для *Bifidobacterium spp.* [3]. Однако не у всех людей данный фермент в организме вырабатывается в достаточном количестве, что приводит к проблемам усвоения лактозы из молочных продуктов [4] и появлению неприятных симптомов, например, диарее, метеоризму, дискомфорту в кишечнике и др. Для многих это становится причиной для полного отказа от молока и молочной продукции, а, следовательно, и к недопотреблению таких важных нутриентов, как витамин Д и кальций, что может привести к появлению различных проблем со здоровьем [5; 6]. Таким образом, чтобы такие люди могли употреблять молочные продукты, содержание молочного сахара в них необходимо уменьшать искусственно.

Одним из способов достижения этой цели является внесение ферментов для гидролиза лактозы в молоко. Молочная промышленность – это один из крупнейших рынков применения ферментов, а одним из наиболее часто используемых ферментов является β -галактозидаза [2]. Данный фермент впервые предложили применять в 1950 году, с 1970 года препараты, изготовленные на основе этого фермента, стали появляться на рынке и широко использоваться в молочной индустрии. В настоящее время в промышленности отдают предпочтение термоустойчивым ферментам, активным при температуре выше 50 °С или при очень низких температурах (ниже 10–15 °С), так как гидролиз при температуре 35–45 °С может требовать более длительной выдержки, что при таких условиях способно приводить к росту нежелательной микрофлоры. Важно отметить, что гидролиз лактозы в молоке приводит к тому, что конечный продукт становится слаще. Данное явление связано с тем, что глюкоза и галактоза, образующаяся в процессе гидролиза, имеют сладкий вкус. При производстве молочных десертов и других сладких молочных продуктов данное свойство позволяет сокращать количество добавляемого сахара при их приготовлении, что снижает затраты и улучшает пищевую ценность продукта [7].

β -галактозидаза, используемая в настоящее время, имеет природное происхождение: вырабатывается многими видами растений [8] и микроор-

ганизмов (бактериями, плесневыми грибами, дрожжами). Широкое распространение в промышленности получили ферменты, выделяемые из микроорганизмов, что связано с простотой их получения и финансовой доступностью [9]. Бактериальные энзимы относятся к внутриклеточным, обладают высокой гидролизной активностью и стабильностью. В отличие от ферментов, выделяемых из плесневых грибов, не требуют дополнительной очистки от токсичных метаболитов продуцента [10]. Бактериальные лактазы относятся к нейтральным, для активации которых требуется нейтральная или близкая к нейтральной среда, а также наличие в последней ионов Mg^{+} , Mn^{+} и K^{+} [10; 11]. Нейтральные лактазы чаще всего используют для производства молочных продуктов с нейтральной pH, таких как молоко. Оптимум pH таких ферментов позволяет им наиболее активно расщеплять лактозу в молоке, так как pH молока имеет нейтральное значение, близкое к 7 единицам. К другим таким продуктам можно отнести мороженое и молочные десерты.

Среди молочнокислых бактерий чаще всего используются некоторые виды из семейств *Streptococcaceae* и *Lactobacillaceae* [12]. Из семейства *Streptococcaceae* для выделения используют чаще всего *Streptococcus thermophilus*. Фермент, получаемый из данного вида микроорганизмов обладает оптимумом pH, равным 6,8–7,1, а температурный оптимум активности составляет 55 °C [9]. Из семейства *Lactobacillaceae* основным представителем для получения β -галактозидазы является вид *Lactobacillus acidophilus*, получаемый энзим обладает pH оптимумом 6,2–6,6; температурным оптимумом в 55 °C. Также были попытки выделять фермент из *L. delbrueckii subsp. bulgaricus*, однако полученный фермент оказался менее стабильным и технически трудоемким в получении и использовании [13]. Стоит отметить, что бактерии из вышеупомянутых родов и родов *Bifidobacterium* и *Lactococcus* используют для получения кисломолочных функциональных продуктов [14–16]. Присутствующие в таких продуктах микроорганизмы (рода *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*) способны поселяться в желудочно-кишечном тракте людей и облегчать симптомы непереносимости лактозы [17]. Другими бактериями, используемыми для получения нейтрального фермента, являются бактерии из семейства *Bacillaceae*. Одна из таких – это *Bacillus licheniformis*. Фермент, выделяемый из данного микроорганизма показал наибольшую активность при pH от 5 до 9 и температуре 37 °C, а при pH 6,5 – при температуре выше 42 °C. Благодаря широкому диапазону оптимумов, фермент, выделяемый из *Bacillus licheniformis*, является перспективным для применения

в промышленности. Еще одной бактерией из этого семейства, служащей для выделения β -галактозидазы является *Bacillus circulans* [17]. Фермент имеет следующие оптимумы: pH 6,0, температура 60°C. Помимо расщепления лактозы на моносахариды, он способен катализировать образование большого количества ГОС, что представляется перспективным не только для производства безлактозной продукции, но и для обогащения продуктов пребиотиками [3].

Одной из первых выделенных бактериальных β -галактозидаз была лактаза, изолированная из бактерии группы кишечных палочек *Escherichia coli*. Однако в настоящее время данный фермент не используется в молочной промышленности, так как считается небезопасным для изготовления пищевых продуктов. Такой энзим, выделенный из *E. coli*, доступен для аналитических исследований: глюкоза и галактоза, полученные при гидролизе лактозы этим ферментом используются в качестве субстрата для роста гетеротрофных бактериальных клеток, а сам фермент является репортёрным белком (молекулярным сенсором) в микробиологии, молекулярной и клеточной биологии [18].

Помимо природно-выделяемой β -галактозидазы на сегодняшний день также применяются ферменты, полученные из генетически модифицированных организмов. Суть такого метода заключается в изоляции гена определенной бактерии, ответственного за продуцирование β -галактозидазы, с последующим перенесением его в другую бактерию. В результате получают фермент, обладающий новыми свойствами. К таким можно отнести лактазу, полученную от бактерий рода *Bifidobacterium*, выделяемую генетически модифицированной бактерией рода *Bacillus*. Данный фермент способен расщеплять лактозу при температуре 15°C [19]. Другим примером может послужить разработанная китайскими учеными лактаза, полученная из бактерии вида *B. velezensis* и синтезируемая генномодифицированной бактерией вида *E. coli*. Полученный таким способом энзим показал высокую активность в отношении гидролиза и трансгалактозилирования лактозы при низкой температуре в 4 °C. Данные свойства делают возможным протекание гидролиза лактозы в условиях транспортировки и первичного хранения молока, что может быть экономически выгодным для молочной промышленности [20].

Таким образом, большое количество научных исследований и промышленное использование показало, что ферменты, вырабатываемые бактериальными клетками, имеют огромный потенциал благодаря их высокой активности, подходящим оптимумам pH и температуры для гидролиза лактозы

в необработанном молоке, а также способности катализировать образование большого количества галактоолигосахаридов, выступающих в роли пребиотика. На сегодняшний день активно разрабатываются новые виды бактериальных ферментов с применением современных технологий, таких как генетическая модификация и других, для того чтобы снижать затраты и повышать эффективность процесса расщепления лактозы. Также ведутся исследования в подборе оптимальных штаммов микроорганизмов, выделяемых наибольшее количество β -галактозидазы для получения кисломолочных функциональных продуктов, которые способны снижать симптомы непереносимости лактозы без предварительного гидролиза лактозы в молоке, что существенно облегчает жизнь не только потребителям, но и производителям.

Библиографический список

1. Itan Y., Jones B. L., Ingram C. J., Swallow D. M. [et al.]. A worldwide correlation of lactase persistence phenotype and genotypes // BMC evolutionary biology. 2010. Vol. 10. Article number: 36. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2148-10-36>.
2. Panesar P. S., Kumari S., Panesar R. Potential Applications of Immobilized β -Galactosidase in Food Processing Industries // Enzyme Research. 2010. Vol. 2010. Article ID: 473137. DOI: <https://doi.org/10.4061/2010/473137>.
3. Plou F. J., Polaina J., Sanz-Aparicio J., Fernández-Lobato M. β -Galactosidases for lactose hydrolysis and galactooligosaccharide synthesis // Microbial Enzyme Technology in Food Applications. CRC Press, 2017. P. 121–144. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781315368405-9>.
4. Suri S., Kumar V., Prasad R., Tanwar B. [et al.]. Considerations for development of lactose-free food // Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism. 2019. Vol. 15. P. 27–34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnim.2018.11.003>. EDN: JJFLYY.
5. Barr S. I. Perceived lactose intolerance in adult Canadians: a national survey // Applied physiology, nutrition, and metabolism. 2013. Vol. 38, Iss. 8. P. 830–835. DOI: <https://doi.org/10.1139/apnm-2012-0368>.
6. Шерстнева Н. Е. Актуальность повышения содержания витамина D в молочных продуктах // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. 2020. Т. 1, № 1(1). С. 627–631. DOI: <https://doi.org/10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-627-631>. EDN: LQGBHF.

7. Dekker P. J. T., Koenders D., Bruins M. J. Lactose-free dairy products: market developments, production, nutrition and health benefits // *Nutrients*. 2019. Vol. 11, Iss. 3. Article number: 551. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11030551>.
8. Seddigh S., Darabi M. Comprehensive analysis of beta-galactosidase protein in plants based on *Arabidopsis thaliana* // *Turkish Journal of Biology*. 2014. Vol. 38, Iss. 1. Article 16. P. 140–150. DOI: <https://doi.org/10.3906/biy-1307-14>.
9. Zolnere K., Ciprovica I. The comparison of commercially available β -galactosidases for dairy industry: review // *Research for rural development*. 2017. Vol. 1. P. 215–222. DOI: <https://doi.org/10.22616/rrd.23.2017.032>.
10. Скрипнюк А. А., Рябцева С. А. Современные методы получения β -галактозидаз // *Наука. Инновации. Технологии*. 2014. № 3. С. 197–204. EDN: TTISUP.
11. Harju M., Kallioinen H., Tossavainen O. Lactose hydrolysis and other conversions in dairy products: technological aspects // *International Dairy Journal*. 2012. Vol. 22, Iss. 2. P. 104–109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.09.011>.
12. Princely S., Basha N. S., Kirubakaran J. J., Dhanaraju M. D. Biochemical characterization, partial purification, and production of an intracellular beta-galactosidase from *Streptococcus thermophilus* grown in whey // *European Journal of Experimental Biology*. 2013. Vol. 3, Iss. 2. P. 242–251.
13. Gyawali R., Oyenira A., Zimmerman T., Aljaloud S. [et al.]. A comparative study of extraction techniques for maximum recovery of β -galactosidase from the yogurt bacterium *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* // *Journal of Dairy Research*. 2020. Vol. 87, Iss. 1. P. 123–126. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022029919001031>.
14. Бегунова А. В., Рожкова И. В., Ширшова Т. И., Крысанова Ю. И. Выделение перспективных штаммов из национальных продуктов и определение их свойств // *Молочная промышленность*. 2020. № 5. С. 38–41. DOI: <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-05-38-40>. EDN: UNZSFS.
15. Бегунова А. В. Изучение микробиологических показателей кисломолочного напитка с пробиотическими культурами в процессе хранения // *Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством*. 2020. Т. 1, № 1(1). С. 59–64. DOI: <https://doi.org/10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-59-64>. EDN: IMEAEZ.
16. Рожкова И. В. Кефир-пробиотик // *Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством*.

2020. Т. 1, № 1(1). С. 451–456. DOI: <https://doi.org/10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-451-456>. EDN: VRYYRS.

17. Roškar I., Švigelj K., Štempelj M., Volfand J. [et al.]. Effects of a probiotic product containing *Bifidobacterium animalis* subsp. *animalis* IM386 and *Lactobacillus plantarum* MP2026 in lactose intolerant individuals: Randomized, placebo-controlled clinical trial // Journal of Functional Foods. 2017. Vol. 35. P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.05.020>.

18. Guo Y., Hui C.-Y., Liu L., Zheng H.-Q. [et al.]. Improved monitoring of low-level transcription in *Escherichia coli* by a β -galactosidase α -complementation system // Frontiers in microbiology. Sec. Microbiotechnology. 2019. Vol. 10. Article number: 1454. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01454>.

19. Czyzewska K., Trusek A. Encapsulated NOLA™ Fit 5500 Lactase – an economically beneficial way to obtain lactose-free milk at low temperature // Catalysts. 2021. Vol. 11, Iss. 5. Article number: 527. DOI: <https://doi.org/10.3390/catal11050527>.

20. Liu Y., Wu Z., Zeng X., Weng P. [et al.]. A novel cold-adapted phospho-beta-galactosidase from *Bacillus velezensis* and its potential application for lactose hydrolysis in milk // International Journal of Biological Macromolecules. 2021. Vol. 166. P. 760–770. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.10.233>.

Микробиологические аспекты исследования продуктов, полученных путем ферментирования молока кефирным и молочным грибами

Литвинова М. Ю., Рассказова М. С. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет",
e-mail: litvinovamyu@mstu.edu.ru)

Аннотация. Работа посвящена комплексному микробиологическому исследованию кисломолочных продуктов, полученных на основе природного микробного симбиоза молочного гриба (МГ) и закваски из кефирных грибов (КГ). Представлен качественный и количественный состав кисломолочного продукта, его антагонистическая активность, и дана оценка устойчивости микробиоты кисломолочного напитка к желудочно-кишечному стрессам.

Abstract. The work is devoted to a comprehensive microbiological study of fermented milk products obtained on the basis of natural microbial symbiosis of milk fungus and yogurt yeast culture. The qualitative and quantitative composition of the fermented milk product, its antagonistic activity and the assessment of the microbiota resistance of the fermented milk drink to gastrointestinal stress are presented.

Ключевые слова: молочный гриб, кефирная закваска, антагонистическая активность, молочнокислые микроорганизмы

Key words: milk mushroom, kefir starter culture, antagonistic activity, lactic acid microorganisms

В последнее время в мире высокими темпами проводятся исследования по созданию лечебно-профилактических кисломолочных продуктов. Их считают перспективой для оздоровления населения. Свойства этих продуктов обеспечивают культуры продуцентов со специфическими физиолого-биохимическими эффектами. Важное место необходимо отвести продуктам, полученным при использовании многокомпонентных симбиотических заквасок, обеспечивающим кисломолочным продуктам нужные лечебные свойства. Кисломолочные продукты обладают такими свойствами за счет содержащихся в их составе микроорганизмов-пробиотиков. Они не являются патогенными для человека и обладают антагонистической активностью в отношении болезнетворной микробиоты [1].

Цель работы – проведение комплексного микробиологического исследования кисломолочных продуктов, полученных на основе природного микробного симбиоза молочного гриба и промышленной закваски из кефирных грибов.

Основные задачи исследования:

- определить влияние условий культивирования на титруемую кислотность напитков и количественный состав микробиоты природного микробного симбиоза молочного гриба и производственной закваски кефирных грибков;
- оценить антагонистическую активность микробиоты кисломолочных напитков на тест-культуры условно-патогенных микроорганизмов *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Proteus mirabilis* и *Pseudomonas aeruginosa*;
- оценить устойчивость микроорганизмов природного микробного симбиоза молочного гриба и закваски из кефирных грибков к желудочному и кишечному стрессам.

Титруемую кислотность определяли у кисломолочного напитка, приготовленного путем сбраживания молока молочными и кефирными грибами (рисунок 1) при различных температурах ферментации, а именно: 25 °С, 30 °С, 35 °С и 40 °С. По данным ГОСТ 31454–2012 норма титруемой кислотности готового кисломолочного продукта должна составлять от 85 до 130 °С [2]. Полученные значения титруемой кислотности продукта соответствуют заявленным нормативам.

Из рисунка 1 видно, что с повышением температуры, повышается титруемая кислотность напитка. Это связано с увеличением числа кислотообразующей микробиоты в исследуемом напитке.

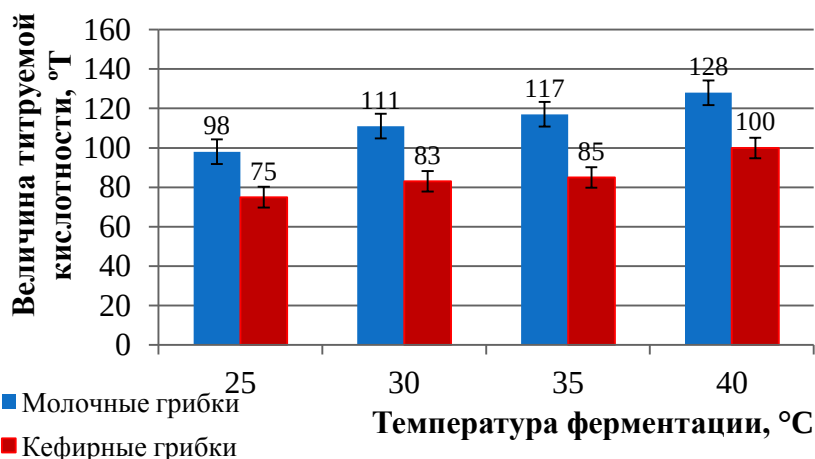


Рисунок 1 – Влияние температуры ферментации молока на титруемую кислотность

Проанализировав результаты (рисунок 2), можно сделать вывод, что в напитке, ферментированном молочным грибом, с 25 до 35 °С идет увеличение количества молочнокислых стрептококков от 1 до 6 миллиардов

клеток и палочек от 3 десятков миллионов до 3 десятков миллиардов клеток, но к 40 °С их численность значительно снижается. У кисломолочного продукта, полученного с помощью кефирного грибка, наблюдается увеличение количества молочнокислых бактерий при 25–30 °С: количество стрептококков растет от 2 миллиардов клеток до 7 миллиардов клеток, количество палочек от 20 миллионов клеток до 110 миллионов клеток.

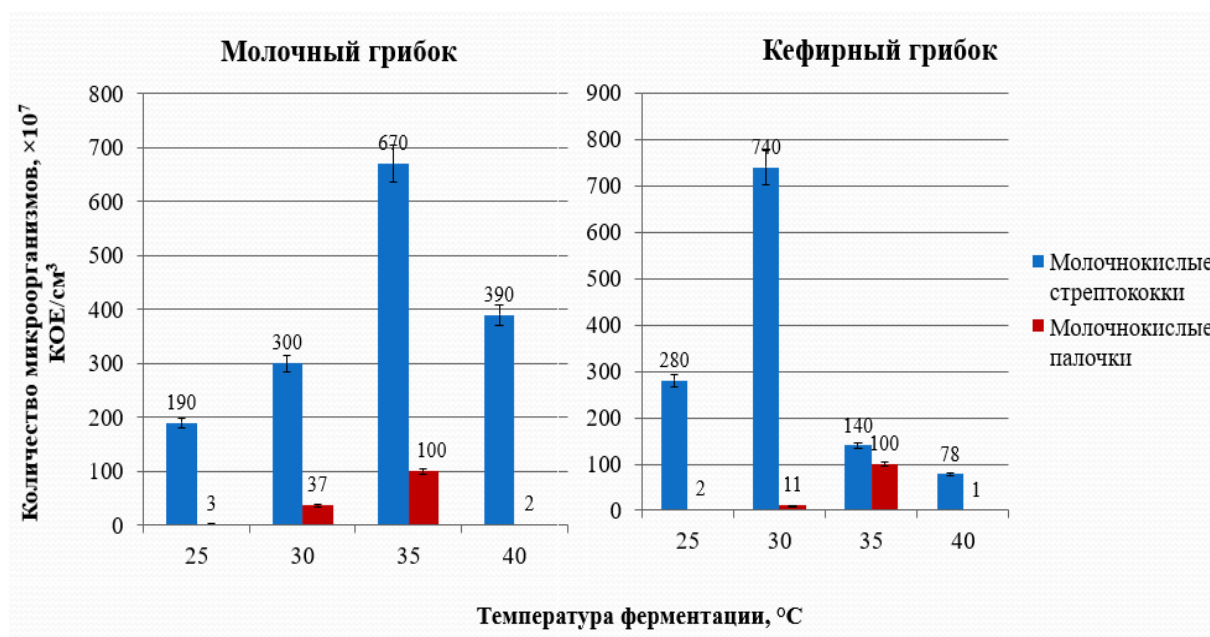


Рисунок 2 – Влияние условий ферментации молока на количественный состав молочнокислых бактерий

Однако при 35–40 °С их численность снижается. Оптимальной температурой для роста молочнокислых бактерий, входящих в состав кисломолочного напитка на основе молочного грибка, является 25–35 °С, а для кефирного грибка – 25–30 °С. По результатам культуральных, морфологических и биохимических свойств нами выявлены бактерии родов *Lactococcus* и *Lactobacillus*, а именно *Lactococcus lactis*, *Lactococcus cremoris*, *Lactobacillus casei* и *Lactobacillus kefir*.

Количественную оценку дрожжей проводили методом глубинного посева на плотную питательную среду Сабуро. У кисломолочного напитка, полученного с помощью молочного грибка, идет увеличение численности дрожжей от 2 до 10 миллионов КОЕ, а у напитка на основе кефирного грибка от 6 до 12 миллионов КОЕ на мл. Повышение температуры ферментации молока до 40 °С стимулирует ускоренное размножение дрожжей в пробе исследуемого напитка (рисунок 3). По результатам культуральных и мор-

фологических свойств выявлены дрожжи рода *Saccharomyces* и *Torulopsis*, а именно *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces lactis* и *Torulopsis kefir*.

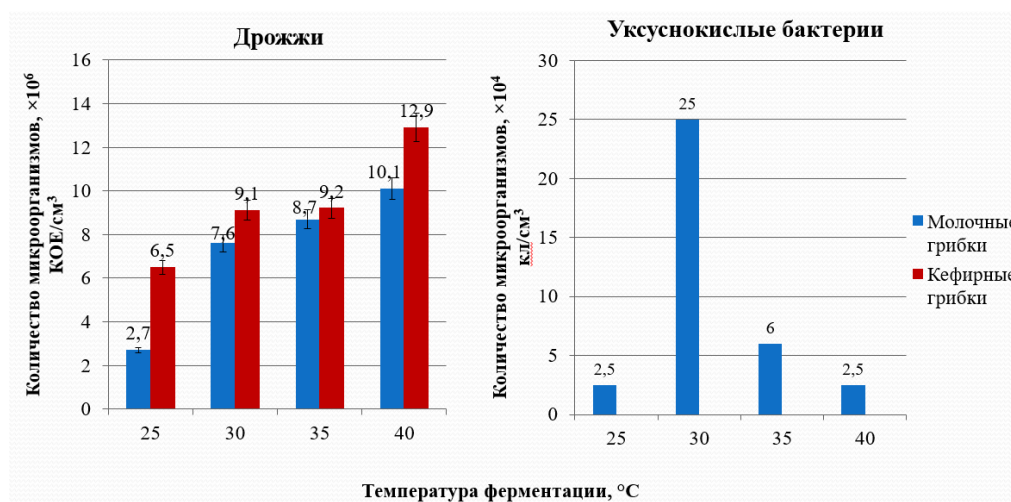


Рисунок 3 – Влияние условий ферментации молока на количественный состав дрожжей и уксуснокислых бактерий

Количественную оценку уксуснокислых бактерий проводили методом НВЧ. Наилучшей температурой для роста уксуснокислых бактерий является 30 °C.

По результатам культуральных, морфологических и биохимических свойств выявлены бактерии рода *Acetobacter*, а именно *Acetobacter acetii*. В кисломолочном продукте на основе кефирных грибов уксуснокислые бактерии не обнаружены (рисунок 3).

Таблица 1 – Антагонистическая активность микробиоты кисломолочных напитков на тест-культуры условно-патогенных микроорганизмов

Микроорганизмы	Молочные грибки				Кефирные грибки			
	Разведение							
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴
<i>E. coli</i>	—	—	—	+	—	—	—	+
<i>S. aureus</i>	—	—	—	—	—	—	—	+
<i>P. mirabilis</i>	—	—	+	+	+	+	+	+
<i>Ps. aeruginosa</i>	—	—	—	—	+	+	+	+
<i>B. cereus</i>	—	—	—	—	—	—	—	+

Примечание. "+" – рост микроорганизмов обнаружен, "–" – рост микроорганизмов не обнаружен.

Антагонистическую активность микробиоты кисломолочных напитков [3], приготовленных на основе природного микробного симбиоза и промышленной закваски из кефирных грибов в отношении *P. mirabilis*, *Ps. aeruginosa*,

B.cereus, *S. aureus*, *E.coli* проводили методом серийных разведений в жидкой питательной среде РПБ (таблица 1) с последующим пересевом бактериологической петлей на чашки Петри с РПА.

Оба исследуемых образца напитков способны подавлять рост условно-патогенных микроорганизмов, однако продукт на основе молочных грибков обладает большей антагонистической активностью в отношении этой микробиоты, нежели напиток на основе кефирного грибка (рисунок 4).

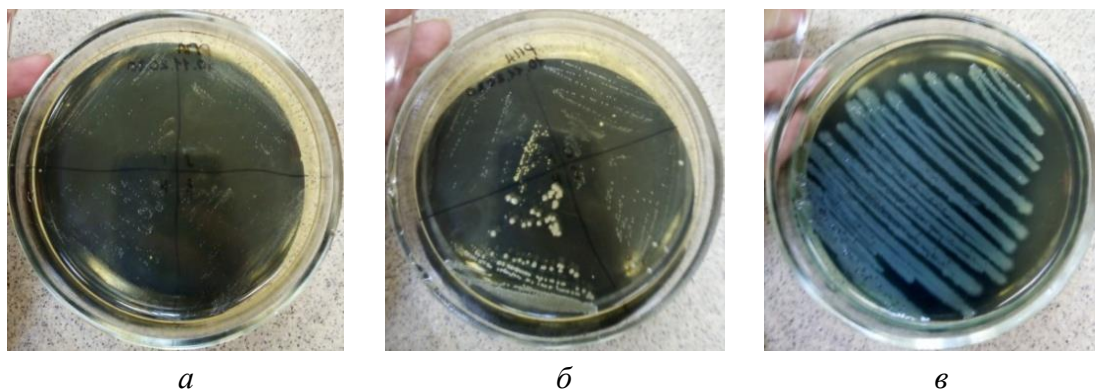


Рисунок 4 – Антагонистическая активность образцов: а – кисломолочный напиток, приготовленный на основе природного микробного симбиоза; б – кисломолочный напиток, приготовленный на основе промышленной закваски из кефирных грибков; в – контроль культуры *Ps.aeruginosa*

У молочнокислых микроорганизмов при попадании в желудочно-кишечный тракт происходит изменение пробиотических характеристик. Кисломолочный продукт, содержащий молочнокислые микроорганизмы, проходя через желудок, подвергается воздействию кислой реакции среды. Кислотность желудка (натощак) – pH 1,5–2,0. Чтобы провести данный эксперимент к 10 мл желудочного сока добавляли 1 мл исследуемого кисломолочного напитка. После инкубирования в течение 30 минут при 36,6 °С готовили разведения и производили посевы в соответствующие среды. Степень устойчивости к кишечному и желудочному стрессам определяли по формуле

$$RD = \frac{n_1}{n_2},$$

где n_1 – количество КОЕ/см³ в контроле, n_2 – количество КОЕ/см³ в опыте. Оценка устойчивости к желудочному или кишечному стрессам: очень хорошо при $RD \leq 5$, хорошо при $5 < RD \leq 10$, приемлемо при $10 < RD \leq 15$, неприемлемо, при $15 < RD$ [4].

Молочнокислые бактерии и дрожжи молочного гриба обладают низкой устойчивостью к желудочному стрессу. Следовательно, кислая среда

желудочного сока оказывает губительное действие на микробиоту природного микробного симбиоза молочного гриба (рисунок 5 а).

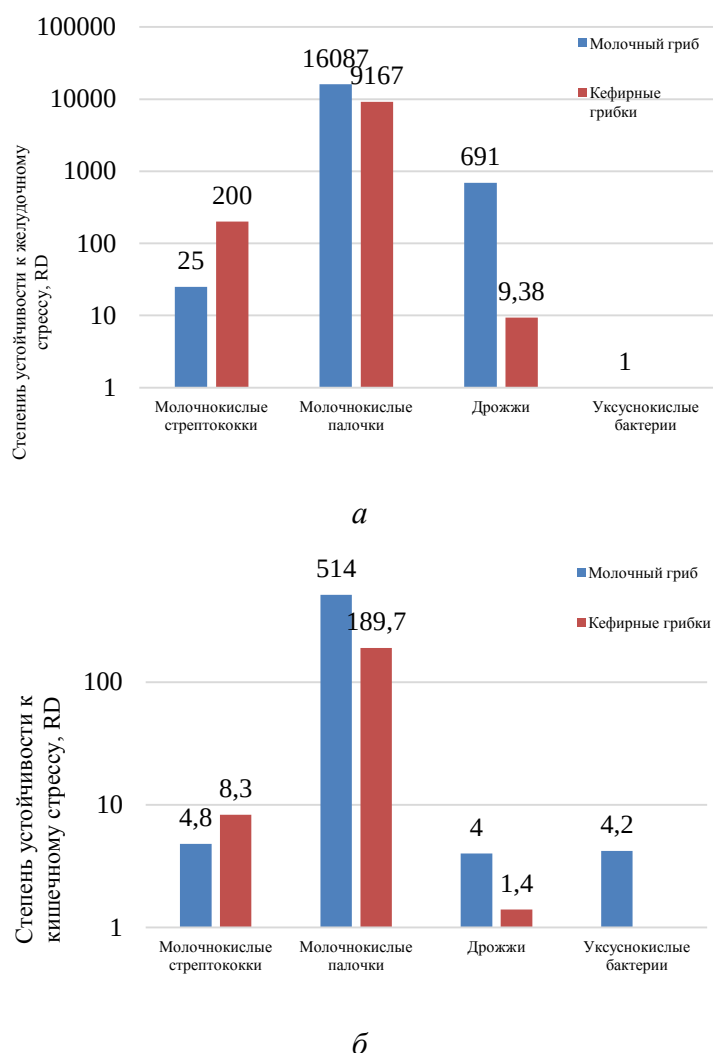


Рисунок 5 – Оценка устойчивости микроорганизмов молочного и кефирного гриба к желудочному (а) и кишечному (б) стрессам

После желудка пищевой комок, содержащий молочнокислые микроорганизмы, попадает в тонкий кишечник, где задерживается не менее 5 ч. Определение устойчивости микробиоты молочного гриба к кишечному стрессу определялось после добавления к пробе кишечного сока с дальнейшим инкубированием в течение 5 часов при температуре 36,6 °С и посевом разведений продукта в соответствующие среды (рисунок 5 б).

Выводы

1. У кисломолочного продукта на основе молочного грибка титруемая кислотность соответствовала требованиям действующих нормативных документов при всех температурах культивирования, на основе кефирного грибка – при 35–40 °С.

2. В сообществах микроорганизмов природного молочного гриба и производственной закваски кефирных грибков, учитываемых по посеву, доминировали молочнокислые микроорганизмы. Их численность изменялась от десятков миллионов до миллиарда клеток в мл продукта.

3. Количество дрожжей варьировало в пределах единиц-десятков миллионов клеток в мл продукта. Уксуснокислые бактерии обнаружены только в продукте из молочного гриба и количество варьировало от десятков тысяч до сотен тысяч клеток в мл. Оптимальный температурный режим для развития микробиоты составил 30–35 °С.

4. В составе микробиоты молочного и кефирного грибов содержатся следующие группы микроорганизмов: молочнокислые бактерии р. *Lactococcus* spp. и р. *Lactobacillus* spp. Качественный состав дрожжей представлен 2 родами: р. *Saccharomyces* spp. и р. *Torulopsis* spp. Уксуснокислые бактерии представлены р. *Acetobacter* spp.

5. Кисломолочный продукт на основе природного микробного симбиоза молочного гриба обладает большей антагонистической активностью в отношении условно-патогенной микробиоты, нежели продукт на основе производственной кефирной закваски.

6. Микроорганизмы природного симбиоза молочного гриба по сравнению с микроорганизмами производственной закваски обладают наибольшей устойчивостью к желудочному и кишечному стрессам.

Библиографический список

1. Кудрявцева Т. А., Махиянов А. М. Влияние вида закваски на биохимические показатели кисломолочного продукта смешанного брожения // Процессы и аппараты пищевых производств. 2011. № 1. С. 150–153. EDN: NDKBTX.
2. ГОСТ 31454–2012. Кефир. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2014. 8 с.
3. Хамнаева Н. И., Олмоева В. Д., Намсараева З. М. Исследование антагонистической активности комбинированного инокулята на основе микробной ассоциации кефирных грибков // Вестник ВСГУТУ. 2016. № 4(61). С. 84–88. EDN: WJSWXZ.
4. Харченко Н. В. Выделение бифидобактерий и изучение их пробиотических свойств при длительном хранении : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.03. Москва, 2016. 20 с.

Оценка антагонистической активности пробиотических микроорганизмов к условно-патогенной микрофлоре при воздействии стрессовых факторов ЖКТ

Макаревич Е. В., Зайчикова Д. С., Хайрутдинова А. Ж. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", e-mail: makarevichev@mstu.edu.ru)

Аннотация. В работе рассматриваются разнообразные механизмы антагонизма пробиотических микроорганизмов против патогенной и условно-патогенной микрофлоры. Также упоминаются характерные особенности воздействия пробиотических культур на ингибируемые микробы. Отмечена важная функция пробиотических микроорганизмов – устойчивость при прохождении через различные отделы ЖКТ человека.

Abstract. The work examines various mechanisms of antagonism of probiotic microorganisms against pathogenic and opportunistic microflora. The characteristic features of the effect of probiotic cultures on inhibited microbes are also mentioned. An important function of probiotic microorganisms is noted – resistance when passing through various parts of the human gastrointestinal tract.

Ключевые слова: пробиотические микроорганизмы, антагонизм, устойчивость

Key words: probiotic microorganisms, antagonism, resistance

Положительное влияние пробиотических микроорганизмов, нормализующих микрофлору кишечника человека, является в настоящее время одним из самых серьезных аргументов для их широкого использования среди здорового населения. Полезное действие пробиотиков – это результат некоего комплекса механизмов воздействия бактерий на организм хозяина, которые отличаются в зависимости от штамма и области воздействия.

Пробиотические микроорганизмы влияют на кишечную микрофлору за счет увеличения числа полезных анаэробных бактерий и уменьшением популяции потенциально патогенных микроорганизмов [1]. Пробиотики оказывают воздействие на желудочно-кишечную экосистему, стимулируя иммунные механизмы слизистой оболочки и неиммунные механизмы через антагонизм/соперничество с потенциальными патогенами. Предполагается, что этот феномен вызывает положительные эффекты, включающие уменьшение частоты и тяжести диареи, и является одним из наиболее признанных действий пробиотиков. Пробиотики уменьшают риск развития рака толстой кишки на животных моделях, вероятно за счет их роли в подавлении активности определенных бактериальных ферментов, которые могут повышать уровень прокарциногенов, но у человека этот факт не доказан [2].

Взаимоотношения между микроорганизмами базируются на различных каналах связи между микросимбионтами, включающих: клеточные взаимодействия (адгезия, коагрегация, рецепторные распознавания), генетический обмен (горизонтальный перенос генов, обмен плазмидами) и выработка сигнальных метаболитов (регуляторных пептидов, молочной кислоты и других химических соединений) [3]. Общим свойством молочнокислых бактерий является продуцирование молочной кислоты и связанное с этим снижение pH среды до значений, несовместимых с жизнедеятельностью многих групп микроорганизмов [4]. Особый интерес вызывает продуцирование некоторыми штаммами пробиотиков специфических антибиотических веществ, называемых бактериоцинами. Бактериоцины – вещества белковой природы (полипептиды), обычно с узким спектром бактерицидного действия [5]. Известны возможные механизмы действия бактериоцинов на клетку, такие как способность встраиваться в клеточную мембрану, приводя к нарушению ее проницаемости и протонного потенциала, блокировать репликацию ДНК и белковый синтез, мешать делению клеток [4].

Находясь в просвете кишечника, пробиотики метаболизируют компоненты пищи (например, растительные волокна) и некоторые другие субстанции (например, первичные желчные кислоты) за счет наличия специфических ферментов, отсутствующих у человека. К таким ферментам, в частности, относятся β -галактозидаза (осуществляет гидролиз β -галактозидов в моносахариды) и гидролаза желчных солей (участвует в деконъюгации желчных кислот и их солей) [6; 7].

В основе колонизационной резистентности лежит способность пробиотических штаммов предотвращать колонизацию желудочно-кишечного тракта условно-патогенными и патогенными микроорганизмами за счет угнетения их активности и способности к размножению вследствие конкуренции за питательные вещества, а также путем синтеза ряда антибактериальных метаболитов, активных в отношении патогенных бактерий (органические кислоты, бактериоцины, амины и т. д.).

Немаловажным аспектом, определяющим выживаемость пробиотических микроорганизмов и поступление достаточного количества КОЕ в толстую кишку, является агрессивная среда верхних отделов пищеварительного тракта, – высокая кислотность, пищеварительные ферменты и соли желчных кислот. Инструментом скрининга для определения выживаемости по-

тенциальных пробиотиков в верхних отделах ЖКТ служат тесты *in vitro*, воспроизводящие условия его проксимальных отделов и способные помочь определению оптимального количества КОЕ в пробиотике [1].

Несмотря на многообразие лекарственных форм (капсула, таблетки, саше, назальные спреи и прочие), преимущественной формой доставки пробиотических штаммов в толстую кишку служат капсулы и микрокапсулы, изготовленные из синтетических, полусинтетических или натуральных полимеров, обеспечивающие сохранность пробиотических штаммов в агрессивной среде верхних отделов пищеварительного тракта и обеспечивающие последовательное их высвобождение на протяжении ЖКТ в метаболически активном состоянии [1; 8].

Таким образом, проанализировав научно-технические источники литературы можно сделать вывод, что разнообразие проявлений антагонистической активности пробиотических микроорганизмов является их индивидуальной физиологической особенностью. Выживаемость пробиотических микроорганизмов под влиянием стрессовых факторов ЖКТ является важным критерием при отборе производственно-ценных штаммов.

Библиографический список

1. Ивашкин В. Т., Маев И. В., Абдулганиева Д. И., Алексеенко С. А. [и др.]. Практические рекомендации Научного сообщества по содействию клиническому изучению микробиома человека (НСОИМ) и Российской гастроэнтерологической ассоциации (РГА) по применению пробиотиков для лечения и профилактики заболеваний гастроэнтерологического профиля у взрослых // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2020. Т. 30, № 2. С. 76–89. DOI: <https://doi.org/10.22416/1382-4376-2020-30-2-76-89>. EDN: AJOEKO.
2. Маевская М. В. Возможности применения пробиотиков в гастроэнтерологии // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2009. Т. 19, № 6. С. 65–72. EDN: LETYUB.
3. Иванова Е. В. Биологические свойства бифидобактерий и их взаимодействие с микросимбионтами кишечной микрофлоры человека : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 03.02.03. Оренбург, 2010. 22 с.
4. Харченко Н. В. Выделение бифидобактерий и изучение их пробиотических свойств при длительном хранении : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.03. М., 2016. 20 с.

5. Иркитова А. Н. Эколого-биологическая оценка штаммов *Lactobacillus acidophilus*, используемых в производстве пробиотических продуктов : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.03. Пермь, 2012. 22 с.
6. Иркитова А. Н., Каган Я. Р., Сергеева И. Я. Свойства, экологические аспекты и практическое значение ацидофильной палочки. 5. Практическое использование // Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока : сб. науч. тр. Барнаул : СибНИИС, 2011. С. 230–239. EDN: SWPBVR.
7. Иркитова А. Н., Мацюра А. В. Эколого-биологическая характеристика *Lactobacillus acidophilus* // Ukrainian Journal of Ecology. 2017. № 7(4). С. 2014–230. DOI: https://doi.org/10.15421/2017_109.
8. de Vos P., Faas M. M., Spasojevic M. M., Sikkema J. Encapsulation for preservation of functionality and targeted delivery of bioactive food components // International Dairy Journal. 2010. Vol. 20, Iss. 4. P. 292–302. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.11.008>.

Применение времяпролетной масс-спектрометрии с матрично ассоциированной лазерной десорбцией/ионизацией (MALDI-ToF MS) для идентификации микроорганизмов, изолированных из кишечного микробиома садковой радужной форели (*Parasalmo (=Oncorhynchus) mykiss*)

Потешкина В. А., Ускова И. В., Ермолина А. Б. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет",
e-mail: yakimenko-vika2013@yandex.ru)

Аннотация. В статье приводятся данные, полученные в результате исследования бактериальных сообществ кишечника рыбы. В ходе исследований микробиома кишечника садковой радужной форели идентифицированы четыре чистые культуры бактерий, принадлежащих к видам *Bacillus pumilus*, *Micrococcus luteus* с использованием времяпролётной масс-спектрометрии MALDI-ToF MS.

Abstract. The article presents the data obtained as a result of the study of the bacterial communities of the intestines of fish. In the course of studies of the intestinal microbiome of cage rainbow trout, four pure cultures of bacteria belonging to the species *Bacillus pumilus*, *Micrococcus luteus* were identified using time-of-flight mass spectrometry MALDI-ToF MS.

Ключевые слова: радужная форель, кишечный микробиом, культурально-зависимые методы, MALDI-ToF MS-анализ, *Bacillus pumilus*, *Micrococcus luteus*

Key words: rainbow trout, gut microbiome, culture-dependent methods, MALDI-ToF MS analysis, *Bacillus pumilus*, *Micrococcus luteus*

Результаты многочисленных исследований показывают, что рыба обладает специфической микробиотой желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), сформировавшейся в процессе эволюции, имеющей значение в обеспечении защитных функций организма (формирование врожденной иммунной системы), регуляции общего метаболизма [1], в процессах симбионтного пищеварения у рыб [2–4]. Общепризнано, что идентификация микробиоты ЖКТ рыбы, несомненно, важна для понимания функциональных механизмов между микроорганизмами и макроорганизмом (хозяином), а также путей поддержания его в стабильном состоянии, повышения адаптационного потенциала и снижения алиментарно-зависимых заболеваний и т. д.

Традиционно, для идентификации микроорганизмов, ассоциированных с рыбой, существует целый ряд доступных лабораторных методов, начиная с культурально-зависимых и заканчивая современными методами молекулярной биологии [5]. В целом же разработанные методы идентификации микроорганизмов основываются на исследованиях фено- и генотипических характеристик изучаемого микробного изолята.

Матрично-активированная лазерная десорбция/ионизация с времяпролетным разделением MALDI-ToF MS (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry) является одной из самых последних систем идентификации микроорганизмов, доступных для большинства современных лабораторий.

На основании степени соответствия уникального для каждого вида микроорганизма набора белков ("отпечаток пальца" микроорганизма (фингерпринтинг), "протеомная дактилоскопия") определяется принадлежность исследуемых микроорганизмов к определенным видам (родам). В основном, идентификация осуществляется по рибосомальным белкам, которые, как правило, присутствуют во всех микроорганизмах [6].

Сущность метода заключается в процедуре мягкой ионизации исследуемого материала (аналита), позволяющая в присутствии особого вещества (матрицы), под воздействием лазера ионизировать биологические макромолекулы. Матрица представляет собой вещество кислой природы, сокристаллизованное с аналитом и при воздействии лазерного импульса обеспечивающее передачу энергии лазера молекулам исследуемого объекта, ионизируя их и переводя в газовую фазу [7]. В качестве матриц используются вещества как сложной органической, так и неорганической природы (пептиды, белки, ДНК, олигонуклеотиды, липополисахариды, сахара) [8–11].

Для проведения MALDI-ToF MS-идентификации потребуется масс-спектрометр, соответствующая программа и база данных. Методика проведения состоит из двух этапов: 1) подготовка исследуемой культуры. На специальной металлической подложке масс-анализатора смешивается идентифицируемые микроорганизмы (чистая культура (обычно единичная изолированная колония)), забранная в экспоненциальной фазе роста) и раствор матрицы; 2) идентификация выделенных культур. Подготовленную чистую культуру помещают в масс-анализатор и подвергают ионизации. Процесс идентификации осуществляется автоматически, без вмешательства исследователя. Обычно идентификация культуры одного микроорганизма занимает 2 минуты [7].

Благодаря масс-спектрометрии по системе MALDI-ToF возможно быстро и относительно недорого идентифицировать микроорганизмы, выделенные из микробиома кишечника рыбы.

Внедрение в лабораторную практику современных, надёжных, экспрессных и точных методов идентификации микроорганизмов, в том числе по-

тенциальных патогенов для культивируемых рыб, позволит интегрировать полученные данные в стратегии управления здоровьем культивируемых рыб, в том числе при разработке оптимальных искусственных рационов (функциональных комбикормов).

Целью настоящего исследования являлось выделение и идентификации микроорганизмов, изолированных из кишечника садковой радужной форели (*Parasalmo (=Oncorhynchus) mykiss*).

Объекты и материалы исследования – радужная форель.

Выделение микробных изолятов из кишечника садковой радужной форели, работу с чистыми культурами микроорганизмов и идентификацию выделенных изолятов до вида осуществляли на базе централизованной многофункциональной лаборатории (ЦМЛ) государственного областного бюджетного учреждения здравоохранения "Мурманская областная клиническая больница имени П.А. Баяндина" (ГОБУЗ "МОКБ им. П. А. Баяндина").

Отбор проб рыбы проводили с сентября по ноябрь 2020 года на рыбноводном предприятии "Найнас", расположенном на реке Тулома. В процессе отбора образцов соблюдались все правила асептики. Рыбу для исследования отбирали случайным образом. Перед вскрытием рыбу обездвиживали методом перерезания ножницами позвоночного столба у основания головы [12].

Слизистую кишечника и его содержимое (химус) анализировали отдельно.

Для изучения кишечной микробиоты рыб используют методы, основанные на гомогенизации отделов кишечника с последующим посевом на различные селективные питательные среды. Питательные среды подбирались исходя из имеющейся в литературных источниках информации о микроорганизмах, обитающих в кишечнике рыбы.

Первичные посевы инкубировали при температуре 15–25 °С, отмечая интенсивность роста и морфологию колоний через 48 часов со дня проведения бактериального посева и после этого через день, в течение одной или нескольких недель [13], так как существуют медленно растущие микроорганизмы, которые в норме увеличивают свою биомассу вдвое за период от 5 дней до 3 недель.

Идентификацию выделенных микроорганизмов проводили согласно общепринятыми (традиционными, классическими) в микробиологии методами [14], доступными для каждой лаборатории. Родовую принадлежность

полученных микробных изолятов устанавливали на основании морфологических, культуральных, тинкториальных физиолого-биохимических признаков, используя определители [15; 16]. Для видовой идентификации использовался метод MALDI-ToF MS (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry – матрично-активированная лазерная десорбция/ионизация с времяпролетным разделением), содержащей референтные белковые профили (коллекцию белковых спектров) около 6 000 видов микроорганизмов.

В результате исследования микробиома кишечника садковой радужной форели было выделено 8 микробных изолятов. При последующих пересевах некоторые из них прекратили свой рост. Поэтому для идентификации до вида были отобраны всего 4 микробных изолята. Изоляты № 1, 3, 4 выделены из химуса, изолят № 2 – из слизистой кишечника. В ходе проведения масс-спектрометрии было идентифицировано, что три выделенные культуры (изолят № 2, 3, 4) принадлежат к виду *Bacillus pumilus* и одна (изолят № 1) к *Micrococcus luteus*. Бактерии вида *Bacillus pumilus* были обнаружены как в химусе, так и слизистой кишечника рыбы, а *Micrococcus luteus* только на слизистой кишечника.

Bacillus pumilus относится к роду *Bacillus*, который входит в семейство *Bacillaceae*, порядок *Bacillales*, класс *Bacilli*, тип *Firmicutes*, царство Бактерии. *Bacillus pumilus* это грамположительная, аэробная, спорообразующая палочка, обычно встречающаяся в почве. Как правило, колониальная морфология для данного вида бактерий является переменной. Так, при культивировании микроорганизмов на плотных питательных средах изолят № 1 формировал гладкие, не пигментированные колонии, изолят № 2 – морщинистые с неровными краями, сероватые, изолят № 3 – ровные, пастообразные, слегка желтоватые колонии. Бактерия *B. pumilus* продуцирует большое количество ферментов, благодаря чему проявляет различные биохимические свойства. Микробные изоляты хорошо утилизировали глюкозу, манит, сахарозу и мальтозу и активно выделяли каталазу. Не продуцировали индол, сероводород, оксидазу. Протеолитическая активность была выражена слабо. Только изолят № 3 вызывал незначительное разжижение желатина.

Споры бацилл обычно обладают высокой устойчивостью к воздействию окружающей среды. Присутствие этих бактерий может указывать на наличие автохтонной микробиоты, являющейся сапрофитами почвенной среды.

Некоторые штаммы бацилл способны обладают выраженной антагонистической активностью в отношении широкого спектра патогенных и условно-патогенных микроорганизмов.

Micrococcus luteus относится к роду *Micrococcus*, который входит в семейство *Micrococcaceae*, порядок *Micrococcales*, класс *Actinobacteria*, тип *Actinobacteria*, царство Бактерии. Это грамположительные неподвижные бактерии сферической формы. Диаметр клетки достигает 0,5–2,0 мкм. Они располагаются в виде тетрад или неправильной формы скоплений. Облигатные аэробы. Спор не образуют. Колонии имеют яркую жёлтую или золотистую пигментацию. Хорошо растут на обычных питательных средах (например, РПА). Каталазоположительные, оксидазоположительные, дают положительные реакции на уреазу и чувствительны к бацитрацину. Оптимальная температура для роста 25–37 °С.

Таким образом, из кишечника садковой радужной форели были выделены и идентифицированы методом времяпролётной масс-спектрометрии MALDI-ToF MS всего четыре чистые культуры бактерий принадлежащих к видам *Bacillus pumilus* и *Micrococcus luteus*.

Библиографический список

1. Быковская А. Н. Качественный состав бактериофлоры кишечника пресноводных рыб. Изучение некоторых культуральных и физиолого-биохимических свойств. URL: <https://scienceforum.ru/2014/article/2014002525>.
2. Лубянскене В., Вирбицкас Ю., Янкавичюс К. [и др.]. Облигатный симбиоз микрофлоры пищеварительного тракта и организма. Вильнюс : Мокслас, 1989. 190 с.
3. Шивокене Я. С. Симбионтное пищеварение у гидробионтов и насекомых. Вильнюс : Мокслас, 1989. 221 с.
4. Уголев А. М., Кузьмина В. В. Пищеварительные процессы и адаптации у рыб. СПб. : Гидрометеиздат, 1993. 238 с.
5. Zhou Z., Yao B., Romero J., Waines P. [et al.]. Methodological approaches used to assess fish gastrointestinal communities // *Aquaculture nutrition: gut health, probiotics and prebiotics*. Wiley, Chichester. 2014. P. 101–127. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118897263.ch5>.
6. Глушанова Н. А., Блинов А. И., Алексеева Н. Б. Масс-спектрометрическая идентификация микроорганизмов // *Медицина в Кузбассе*. 2015. Спецвыпуск № 2. С. 36–41 с.

7. Knochenmuss R., Dubois F., Dale M. J., Zenobi R. The matrix suppression effect and ionization mechanisms in matrix-assisted laser desorption/ionization // *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 1996. Vol. 10, Iss. 8. P. 871–877. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0231\(19960610\)10:8<871::AID-RCM559>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0231(19960610)10:8<871::AID-RCM559>3.0.CO;2-R).
8. Tholey A., Heinzle E. Ionic (liquid) matrices for matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry-applications and perspectives // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2006. Vol. 386. P. 24–37. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00216-006-0600-5>.
9. Albrethsen J. Reproducibility in protein profiling by MALDI-TOF mass spectrometry // *Clinical Chemistry*. 2007. Vol. 53, Iss 5. P. 852–858. DOI: <https://doi.org/10.1373/clinchem.2006.082644>.
10. Williams T. L., Andrzejewski D., Lay J. O., Musser S. M. Experimental factors affecting the quality and reproducibility of MALDI TOF mass spectra obtained from whole bacteria cells // *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*. 2003. Vol. 14, Iss 4. P. 342–351. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1044-0305\(03\)00065-5](https://doi.org/10.1016/S1044-0305(03)00065-5).
11. Clark A. E., Kaleta E. J., Arora A., Wolk D. M. Matrix-assisted laser desorption ionization–time of flight mass spectrometry: a fundamental shift in the routine practice of clinical microbiology // *Clinical Microbiology Reviews*. 2013. Vol. 26, Iss. 3. P. 547–603. DOI: <https://doi.org/10.1128/CMR.00072-12>.
12. Мусселиус В. А., Ванятинский В. Ф., Вихман А. А. [и др.]. Лабораторный практикум по болезням рыб. М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1983. 295 с.
13. Анттила П. Диагностика бактериальных болезней рыб (лабораторное пособие на основе практики финских специалистов). Хельсинки : Изд-во НИИ Охотничьего и рыбного хозяйства Финляндии, 2011. 43 с.
14. Лабинская А. С. Микробиология с техникой микробиологических исследований. М. : Медицина, 1978. 392 с.
15. Беркли Р. [и др.]. Определитель бактерий Берджи. В 2 т. Т. 1. М. : Мир, 1997. 429 с.
16. Беркли Р. [и др.]. Определитель бактерий Берджи. В 2 т. Т. 2. М. : Мир, 1997. 799 с.

Чувствительность бактерий рода *Enterococcus* к дезинфицирующим средствам

Ускова С. С.¹, Мартынова А. В.^{1,2} (¹г. Владивосток, ФГАОУ ВО "Дальневосточный федеральный университет", ²ФГБОУ ВО "Тихоокеанский государственный медицинский университет Минздрава России",
e-mail: uskova.ss@yandex.ru)

Аннотация. Появление устойчивости бактерий рода *Enterococcus* к дезинфицирующим средствам стало серьезной угрозой безопасности здоровья человека. Дезинфицирующие средства играют жизненно важную роль в повседневной жизни людей; имеют потенциальное применение в медицине, применяются для очистки воды, в пищевой промышленности, сельском хозяйстве и других областях.

Abstract. The emergence of resistance of bacteria of the genus *Enterococcus* to disinfectants has become a serious threat to the safety of human health. Disinfectants play a vital role in people's daily lives; have potential applications in medicine, are used for water purification, in the food industry, agriculture and other areas.

Ключевые слова: *Enterococcus*, гипохлорит натрия, хлоргексидин, четвертичные аммонийные соединения

Key words: *Enterococcus*, sodium hypochlorite, chlorhexidine, quaternary ammonium compounds

Введение. Устойчивость бактерий к антибиотикам стала серьезной проблемой во всем мире [15]. Резкое увеличение бактерий, устойчивых к антибиотикам, указывает на рост распространенности и потребность в эффективных дезинфицирующих средств для подавления размножения и распространения патогенных микроорганизмов [3].

Однако отсутствие научного управления и надлежащего планирования приводит к чрезмерному использованию дезинфицирующих средств, тем самым увеличивая количество генов с устойчивостью к антибиотикам [9]. Количество внеклеточных и внутриклеточных генов резистентности к антибиотикам значительно увеличивается на хлорированных очистных сооружениях и в тепличных почвах с фунгицидами [1]. Более того, разбавленные и оставшиеся в окружающей среде дезинфицирующие средства могут повысить устойчивость бактерий, за счет фенотипической адаптации, генных мутаций и горизонтального переноса генов [5]. Помимо этого постоянное воздействие дезинфицирующих средств на бактерии способствует развитию устойчивости [8; 21].

Под действием дезинфицирующих средств у бактерий снижается проницаемость бактериальной мембраны, что предотвращает их попадание

в клетку [19]. Дезинфицирующие средства проникают через клеточную мембрану и попадают в клетку, что вызывает у бактерий реакцию окислительного стресса и производит к увеличению количества активных форм кислорода, оказывая синергетический эффект на бактериальную клетку и провоцируя образование мутаций генов [10]. Как правило, бактерии активируют SOS-ответ (ответ на повреждение ДНК) для восстановления и адаптацию бактериальной клетки к дезинфицирующим средствам [12]. Во время этого процесса экспрессируются различные гены. Например, активируются транспортные системы, и одна или несколько транспортных систем выводят дезинфицирующие средства из бактериальной клетки [4]. Мишень действия дезинфицирующего средства также изменяется, для того чтобы избежать его связывания с бактериальными клетками [20]. Бактерии могут разлагать дезинфицирующие средства за счет ферментативной активности, тем самым снижая их бактерицидное действие [18].

Гипохлорит натрия. Гипохлорит натрия относится к галогенам, которые подавляют синтез ДНК. В воде гипохлорит натрия ионизируется с образованием Na^+ и гипохлорит-иона OCl^- , который устанавливает равновесие с хлорноватистой кислотой HOCl [13]. HOCl и ClO – приводят к конформационным изменениям белков и разрушают естественную структуру ферментов из-за прямой реакции или образования с ними стабильных связей. Из-за сильной окислительной способности HOCl может окислять определенные ферменты клеток, такие как дегидрогеназы и ферменты, отвечающие за дыхание [6]. Обеззараживание питьевой воды хлором играет важную роль в предотвращении и борьбе со вспышками заболеваний, передающихся через воду, во всем мире. Гены устойчивости к антибиотикам высвобождаются из убитых антибиотикорезистентных бактерий, что может привести к распространению генов устойчивости к антибиотикам [8].

Хлоргексидин. Хлоргексидин – это бисбигуанидный агент, который находит широкое применение в качестве дезинфицирующего средства для поверхностей и в качестве антисептика для местного применения [11]. Механизм действия хлоргексидина изучен плохо. Считается, что он, имеет положительный заряд при нейтральном pH, притягивается к поверхности бактериальной клетки, где он может электростатически взаимодействовать с отрицательно заряженными фосфолипидами. В зависимости от концентрации, он может нарушать структурную целостность мембраны, вызывая повышенную проницаемость и утечку содержимого клеток, что в итоге, приводит к раз-

рушению бактериальных клеток [7]. Гены *chtR* и *chtS* способствуют формированию резистентности *E. faecium* к хлоргексидину [14].

Четвертичные аммонийные соединения. Соединения четвертичного аммония представляют собой катионные поверхностно-активные вещества [17]. Их химическая структура зависит от четырех алифатических или ароматических фрагментов, присоединенных к центральному атому азота. Бытовое, больничное и промышленное использование четвертичных аммонийных соединений приводит к загрязнению сточных вод. Поскольку большинство очистных сооружений предназначены для удаления основных, легко разлагаемых органических веществ, большинство микропримесей, включая четвертичные аммонийные соединения, проходят через очистные сооружения и выбрасываются в окружающую среду [16]. У представителей рода *Enterococcus* был обнаружен ген *qacZ*, который отвечает за толерантность к четвертичным аммонийным соединениям [2].

Заключение. Скорость роста устойчивых бактерий к дезинфицирующим средствам растет, что значительно снижает их эффективность [20]. Часто обнаруживают бактерии с множественной лекарственной устойчивостью, которые представляют серьезную угрозу для здоровья человека и экосистемы. Отчеты о механизме устойчивости к дезинфицирующим средствам недостаточно полны, а сводные данные о распространении устойчивости к дезинфицирующим средствам упоминаются редко [18], поэтому необходимо, помимо устойчивости к антибиотикам, уделить внимание резистентности представителей рода *Enterococcus* к дезинфицирующим средствам.

Библиографический список

1. Bai X., Ma X., Xu F., Li J. [et al.]. The drinking water treatment process as a potential source of affecting the bacterial antibiotic resistance // Science of The Total Environment. 2015. Vol. 533. P. 24–31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.082>.
2. Braga T. M., Marujo P. E., Pomba C., Lopes M. F. S. Involvement, and dissemination of the enterococcal small multidrug resistance transporter QacZ in resistance to quaternary ammonium compounds // Journal of Antimicrobial Chemotherapy. 2011. Vol. 66, Iss. 2. P. 283–286. DOI: <https://doi.org/10.1093/jac/dkq460>.
3. Bragg R. R., Meyburgh C. M., Lee J. Y. M., Coetzee M. Potential treatment options in a post-antibiotic era // Infectious Diseases and Nanomedicine III : Second International Conference (ICIDN – 2015), Dec. 15–18, 2015, Kathmandu,

- Nepal. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. Vol. 1052 / eds.: R. Adhikari, S. Thapa. Springer, Singapore. 2018. P. 51–61. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-7572-8_5.
4. Chapman J. S. Disinfectant resistance mechanisms, cross-resistance, and co-resistance // *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2003. Vol. 51, Iss. 4. P. 271–276. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0964-8305\(03\)00044-1](https://doi.org/10.1016/S0964-8305(03)00044-1).
5. Cloete T. E. Resistance mechanisms of bacteria to antimicrobial compounds // *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2003. Vol. 51, Iss. 4. P. 277–282. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0964-8305\(03\)00042-8](https://doi.org/10.1016/S0964-8305(03)00042-8).
6. Ersoy Z. G., Dinc O., Cinar B., Gedik S. T. [et al.]. Comparative evaluation of disinfection mechanism of sodium hypochlorite, chlorine dioxide and electroactivated water on *Enterococcus faecalis* // *LWT*. 2019. Vol. 102. P. 205–213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.041>.
7. Gilbert P., Moore L. E. Cationic antiseptics: diversity of action under a common epithet // *Journal of Applied Microbiology*. 2005. Vol. 99, Iss. 4. P. 703–715. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2005.02664.x>.
8. Jin M., Liu L., Wang D., Yang D. [et al.]. Chlorine disinfection promotes the exchange of antibiotic resistance genes across bacterial genera by natural transformation // *The ISME Journal*. 2020. Vol. 14. P. 1847–1856. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41396-020-0656-9>.
9. Kim M., Weigand M. R., Oh S., Hatt J. K. [et al.]. Widely used benzalkonium chloride disinfectants can promote antibiotic resistance // *Applied and Environmental Microbiology*. 2018. Vol. 84, Iss. 17. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.01201-18>.
10. Li Y., Tong Z., Ling J. Effect of the three *Enterococcus faecalis* strains on apoptosis in MC3T3 cells // *Oral Diseases*. 2019. Vol. 25, Iss. 1. P. 309–318. DOI: <https://doi.org/10.1111/odi.12883>.
11. Lim K-S., Kam P. C. A. Chlorhexidine – pharmacology and clinical applications // *Anaesthesia and Intensive Care*. 2008. Vol. 36, Iss. 4. P. 502–512. DOI: <https://doi.org/10.1177/0310057X0803600404>.
12. Lu J., Jin M., Nguyen S. H., Mao L. [et al.]. Non-antibiotic antimicrobial triclosan induces multiple antibiotic resistance through genetic mutation // *Environment International*. 2018. Vol. 118. P. 257–265. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.06.004>.
13. McDonnell G., Russell A. D. Antiseptics, and disinfectants: activity, action, and resistance // *Clinical Microbiology Reviews*. 1999. Vol. 12, Iss. 1. P. 147–179. DOI: <https://doi.org/10.1128/CMR.12.1.147>.

14. Prieto A. M. G., Wijngaarden J., Braat J. C., Rogers M. R. C. [et al.]. The two-component system ChtRS contributes to chlorhexidine tolerance in *Enterococcus faecium* // *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 2017. Vol. 61, Iss. 5. Article number: e02122-16. DOI: <https://doi.org/10.1128/AAC.02122-16>.
15. Qiao M., Ying G., Singer A. C., Zhu Y. Review of antibiotic resistance in China and its environment // *Environment International*. 2018. Vol. 110. P. 160–172. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.10.016>.
16. Tezel U., Pavlostathis S. G. Quaternary ammonium disinfectants: microbial adaptation, degradation and ecology // *Current Opinion in Biotechnology*. 2015. Vol. 33. P. 296–304. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2015.03.018>.
17. Tezel U., Pavlostathis S. G. Role of quaternary ammonium compounds on antimicrobial resistance in the environment // *Antimicrobial Resistance in the Environment* / eds.: P. L. Keen, M. H. M. M. Montforts. Wiley-Blackwell. 2011. P. 349–387. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118156247.ch20>.
18. Tong C., Hu H., Chen G., Li Z. [et al.]. Disinfectant resistance in bacteria: Mechanisms, spread, and resolution strategies // *Environmental Research*. 2021. Vol. 195. Article number: 110897. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110897>.
19. Vergalli J., Bodrenko I. V., Masi M., Moynie L. [et al.]. Porins and small-molecule translocation across the outer membrane of Gram-negative bacteria // *Nature Reviews Microbiology*. 2020. Vol. 18. P. 164–176. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0294-2>.
20. Wright G. D. Bacterial resistance to antibiotics: enzymatic degradation and modification // *Advanced Drug Delivery Reviews*. 2005. Vol. 57, Iss. 10. P. 1451–1470. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.addr.2005.04.002>.
21. Zhu Z., Shan L., Zhang X., Hu F. [et al.]. Effects of bacterial community composition and structure in drinking water distribution systems on biofilm formation and chlorine resistance // *Chemosphere*. 2021. Vol. 264. Article number: 128410. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128410>.

**ПРОБЛЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ
И ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН
В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ**

Особенности преподавания математических дисциплин с использованием дистанционных образовательных технологий

Баженова К. А., Сенецкая Л. Б. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра цифровых технологий, математики и экономики, e-mail: bazhenovaka@mstu.edu.ru)

Аннотация. Данная статья посвящена актуальной в современных условиях теме преподавания математических дисциплин в ситуациях, когда участники образовательного процесса дистанционированы друг от друга. Такая форма организации обучения требует использования дистанционных образовательных технологий, современного программного обеспечения, примеры которых указаны в статье.

Abstract. This article is devoted to the topic of teaching mathematical disciplines, which is relevant in modern conditions, in conditions when the participants of the educational process are distanced from each other. This form of training organization requires the use of distance learning technologies, modern software, examples of which are given in the article.

Ключевые слова: математические дисциплины, преподавание, дистанционное обучение, дистанционные образовательные технологии

Key words: mathematical disciplines, teaching, distance learning, remote educational technologies

Современная действительность накладывает свой отпечаток на интенсификацию цифровизации образовательного процесса. В условиях пандемии одной из важнейших форм обеспечения учебной деятельности оказалась дистанционная форма обучения.

Дистанционное обучение – тип обучения, основанный на образовательном взаимодействии удаленных друг от друга педагогов и учащихся, реализующемся с помощью телекоммуникационных технологий и ресурсов сети Интернет. Для дистанционного обучения характерны все присущие учебному процессу компоненты системы обучения: смысл, цели, содержание, организационные формы, средства обучения, система контроля и оценки результатов [1].

Дистанционные формы образовательной деятельности стали активно внедряться в университетах всего мира начиная с 2000-х годов. К этому времени сформировались необходимые предпосылки. Прежде всего, определенного уровня достигли в своем развитии информационно-коммуникационные технологии. На рынке появилось большое количество программных продуктов, направленных на обеспечение и поддержку учебного процесса, в том числе и в удаленном доступе.

Основу дистанционного обучения составляют дистанционные образовательные технологии, под которыми понимаются образовательные технологии, реализуемые с применением средств информатизации и телекоммуникации, при опосредованном или не полностью опосредованном взаимодействии обучающегося и преподавателя [2].

Растущая популярность методов дистанционного обучения обусловлена также новыми требованиями, которые профессиональная среда ставит перед начинающими трудовой путь бакалаврами. В современных социокультурных условиях рынок труда испытывает потребность в высококвалифицированных сотрудниках, включенных в процесс непрерывного профессионального образования и самосовершенствования, обладающих способностями к самостоятельности, творчеству и адаптации к меняющимся условиям профессиональной среды. Поэтому в практике современного образования приобретают значимость методы работы, стимулирующие самостоятельную деятельность обучающихся.

Однако важно понимать, что существующие традиционные формы организации образовательного процесса подтвердили свою эффективность на протяжении длительного периода их использования, поэтому целесообразно совместить элементы традиционного и инновационных подходов. В частности, в условиях вынужденного дистанцирования студентов и преподавателей в условиях пандемии целесообразно построить образовательный процесс, основанный на регулярности традиционного подхода при использовании дистанционных образовательных технологий.

Принципы гибкости, модульности и интерактивности, положенные в основу построения дистанционного занятия, дают возможность организации учебного процесса на основе индивидуальной образовательной траектории, а также возможность реализации дифференцированного подхода к обучающимся с различным уровнем готовности к обучению, тем самым создавая адаптивную систему обучения [3].

Дисциплины математической направленности являются центральными для фундаментальной подготовки студентов технического вуза. Для многих отраслей знаний они являются не только орудием количественного расчета, но и инструментом моделирования, обуславливающим прогресс в различных областях человеческой деятельности.

В настоящее время существует ряд объективных причин, которые способствуют более активному внедрению дистанционных образовательных

технологий в учебный процесс. Одна из таких причин для большинства нестациональных вузов – это низкий уровень подготовки абитуриентов. Одним из показателей уровня базовой подготовки являются баллы профильного единого государственного экзамена по математике. В случае, когда средний балл – 50, есть повод задуматься о том, какие должны быть дополнительные средства, для того чтобы донести материал и обеспечить соответствующий уровень знаний бакалавра в области математических дисциплин. Другая проблема – это смещение в образовательном процессе фокуса на самостоятельную форму обучения, что проявляется в увеличении количества часов, отводящихся на самостоятельную работу в общем объеме часов, выделяемых на изучение дисциплины. Возможно, как было ранее отмечено, это веление времени, требующее от современного специалиста умения быстро осваивать новые области знаний, приобретать дополнительные профессиональные компетенции. Это, несомненно, обеспечит более высокий уровень адаптации и востребованность выпускников на современном рынке труда.

Традиционно математические дисциплины предполагают передачу материала от преподавателя к обучающемуся на лекциях и формирование практических навыков освоения математических методов на практических занятиях. С целью проверки усвоения материала предусмотрены практические задачи в рамках отдельных тем, а также комплексные задания в форме расчетно-графических или контрольных работ.

Центром организации взаимодействия с обучающимися и предоставления учебного материала целесообразно выбрать электронную информационно-образовательную среду, доступ к которой есть у всех участников образовательного процесса через Web-интерфейс на сайте образовательного учреждения. Данная среда не только обеспечивает удаленный доступ, но и позволяет реализовать своевременное оповещение обучающихся, размещение учебно-методических материалов, формирование тестов для проверки уровня приобретенных компетенций.

Лекционный материал может быть представлен в различных формах. Прежде всего, это традиционная форма представления материала в виде текстовых файлов. Кроме этого может быть добавлена визуальная поддержка в виде презентаций, оформленных как с помощью традиционной программы презентационной графики Power Point, так и средствами многочисленных онлайн-сервисов данной направленности. Нужно учесть, что современная

молодежь преимущественно ориентирована на получение информации в виде видеоряда. Таким образом, чтобы качество подачи лекционного материала соответствовало форме восприятия и уровню подготовки, целесообразно использовать видеоразборы различных примеров. В таком формате можно разобрать большое количество примеров разного уровня сложности. К сожалению, многие обучающиеся не имеют навыков самостоятельной работы с литературой, поэтому приходится прибегать к новым технологиям. Кроме видеоразборов можно использовать интерактивные доски в таких программах проведения видеоконференций, как Zoom, Microsoft Teams. Указанные программные средства дают возможность использовать графический планшет – периферийное устройство, позволяющее писать специальным электронным пером на интерактивной доске традиционным способом. Это позволяет визуально улучшить восприятие материала.

Для проведения практических занятий целесообразно подключать проприетарные бесплатные мессенджеры с поддержкой IP-телефонии и видеоконференций, предназначенные для использования различными сообществами, к числу которых относится программа Discord, а также вышеупомянутые программы Zoom и Microsoft Teams. Данные программные средства позволяют обеспечить взаимодействие преподавателей с обучающимися в режиме реального времени. Если рабочая программа дисциплины предусматривает проведение контрольных работ и защиту расчетно-графических заданий, то такой формат в полной мере обеспечивает качество оценки знаний обучающихся по дисциплине. Кроме обозначенных программ преподаватели используют и другие средства проведения видеоконференций, например, Skype [3].

Кроме непосредственной организации учебного процесса ЭИОС позволяет сохранять результаты учебного процесса, что, в свою очередь, дает возможность провести анализ реализации учебного процесса и, при накоплении определённого количества данных, выполнить моделирование процесса, нацеленное на его улучшение.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование технологий дистанционного обучения в современных условиях, несомненно, позволяет повысить качество преподавания математических дисциплин в высшем учебном заведении.

Библиографический список

1. Аделова Р. Р. Дистанционное обучение – одна из форм организации учебного процесса. URL: <https://solncesvet.ru/opublikovannyye-materialyi/distancionnoe-obuchenie-odna-iz-form-o/>.
2. Лебедева М. Б., Агапонов С. В., Горюнова М. А., Костиков А. Н. [и др.]. Дистанционные образовательные технологии: проектирование и реализация учебных курсов. СПб. : БХВ-Петербург, 2010. 336 с.
3. Фими́на Н. В. Особенности преподавания математики в условиях дистанционного обучения. URL: <https://infourok.ru/statya-osobennosti-prepodavaniya-matematiki-v-usloviyah-distancionnogo-obucheniya-3982245.html>.

Особенности тренажерной подготовки курсантов на высоковольтном тренажере КРУ-10

Власов А. Б., Урванцев В. И., Мухалев В. А. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электрооборудования судов, e-mail: vlasovab@mstu.edu.ru)

Аннотация. Рассмотрены особенности подготовки курсантов специальностей 26.05.07 "Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики", 26.05.06 "Эксплуатация судовых энергетических установок" на тренажере TRANSAS 5000 в комплекте с комплексной распределительной установкой на напряжение 10 кВ КРУ-10 с учетом требований Конвенции и Кодекса ПДНВ¹.

Abstract. The features of training cadets of the specialty 26.05.07 "Operation of ship electrical and automation equipment", 26.05.06 "Operation of ship power plants" on the TRANSAS 5000 simulator are considered taking into account the requirements of the STCW Code, when studying high-voltage equipment with voltages.

Ключевые слова: обучение, эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики, тренажер TRANSAS 5000, высоковольтное оборудование до 15 кВ, Конвенция и Кодекс ПДНВ

Key words: training, operation of ship electrical and automation equipment with voltages up to 15 kV, TRANSAS 5000 simulator, STCW Code

Тренажерная подготовка, реализуемая при изучении дисциплины "Техническая эксплуатация судовых систем напряжением свыше 1 000 В", направлена на формирование специфических компетенций специалиста (инженера):

- *понимания* опасностей и мер предосторожности, требуемых для эксплуатации силовых систем напряжением выше 1000 В;
- *владения* теоретическими знаниями высоковольтной технологии, мерами и процедурами по ее безопасности;
- *практические знания* безопасной эксплуатации и технического обслуживания высоковольтных систем, включая знание специального технического типа высоковольтных систем и опасностей, связанных с рабочим напряжением более 1 000 В.

Лица, эксплуатирующие ВСЭЭС² должны процедуры, правила и документы по обеспечению безопасности эксплуатации ВСЭО и строго их выполнять.

¹ Конвенция ПДНВ и Кодекс ПДНВ. Международная Конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты.

² ВСЭЭС – высоковольтная судовая электроэнергетическая сеть.

Надлежащий уровень безопасной эксплуатации судового электрооборудования достигается лицами, имеющими достаточные технические знания по своим функциональным обязанностям.

Ведущие специалисты (старший механик, электромеханик), планируя работу на высоковольтном оборудовании, должны кроме безопасного места работы, безопасной окружающей среды, безопасных входа и выхода в рабочую среду, безопасной установки и оборудования обеспечить исполнителей, компетентных в их работе и достижении безопасности.

Высоковольтное оборудование со средним уровнем напряжением (до 11 кВ), широко используется на современных мощных судах-электроходах (э/х): контейнеровозах ледового класса типа "Норильский никель", танкерах ледового класса типа "Михаил Ульянов", ледоколах типа "Москва", атомных ледоколах (а/л) типа "Таймыр", танкерах-газовозах LNG.

В курсе особенности ВСЭЭС рассматриваются на модельных примерах современных судов, в том числе:

- *Duel Fuel Diesel-Electric LNG Carrier* – дизель-электрический танкер СПГ с двухтопливным двигателем (прототип "Великий Новгород");
- *Multifunctional Ice Breaking Supply Vessel "Gennady Nevel'skoy"* – ледокольное судно (прототип "Геннадий Невельский");
- *MAN BW ECME container Ship* – контейнеровоз с двигателем с электронным управлением системой газораспределения (контейнерное судно Bougainville).

Например, в соответствии с ФГОС ВО по специальности 26.05.07 "Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики" в процессе обучения реализуется ряд компетенций, представленных в таблице 1.

Курс включает в себя теоретическое обучение, отработку практических навыков и проверку знаний по эксплуатации и техническому обслуживанию судовых силовых систем с напряжением выше 1 000 В на КРУ-10, сопряженного с тренажером ТРАНЗАС 5 000.

Тренажерный комплекс может быть использован при:

- обучении курсантов электромеханических и судомеханических специальностей;
- проведении курсов подготовки для продления/получения рабочих дипломов;
- проведении курсов тренажерной подготовки персонала судов по программе "Подготовка к работе с высоким напряжением" ("High Voltage Training").

Таблица 1

№ п/п	Код и содержание компетенции	Соответствие Кодексу ПДНВ	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций)
1	ПК-4. Способен осуществлять безопасное техническое использование, техническое обслуживание диагностирование и ремонт судового электрооборудования и средств автоматики на напряжение свыше 1000 В в соответствии с международными и национальными требованиями	Таблица А-III/6 "Эксплуатация и техническое обслуживание силовых систем с напряжением выше 1000 В"	Компетенция реализуется полностью	Знать: международные и национальные требования по безопасному техническому использованию, техническому обслуживанию, диагностированию и ремонту судового электрооборудования и средств автоматики на напряжение свыше 1000 В Уметь: ИД-1_{ПК-4} осуществлять безопасное техническое использование судового электрооборудования и средств автоматики на напряжение свыше 1 000 В в соответствии с международными и национальными требованиями; ИД-2_{ПК-4} осуществлять безопасное техническое обслуживание судового электрооборудования и средств автоматики на напряжение свыше 1 000 В в соответствии с международными и национальными требованиями; ИД-3_{ПК-4} осуществлять безопасное диагностирование и ремонт судового электрооборудования и средств автоматики на напряжение свыше 1 000 В в соответствии с международными и национальными требованиями Владеть: методами и средствами по безопасному техническому обслуживанию судового электрооборудования и средств автоматики на напряжение свыше 1000 В

Продолжение табл. 1

№ п/п	Код и содержание компетенции	Соответствие Кодексу ПДНВ	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций)
2	ПК-15. Способен выбрать и, при необходимости, разработать рациональные нормативы эксплуатации, технического обслуживания, ремонта и хранения судового и берегового электрооборудования и средств автоматики	Таблица А-III/6 "применение навыков руководителя и умение работать в команде"	Компетенция реализуется полностью	Знать: требования международных и национальных стандартов нормативов эксплуатации, технического обслуживания, ремонта и хранения судового и берегового электрооборудования и средств автоматики Уметь: ИД-1 ПК-15 Умеет выбирать рациональные нормативы эксплуатации судового и берегового электрооборудования и средств автоматики; ИД-2 ПК-15 Умеет выбирать рациональные нормативы технического обслуживания судового и берегового электрооборудования и средств автоматики; ИД-3 ПК-15 Знает порядок ремонта и хранения судового и берегового электрооборудования и средств автоматики Владеть: навыками применения нормативов по эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению судового и берегового электрооборудования

Окончание табл. 1

№ п/п	Код и содержание компетенции	Соответствие Кодексу ПДНВ	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций)
3	ПК-24. Способен определять производственную программу по техническому обслуживанию, ремонту и другим услугам при эксплуатации судового и берегового электрооборудования и средств автоматики в соответствии с существующими требованиями	Таблица А-III/6 "Техническое обслуживание и ремонт на уровне эксплуатации"	Компетенция реализуется полностью	Знать: требования нормативных документов по эксплуатации и техническому обслуживанию судового и берегового электрооборудования Уметь: ИД-1 ПК-24 определять производственную программу по техническому обслуживанию, при эксплуатации судового и берегового электрооборудования и средств автоматики в соответствии с существующими требованиями; ИД-2 ПК-24 определять производственную программу по ремонту и другим услугам при эксплуатации судового и берегового электрооборудования и средств автоматики в соответствии с существующими требованиями Владеть: навыками организации эксплуатации и технического обслуживания СЭО и СА- навыками организации эксплуатации и технического обслуживания СЭО и СА

В состав комплекса включены:

- тренажер TRANSAS 5 000 машинного отделения судна обеспечения морских установок, оборудованный дизель – электрической силовой системой с напряжением свыше 1 000 В;
- секция распределительного щита высоковольтной системы КРУ-10 с выдвижным автоматическим выключателем;
- комплект изолирующих электрозащитных средств;
- комплект средств индивидуальной защиты;
- программный комплекс проверки знаний.

С помощью комплекса решаются задачи отработки практических навыков:

- безопасного выполнения работ на судовом высоковольтном оборудовании, в том числе проведения работ с распределительными щитами, на выдвижной аппаратуре, с устройствами защиты;
- отключения и изолирования автоматических выключателей;
- выполнения процедур по снижению риска при работе с высоковольтным оборудованием;
- выполнения процедур проведения испытаний высоковольтного оборудования;
- использования средств индивидуальной защиты;
- действий в чрезвычайных обстоятельствах;
- оформления нарядов-допусков на выполнение работ.

Секция распределительного щита разработана на базе комплектного распределительного устройства с выкатным вакуумным выключателем VF-12, предназначенного для использования в условиях образовательного учреждения. В боковых элементах каркаса секции размещены окна для максимально возможного обзора внутренних отсеков. Секция, сопряженная с системой TRANSAS 5 000, оборудована системой мониторинга и управления, информация от которой выводится на мнемосхемы жидкокристаллических дисплеев.

В программу подготовки включены такие разделы, как:

- безопасное выполнение работ на судовом высоковольтном оборудовании, в том числе проведение работ с распределительными щитами, на выдвижной аппаратуре, с устройствами защиты;

- отключение и изолирование автоматических выключателей;
- выполнение процедур по снижению риска при работе с высоковольтным оборудованием.

В результате изучения дисциплины и тренажерной подготовки курсанты в достаточной степени получают все компетенции, требуемые ФГОС ВО и Конвенцией ПДНВ при подготовке специалистов электромехаников для работы на современных судах с высоковольтным оборудованием с напряжением выше 1 000 В.

Использование возможностей тренажера TRANSAS 5 000 позволяет не только закрепить теоретические знания, полученные в процессе обучения, но и отработать практические навыки при работе с реальными высоковольтными установками.

Библиографический список

1. ПДНВ. Конвенция ПДНВ и Кодекс ПДНВ. Международная Конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты. URL: <https://www.mstu.edu.ru/education/files/pdnv.pdf>.
2. Центр "МАРСТАР". URL: https://www.marstar.spb.ru/docs/morskoe_napravlenie/morflot/podgotova_mehnikov1/ekspluataciya_elektroustanovok_vysokogo_napryazheniya/.
3. Правила классификации и постройки морских судов. Часть XI. Электрическое оборудование. НД № 2-020101-095. СПб. : Российский морской регистр судоходства, 2017. 137 с.
4. Дизель-электрический танкер СПГ с двухтопливным двигателем. Руководство обучающего. Транзас. 2018. 523 с
5. ERS 5000 TechSim Судно обеспечения добывающих платформ. Руководство пользователя. Транзас. 2019. 354 с.
6. ERS 5000 TechSim. Модель контейнеровоза с двигателем MAN BW с электронным управлением системой газораспределения. Транзас. Руководство пользователя 2018. 276 с.
7. ШЭЛА. Комплектные распределительные устройства типа КРУ-РН-6-BB (с применением вакуумных выключателей). URL: <https://www.shela71.ru/product/rudnichnoe-elektrooborudovanie-dlya-shaht-razrezov-i-rudnikov/rudnichnoe-elektrooborudovanie-6-10-kv/shkaf-komplektnih-raspredelitelnih-ustroystv-kru-r>.

Особенности учебного процесса в вузе в рамках дистанционного обучения

Власова С. В. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра морского нефтегазового дела и физики, e-mail: vlasovasv@mstu.edu.ru)

Аннотация. В работе обсуждаются проблемы, возникающие перед администрацией, преподавателями и студентами высших образовательных учебных заведений Российской Федерации в связи с необходимостью проведения различных форм занятий по дисциплине "Физика" в дистанционном режиме.

Abstract. The paper discusses the problems faced by the administration, teachers and students of higher educational institutions of the Russian Federation in connection with the need to conduct various forms of classes in the discipline "Physics" in a distance mode.

Ключевые слова: образование, организация учебного процесса, различные формы занятий, особенности проведения учебных занятий в дистанционном режиме

Key words: education, organization of the educational process, various forms of classes, features of conducting various training sessions in remote mode

Основными формами организации учебного процесса в техническом вузе при изучении дисциплины "Физика" являются лекционные, практические и лабораторные занятия.

Как правило, студентам по дисциплине "Физика" читаются поточные лекции, на которых могут объединяться в один поток различные число учебных групп и разное количество студентов. Особенность вузовской лекции – интерпретация изучаемого учебного материала с позиции квалифицированного специалиста (как в области физики, так и в области педагогики). Лектор ясно осознает, какой именно учебный материал является наиболее важным и существенным в изучаемом разделе, а также то, каким образом этот материал следует изложить в отведенное для учебных занятий ограниченное время с тем, чтобы у обучающихся могли быть сформированы системные представления об изучаемых законах, процессах и явлениях соответствующего раздела физики.

Практические занятия проводятся в группах, состав которых обычно не превышает 25 человек. Главная цель этих занятий – более глубоко освоить теоретический учебный материал, изложенный на лекциях, а также приобрести практические навыки при решении разнообразных физических задач, относящихся к изучаемой теме.

Лабораторные занятия проводятся в подгруппах, число студентов в подгруппе, как правило, не превышает 15 человек. На лабораторных занятиях студенты *самостоятельно* выполняют эксперименты по изучаемым темам,

затем обрабатывают результаты этих экспериментов (рассчитывают необходимые физические величины и погрешности их измерения), анализируют полученные результаты и формулируют выводы, приобретая при этом *навыки работы с оборудованием*, а также навыки обработки результатов эксперимента.

В ряде вузов была использована следующая схема подготовки и проведения лекционных занятий при переходе на дистанционный режим обучения. В назначенное время преподаватель учебной дисциплины приглашался техническими службами в специально оборудованную аудиторию, где он зачитывал очередную лекцию, используя обычную учебную доску и микрофон для звуковой записи голоса преподавателя. Лекция снималась на видео, а затем (по расписанию занятий) технические службы выставляли лекцию для студентов лекционного потока. С нашей точки зрения, такая форма проведения лекционного занятия в дистанционном режиме является наиболее эффективной (из всех доступных в рядовом вузе).

Наиболее неприемлемый, с нашей точки зрения, но и наименее обременительный для администрации вузов, способ проведения лекции в дистанционном режиме – это "выставление" преподавателем электронного конспекта лекции или "выставление" электронных рекомендаций для изучения лекционного материала по учебнику. К сожалению, в ряде вузов, в которых администрация не считала нужным (или не имела соответствующих технических возможностей) записывать на видео поточные лекции, многие дистанционные лекции проходили именно в таком режиме.

Лабораторные занятия – это такая форма организации учебного процесса, которая труднее других поддается переводу в дистанционный режим. Один из способов проведения лабораторных занятий в дистанционном режиме, широко используемый преподавателями вузов в связи с пандемией коронавируса, сводился к следующему порядку. Студент (дома) знакомился с описанием лабораторной работы (л/р), делал заготовку для ее выполнения. (Предполагается, что все эти шаги студент уже проделал ранее, работая в обычном режиме в учебной лаборатории.) На дистанционном занятии студент предъявлял заготовку (в виде изображения страниц лабораторной тетради) и получал допуск к выполнению работы. Выполнение лабораторной работы состояло в том, что преподаватель выставлял студенту (в электронном виде) готовые экспериментальные данные для заполнения таблиц. Находясь дома, студент работал с этими данными, производил необходимые вычисления, рассчитывал физические величины, их погрешности и завершал выполнение лабораторной работы выводами.

Очевидно, что в описанном выше режиме выполнения лабораторной работы студенты не получают навыков работы с реальным экспериментальным оборудованием, более того, они не получают адекватного представления о внешнем виде измерительных приборов и лабораторного оборудования. У студентов не формируется представление о том, как связаны реальные измерения с теми цифрами, которые им предоставил для заполнения таблиц "проведенного" эксперимента преподаватель. В связи с вышесказанным возникают несколько вопросов:

- допустима ли вышеописанная замена реальной лабораторной работы;
- существовали ли другие доступные возможности для проведения лабораторных занятий в сложившейся ситуации?

С нашей точки зрения, ответ на первый вопрос однозначен: такая замена не допустима, следовало бы в сложившейся ситуации искать другие возможности. Ответ на второй вопрос найти труднее. Безусловно, преподаватели (возможно, и студенты) осознают всю сложность проблем, которые возникли у администраций вузов в связи с переходом на дистанционное обучение. К сожалению, во многих случаях эти проблемы решались без обсуждения с преподавательским сообществом. Тем не менее мы полагаем, что следовало бы искать другие подходы к проведению лабораторных занятий в сложившейся ситуации.

Например, можно было бы временно исключить из расписания выполнение лабораторных работ, заменяя их лекционными и/или практическими занятиями, с тем чтобы после снятия карантина, провести лабораторные занятия в обычном режиме. Очевидно, понимая, как сложно будет перестроить расписание, администрация предпочла ориентироваться на традиционное расписание (все формы занятий более-менее равномерно распределены по семестру), составленное в начале учебного семестра (до перехода на дистанционное обучение).

С нашей точки зрения, в сложившейся ситуации студенты, обучение которых дисциплине "Физика" осуществлялось в дистанционном режиме, не получили достаточных знаний в области выполнения физических измерений и расчета погрешностей измерения физических величин. Хотелось бы обратить внимание на этот факт преподавателей, которые будут в процессе дальнейшего обучения проводить со студентами лабораторные занятия при изучении последующих дисциплин с тем, чтобы в какой-то степени компенсировать недостаточную обученность студентов в выполнении лабораторного эксперимента.

Об истории развития метрической системы мер

Гнатюк В. С., Никонов О. А., Михайлюк А. В. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра морского нефтегазового дела, e-mail: gnatyukvs@mstu.edu.ru)

Аннотация. В работе рассматриваются изменения определений основных единиц измерений, начиная от создания метрической системы до современной Международной системы единиц (СИ). Анализируются последние изменения системы СИ на основании фундаментальных законов природы и свойств материи.

Abstract. The paper discusses changes in the definitions of the basic units of measurement, ranging from the creation of the metric system to the modern International System of Units (SI). The latest changes in the SI system are analyzed on the basis of the fundamental laws of nature and the properties of matter.

Ключевые слова: метрическая система, Международная система единиц (СИ), метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, кандела, моль

Key words: metric system, International System of Units (SI), meter, kilogram, second, ampere, kelvin, candela, mol

Огромное разнообразие явлений, встречающихся в повседневной жизни, в технике и научном исследовании, делает достаточно широким круг величин, подлежащих измерению.

Как отмечает Л. А. Сена: "Измерить какую-либо величину – это значит, следовательно, найти отношение данной величины к соответствующей единице измерения. Это отношение и является, очевидно, мерой интересующей нас величины... Вопрос о том, как определить единицу измеряемой величины, вообще говоря, может быть решен произвольно" [1].

До введения единой системы мер и весов единицы измерения выбирались случайно и независимо друг от друга. К тому же применялись разные единицы для измерения одной и той же величины. Поэтому пересчет из одной единицы измерения в другую был сложным. Наличие большого разнообразия единиц создавало трудности в развитии международных торговых отношений, обмене результатами научных исследований и т. п. Ученые пытались установить общие единицы измерений, которые действовали бы во всех странах.

Гаусс впервые предложил систему, построенную на трех единицах, которые отражали наиболее общие свойства материи. Так как пространство и время являются формами существования физической реальности, а масса – одна из наиболее общих ее характеристик, то единицы длины, времени и массы

включены в число основных единиц системы Гаусса, названной им абсолютной системой.

В мае 1790 г. комиссия в составе таких крупнейших французских учёных, как Борда, Кондорсе, Лаплас и Монж, предложила принять в качестве единицы длины одну десятиmillionную долю четверти земного меридиана. В результате работы комиссии в 1799 г. был введен метр, прототипом которого явилась специально изготовленная линейка – платиновый стержень, хранящийся в настоящее время в Национальном архиве Франции. Одновременно с метром была введена единица веса – килограмм, определённая как вес кубического дециметра воды при 4 °С. Для сохранения килограмма была изготовлена образцовая гиря – прототип килограмма. За единицу времени была принята секунда, равная $1/86\,400$ средних солнечных суток.

Метрическая система впервые была внедрена после Великой Французской революции. С развитием измерительной техники, повысилась точность измерения, что позволило выявить расхождения между единицами длины и веса и созданными для них прототипами. Исключение составила секунда, которая оставалась неизменной, благодаря высокой точности астрономических часов.

Чтобы не создавать новых трудностей, вызванных изготовлением новых прототипов, решили зафиксировать прототипы как основные законные эталоны единиц измерений. В результате были установлены:

метр – единица длины, определяется как расстояние между центрами двух штрихов, нанесенных поперек платиноиридиевой линейки на ее концах, при температуре 0 °С. Сплав платины с 10 % иридия обладает малым коэффициентом теплового расширения, а поперечному сечению линейки для повышения жесткости придали особую X-образную форму;

килограмм – единица массы, т. е. масса цилиндра, сделанного из того же платиноиридиевого сплава. Вес эталонной массы, равной 1 кг на уровне моря на географической широте 45°, иногда называют килограмм-силой;

секунда – единица времени, определяемая, как и раньше, как $1/86\,400$ средних солнечных суток.

На основе перечисленных единиц и их дольных десятичных частей были построены системы СГС и МКГСС. СГС, основанная на сантиметре, грамме и секунде, была введена в 1874 г. Система техническая МКГСС за основные единицы приняла метр, килограмм-силы и секунду, и включала в себя только геометрические и механические измерения. СГС в дальнейшем охватила об-

ласть механики, электричества и электромагнетизма, разделившись на электростатическую – СГСЭ и электромагнитную – СГСМ. Однако обе системы единиц были неудобны на практике.

20 мая 1875 г. в Париже во время заключительной сессии дипломатической Конференции по Метру и в соответствии с Метрической Конвенцией, подписанной семнадцатью государствами, было основано Международное Бюро мер и весов (МБМВ). Штаб-квартира МБМВ расположена недалеко от Парижа, на территории (43 520 м²) Павильона барона де Бретейля (парк Сен-Клу), предоставленной в распоряжение Бюро Правительством Французской Республики; ее содержание финансируется государствами-членами Метрической Конвенции. Конвенция была пересмотрена в 1921 г. По состоянию на 20 мая 2019 г., членами Конвенции являются пятьдесят девять государств. Задача МБМВ состоит в обеспечении унификации измерений во всем мире [2].

В 1889 г. первая Генеральная конференция по мерам и весам приняла систему мер, сходную с СГС, но основанную на метре, килограмме и секунде, так как эти единицы признаны более удобными для практического использования. В последующем была введена четвёртая основная единица для измерения силы тока – ампер. Согласно определению, ампер – сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого поперечного сечения, расположенных в вакууме на расстоянии 1 метра один от другого, создаёт между этими проводниками силу, равную $2 \cdot 10^{-7}$ ньютона на каждый метр длины. Поскольку электрический ток есть процесс, протекающий во времени, эталон тока невозможно сохранять.

Дальнейшее повышение точности измерений показало, что длину метра целесообразно связать с длиной волны определённой спектральной линии. В качестве такой линии была принята оранжевая линия изотопа криптона с массовым числом 86 ($_{36}\text{Kr}^{86}$). По определению, метр содержит 1 650 763,73 длины волны в вакууме этой спектральной линии. Далее определение метра было изменено: метр – длина пути, проходимого светом в вакууме за $1/299\,792\,458$ с.

Повышение точности измерения времени установило непостоянство средних суток. В основу определения секунды был принят тропический год – промежуток времени между двумя весенними равноденствиями, который уменьшается на 0,5 секунды за столетие. По новому определению, секунда –

это $1/31\,556\,925,9747$ часть тропического года, начавшегося в 12 часов дня 31 декабря 1899 г. Развитие молекулярной и атомной радиоспектроскопии позволило дать другое определение (1967 г.): секунда – время, равное $9\,192\,631\,770$ периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

Международная система единиц, известная во всем мире как СИ (от французского *Système International d'Unités*), официально была сформирована в 1960 г. Резолюцией 11-го заседания Генеральной Конференции по мерам и весам (ГКМВ). Данная система представляет собой развитие практической системы электрических единиц, в которой к основным единицам измерения метру, килограмму, секунде и амперу были добавлены кельвин, кандела (ранее называвшаяся свечой) и моль.

Согласно определению, кельвин – $1/273,16$ часть термодинамической температуры тройной точки воды, т. е. такой температуры, при которой вода находится в равновесии со льдом и паром. Кандела равна силе света в данном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частоты $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила светового излучения которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт/ср. Моль равен количеству вещества, в составе которого содержится столько же структурных элементов, сколько атомов содержится в нуклиде углерода-12 массой $0,012$ кг.

Научные достижения в атомной физике и квантовой метрологии наряду с разработками в области измерительной техники позволили внести изменения в СИ. Эти изменения были одобрены на 26-м заседании ГКМВ (2018 г.) и вступили в силу 20 мая 2019 г. во Всемирный день Метрологии, приуроченный подписанию Метрической Конвенции в 1875 г.

По существу "представлен новый подход в формулировании определений единиц в целом, а также семи основных единиц, в частности, через фиксирование числовых значений для семи "определяющих" констант... Эти семь определяющих констант – фундаментальная особенность определения всей системы единиц" [2] (таблица 1).

Таблица 1 – Семь определяющих констант СИ

Определяющая константа	Обозначение	Числовое значение	Единица
частота перехода сверхтонкого расщепления Cs	$\Delta\nu_{Cs}$	9 192 631 770	Гц
скорость света в вакууме	c	299 792 458	м с ⁻¹
постоянная Планка	h	$6,62607015 \times 10^{-34}$	Дж с

Окончание табл. 1

Определяющая константа	Обозначение	Числовое значение	Единица
элементарный заряд	e	$1,602176634 \times 10^{-19}$	Кл
постоянная Больцмана	k	$1,380649 \times 10^{-23}$	Дж К ⁻¹
постоянная Авогадро	N_A	$6,02214076 \times 10^{23}$	моль ⁻¹
световая эффективность	$K_{\text{кд}}$	683	Лм Вт ⁻¹

Определения каждой из семи основных единиц системы СИ выводятся при помощи одной определяющей константы, либо через произведения или отношения нескольких определяющих констант, что дает следующий набор определений, представленных в [2]:

1. Секунда определяется путем принятия фиксированного числового значения частоты перехода сверхтонкого расщепления невозмущенного основного состояния атома цезия-133 $\Delta \nu_{\text{Cs}} = 9\,192\,631\,770$ Гц. Обратное отношение дает точное выражение для единицы секунда через определяющую константу $\Delta \nu_{\text{Cs}}$:

$$1 \text{ Гц} = \frac{\Delta \nu_{\text{Cs}}}{9\,192\,631\,770} \text{ или } 1 \text{ с} = \frac{9\,192\,631\,770}{\Delta \nu_{\text{Cs}}}.$$

Следовательно, секунда равна продолжительности 9 192 631 770 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями невозмущенного основного состояния атома цезия-133.

2. Метр определяется путем принятия фиксированного числового значения скорости света в вакууме $c = 299\,792\,458$ м с⁻¹, где секунда определяется через частоту перехода в цезии $\Delta \nu_{\text{Cs}}$. Обратное соотношение дает точное выражение для единицы метр через определяющие константы c и $\Delta \nu_{\text{Cs}}$:

$$1 \text{ м} = \left(\frac{c}{299\,792\,458} \right) \text{ с} = \frac{9\,192\,631\,770}{299\,792\,458} \frac{c}{\Delta \nu_{\text{Cs}}} \approx 30,633319 \frac{c}{\Delta \nu_{\text{Cs}}}.$$

Следовательно, метр – это длина пути, пройденного светом в вакууме за интервал времени, равный 1/ 299 792 458 секунды.

3. Килограмм определяется путем принятия фиксированного числового значения постоянной Планка h равным $6,62607015 \times 10^{-34}$ при выражении в единицах Дж/с⁻¹, что соответствует кг м² с⁻¹, где метр и секунда определяются через c и $\Delta \nu_{\text{Cs}}$. Это определение подразумевает точное соотношение $h = 6,62607015 \times 10^{-34}$ кг м² с⁻¹. Обратное соотношение дает точное выражение для единицы килограмм через определяющие константы h , c и $\Delta \nu_{\text{Cs}}$:

$$1 \text{ кг} = \left(\frac{h}{6,62607015 \times 10^{-34}} \right) \text{ м}^{-2} \text{ с},$$

$$1 \text{ кг} = \frac{(299\,792\,458)^2}{(6,62607015 \times 10^{-34})(9\,192\,631\,770)} \frac{h \Delta \nu_{\text{Cs}}}{c^2} \approx 1,4755214 \times 10^{40} \frac{h \Delta \nu_{\text{Cs}}}{c^2}.$$

4. Ампер определяется путем принятия фиксированного числового значения элементарного заряда e равным $1,602176634 \times 10^{-19}$ при выражении в единице Кл, что соответствует А с, где секунда определяется через $\Delta\nu_{Cs}$. Это определение подразумевает точное соотношение $e = 1,602176634 \times 10^{-19}$ А с. Обратное соотношение дает точное выражение для единицы ампер через определяющие константы e и $\Delta\nu_{Cs}$:

$$1\text{А} = \left(\frac{e}{1,602176634 \times 10^{-19}} \right) \text{с}^{-1},$$

$$1\text{А} = \frac{1}{(9\,192\,631\,770)(1,602176634 \times 10^{-19})} \Delta\nu_{Cs} e \approx 6,789687 \times 10^8 \Delta\nu_{Cs} e.$$

Следовательно, ампер – это сила электрического тока, соответствующая потоку $1/(1,602176634 \times 10^{-19})$ элементарных зарядов в секунду.

5. Кельвин определяется путем принятия фиксированного числового значения постоянной Больцмана k равным $1,380649 \times 10^{-23}$ при выражении в единице Дж К⁻¹, что соответствует кг м² с⁻² К⁻¹, где килограмм, метр и секунда определяются через h , c и $\Delta\nu_{Cs}$. Это определение подразумевает точное соотношение $k = 1,380649 \times 10^{-23}$ кг м² с⁻² К⁻¹. Обратное соотношение дает точное выражение для единицы кельвин через определяющие константы k , h и $\Delta\nu_{Cs}$:

$$1\text{К} = \left(\frac{1,380649 \times 10^{-23}}{k} \right) \text{кг м}^2 \text{с}^{-2} =$$

$$\frac{1,380649 \times 10^{-23}}{(6,62607015 \times 10^{-34})(9\,192\,631\,770)} \frac{\Delta\nu_{Cs} h}{k} \approx 2,2666653 \frac{\Delta\nu_{Cs} h}{k}.$$

Следовательно, один кельвин равен такому изменению термодинамической температуры, при котором изменение тепловой энергии kT равно $1,380649 \times 10^{-23}$ Дж.

6. Один моль содержит точно $6,02214076 \times 10^{23}$ структурных элементов. Это число есть фиксированное числовое значение постоянной Авогадро N_A , выраженное в единице моль⁻¹. Это определение подразумевает точное соотношение $N_A = 6,02214076 \times 10^{23}$ моль⁻¹. Обратное соотношение дает точное выражение для моля через определяющую константу N_A :

$$1\text{моль} = \left(\frac{6,02214076 \times 10^{23}}{N_A} \right).$$

Следовательно, моль – это количество вещества системы, содержащее $6,02214076 \times 10^{23}$ определенных структурных элементов.

7. Кандела определяется путём принятия фиксированного числового значения световой эффективности монохроматического излучения частотой 540×10^{12} Гц $K_{\text{кд}}$, равным 683 в единице лм Вт⁻¹ или кд ср кг⁻¹ м⁻² с³, где ки-

лограмм, метр и секунда определяются через h , c и $\Delta\nu_{Cs}$. Это определение подразумевает точное соотношение $K_{кд} = 683 \text{ кд ср кг}^{-1} \text{ м}^{-2} \text{ с}^3$ для монохроматического излучения частотой $540 \times 10^{12} \text{ Гц}$. Обратное соотношение дает точное выражение для канделы через определяющие константы $K_{кд}$, h и $\Delta\nu_{Cs}$:

$$1 \text{ кд} = \left(\frac{K_{кд}}{683} \right) \text{ кг м}^2 \text{ с}^{-3} \text{ ср}^{-1},$$

$$1 \text{ кд} = \frac{1}{(6,62607015 \times 10^{-34})(9\,192\,631\,770)^2 683} (\Delta\nu_{Cs})^2 h K_{кд} \approx 2,614830 \times 10^{10} (\Delta\nu_{Cs})^2 h K_{кд}.$$

Следовательно, кандела равна силе света в заданном направлении от источника, который излучает монохроматическое излучение с частотой $540 \times 10^{12} \text{ Гц}$, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683 \text{ Вт/ср}$.

Пересмотр Международной системы единиц изменил мировое определение килограмма, ампера, кельвина и моля. Новые определения семи основных единиц системы СИ означают окончательный переход с эталонов в качестве материальных объектов на более стабильные методы расчетов значений при помощи формул, основанных на физических константах. Числовые значения определяющих констант выбраны так, чтобы соответствовать предыдущим определениям настолько, насколько позволяют современные достижения в науке и накопленные знания. Таким образом, насколько это возможно сохранена преемственность любых изменений в Международной системе единиц.

Библиографический список

1. Сена Л. А. Единицы физических величин и их размерности. М. : Наука, 1969. 304 с.
2. Международная система единиц (SI). URL: <https://www.vniim.ru/files/SI-2019.pdf> (дата обращения: 22.11.2021).

О специфике преподавания курса "Механики жидкости и газа" в техническом университете

Гнатюк В. С.¹, Никонов О. А.¹, Шолохов В. С.² (¹г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра морского нефтегазового дела и физики, e-mail: viktognatyuk@yandex.ru; ²г. Мурманск, ГАПОУ МО "Мурманский индустриальный колледж", e-mail: sws-f@yandex.ru)

Аннотация. Статья посвящена методическим вопросам преподавания курса "Механика жидкостей и газов". Отдельные частные вопросы курса изучаются на лабораторных занятиях, на которых студенты знакомятся с экспериментальными методами данной области науки. Необходимо максимально приблизить примеры к задачам инженерной практики.

Abstract. The article is devoted to the methodological issues of teaching the course "Mechanics of liquids and gases". Individual particular questions of the course are studied in laboratory classes, where students get acquainted with the experimental methods of this field of science. It is necessary to bring examples as close as possible to the tasks of engineering practice.

Ключевые слова: законы сохранения, уравнение Д. Бернулли, процессы переноса, идеальная жидкость, капельная жидкость, дифференциальные уравнения, теория поля, фазовые переходы

Key words: conservation laws, D. Bernully equation, transfer processes, perfect fluid, drip fluid, differential equations, field theory, phase transitions

Механика жидкости и газа (МЖГ) изучает законы равновесия жидких и газообразных тел и применение этих законов для решения технических задач.

Её математическим аппаратом является дифференциальное и интегральное исчисление, теория поля, дифференциальные уравнения, тензорное исчисление. Данная дисциплина базируется на физике (механика, свойства жидкостей и газов).

Специфическая особенность механики жидкости и газа связана с деформациями изучаемых объектов. Этим обусловлена специфика формы записи общих законов сохранения массы, импульса, момента импульса, энергии. Эти методы предполагают специфический выбор конфигурации контрольного жидкого объема, формирования начальных и граничных условий (часто с использованием эмпирических данных). Важную роль при этом играет корректность постановки математической задачи. Полученные нелинейные дифференциальные уравнения иногда приходится решать численными методами. Некоторые численные методы решения нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных разработаны и разрабатываются примени-

тельно к задачам механики жидкости и газа. Важной особенностью МЖГ является существование диссипативных процессов и нелинейных эффектов. С учетом этих явлений приходится совершенствовать методы расчета трубопроводов и проточных частей гидравлических и газовых машин и устройств. Следует иметь в виду, что механика жидкости и газа является экспериментальной наукой. Важная часть эксперимента – исследование полей скоростей и давлений и для создания на этой основе надежных расчетных схем.

Изучение специальных и дополнительных разделов физики связано с тем, что отдельные разделы общего курса физики представляют особый интерес при изучении профильных дисциплин.

При строительстве различных объектов и сооружений, грамотной их эксплуатации необходимы глубокие знания механики жидкостей и газов. Гидромеханика является общенаучной дисциплиной и служит связующим звеном между теоретическими предметами – физикой, математикой, теоретической механикой и специальными дисциплинами строительного цикла.

Цель курса – подготовить студентов к изучению специальных инженерных дисциплин по данному профилю: водоснабжение и канализация, теплогазоснабжение и вентиляция, промышленное и гражданское строительство.

Достижение поставленной цели связано с решением целого ряда учебных задач. Изучение законов равновесия и движения жидкостей, получение физических знаний и навыков их дальнейшего пополнения. Знакомство студентов данной специальности с основными методами работы при проведении гидродинамических расчетов.

В результате изучения данной дисциплины обучающийся должен знать: основные понятия гидромеханики, способы и единицы измерения; основные физические величины и физические константы гидромеханики, их определение; назначения и принципы действия основных измерительных приборов.

Изучив данную дисциплину, студент должен уметь: указать, какие законы гидромеханики описывают данное явление или эффект; раскрывать смысл физических величин и понятий; уметь работать с математическими моделями состояний и процессов, являющихся предметом изучения механики жидкости и газа; работать с приборами и оборудованием современной физической лаборатории; использовать различные методики измерений и обработки полученных данных.

По окончании курса слушатель должен владеть методами проведения технических измерений в гидромеханике.

Содержание разделов дисциплины включает: основные физические свойства жидкости и газа, основы кинематики жидкости и газа, уравнения статики и динамики этих объектов. Модель идеальной (невязкой) жидкости, уравнение количества движения и момента количества движения жидкости (газа), подобие гидромеханических процессов, общее уравнение энергии потока жидкости (газа), режимы течения жидкости (газа).

Данный курс, по нашему мнению, должен быть переходным этапом от общего курса физики к общеинженерным и специальным дисциплинам.

Граница раздела курса общей физики и механики жидкости и газа, на наш взгляд, должна проходить по линии раздела "критерии подобия".

В общем курсе физики рассматривается модель идеально жидкости и из критериев подобия рассматривается только критерий Рейнольдса [1]. В данном курсе более детально излагается этот вопрос.

В механике жидкостей и газов широко пользуются идеализированными объектами (сплошная среда, идеальная жидкость, капельная жидкость).

Общая задача гидромеханики вязкой несжимаемой жидкости в процессе математического моделирования сводится к решению систем дифференциальных уравнений Навье – Стокса для ламинарного течения, или уравнений Рейнольдса для турбулентного. Известно, что не существует решений в общем виде указанных уравнений при произвольных граничных и начальных условиях, и точные решения уравнений Навье – Стокса получены лишь для простейших течений, в которых заранее известна траектория частиц жидкости.

В гидравлике для получения интересных характеристик широко используются методы подобия, которые позволяют существенно упростить решения практических задач за счет использования уже известных (подобных) решений на моделях. Модельные эксперименты следует проводить при соблюдении геометрического и кинематического подобия, соблюдая пропорциональность между силами различной природы в потоке.

Физический смысл чисел подобия связан с содержанием входящих в них физических величин. Так, например, число Рейнольдса выражает отношение сил инерции к силам трения (вязкости), число Фруда – отношение сил инерции к объемным силам (в частности, к силам гравитации); число Эйлера – отношение нормальных сил давления к силам инерции, а число Струхала характеризует отношение конвективной составляющей сил инерции к локальной составляющей этих сил [2].

Рассматриваемая учебная дисциплина состоит из лекционного курса, лабораторных и практических занятий. На лекциях излагаются фундаментальные законы механики жидкостей и газов. Отдельные частные вопросы курса изучаются на лабораторных занятиях. Студенты знакомятся с экспериментальными методами данной области науки. На практических занятиях изучение курса осуществляется методом решения задач. Приводимые примеры должны максимально приближаться к задачам инженерной практики. В процессе решения задач необходимо развивать у студентов навыки вычислительной математики (приближенные вычисления).

При движении жидкости и газа выполняются законы сохранения, приобретающие специфическую форму, например, уравнение Д. Бернулли выражает закон сохранения энергии.

Движение жидкостей и газов определяется процессами переноса импульса, тепла и вещества. В этой связи физику можно рассматривать как теоретическую основу гидромеханики. Лектор, по нашему мнению, должен акцентировать внимание слушателей на общности законов природы и универсальности уравнений их описывающих.

Математический аппарат механики жидкостей и газов, как отмечалось выше, – это дифференциальные уравнения, теория поля, тензорное исчисление. Эти разделы математического анализа еще не изучаются в первом семестре первого курса и в этой связи целесообразно, на наш взгляд, соответствующие разделы предварить кратким математическим введением.

Следует отметить, что изучение механики жидкости и газа способствует развитию у студентов математического мышления, что в свою очередь, способствует формированию инженерных знаний.

В большинстве учебников теория гидромеханики рассматривается как феноменологическая теория. На наш взгляд, в данном курсе следует изучать элементы молекулярной физики жидкостей и газов. В данный курс следует включить такие разделы, как реальные газы, поверхностное натяжение, капиллярные явления, фазовые переходы.

Для студентов лекция служит одним из основных источников знаний по данному предмету. В лекционном курсе определенное внимание следует уделить вопросам истории развития механики жидкостей и газов, роли отечественных и зарубежных ученых в ее развитии. В лекционном курсе необходимо освещать современные достижения и нерешенные проблемы данной области техники, например, водоснабжение высотных зданий и др.

При выполнении лабораторных работ проводится определение физических величин, получаемых в результате прямых и косвенных измерений; сборка установки, проведение измерений, запись результатов работы и установление их надежности; математическая обработка результатов измерений и определение их погрешности; систематизация и обобщение результатов, формулировка выводов и т. п.

Таким образом, физический практикум по механике жидкости и газа важен, полезен и профессионально необходим, так как позволяет приобрести умения и навыки, нужные в наше время каждому специалисту [3].

На практических занятиях решаются учебные задачи, связанные с инженерной практикой. В этом процессе углубляются и расширяются знания по данной учебной дисциплине.

Умение решать задачи профессионально важны, так как способствуют развитию необходимых для каждого инженера профессиональных качеств. Дело в том, что учебные задачи по различным дисциплинам и инженерно-технические задачи имеют общую структуру процесса решения. Наличие такой общности позволяет в процессе решения учебных задач выработать подход и к решению производственных задач.

Преподавание учебной дисциплины "Механика жидкости и газа" должно осуществляться на основе межпредметных связей с математикой, физикой, теоретической механикой и другими учебными дисциплинами. Это должно способствовать повышению уровня преподавания данной дисциплины.

Библиографический список

1. Савельев И. В. Курс физики. В 3 т. Т. 1. Механика. Молекулярная физика. СПб. : Лань, 2018. 356 с.
2. Винников В. А., Каркашадзе Г. Г. Гидромеханика. М. : Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2003. 301 с.
3. Голубев Б. В., Сергеева Н. А., Шутов А. В. Гидравлика. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2013. 34 с.

Некоторые аспекты расчета параметров электродвигателя, выбор аппаратуры управления защиты и сигнализации

Кучеренко В. В., Бувев С. А. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", e-mail: buevsa@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье дан расчет параметров электродвигателя, выбор аппаратуры управления защиты и сигнализации – процесс, который зависит от многих факторов, таких как тип конструкции, требования к регулированию, напряжение и частота электрической сети, стоимость оборудования, закладываемый срок службы. В работе рассматриваются некоторые особенности выполнения курсового проекта по специальности "Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики".

Abstract. The paper contains calculation of the electric motor parameters, the choice of control equipment, protection and signaling – a process depending on many factors, such as the type of design, the requirements for regulation, the voltage and frequency of the electrical network, the cost of the equipment, and the service life. This paper discusses some of the features of the course project in the specialty "Operation of ship electrical equipment and automatic means".

Ключевые слова: электродвигатель, аппаратура сигнализации, тепловой режим, перегрузочная способность, контакторы

Key words: electric motor, signaling equipment, thermal conditions, overload capacity, contactors

Целью выполнения курсовой работы по дисциплине "Электрооборудование судов" является закрепление теоретических знаний, полученных курсантами в процессе обучения.

Так, в образовательном процессе преподаватель должен ознакомить курсантов с критериями выбора электротехнических устройств, с методами расчета механических характеристик электродвигателей (далее ЭД), пуско-регулирующих резисторов и расчетами динамических режимов работы ЭД.

В процессе выполнения курсовой работы курсанты получают практические навыки выполнения электрических расчетов, учатся обосновывать принимаемые решения путем сравнения возможных вариантов, логических умозаключений и рассмотрения теоретических положений, а также вырабатывают умения и навыки правильного и грамотного пояснения хода решений.

Однако некоторые сложности возникают у курсантов при осуществлении расчетов по следующему оборудованию.

1. Контактторы. Выбор типа контакторов осуществляется по режиму работы и параметрам электродвигателя согласно разработанной электрической схеме управления приводом. Для электроприводов (далее ЭП) на постоянном токе могут применяться контакторы серии КН и КМ 2000, а на перемен-

ном токе серии КНТ и КМ 2000, модульные контакторы ESB..N/EN..N разработаны для коммутации цепей освещения, управления системами отопления, электродвигателями и насосным оборудованием (рисунок 1). Для электроприводов динамических режимов на постоянном токе рекомендуются контакторы серии КПМ, на переменном токе серии КМ 2000 или КТ 6000 М. Величина контактора подбирается по номинальному току I_N и номинальному напряжению U_N электродвигателя и проверяется по пусковому току $I_{пэд}$:

$$I_{НК} \geq I_{НЭД}; I_{ПК} \geq I_{пэд}; U_{НК} \geq U_N, \quad (1)$$

где $I_{НК}$ – номинальный ток контактора; $I_{ПК}$ – пусковой ток контактора.



Рисунок 1 – Модульные контакторы ESB..N/EN..N, разработанные компанией ABB

Если ЭД выбран не по расчетному среднеквадратичному значению тока (момента) нагрузки, а по механической перегрузочной способности или с достаточно большим запасом по мощности, то выбор величины контактора следует проводить по эквивалентному значению тока I_{Σ} из условия $I_{НК} \geq I_{\Sigma}$. Не следует завышать величину контактора, так как это ведет к увеличению массогабаритных показателей всей электромагнитной станции управления ЭП.

После того как выбран тип контактора, необходимо выписать все его технические данные: род тока, частоту, номинальное напряжение и коммутируемые токи главной цепи, напряжение и мощность втягивающей катушки, число блок контактов (вспомогательных контактов) и их коммутационную способность (номинальный коммутируемый ток и напряжение).

Количество силовых и вспомогательных контактов контактора должно быть таким, чтобы обеспечить работоспособность спроектированной электрической схемы привода.

2. Реле. По назначению все реле в ЭП подразделяются на две группы: *реле управления* и *реле защиты* [1]. К реле управления относятся *реле времени, промежуточные реле, реле контроля параметров* (тока, напряжения, давления, температуры, частоты вращения и т. д.). К реле защиты относят *тепловые реле, реле максимального и минимального тока, реле максимального и минимального напряжения*. Реле защиты используются для отключения привода при недопустимых перегрузках, для ограничения перегрузок, а так же для предотвращения нарушения функционирования отдельных узлов или электропривода в целом.

Токовые реле выбираются по значениям токов в соответствии с их функциональным назначением [2], также по номинальному значению тока цепи с указанием регулировки срабатывания реле. На пример реле максимального тока серий РЭМ 650 и РЭМ 65 имеют регулировку срабатывания $(1,5 \dots 3,6)I_n$ номинального тока катушки; реле минимального тока РЭМ 25 имеют регулировку срабатывания $(0,7 \dots 0,9)I_n$ номинального тока катушки.

Реле напряжения выбираются по номинальным значениям напряжения с указанием интервала регулируемого напряжения срабатывания реле. Например, реле напряжения РЭМ 432 имеет диапазон регулируемого напряжения срабатывания реле $(0,6 \dots 0,85)U_n$ номинального напряжения катушки.

После выбора конкретного реле согласно электрической схеме управления необходимо выписать его основные технические данные: напряжение, номинальный ток, интервал регулировки основного параметра, мощность катушки реле, коммутационную способность контактов, собственное время срабатывания реле, другие необходимые параметры (напряжение отключения реле, коэффициент возврата и т. д.).

3. Автоматические выключатели и предохранители. Автоматические воздушные выключатели и плавкие предохранители обеспечивают защиту электрических цепей от токов коротких замыканий мгновенного действия и от токовых перегрузок замедленного действия (рисунок 2).

Автоматический выключатель выбирается по номинальным значениям тока и напряжения защищаемого участка цепи (электродвигателя, системы управления ЭП) с учетом следующих условий [3]:

1) при номинальном напряжении и токе нагрузки на 10 % выше номинального выключатель не должен срабатывать;

2) при токе нагрузки выше на 50 % номинального выключатель должен срабатывать в течение часа;

3) выключатель должен пропускать без срабатывания токи, составляющие 150 % расчетных пусковых токов электропривода.



Рисунок 2 – Силовые автоматические выключатели АВВ серии Emax
(6 типоразмеров: X1, E1, E2, E3, E4, E6 и рассчитано на токи до 6300 А)

Автоматические воздушные выключатели и плавкие предохранители выбираются по номинальным значениям токов и напряжений потребителей, для этого требуется расчет токов и определение режимов работы всех ветвей, защищаемых участков электрической схемы управления. В электрических приводах для защиты силовых цепей используются автоматические выключатели, а для защиты цепей управления и сигнализации используются плавкие предохранители или автоматические выключатели серии АС 25.

Выбрав конкретный автоматический выключатель, необходимо выписать его основные технические данные: номинальный ток и номинальное напряжение расцепителя, установки срабатывания расцепителей в зоне КЗ и в зоне перегрузок, предельную коммутационную способность автоматического выключателя, другие необходимые параметры.

Для выбора плавкой вставки предохранителя цепи управления необходимо рассчитать ток, потребляемый всеми элементами схемы управления в рабочем состоянии электропривода. *Величина тока плавкой вставки* выбирается на 10 % больше тока, потребляемого схемой управления электро-

привода [4]. Если при включении катушек контакторов используется форсировка (пусковой режим), то величина тока плавкой вставки выбирается по току пускового режима $I_{ПВС} = I_{ПК}/2,5$. Расчетное значение тока плавкой вставки цепи управления определяется алгоритмом работы элементов разработанной схемы управления. Такой же расчет и выбор плавкой вставки следует выполнить для схемы сигнализации режимов работы ЭП.

Современные морские суда функционируют на основе сложных автономных комплексов, состоящих из разнообразных технических устройств. В связи с чем изучение основ электротехники, принципов действия электрических машин и аппаратов и видов судового оборудования и автоматики необходимо для будущих инженеров-электромехаников.

Библиографический список

1. Быховский Ю. И., Шеинцев Е. А. Электрооборудование судов рыбной промышленности. М. : Колос, 1996. 349 с.
2. Авдеев Б. А. Элементы и функциональные устройства судовой автоматики. СПб. : Научное издание, 2018. 260 с.
3. Висленев Ю. С., Горшков А. И., Лазаревский Н. А. Судовое электрооборудование: конструктивно-монтажные узлы. СПб. : Политехника, 2019. 315 с.
4. ГОСТ Р 54585-2011. Электрооборудование судовое. Требования безопасности, методы контроля и испытаний. М. : Стандартинформ, 2012. 27 с.

Python как система интерактивных научных вычислений и средство расширения применения свободного программного обеспечения в учебном процессе вуза

Лейко Н. Н., Бучкова З. А., Майорова О. В. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: leykonn@mstu.edu.ru)

Аннотация. В работе авторы исследуют возможности расширенного применения свободного программного обеспечения на примере использования языка программирования Python в учебном процессе вуза. Предметом исследования являются возможности применения свободного программного обеспечения языка программирования Python как системы интерактивных научных вычислений на примере решения дифференциальных уравнений. Рассмотрен сравнительный анализ свободного программного обеспечения языка программирования Python и проприетарной системы компьютерной математики Matlab. Кратко изложены достоинства Python для научных вычислений.

Abstract. Object of research are possibilities of application of the free software of programming language Python as systems of interactive scientific calculations on an example of the decision of the differential equations. The comparative analysis of the free software of programming language Python and proprietary systems of computer mathematics Matlab is considered. Advantages Python for scientific calculations are is short stated.

Ключевые слова: образование, цифровой университет, свободное программное обеспечение (СПО), Python; Matlab, дифференциальное уравнение

Key words: education, digital university, free software (open source software), Python, Matlab, differential equation

На этапе модернизации (цифровизации) образования, являющимся неотъемлемой частью национального проекта "Цифровая экономика Российской Федерации" [3] на период до 2024 года, требуется совершенствование технологических инструментов, используемых для преподавания компьютерных дисциплин.

Как образованию завоевать доверие в онлайн эпохе? Тема, которая волнует нас всех.

Создание цифрового университета и повышение цифровой грамотности обучающихся – главная задача, стоящая перед специалистами высших учебных заведений.

Дистанционный формат обучения занимает уверенную позицию в силу объективных причин, поэтому применение свободно распространяемого программного обеспечения является наиболее востребованным на сегодняшний день.

Активное использование цифровых технологий даёт возможность на качественно новом уровне организовать учебный процесс и осуществить переход к кардинально новой модели обучения – дистанционной.

Цифровые технологии – это конкретные инструменты, которые помогают сделать образование более удобным, качественным, содержательным, а главное – доступным [4].

Python – высокоуровневый, интерпретируемый, интерактивный, объектно-ориентированный язык сценариев, предназначенный для решения огромного круга задач. Базовый язык и библиотеки Python работают одинаково на всех платформах, что дает возможность программировать в смешанных средах. Особенностью языка Python является выделение блоков кода пробельными отступами.

На сегодняшний день язык программирования Python является одним из самых актуальных и популярных, благодаря обилию библиотек, высокой производительности, легкости работы, широким возможностям и разнообразным областям применения.

В данной работе авторы исследуют возможности расширенного применения свободного программного обеспечения в учебном процессе вуза.

Предметом исследования является язык программирования Python и онлайн-сервисы с применением языка программирования Python. Развивается идея о том, что применение свободного программного обеспечения для решения задач математического моделирования на примере переходных процессов в электронных схемах по затратам времени и эффективности не хуже, чем проприетарное.

Наиболее популярные библиотеки для Data Science: TensorFlow, NumPy (Numerical Python), SciPy (Scientific Python), Pandas (Python data analysis), Matplotlib. Благодаря данным библиотекам Python является многоцелевым, универсальным языком для научных расчётов и занимает лидирующие позиции в качестве замены распространённых профессиональных проприетарных пакетов, таких как Matlab Maple, Mathcad, Mathematica, предоставляя аналогичную функциональность и наиболее низкий порог вхождения.

Некоторые из перечисленных библиотек мы применим в нашем примере.

Дистрибутивный комплект программной среды Python находится на официальном сайте <https://www.python.org>. Этот комплект доступен как в 32-, так и в 64-разрядной редакции и установка Python выполняется достаточно просто, как и любого другого приложения Windows.

Matlab – коммерческая, тщательно проработанная система автоматизации математических и научно-технических расчетов. Matlab содержит специализированные, профессионально разработанные и протестированные наборы инструментов для научных и инженерных приложений.

Покажем эффективность применения Python на примере решения задачи дифференциальных уравнений и сравним решение этой же задачи в среде Matlab.

Пример 1. Построить кривую изменения во времени тока при разряде конденсатора в RLC – цепи, если $2\alpha = 0,5$, $\omega_0 = 1$ рад/с и $t \in [0\ 10]$ с. Начальные условия принять $i(0) = 0$, $\frac{di(0)}{dt} = -1$ [2].

Переходный процесс разряда конденсатора описывается стандартным дифференциальным уравнением второго порядка:

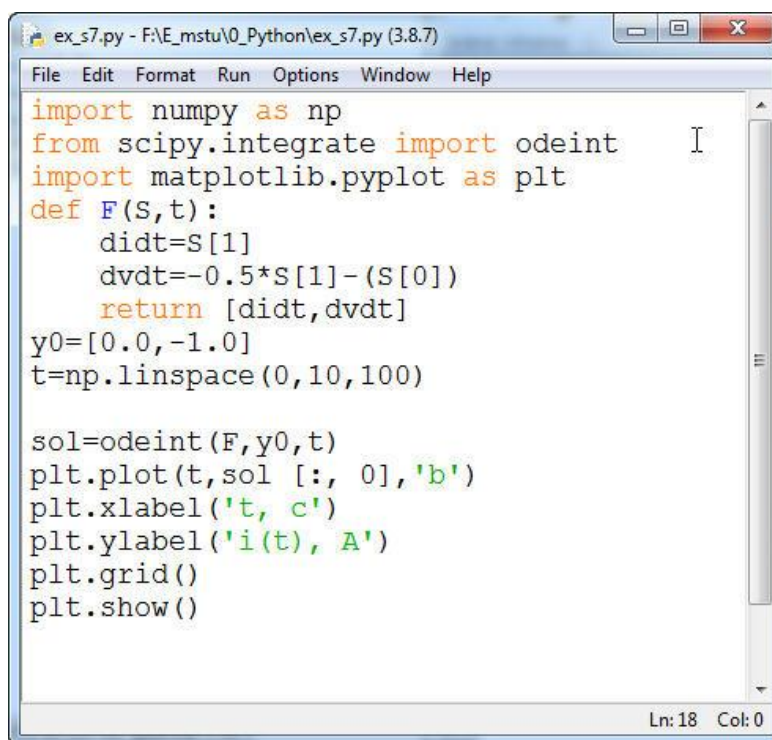
$$\frac{d^2i}{dt^2} + 2\alpha \frac{di}{dt} + \omega_0^2 i = 0,$$

где α – коэффициент затухания контура; ω_0 – резонансная частота контура.

Построим зависимость от времени тока в конденсаторе после замыкания ключа.

Для того чтобы решить обыкновенное дифференциальное уравнение второго порядка, необходимо привести его к системе обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка.

Решение задачи с помощью Python (рисунок 1).



```
ex_s7.py - F:\E_mstu\0_Python\ex_s7.py (3.8.7)
File Edit Format Run Options Window Help
import numpy as np
from scipy.integrate import odeint
import matplotlib.pyplot as plt
def F(S,t):
    didt=S[1]
    dvdt=-0.5*S[1]-(S[0])
    return [didt,dvdt]
y0=[0.0,-1.0]
t=np.linspace(0,10,100)

sol=odeint(F,y0,t)
plt.plot(t,sol[:, 0], 'b')
plt.xlabel('t, c')
plt.ylabel('i(t), A')
plt.grid()
plt.show()
Ln: 18 Col: 0
```

Рисунок 1 – Скрипт рассматриваемого примера набран в IDLE Python

Из данного графика видно, что после коммутации в RLC-цепи возник колебательный процесс ($\alpha < \omega_0$) и ток изменяется по закону затухающих колебаний.

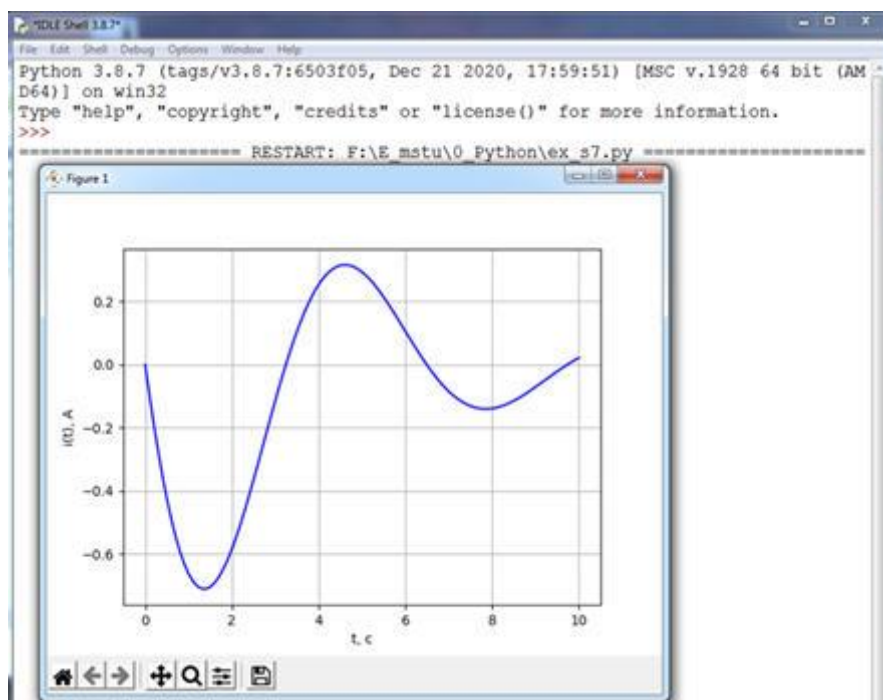


Рисунок 2 – Результат запуска скрипта примера в IDLE Python

Если принять $2\alpha = 5$, то получим аperiodический процесс ($\alpha > \omega_0$). Выполним данный пример в веб-сервисе Repl.it (рисунок 3).

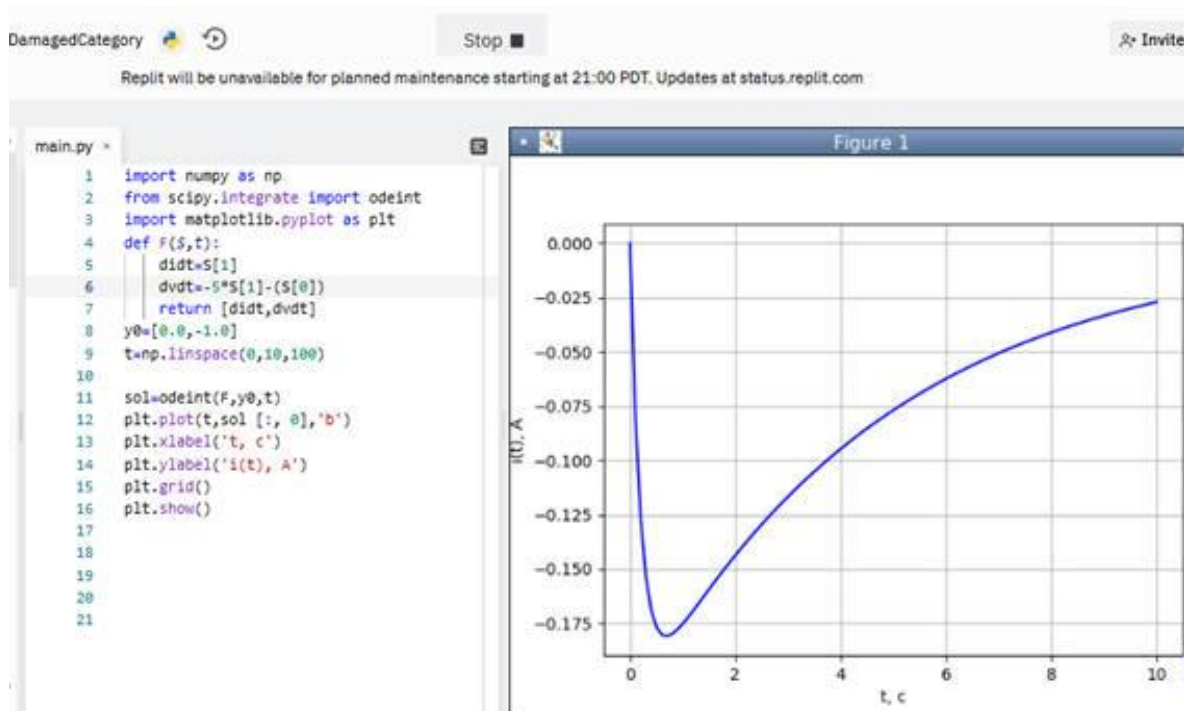


Рисунок 3 – Аperiodический процесс $\alpha > \omega_0$

Пример выполнен в веб-сервисе Repl.it (<https://repl.it.com/>).

При применении веб-сервиса Repl.it рекомендуется создать учетную запись, что дает возможности более полного применения возможностей сервиса, в том числе сохранить свой код.

Рассмотрим импортируемые библиотеки для написания программного кода в Python [1; 5]:

- NumPy (Numerical Python) – фундаментальный пакет для сложных математических расчетов, который может работать с массивами данных и другими масштабными функциями, позволяющими Python стать достойной заменой языкам программирования C++ и Fortran (<http://numpy.org>).

- SciPy (Scientific Python) – одна из основных библиотек Python, широко используемая в Data Science для высокоуровневых вычислений, для научных и технических вычислений, которые частично задействуются в расширении NumPy, предоставляя множество удобных и эффективных процедур численного интегрирования, интерполяции, оптимизации, линейной алгебры и статистики (<http://docs.scipy.org/doc>).

- Matplotlib – для создания статических, анимированных и интерактивных визуализаций в Python (<http://matplotlib.org>).

Решение задачи с помощью Matlab (рисунок 4).

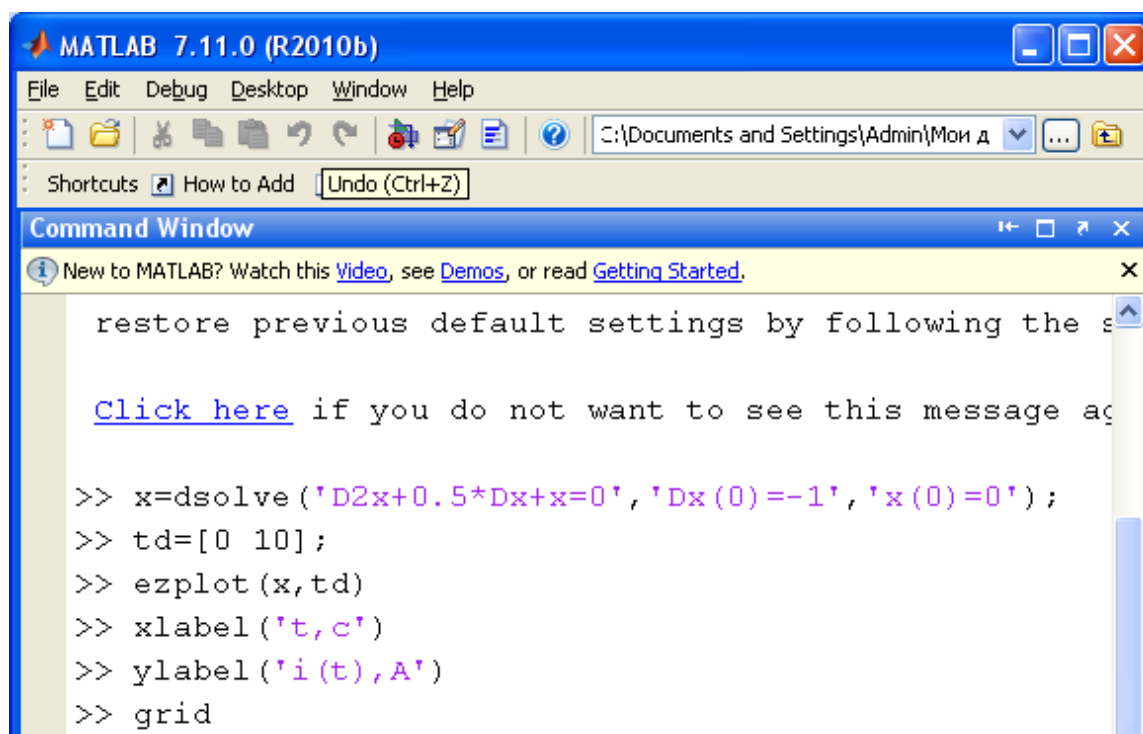


Рисунок 4 – Программный код рассматриваемого примера с помощью Matlab

Зависимость от времени тока в конденсаторе после замыкания ключа (рисунок 5а), (рисунок 5б).

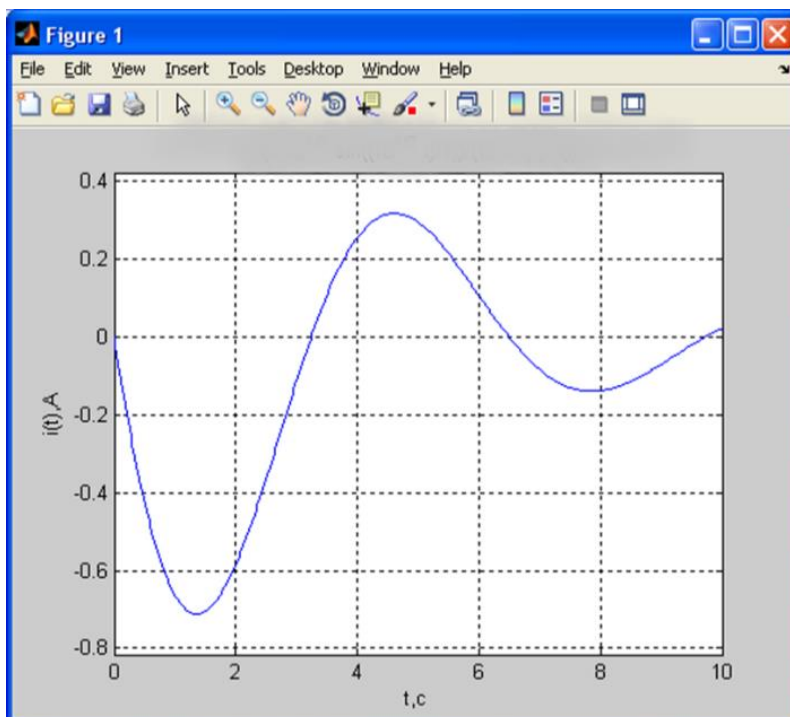


Рисунок 5а – Колебательный процесс при $\alpha < \omega_0$

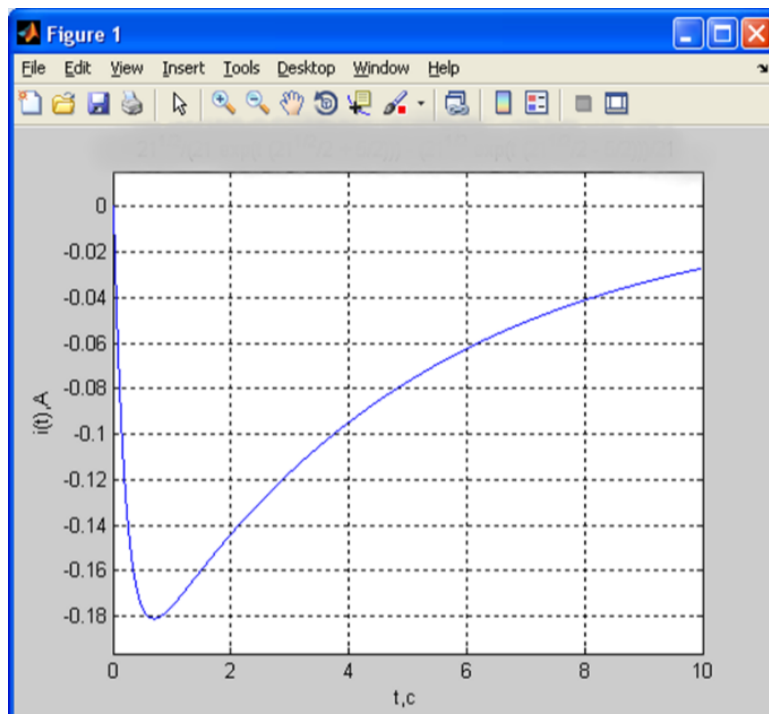


Рисунок 5б – Колебательный процесс при $\alpha > \omega_0$

В заключение данной работы можно сформулировать следующие выводы, являющиеся доказательством того, что свободно распространяемый

язык программирования Python в ряде случаев является достойной заменой лицензионной программы Matlab, что позволяет решить множество проблем в дистанционном обучении и цифровизации образования:

1) проведенный компьютерный анализ подтвердил простоту и удобство использования языка программирования Python;

2) интерактивные возможности являются мощным инструментом Python для математического моделирования;

3) все библиотеки для Python, которые применялись в рассматриваемых примерах, имеют открытый исходный код и распространяются бесплатно;

4) у Python и Matlab много общего, простой и понятный синтаксис, отсутствие объявления переменных. Используемая для визуализации данных библиотека Matplotlib в Python очень схожа своими командами с синтаксисом системы Matlab;

5) графические возможности Matlab более удобны, чем у Python, так как они не требуют дополнительной установки;

6) свободно распространяемый язык программирования Python занимает гораздо меньше места и менее требователен к ресурсам ПК, чем лицензионная программа Matlab.

Библиографический список

1. Топ-5 библиотек Python, используемых в Data Science. URL: <https://pythonist.ru/5-luchshih-bibliotek-python-ispolzuemyh-v-data-science>.
2. Фриск В. В., Ганин В. И., Степанова А. Г. Компьютерный анализ переходных процессов в электрических цепях с помощью MATLAB. М. : Солон-Пресс, 2019. 42 с.
3. Протокол заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г. № 7. URL: http://www.consultant.ru/law/podborki/protokol_zasedaniya_prezidiuma_soveta_pri_prezidente_rossijskoj_federacii_po_strategicheskomu_razvitiyu_i_nacionalnym_proektam_ot_4_iyunya_2019_g._%25E2%2584%2596_7/.
4. Веретенко С. Цифровизация образования: как это работает сегодня? <https://edexpert.ru/digitalization-of-education>.
5. Официальный сайт Python. URL: <https://www.python.org/>.

Конференции как средство активизации познавательной деятельности студентов вузов

Майорова О. В., Лейко Н. Н., Бучкова З. А. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: mayorovaov@mstu.edu.ru)

Аннотация. В данной работе рассмотрена тема активизации познавательной деятельности учащихся высших учебных заведений. В качестве одного из возможных способов повышения интереса к образованию представлен вариант участия студентов в научно-технических конференциях.

Abstract. The paper examines promotion of the cognitive activities with high-school students. The participation of students in science and technology conferences is presented as a possible option of raising their interest in education.

Ключевые слова: познавательная деятельность, интерес, инициатива, исследование, формирование компетенций

Key words: cognitive activities, interest, initiative, research, building-up competences

При организации изучения дисциплины важно научить студентов не ограничиваться учебным планом, а смотреть шире, проявлять инициативу, расширить границы дисциплины, увидеть использование своих способностей для развития интересного вопроса, направления. И в этом плане важную роль приобретает отработанная система проведения студенческих научно-технических конференций.

Студенты самостоятельно формулируют тему предстоящего исследования, опираясь на свои интересы, имеющиеся знания, умения, навыки в выбранной области. Встречаются случаи, когда студенты первого курса продолжают исследование по теме, начатой во время обучения в школе или гимназии города. Если студент затрудняется с самостоятельным выбором темы, то преподаватель может предложить тему для исследования, ориентируясь на формируемые в ходе изучения дисциплины компетенции. В процессе работы по выбранной теме обучающиеся с высокой степенью самостоятельности осуществляют поиск, хранение, обработку информации из различных источников, её анализ и представление полученных результатов с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий. Преподаватель, являющийся научным руководителем, обеспечивает постоянное взаимодействие с учащимися и помощь в ходе выполнения исследования. Доклад по результатам проведенного исследования оформляется в виде мультимедиа

презентации. Лучшие работы рекомендуются к публикации в сборнике тезисов конференции.

Участие в конференциях способствует повышению интереса обучающихся к научно-исследовательской деятельности. В ходе работы участники изучают дополнительные материалы по выбранной теме исследования, тем самым расширяя свой уровень знаний. Исследовательская деятельность способствует развитию критического и творческого мышления. Участие в конференции позволяет повысить уровень самостоятельности, самоорганизации и самодисциплины, что является одной из базовых компетенций, которыми должен обладать будущий специалист. Кроме всего вышеперечисленного, участие студентов в конференции предусматривает развитие их коммуникативных умений и навыков.

Участие в конференциях является одним из способов формирования компетенций, реализуемых в рамках изучения дисциплины. Так, например, компетенции "способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий", "способен применять программные средства компьютерной графики и визуализации результатов научно-исследовательской деятельности, оформлять отчеты и презентации, готовить доклады и статьи с помощью современных офисных информационных технологий, текстовых и графических редакторов, средств печати" реализуются полностью.

Исходя из опыта проведения конференций (секция "Информатика и современные компьютерные технологии", СНТК, Мурманский государственный технический университет), студенты с большим интересом принимают участие, выполняя интересные исследования и знакомя остальных участников с их результатами. Темы исследований охватывают все разделы информатики и современных компьютерных технологий: от истории науки до современных направлений в данной научной области. Некоторые студенты выбирают для исследования темы, расположенные на стыке наук, что позволяет продемонстрировать межпредметные связи и важность комплексного изучения ряда образовательных дисциплин. Примеры опубликованных работ за последние 4 года приведены в списке литературы [1–5].

Библиографический список

1. Еременко О. А., Бучкова З. А. ДНК-логика как основа биокомпьютера // СНТК–2020 : сб. материалов Всерос. студ. науч.-техн. конф. (Мурманск, 27–29 мая 2020 г.). Мурманск : МГТУ, 2020. С. 52–56.
2. Смирнова Т. М., Бучкова З. А. Использование программы FREE!ship в кораблестроении // СНТК–2019 : сб. материалов Всерос. студ. науч.-техн. конф. (Мурманск, 21–24 мая 2019 г.). Мурманск : МГТУ, 2019. С. 43–45.
3. Аксенова Е. С., Шапиев И. Д., Бучкова З. А. Анализ перспектив развития эксплуатации и ремонта судовых энергетических установок с использованием информационных технологий // СНТК–2018 : сб. материалов Всерос. студ. науч.-техн. конф. (Мурманск, 17–20 апр. 2018 г.). Мурманск : МГТУ, 2018. С. 32–33.
4. Дровнева А. А., Сизова А. А., Лейко Н. Н. Современные информационные технологии в деятельности предприятий нефтегазовой и нефтеперерабатывающей отрасли // СНТК–2018 : сб. материалов Всерос. студ. науч.-техн. конф. (Мурманск, 17–20 апр. 2018 г.). Мурманск : Изд-во МГТУ, 2018. С. 34–35.
5. Дровнева А. А., Сизова А. А., Лейко Н. Н. Современные информационные технологии в деятельности предприятий нефтегазовой и нефтеперерабатывающей отрасли // Сборник материалов Всерос. студенческой научно-технической конференции СНТК–2018 (Мурманск, 17–20 апр. 2018 г.). Мурманск : Изд-во МГТУ, 2018. С. 34.
6. Дудина В. А., Бучкова З. А. W3W – новый стандарт для геолокации // СНТК–2018 : сб. материалов Всерос. студ. науч.-техн. конф. (Мурманск, 17–20 апр. 2018 г.). Мурманск : МГТУ, 2018. С. 36–37.

Компьютерный тренажер "Судовая грузовая лебедка переменного тока"

Саватеев Д. А. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электрооборудования судов, e-mail: savateevda@mstu.edu.ru)

Аннотация. Излагаются результаты разработки аппаратно-программного комплекса, предназначенного для отработки навыков анализа отдельных состояний и работы в динамике командоконтроллерной системы автоматизированного управления трехскоростным асинхронным электродвигателем судовой грузовой лебедки.

Abstract. The article is devoted to the results of the development of a hardware and software complex. The latter is designed to practice the skills of individual states analysis and work in the dynamics of a command-controller system. It automates control of a three-speed asynchronous electric engine of a ship's cargo winch.

Ключевые слова: подготовка выпускников специальности "Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики", судовые автоматизированные электроприводы, командоконтроллерная система управления, тренажер

Key words: training of Marine electrical and automation equipment graduates, ship automated electric drives, command-controller system, simulator

Внимание к развитию Арктики в настоящее время велико как со стороны правительства и предпринимателей Российской Федерации, так и со стороны правящих и деловых кругов других стран. Задачи развития этого региона – это задачи обеспечения стратегической безопасности, изучения и сохранения климата, развития торговли, добычи полезных ископаемых. Разработка новых логистических маршрутов, освоение природных богатств Арктики являются фактором экономического роста нашей страны, основой формирования нового качества жизни и развития человеческого потенциала на ее огромных северных и северо-восточных территориях. Значительная роль в решении задач освоения региона северных морей всегда отводилась флоту, добывающему, торговому, ледокольному, военному.

Подготовка кадров для работы на судах арктического региона является, в свою очередь, отдельной многофакторной задачей, включающей в себя организационные, финансовые, кадровые, технические, методические и иные вопросы. Лабораторная база, тренажерные комплексы, методическое обеспечение учебного процесса в вузе, ведущем подготовку кадров для морского флота, должны соответствовать меняющимся реалиям: обновлению и совершенствованию технического оснащения морских судов, развитию средств накопления, обработки и передачи информации, стремительному росту объема

данных. В этих условиях особое внимание уделяется тренажерной подготовке, приобретению будущими специалистами практических навыков эксплуатации судового оборудования, являющихся необходимой составной частью их квалификации. Все более широкому распространению тренажерной техники в учебном процессе способствует стремительное совершенствование компьютерных технологий, делающих модели судовых устройств, комплексов и систем все более адекватными реальным объектам, как с точки зрения собственно математической модели, так и в части визуализации технических объектов, в том числе средствами дополненной реальности.

Судовые тренажерные комплексы различной степени сложности, качества и уровня интегрированности включенных в них судовых систем выпускаются промышленным способом, но вместе с тем нельзя не видеть возможности создания тренажеров непосредственно в университете, в рамках научно-исследовательской и учебно-методической деятельности преподавателей. В условиях достаточного оснащения учебного процесса компьютерной, микроконтроллерной и проекционной техникой разработка учебно-методического средства, обеспечивающего функционирование математической модели и визуализацию результатов ее работы в режиме реального времени, становится одной из тривиальных задач комплектования учебно-методического комплекса дисциплины. При этом формирование технического задания и его выполнение становятся гибкими элементами технического и педагогического творчества преподавателя дисциплины, обеспечивающими максимальное соответствие разрабатываемого тренажера потребностям учебного процесса.

При изучении судовых электроприводов значительную сложность для обучающихся представляет понимание алгоритма функционирования релейно-контакторных схем управления, применяемых на морских судах. В первую очередь это касается установок, в которых процессы пуска, разгона и торможения автоматизированы. В этом случае на работу системы управления влияет динамика изменения сигнала задания режима работы, что существенно увеличивает вариативность программы работы ее составных частей – реле, контакторов, электромагнитного тормоза и электродвигателя. Действующая методика изучения заключается в составлении диаграмм состояния элементов такой системы на разных этапах ее работы, при разных видах управляющего воздействия и с использованием различных графических символов. Данная методика оправдала себя многолетним и результа-

тивным применением, однако имеет некоторые недостатки, среди которых – необходимость активного участия преподавателя в процессе изучения, как на этапе объяснения основ и принципов работы, так и на этапе сопровождения наработки навыков анализа системы обучающимися. Ситуация усугубляется в условиях заочного обучения, увеличения интенсивности учебы, роста доли самостоятельной работы в совокупности учебных часов по дисциплине. В этой связи возникает задача разработки средств обучения, использующих традиционную методику в качестве основы, и дополняющих ее значительно более высокой наглядностью и интерактивностью, служащими повышению эффективности самостоятельной работы студентов.

Представляемый тренажер судовой грузовой лебедки, на наш взгляд, отвечает поставленным целям, будучи наглядным, интерактивным средством обучения с возможностью самоконтроля и регулирования динамики самообучения. При этом наглядность понимается авторами разработки как принцип и метод обучения, основанный не просто на показе конкретных предметов, процессов, явлений, но на такой их демонстрации, которая сопровождается характерными для них звуками. В качестве базовой схемы тренажера выбрана командоконтроллерная система управления трехскоростной судовой грузовой лебедкой с полюсопереключаемым трехскоростным асинхронным электродвигателем, выполняющая следующие функции: защита от короткого замыкания, нулевая защита, защита от перегрузки при работе на отдельных скоростях, защита от полного сматывания троса с барабана, защита от превышения допустимой массы груза, автоматизация процессов разгона и торможения при переводе ручки командоконтроллера без задержки в промежуточных положениях. Тренажер разработан с использованием следующих основных средств: среда программирования MATLAB, микроконтроллер Atmel SAM3X8E, асинхронный электродвигатель АОЛ 22/4 мощностью 400 Вт. Персональный компьютер, компьютерный проектор или интерактивный экран, силовая электроника, обеспечивающая электропитание асинхронного электродвигателя, могут быть отнесены к вспомогательным, с точки зрения технической сути разработки, средствам. Функциональная схема установки представлена на рисунке 1. На этом рисунке: Э – монитор персонального компьютера, экран компьютерного проектора или интерактивный экран, ПК – персональный компьютер, МК – микроконтроллер, ПЧ – преобразователь частоты, АД – асинхронный двигатель.

На рисунке 2 представлен интерактивный графический интерфейс компьютерной программы. В левой части расположена схема установки, в пра-

вой – механические характеристики асинхронного электродвигателя лебедки. Интерактивность интерфейса заключается в том, что студент-оператор может воздействовать на ручку командоконтроллера курсором компьютерной мыши или непосредственно рукой в том случае, если в качестве функционального элемента Э (рисунок 1) используется интерактивный экран. Интерактивным также является автоматический выключатель, имеющий два фиксированных положения: on ("включено") и off ("отключено"). На рисунке 2 установка представлена в положении готовности к работе: автоматический выключатель взведен, ручка командоконтроллера находится в нулевом положении, катушки контактора нулевой защиты, контактора первой скорости и реле контроля разгона на первой скорости получают электропитание. На схеме в левой части экрана, кроме перечисленных катушек электромагнитов, зеленым цветом выделены контакты, состояние которых оказалось изменено вследствие отработки релейно-контакторной аппаратурой управляющего воздействия.

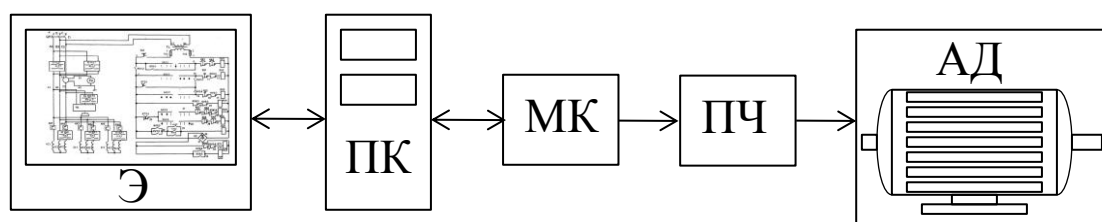


Рисунок 1

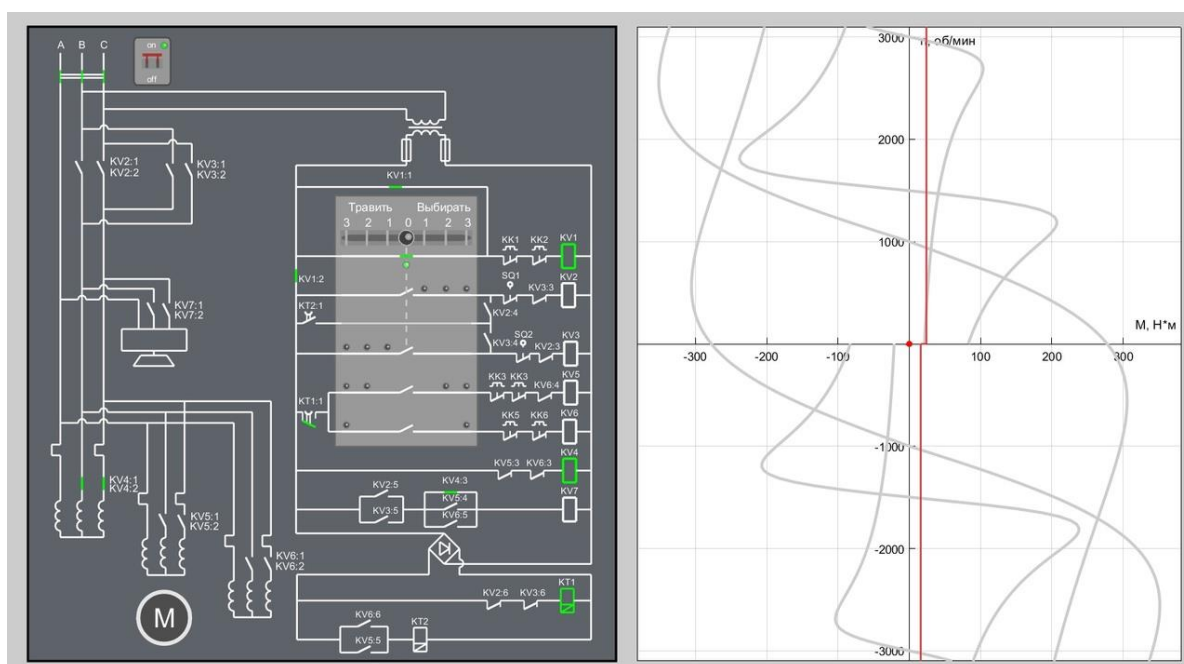


Рисунок 2

На рисунке 3 иллюстрируется изменение графического интерфейса при воздействии на ручку командоконтроллера: она переведена в положение "выбирать-1". В левой части экрана показано, что в ответ на это воздействие изменилось электропитание катушек контакторов и реле, получили питание обмотка первой скорости электродвигателя и электромагнит тормоза, начался отсчет времени до возврата контакта КТ1.1 в исходное положение. В правой части экрана при этом оказывается выделена механическая характеристика первой скорости, и происходит движение рабочей точки по статической характеристике с интенсивностью, согласующейся с работой таймера, шкала которого появляется рядом с контактом КТ1.1. Таймер отсчитывает псевдовремя, понимаемое как смена состояний системы и процессов с регулируемой, отличающейся от реальной, интенсивностью. Эта подстройка под индивидуальные особенности восприятия студентом происходящих в системе перемен обусловила применение в тренажере преобразователя частоты в качестве источника питания асинхронного электродвигателя. Очевидно, что если движение рабочей точки по характеристике принудительно замедляется, то так же должен быть замедлен разгон или торможение электродвигателя.

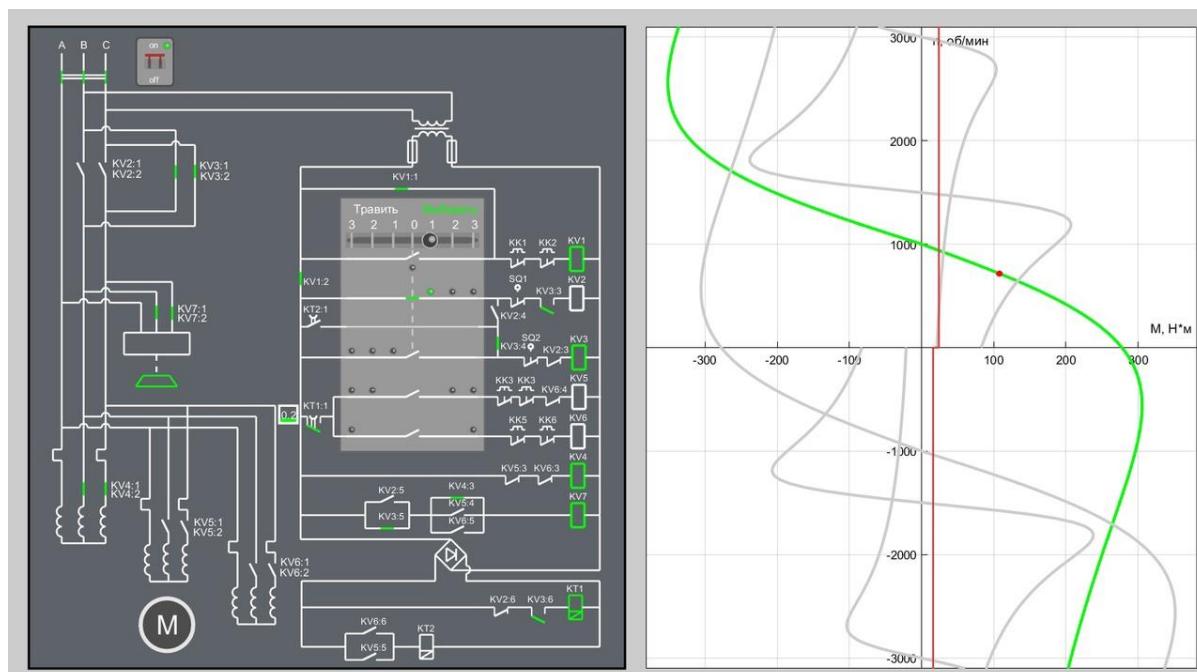


Рисунок 3

Описанным образом установка функционирует при любых управляющих воздействиях, свойственных работе реальной грузовой лебедки. Кроме

этого, алгоритм работы программы предусматривает (где?) отработку срабатываний тепловых реле при длительной работе с перегрузкой на отдельных скоростях: привод переводится на пониженную скорость с третьей или второй скоростей или отключается, если перегрузка произошла на первой скорости.

С учетом современных требований к качеству подготовки морских специалистов-электромехаников разработан и апробирован аппаратно-программный комплекс, позволяющий отрабатывать навыки анализа отдельных состояний и работы в динамике командоконтроллерной системы автоматизированного управления трехскоростным асинхронным электродвигателем судовой грузовой лебедки.

Опыт разработки может быть использован как в проведении учебных занятий, так и в профессиональной деятельности выпускников специальности "Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики".

**СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ**

Современное состояние поселка и порта Диксон

Богатов Н. А., Берстeneв Н. Д., Егоров А. А. (г. Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО "Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова", e-mail: nik09276@mail.ru)

Аннотация. Актуальность проблемы эксплуатации и состояния порта Диксон является одной из главных, так как он выступает в качестве важного экономического порта на Северном морском пути.

Abstract. The urgency of the problem of operation and condition of the port Dixon is one of the main ones, since it acts as an important economic port on the Northern Sea Route.

Ключевые слова: порт, Северный морской путь, груз, механизм, проблема, решение, эксплуатация

Key words: port, Northern Sea Route, cargo, mechanism, problem, solution, operation

Исходные положения для конструирования научной статьи основываются на проблеме развития Северного морского пути на примере порта Диксон, расположенного на побережье Карского моря на входе в Енисейский залив [4]. Одна часть поселка находится на западном краю полуострова Таймыр, другая – на одноименном острове. Эти части Диксона разделяет полуторакилометровый пролив, который зимой становится "зимником".

Порт был сдан в эксплуатацию летом 1941 года. В 1942 году угольные причалы были разрушены немецким крейсером "Адмирал Шеер". Это был единственный бой с вооруженными силами вермахта на территории Сибири. В 1943 году командование Северного флота на Диксоне создало Карскую военно-морскую базу. А затем в 1958 году была произведена реконструкция. Порт продолжал эксплуатироваться в штатном режиме. Через Диксон перегоняли суда из Архангельска на реки Сибири. Остановки речного и морского транспорта в бухте были жизненно необходимы – в порту производили ремонт, пополняли запасы, получали точную ледовую и метеоснабровку по трассе.

К 1980-м годам население города насчитывало около 5 000 человек.

Из воспоминаний Берстенева Дмитрия Николаевича, жившего в Диксоне в 1982–1983 годах: "Все у нас было. Еды хватало на всех, социальных товаров было в достатке, одежда и прочие бытовые вещи привозились на судах из Ленинграда, дефицита никакого не было. Помню, как суда часто заходили в порт. Летом разгрузка осуществлялась на причале, а зимой прямо на лед. Также в окрестных водах работал Ледокол "Арктика". Он прорубал

путь во льду для подходящих судов... Помню огромное количество бочек из-под солянки, из которых делали настилы для дорог... В жуткий зимний мороз рабочие загоняли свои машины в теплые отапливаемые боксы... Масло в -50°C разбавляли какими-то добавками, чтобы оно не густело".

Опираясь на воспоминания одного из жителей того времени, можно сделать вывод, что порт обладал экономическим потенциалом.

В начале 1990-х годов экономика всей страны шла на спад, вследствие чего развитие порта остановилось, а впоследствии пришло в упадок. Произошел резкий отток населения, продолжающийся по сей день.

В связи с этим грузообороты порта резко сократились. Диксон перестал считаться одним из главных портов Карского моря и превратился в отстающий малоразвитый терминал.

В настоящее время эта проблема актуальна и требует скорейшего решения, так как Северный морской путь является важнейшим аспектом развития экономики страны.

Для России он имеет важное стратегическое значение, связанное с возможностью транспортировки из районов Крайнего Севера углеводородного и минерального сырья, а также снабжения этих районов техникой и продовольствием.

В 2009 году островную часть поселка закрыли, и сейчас он практически необитаем. Люди переселились на материк, улицы пусты, ветер выбил в оставленных домах окна и двери, в здании пустой школы № 2 остались только заснеженные парты, за которыми давно уже никто не сидит. И это лишь малая часть трудностей жизни диксончан.

Существует проблема удовлетворения социальных нужд порта-поселка Диксон. Постоянные проблемы со снабжением города приводят к сильному росту цен на продукты питания, одежду и обувь. Медикаменты доставляются в населенный пункт с большими затратами на перевозки, важно отметить, что аэропорт Диксона является одним из самых неудобных и несовременных в России. Вы можете себе представить, самый "современный" самолет был выпущен в 1982 году.

Вследствие чего населению приходится прибегать к средствам народной медицины из-за высоких цен на лекарства. Также инфраструктура города претерпела отрицательные изменения: многие здания общественного назначения были заброшены из-за отсутствия должного финансирования, в поселке функционирует одна школа и несколько магазинов. Единственная

участковая больница города Диксон находится в аварийном состоянии, что небезопасно для пациентов и работников. В поселке нельзя поехать и заправить машину бензином, так как до ближайшей заправки примерно 500 километров, но туда все равно не доехать, так как дорог нет в принципе: ни зимников, ни летников, не лесовозных трасс. Чтобы достать бензин необходимо успеть заказать его в период навигации. Все это привело к сильному падению уровня жизни поселка. Погранзаезда, неотапливаемый аэропорт, гидрометеостанция, котельная, дизельная, школа, администрация, библиотека и несколько магазинов – все, что осталось сегодня. Условия жизни в поселке привели к тому, что численность населения начала неумолимо сокращаться; в 80-е годы прошлого века здесь проживало более 5 000 тысяч человек. В 21 веке население Диксона сократилось почти в 20 раз. Сегодня в Диксоне живут примерно 300 человек [2]. То есть, получается, по тысяче квадратных километров на каждого. По официальным данным, плотность населения здесь – 0 человек на квадратный километр.



Рисунок 1 – Аэропорт "Диксон"

Морской порт Диксон, являясь в рамках проекта развития Северного морского пути одним из самых стратегически важных пунктов судоходства, тем не менее утратил свой эксплуатационный ресурс в силу дефицита финансирования со стороны как государства, так и частных компаний.

На одной из последних открытых конференций 19 октября 2021 года Владимир Путин обратил внимание на указанную проблему: "А износ основных фондов там достигает 40 %. В некоторые порты на Северном морском пути, например, Нарьян-Мар или Диксон, лет 30 денег никто не вкладывал, а то и больше. В материалах справочных написано "более 45 лет". Как же так? – Мы говорим об устройстве Северного морского пути, а перегружать-то кто будет? Кто будет работать?"

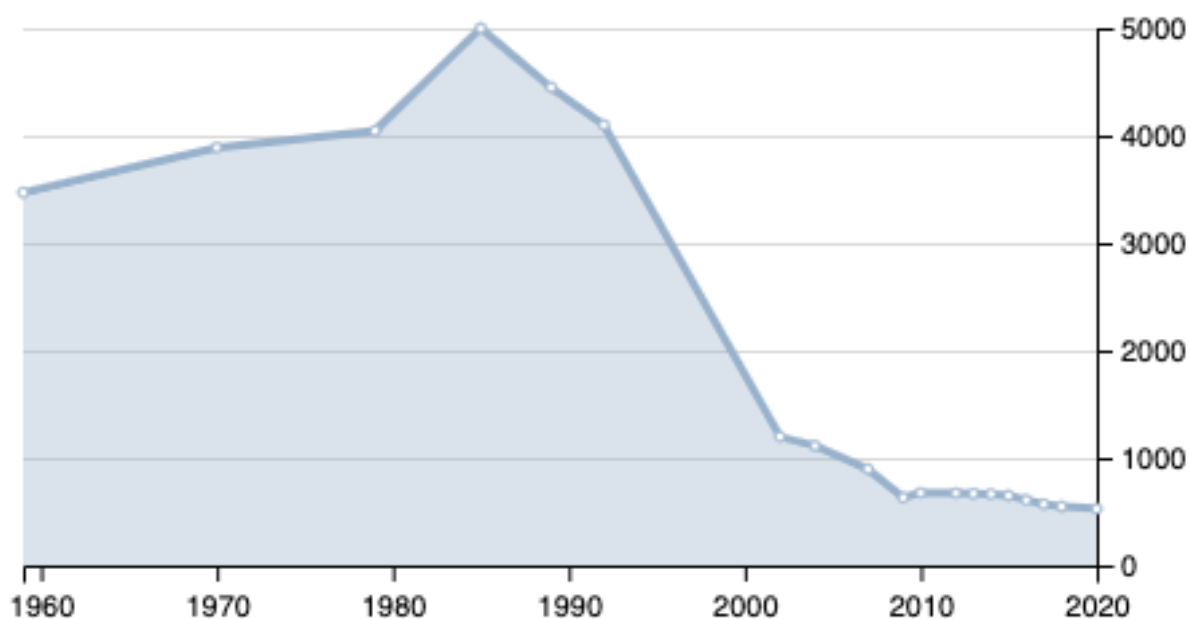


Рисунок 2 – График плотности населения города "Диксон"

Общая деградация уровня жизни поселка привели к стремительному оттоку трудоспособного населения, что стало следствием дефицита рабочих кадров порта Диксон. Однако не менее важными проблемами данного порта явились технические аспекты эксплуатации градообразующего предприятия. Сломанные краны, разбитые дороги в окрестностях порта, груды металлов, лежащие прямо на причале; никому нет дела до удручающего состояния технической сферы.

В зимнее время года свои функции не выполняют ледоколы, так как они находятся в аварийном состоянии; толстый слой льда не позволяет судам заходить в порт для разгрузки. Так, 1 ноября 2021 года Министерство транспорта России опубликовало приказ о закрытии навигации на участке акватории № 1 морского порта Диксон [1]. В результате портовикам приходится выгружать груз на лед и доставлять его на сушу при помощи специальной техники ("Буранов" и прочей техники, оставшейся еще с советских времен).

При доставке груза в порт докеры порта сталкивают с новой проблемой: замерзание погрузочной техники. Так как при низкой температуре повышается вязкость масла. Если использовать технику в таких экстремальных условиях, то износ механизмов машин резко увеличивается. Следовательно, стоимость их обслуживания в денежном эквиваленте сильно возрастет, что неблагоприятно сказывается на экономике предприятия.



Рисунок 3 – Состояние порта "Диксон" в наши дни

Решение данной проблемы требует фундаментального экономического и технологического подхода [3]. Мы считаем, что следует начать с восстановления градообразующего предприятия – порта. Первым делом необходимо привести в эксплуатационное состояние краны, погрузочные механизмы, портовые территории и транспорт. Наладить снабжение города необходимыми для этого ресурсами, кадрами и современным оборудованием.

Начнем с технологической составляющей. Для того чтобы увеличить морозостойкость механизмов и деталей машин, требуется применить высокотехнологические масла в них. Также следует адаптировать насосные механизмы под новые виды масел. Заменить ненадежные шланги на морозостойкие гибкие трубы. И адаптировать оставшиеся механизмы под фундаментальную модернизацию.

Также необходимо обеспечить приток трудоспособного населения в поселок путем улучшения условий труда, повышенной заработной платой и условий жизни.

Библиографический список

1. Обязательные постановления в морском порту Диксон. М. : МОРКНИГА, 2021, 12 с.
2. Федеральный справочник. Морские порты. М. : Морские вести, 2018, 228 с.
3. Замятина Н. Ю. Диксон: обыкновенная Арктика. Ч. II // GoArctic.ru. URL: <https://goarctic.ru/society/dikson-obyknovennaya-arktika-chast-ii/>.
4. Энциклопедия Красноярского края // URL: http://my.krskstate.ru/docs/towns/posyelok-dikson/?sphrase_id=64454.

Дидактическое проектирование эффективного образовательного контента в условиях дистанционного обучения иностранному языку

Волкова Т. П. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра социально-гуманитарных дисциплин, e-mail: volkovatp@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье представлены результаты исследования взаимодействия обучающихся с содержанием электронного курса иностранного языка в условиях дистанционного обучения, особое внимание уделено анализу оценки полезности контента с точки зрения обучающихся. Рассмотрены основные дидактические принципы проектирования эффективного образовательного контента, инструменты его разработки и системы управления контентом.

Abstract. The article presents the results of studying the interaction of students with the content of an electronic foreign language course in the context of distance learning, special attention is paid to the analysis of the assessment of the content usefulness from the students' points of view. The main didactic principles of effective educational content design, development tools and content management systems are considered.

Ключевые слова: образовательный контент, дистанционное обучение, дидактическое проектирование, взаимодействие обучающихся с содержанием электронного курса иностранного языка

Key words: educational content, distance learning, didactic design, interaction of students with the content of an electronic foreign language course

Введение. Дидактическое проектирование образовательного контента представляет собой обязательный компонент деятельности преподавателя иностранного языка высшей школы, целью которой является формирование элементов компетенций обучающихся, в том числе и за счет разработки содержательной части академического процесса. В контексте дистанционного обучения дидактическое проектирование эффективного образовательного контента приобретает особое значение в связи с необходимостью планирования основных стадий обучения и разработки алгоритмов выполнения заданий в удаленном режиме, когда внесение изменений непосредственно в процессе обучения затруднено или даже невозможно [5].

Дистанционное образование, ставшее в последнее время реальностью и зачастую основным режимом взаимодействия обучающихся с преподавателем, представляет собой институциональную образовательную деятельность, которая объединяет учебные материалы с коммуникационными технологиями и является моделью системы образования, в которой обучающиеся

и преподаватели, находящиеся в разных местах, делают учебную и преподавательскую деятельность реальной с помощью коммуникационных технологий различного рода [6].

В последние годы система дистанционного образования получила новое развитие в связи с периодической необходимостью почти полного перехода в режим удаленного обучения в период пандемии. Благодаря востребованности данного формата обучения вопрос о дидактическом планировании его контента с целью обеспечения качественного обучения стал особенно актуальным.

Основные дидактические принципы проектирования эффективного образовательного контента в процессе дистанционного обучения. Качество дистанционного образования обычно обсуждается с трех точек зрения: качество контента, качество презентации и качество услуг, предоставляемых обучающимся [2]. Для эффективного обучения в дистанционном формате взаимодействие посредством текста, звука, простых графических презентаций, видеопрезентаций, анимации, моделирования, тестовых систем должны обязательно поддерживаться с помощью обратной связи.

В настоящее время доступны многочисленные инструменты разработки контента для дистанционного обучения. Использование этих инструментов практично, оперативно и может привести к созданию разнообразного содержания, при этом важнейшая цель проектировании образовательного контента заключается в том, что он должен быть прост для понимания пользователями, прост в освоении и должен представлять собой интерактивную структуру, т. е. должен включать в себя аудио информацию, графические и анимационные компоненты, поддержку мультимедиа. Предполагается, что система управления обучением должна обладать определенными характеристиками, чтобы предоставлять полный спектр услуг своим пользователям, это, в первую очередь, совместимость с другими системами, возможности архивирования и управления файлами, возможность повторного использования, регулирование в соответствии с целями обучения и поддержка всех инструментов, используемых для создания быстрого доступа [9].

Системы управления контентом – это платформы, в которых с помощью панели управления можно изменять и добавлять новую информацию (текст, изображения, музыка, файлы и т. д.). В настоящее время в мире платформ электронного обучения Moodle представляет собой самое широко ис-

пользуемое программное обеспечение системы управления обучением, предназначенное для помощи преподавателям в создании онлайн-курсов. Оно обеспечивает возможность разработки электронных курсов с разнообразным образовательным контентом и активно используется в Мурманском государственном техническом университете. Коммуникативная деятельность с использованием этих материалов может обеспечить достаточно высокий уровень вовлечения обучающихся в процесс освоения иностранного языка.

Образовательный контент и его значение в процессе дистанционного обучения иностранному языку. Известно, что среди трех типов взаимодействия (обучающийся – обучающийся, обучающийся – инструктор и обучающийся – контент) [7] взаимодействие между обучающимся и содержанием курса играет самую важную роль, поскольку оно способствует успеху процесса обучения [11]. С самого начала компьютерного обучения языку внимание уделялось разработке контента (материалов и интерактивных упражнений) для онлайн-курсов с целью развития макроязыковых навыков обучающихся (аудирование, говорение, чтение и письмо) и языковых областей (грамматика, проношение). Благодаря участию как компьютерных экспертов, так и преподавателей языков, языковые онлайн-курсы смогли предложить учащимся различные занятия или многочисленные задания, такие как множественный выбор, сопоставление, указание и отметка с помощью курсора и простое заполнение форм.

Использование компьютеров и веб-технологий, как было доказано, максимально способствует эффективности формирования навыка аудирования, поскольку обучающиеся могут не только самостоятельно прослушивать аудио записи и просматривать видеофайлы, но и мгновенно получать обратную связь о своей деятельности [8]. При обучении чтению, как утверждают эмпирические исследования, информационные технологии улучшают понимание учащимися прочитанного [10]. Обучение письму онлайн, сделало возможными немедленную корректирующую и целевую обратную связь [3].

Одним из критических вопросов, касающихся взаимодействия учащегося с содержанием, является его полезность или качество взаимодействия. Другой важный вопрос – это соотношение между количеством и качеством взаимодействия обучающихся с содержанием. Некоторые исследователи утверждают, что существует положительная корреляция между скоростью доступа (или временем выполнения задач) и итоговыми оценками [12]. Од-

нако другие эксперты напротив считали, что значение имеет качество, а не количество взаимодействий [4].

Исследование взаимодействия обучающихся с контентом. Одна из целей данной работы – изучить мнения обучающихся о полезности их взаимодействия с содержанием онлайн-курса иностранного языка, используемого в Мурманском государственном техническом университете. С этой целью в качестве основы анализа интерактивного взаимодействия обучающегося и содержания использовалась теория взаимодействия Мура [7]. Эта теория утверждает, что в дистанционном образовании очень важно проводить четкое различие между тремя типами взаимодействия (обучающийся – контент, обучающийся – инструктор и обучающийся – обучающийся), делая акцент на взаимодействие обучающегося с содержанием предмета обучения, представляющее собой процесс, который формирует образовательный опыт, приводя к изменениям в знаниях, перспективах, мышлении студента и т. д. Ранее в первоначальных формах дистанционного обучения этот тип взаимодействия был в основном односторонним, и обучение было в основном самостоятельным. В настоящее время с развитием передовых информационных технологий происходит более автоматизированное взаимодействие, при котором учащиеся могут "разговаривать" с компьютером и получать от него мгновенную обратную связь.

Участниками данного исследования были 15 студентов различных курсов, которые использовали электронный курс иностранного языка в течение двух месяцев обучения. Электронный курс был разработан на платформе Moodle. Основное содержание этого курса включало в себя четыре раздела, которые охватывали разные темы, такие как системы высшего образования в России и за границей, развитие науки и технологии, актуальные проблемы современности и вызовы для молодежи, будущая профессиональная деятельность. В рамках каждого раздела обучающиеся должны были практиковать аудирование, чтение и письмо, выполнять грамматические задания. В каждом из этих разделов учащимся было рекомендовано выполнить три шага. Во-первых, они должны прочитать раздел "Обзор", чтобы получить некоторые входные данные, представленные в различных мультимедийных форматах, таких как аудио, видео и текст. Затем им нужно было выполнить упражнения из раздела "Практика", например заполнить пропуски, ответить на вопросы и сопоставить. Учащиеся часто получали мгновенную ав-

томатическую обратную связь от системы о правильности своих ответов. Наконец, они могли перейти к разделу "Тест", чтобы закрепить то, что они сделали на предыдущих этапах. К сожалению, данный курс не предоставляет возможности практики устной речи. Разговорная практика осуществлялась в процессе практических занятий, проходивших в формате видео конференций с помощью систем видеосвязи Zoom и Discord.

Результаты и выводы. В данном исследовании взаимодействие обучающихся с содержанием курса оценивалось из системы управления курсом, при этом учитывалась правильность выполнения заданий и время, затрачиваемое обучающимися на их выполнение. Чтобы получить представление об оценке обучающимися полезности их взаимодействия с контентом, была разработана и проведена анкета для сбора информации о следующих аспектах: 1) уровень уверенности в использовании онлайн-курса, 2) воспринимаемая полезность взаимодействия с содержанием курса и 3) предложения по повышению полезности содержания курса.

В результате обработки анкеты было выявлено, что пользователи этого курса имели относительно высокий уровень уверенности в использовании курса. Более 75 % из них сообщили, что они уверены или очень уверены в его использовании. Чуть менее четверти обучающихся не были уверены во взаимодействии с контентом, что говорит о том, что постоянная поддержка обучающихся во время онлайн-обучения имеет решающее значение для максимального использования содержания курса.

Обучающиеся сочли практику аудирования и грамматику наиболее полезными видами деятельности – 43 и 25 % соответственно, за которыми следуют практика чтения (около 15 %) и на последнем месте оказалось письмо (около 10 %). Почти семь процентов обучающихся не поделились своими представлениями об их взаимодействии с содержанием курса. Очевидно, что чем больше обучающиеся были уверены в использовании онлайн-курса, тем больше они находили его полезным.

Система управления электронного курса позволила исследователям собрать информацию об общем количестве часов, затраченных обучающимися за два месяца их онлайн-обучения. Студенты, которые потратили менее четырех часов, составили почти 50 % участников. Те, кто потратил более 12 часов, составили всего 15 %. Тем не менее приведенные выше данные не указывают на качество взаимодействия обучающихся с содержанием курса.

В открытом вопросе опроса участникам было предложено высказать свои предложения, чтобы сделать содержание курса более полезным в отношении взаимодействия с контентом.

Мнения разделились: в то время как некоторые считали, что контент должен быть обновлен с помощью использования образовательных игр и привлекательного дизайна, другие заявили, что содержание курса не нуждается в улучшении. Было несколько предложений связать содержание курса с тестами в конце семестра и повысить скорость работы сайта. Некоторые студенты высказались в пользу усложнения заданий и включения дополнительных разнообразных тем в программу курса. И почти все отмечали необходимость наличия возможности практиковать устную речь в онлайн-режиме.

Заключение. Представленные результаты исследования демонстрируют воспринимаемую обучающимися полезность содержания электронного курса дистанционного изучения английского языка. Из результатов исследования можно сделать два основных вывода. В процессе взаимодействия с контентом обучающиеся больше всего приобрели от практических заданий на аудирование и грамматику, в меньшей степени от упражнений на формирование навыков чтения и меньше всего – от заданий на развитие навыков письма. Следовательно, необходимо усовершенствовать контент будущего онлайн-курса, обратив внимание на те задания, которые вызвали наибольшую критику со стороны обучающихся. Что касается качества взаимодействия, то исследование показывает, что количество времени, затраченного на онлайн-практику, не отражало качество взаимодействия. Выводы, сделанные в результате данного исследования, подтверждают значимость дидактического проектирования эффективного образовательного контента для повышения качества обучения в условиях дистанционного обучения и необходимость тщательного планирования содержания обучения.

Библиографический список

1. Абдуразаков М. М., Цветкова О. Н., Миронова И. В. Представление информационно-образовательной среды в образовательном киберпространстве // Историческая и социально-образовательная мысль. 2016. Т. 8, № 6-1. С. 167–172. DOI: <https://doi.org/10.17748/2075-9908-2016-8-6/1-167-172>. EDN: XRAFNL.
2. Davies G., Doube W., Lawrence-Fowler W., Shaffer D. Quality in Distance Education // ACM SIGCSE Bulletin. 2001. Vol. 33, Iss. 1. P. 392–393. DOI: <https://doi.org/10.1145/366413.364755>.

3. Dodigovic M. Artificial intelligence and second language learning: An efficient approach to error remediation // *Language Awareness*. 2007. Vol. 16, Iss. 2. P. 99–113. DOI: <https://doi.org/10.2167/la416.0>.
4. Garrison D. R., Cleveland-Innes M. Facilitating cognitive presence in online learning: Interaction is not enough // *The American Journal of Distance Education*. 2005. Vol. 19, Iss. 3. P. 133–148. DOI: https://doi.org/10.1207/s15389286ajde1903_2.
5. Grandzol C. J., Grandzol J. R. Interaction in online courses: More is not always better // *Online Journal of Distance Learning Administration*. 2010. Vol. 13, Iss. 2. URL: https://ojdla.com/archive/summer132/Grandzol_Grandzol132.pdf.
6. Isman A. Distance Education. Chapter [1]. Pegem Academy Publishing, 2011.
7. Moore M. G. Editorial: Three types of interaction // *The American Journal of Distance Education*. 1989. Vol. 3, Iss. 2. P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1080/08923648909526659>.
8. Roussel S. A computer assisted method to track listening strategies in second language learning // *ReCALL*. 2011. Vol. 23, Iss. 2. P. 98–116. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0958344011000036>.
9. Suvorova S. L., Khilchenko T. V., Olar Y. V. The implementation of distance technologies of learning a foreign language as a condition of innovation of the educational strategies of a university // *Вестник ЮУрГУ. Сер. Образование. Педагогические науки*. 2021. Т. 13, № 3. С. 90–98. DOI: <https://doi.org/10.14529/ped210308>. EDN: PZQZOZ.
10. Taylor A. M. CALL-based versus paper-based glosses: Is there a difference in reading comprehension? // *CALICO Journal*. 2010. Vol. 27, Iss. 1. P. 147–160. DOI: <https://doi.org/10.11139/cj.27.1.147-160>.
11. Tuovinen J. E. Multimedia distance education interactions // *Educational Media International*. 2000. Vol. 37, Iss. 1. P. 16–24. DOI: <https://doi.org/10.1080/095239800361473>.
12. Zimmerman T. D. Exploring learner to content interaction as a success factor in online courses // *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*. 2012. Vol. 13, Iss. 4. P. 152–165. DOI: <https://doi.org/10.19173/irrodl.v13i4.1302>.

Социально-гуманитарное образование в системе высшей школы северной периферии: проблемы и решения

Воронин А. В.¹, Гайнутдинов Р. К.¹, Самородов В. Н.¹, Денисова И. А.²
(¹г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра социально-гуманитарных дисциплин, e-mail: crowss57@yandex.ru; ²г. Алматы, НАО "Казахский национальный женский педагогический университет", кафедра специальной педагогики, e-mail: irenadenisova@mail.ru)

Аннотация. Российская высшая школа, а особенно вузы, расположенные в периферийных районах страны, переживает серьезный кризис. Без проведения перемен невозможно повысить уровень эффективности и качества подготовки специалистов. Основными направлениями преобразований должны стать усиление регионализации и обеспечение всеобъемлющего доступа к высшему образованию. При этом важно повысить роль социально-гуманитарных дисциплин, для чего необходимо использовать опыт и традиции как советской, так и зарубежных систем высшего образования.

Abstract. Russian higher education, and especially universities located in the peripheral regions of the country, is experiencing a serious crisis. Without changes, it is impossible to increase the level of efficiency and quality of training. The main directions of the transformations should be the strengthening of regionalization and the provision of comprehensive access to higher education. At the same time, it is important to increase the role of social and humanitarian disciplines, for which it is necessary to use the experience and traditions of both Soviet and foreign systems of higher education.

Ключевые слова: высшая школа, Болонский процесс, социально-гуманитарные дисциплины, Север

Key words: higher school, Bologna process, social and humanitarian disciplines, Nord

Разговоры о кризисе российского образования вообще, и высшего в частности, идут давно и, по-видимому, вполне справедливы. Сегодня становится все более очевидно: содержание и формы вузовского образования морально устарели и перестали удовлетворять общество. Они развиваются инерционно, не отвечая вызовам технологической и цифровой революций, тогда как изменившийся мир с его новыми потребностями и формами межчеловеческого взаимодействия требует новых подходов к образованию [4; 3; 2]. В ходе дискуссий [1; 4] внимание обычно сосредотачивается на технической и технологической гранях этого процесса (эффективность, функциональность, инновационность и т. п.), тогда как в стороне остается главное: содержание обучения, обучающийся и обучающий. Можно даже говорить о нарастающей

дегуманизации образования, которая в ее внешней форме выражается в уменьшении числа гуманитарных вузов и факультетов, сокращении количества гуманитарных специальностей и социально-гуманитарных дисциплин в учебных планах, уменьшении времени на их освоение, снижении числа преподавателей (при одновременном возрастании нагрузки на остающихся) и многом другом.

Несомненно, здесь отражаются общие процессы в системе высшего образования, развивающегося в соответствии с методологическими представлениями государственной бюрократии о том, что образовательный процесс организуется не с целью "формировать человека-творца", а чтобы "взрастить квалифицированного потребителя, способного квалифицированно пользоваться результатами творчества других" [4].

К сожалению, проблемы развития социально-гуманитарной сферы высшего образования остаются на периферии внимания не только властей, но и самой научно-педагогической общественности, редко попадая, например, на страницы изданий. Так, издаваемый Северным (Арктическим) федеральным университетом имени М. В. Ломоносова журнал "Арктика и Север" (уже по статусу своего учредителя обязанный обращаться к вопросам высшего образования) лишь 2 % своих материалов (13 из 594-х статей) за 2011–2021 гг. посвятил этим вопросам. Впрочем, и образованию в целом уделяется внимания немного – лишь 4 % материалов (подсчитано авторами [1]).

В нашем случае один из основополагающих "болонских" принципов индивидуализации учебного процесса, осуществляемый на базе вариативных учебных программ и индивидуальных образовательных траекторий, свелся по сути дела лишь к формальному введению системы зачетных единиц (так называемых кредитов), не предоставив студентам никакого реального выбора. Дисциплина и преподаватель навязываются студенту, независимо от его собственного интереса, а потому сам процесс обучения нередко превращается в формальный. Фактически, мы имеем дело с выхолащиванием сути системы, подменой содержания формой.

В этом отношении любопытен опыт Республики Казахстан, где ряд вузов пошел по пути предложения самого широкого выбора дисциплин обучающимся. Например, Кокшетауский государственный университет имени Ш. Уалиханова, в 2021 г. разработал учебное расписание в контексте требований Болонского процесса, дав студентам возможность выбирать предметы

и преподавателя. Конечно, это не касается базовых и профильных дисциплин, которые остаются обязательными для изучения [2]. Большое внимание уделяется в республике социально-гуманитарным дисциплинам. Так, например, Казахский университет технологии и бизнеса (г. Нур-Султан), специализирующийся на подготовке кадров для отраслей пищевой и легкой промышленности, осуществляет обучение всех студентов по более чем 17 дисциплинам гуманитарного и социального циклов [3].

Подобный опыт был и в системе советской высшей школы, в рамках которой, независимо от специальности, правда, в обязательном порядке читались большие курсы истории КПСС, философии, политической экономии, психологии, логики, этики и др. Безусловно, эти курсы были весьма идеологизированы и ставили перед собой задачу подготовки идейно подготовленного специалиста, но другим важным результатом такого подхода было формирование целостного представления о мире, развитие аналитических способностей, умения ориентироваться в окружающем мире.

Использование лучшего как зарубежного, так и отечественного опыта может и должно помочь нам в формировании тех принципов, на которых должно строиться современное социально-гуманитарное образование.

При этом опыт этот должен использоваться не в виде прямого переноса, а с учетом региональной специфики.

Особенно важно обратить внимание на специфику высшего образования в регионах, расположенных в зонах со сложной природно-климатической обстановкой, к которой относится, прежде всего, российский Север.

Жизнь на Севере неблагоприятна как для физического, так и психофизиологического здоровья человека и требует более значительных нежели в других регионах усилий (человеческих, материальных, финансовых) для обеспечения здесь приемлемых условий существования. В то же время северные регионы обладают значительными, пусть порой и трудноизвлекаемыми ресурсами, которые привлекают сюда человека.

Освоение Севера, тем самым, требует существенных затрат при весьма неопределенном, по крайней мере во временном аспекте, результате, пусть даже и перспективном (это соотносится, например, с фундаментальной наукой или с тем же образованием). Повышенная степень риска и высокие издержки приводят к тому, что частная или общественная инициативы здесь редки и к тому же малоуспешны, и только государство способно обеспечить, если

и не гарантированное, то, по крайней мере, целенаправленное и сравнительно эффективное развитие региона (как это было, например, в период 1930–1980 гг. в СССР).

Государство, исходя из своих стратегических целей, для привлечения в эти районы населения должно создавать компенсаторные механизмы, различные формы льгот, обеспечивающих стандарты жизни, не просто сравнимые, но имеющие преимущество перед другими территориями.

Одним из важнейших факторов создания нормальных условий проживания человека несомненно является возможность получения доступного и качественного образования, в т. ч. высшего. Отсюда политика государства должна включать в себя в качестве одного из приоритетов формирование системы льготных механизмов обеспечения деятельности высшей школы.

Несомненно, льготы требуют дополнительных финансовых ресурсов, но во-первых, в силу малонаселенности этих территорий сеть вузов здесь невелика и потому затраты могут быть не так значительны, а во-вторых, многие льготы могут предоставляться в так сказать "натуральной форме".

Представляется, что одной из наиболее эффективных мер сохранения и привлечения населения на какие-то из этих территорий могло бы стать обеспечение всеобщего доступа к бесплатному высшему образованию, а также к различным формам профессиональной переподготовки. Это было бы неплохо и для всей Российской Федерации, однако, понимая невозможность пока реализовать такую идею в целом, полагаем возможным, как это делается в отношении экономики (свободные экономические зоны, зоны опережающего развития), создавать подобные зоны опережающего развития высшей школы в качестве своеобразных пилотных проектов.

Другой важной мерой, во многом вытекающей из предыдущей и опять же в действительности желательной в масштабах всей России, было бы существенное уменьшение пресловутого норматива соотношения преподавателей и студентов. Сегодняшние нормы с очевидностью приводят к сокращению профессорско-преподавательского состава, невозможности привлечения к обучению узких специалистов, увеличению учебной нагрузки преподавателей в ущерб научному творчеству, а значит – к снижению качества преподавания и, соответственно, подготовки студентов.

Особенно значимо это для технических вузов и специальностей, где трудности обучения приводят к высокому отсеву студентов, а значит – невозможности поддерживать на необходимом уровне эти нормативы и, в условиях

опасения очередного сокращения штатов, стремлению сохранить студенческий контингент любыми средствами. Чтобы не допустить отчислений преподаватели часто вынуждены снижать требования к уровню подготовки, что с очевидностью ведет к понижению качества обучения.

Весьма значительный объем времени затрачивается на подготовку к всевозможным аккредитациям и иным проверкам, не имеющим ничего общего с качеством подготовки, отрывая руководство вузов от организации нормальной жизнедеятельности учреждения, а преподавателей – от творческой учебной и научной работы.

Подготовка специалиста в северном вузе несомненно сопряжена с необходимостью учета тех самых сложных природно-климатических условий, в которых будет происходить его профессиональная деятельность. Поэтому, конечно же, при формировании профессиональных компетенций важно учитывать эту региональную специфику. Но это ставит под сомнение саму возможность наличия общих образовательных стандартов, а значит, должно предполагать существенно большую свободу вузов в формировании образовательных стандартов.

Однако если в отношении специальных профессиональных знаний стандарты требуют преимущественно лишь связанной с особыми условиями корректировки, не меняя базовых элементов системы (подготовка нефтяника для работы на шельфе Каспия и Арктики несомненно будет иметь отличия, но в основе своей это одна и та же профессия), то несколько иначе на наш взгляд, обстоит дело с социально-гуманитарной подготовкой.

Экстремальные условия предъявляют особые требования даже не столько к технике и технической подготовке (хотя очевидно и в этом отношении они особые), сколько к человеку, его способности адаптироваться к недружественной среде, обеспечить взаимодействие в человеческом коллективе, сохраняя нормальные формы трудового и человеческого общения.

Именно эти качества, хотя и в разной мере, формируются социально-гуманитарными дисциплинами, посвященные человеку и обществу.

Отсюда представляется, что в системе высшего образования, направленной на подготовку специалистов для работы на Севере, роль и место социально-гуманитарного образования должны не уменьшаться, как это, к сожалению, происходит сейчас, а напротив, возрастать, и существенно.

Важно и то, что сегодня вузовский этап жизни человека – это период формирования системного взгляда на мир. К сожалению, современная школа с ее нацеленностью на подготовку к ЕГЭ в виде тестовой формы получения

знаний вполне соответствует нарастающим в обществе в целом тенденциям распространения "клипового" мышления (предполагающего восприятие окружающего мира как хаотического набора никак не связанных между собой "клипов"-сюжетов), а сегодня уже, пожалуй, и "кликowego" (где отсутствует уже и сам сюжет как способ мировосприятия). Поэтому именно на плечи вуза ложиться задача складывания разрозненных знаний ("клипов" и "кликов") в систему знаний.

И здесь, несомненно, именно социально-гуманитарные дисциплины могут сыграть наиболее существенную роль. При работе в рамках этих предметов от студента требуется не просто изложение фактов, а развернутая аргументация, анализ, сопоставление различных точек зрения, формулирование собственной позиции. Это заставляет студента формировать уже в своей голове систему знаний о мире, уходить от упрощенных "клипово-кликowych" представлений.

Впрочем, это становится возможным лишь тогда, когда сама система образования освобождается от упрощенности представлений о контроле за результатами подготовки. К сожалению, стремясь, найти более эффективные и удобные (а на деле, как раз, упрощенные на уровне "кликowych") инструменты определения уровня знаний, контролирующие органы предлагают (а часто и требуют) включения в пресловутый фонд оценочных средств тестов по социально-гуманитарным дисциплинам. Очевидно, что тесты, предполагающие, как правило, однозначные ответы, не могут обеспечить проверку знаний по предметам, ядро знаний которых в принципе состоит из проблемных вопросов и неочевидных ответов. Но бюрократическая процедура оценки знаний, преследующая цель обеспечения наилучших результатов проверки, заставляет включать в тестовые задания совершенно банальные и примитивные вопросы, гарантирующие правильность полученного ответа, который якобы демонстрирует высокий уровень сформированных компетенций.

Но все же главным представляется предоставление отбора содержания и методов обучения самому преподавателю, который к тому же должен быть максимально освобожден от бесконечной рутины, связанной с написанием и корректировкой никому не нужных рабочих программ и прочих учебно-методических материалов, обеспечением сохранности контингента любыми средствами, написанием статей ради зарабатывания баллов в рамках "эффективного контракта", а не для отражения действительных результатов его научной деятельности и многого другого. Именно и только в условиях ака-

демократической свободы возможна успешная и эффективная работа профессорско-преподавательского состава вузов по подготовке студентов. Впрочем, очевидно, что, как и во многих других случаях, это касается не только вузов Севера, а всей системы высшего образования.

Таким образом, социально-гуманитарное образование в системе высшей школы северного региона может стать одним из важнейших факторов не только развития системы подготовки кадров для Севера, но и средством укоренения населения на этих не слишком комфортных для проживания территориях. Ведь без знания и понимания истории региона, не имея представления о происходящих здесь социально-политических процессах, не умея системно и критически мыслить человек вряд ли сможет "на Севере жить" достойно. Естественно, это окажется возможным лишь в случае общего изменения целей и направленности развития высшего образования в сторону усиления регионализации и предоставления большей свободы вузам.

Библиографический список

1. Арктика и Север. URL: <https://arctic.narfu.ru/jurnal>.
2. Жакупова А. Д. Разработка образовательных программ в соответствии с дублинскими дескрипторами. URL: <http://www.myshared.ru/slide/505080/>.
3. Саутбаева С. Б. Духовная модернизация – основа развития Казахстана // Бюллетень науки и практики. 2017. № 7(20). С. 149–153. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.826545>. EDN: YYZEWP.
4. Тестов В. А. Содержание современного образования: выбор пути // Образование и наука. 2017. Т. 19, № 8. С. 29–46. DOI: <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2017-8-29-46>. EDN: WYHKQK.

Цифровая трансформация процесса иноязычной подготовки в техническом вузе

Малаева А. В., Глоба Т. А. (*г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра социально-гуманитарных дисциплин, e-mail: malaevaav@mstu.edu.ru*)

Аннотация. В статье рассматривается вопрос цифровизации высшего образования. Использование образовательных платформ определяется как определяющий фактор цифровой трансформации технического вуза. Особое внимание уделяется отбору инструментария, благодаря которому осуществляется процесс обучения иностранному языку с применением цифровых технологий. Кроме того, проведен анализ актуальных исследований по данной проблеме и определены преимущества и недостатки электронного обучения иностранному языку.

Abstract. The article discusses the issue of digitalization of higher education. The use of educational platforms is defined as a determining factor in the digital transformation of a technical university. The selection of tools is of particular importance since features and functionality of these digital technologies are vital for teaching a foreign language. In addition, the analysis of current studies dealing with this issue is carried out; advantages and disadvantages of a foreign language e-learning are identified.

Ключевые слова: цифровая трансформация, электронная образовательная среда, образовательная платформа, обучение иностранному языку

Key words: digital transformation, electronic educational environment, educational platform, teaching a foreign language

Следуя указу Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года" [8] и "Стратегии цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования", "цифровая зрелость" образования является одним из главных показателей достижения поставленной цели в этой сфере [7].

В контексте данной стратегии можно выделить основные направления цифровой трансформации сферы науки и высшего образования: модернизация инфраструктуры, развитие цифровых сервисов, управление данными и кадровым потенциалом.

Процесс цифровой трансформации в последние несколько лет приобрел особую значимость во всех сферах жизни человека. Современный человек не может представить свою жизнь без продуктов цифровой индустрии: общение в социальных сетях через мобильные устройства, использование новых возможностей цифровых продуктов, таких как мультимедиа, игры,

электронные курсы, программное обеспечение, услуги и многое другое. Инновации оказывают непосредственное влияние на сферу образования, в связи с чем наблюдается устойчивая тенденция к применению технологий цифрового обучения.

Основная цель применения цифровых технологий в обучении заключается в повышении качества, эффективности учебного процесса, посредством решения поставленных учебных задач.

Цифровизация высшего образования должна осуществляться в нескольких направлениях, связанных с развитием электронного обучения благодаря созданию собственной цифровой образовательной среды, внедрением цифрового контента в традиционные образовательные программы и академические дисциплины.

На наш взгляд, создание электронной образовательной среды с использованием образовательных платформ является одним из наиболее значимых направлений цифровой трансформации вуза. Основываясь на проведенных исследованиях, ученые отмечают [1; 2], что использование онлайн-ресурсов, онлайн-компонентов дисциплин и целых онлайн-курсов оказывает огромную помощь в приобретении знаний и освоении новых компетенций, так как возможности интерактивной среды отличаются виртуальным взаимодействием, удобством использования, возможностью самостоятельно разрабатывать режим взаимодействия с онлайн-ресурсом.

Цифровая трансформация процесса обучения иностранному языку предполагает использование обучающимися электронных курсов или их элементов с целью развития навыков и умений в различных видах деятельности (чтение, письмо, говорение и аудирование) при изучении иностранного языка [1]. Но для активного и эффективного использования цифровых решений в обучении необходимо проанализировать опыт внедрения подобных компонентов и выявить возможные преимущества данных технологий.

Проанализировав работы отечественных ученых [2; 3; 5], посвященные проблемам внедрения электронного обучения в процесс иноязычной подготовки, одним из наиболее важных вопросов, который возможно решить с помощью цифровых ресурсов, по нашему мнению, является развитие персональной траектории обучения иностранному языку, что способствует формированию универсальных учебных компетенций, а также подстраивает процесс изучения иностранного языка под индивидуальные потребности обучаю-

щегося. Персонализация обучения меняет традиционную организацию образовательного процесса и обеспечивает достижение каждым обучающимся высоких результатов. Мы соглашаемся с Ивановой Н. В. в части того, что у обучающихся должны не только накапливаться знания, но и развиваться способность учиться, ориентироваться в большом информационном потоке, оценивать актуальность знаний и навыков в текущий момент и адаптироваться к изменениям в профессии, которые могут произойти за время обучения [3].

Кроме персонализации иноязычной подготовки, к преимуществам цифрового обучения иностранному языку можно отнести расширение возможностей для использования различных групповых форм организации учебной деятельности; доведения до автоматизма определенных лексико-грамматических правил; всестороннего развития профессиональных знаний, умений, компетенций, необходимых для получения профессиональной квалификации; построение системы непрерывного оценивания на основе обратной связи в ходе выполнения учебных заданий.

Большую роль в процессе обучения иностранному языку играют онлайн-платформы, позволяющие не только разнообразить учебные занятия, но и сделать их более запоминающимися, информативными, в то же время их использование во многом позволяет сэкономить преподавателю время на подготовку к занятию. Функционал этих сервисов позволяет создавать тесты по различным разделам программы, организовывать экспресс-опросы, предлагать аудио-визуальные материалы в качестве заданий, отслеживать работу каждого студента и получать полную картину работы группы.

Так, например, хорошо зарекомендовавшая себя платформа Zoom удобна для обучения тем, что занятия можно проводить, используя демонстрацию экрана преподавателя или студента. Это дает возможность изучать новый материал, проводить актуализацию знаний учащихся, проверять домашнее задание и делать комментарии, то есть проводить обычное занятие, но в удаленном режиме [2]. Что особенно полезно для групповых онлайн занятий иностранным языком – это возможность разделения учащихся на пары и группы для выполнения совместного задания.

Учебная платформа для дистанционного обучения Moodle, используемая большинством университетов, ориентирована на совместную работу преподавателя и обучающегося. В системе для этого предусмотрен набор таких инструментов, как форумы, практикумы, вики, глоссарий, тестирование и т. д.

Еще одна образовательная платформа и конструктор онлайн-курсов Stepik предоставляет открытый доступ к уже созданным онлайн-курсам, в том числе курсам для изучения иностранных языков, и позволяет разработать собственный образовательный контент.

Следует отметить и такой инструмент, как LearningApps – бесплатный онлайн-сервис, позволяющий создавать интерактивные упражнения для проверки знаний по различным аспектам программы.

Важнейшими помощниками обучающихся и педагогов при изучении иностранных языков уже долгое время являются презентации, позволяющие наглядно и доступно скомпоновать и представить материал по той или иной теме. Можно также отметить достоинства электронных учебников, среди которых – мобильность, доступность и быстрота работы, а также возможность выбрать не только соответствующий языковой уровень, но и уровень владения информацией по определенному аспекту. Одним из плюсов внедрения электронных учебников является достаточно быстрое обновление их содержания [5].

Мурманский государственный технический университет, как и остальные учреждения высшего образования, в эпоху пандемии коронавируса стал не единственным вузом, где обучение осуществлялось дистанционно либо в смешанном формате. В целом, надо отметить, что и студенты, и преподаватели, достойно ответили вызовам современности: процесс обучения осуществлялся в полном объеме. Однако в результате попыток внедрения онлайн-курса или отдельных онлайн компонентов при изучении и иностранного языка был выявлен ряд проблем, что ставит под сомнение эффективность использования некоторых цифровых продуктов в курсе обучения иностранному языку.

Так например, открытые онлайн-курсы оказались малоэффективными для студентов, имеющих проблемы с мотивацией к обучению; следует отметить, что это относится к значительной части студентов, поскольку в отечественной схеме взаимодействия работодателя и образования трудоустройство выпускника вуза практически не связано с качеством его обучения [6].

Кроме того, анализ данных по количеству обучающихся, полностью освоивших курс обучения иностранному языку, показывает низкий процент прохождения онлайн-курса студентами, что, на наш взгляд, связано не только с низкой мотивацией студентов, но и недостаточной сформированностью навыков самостоятельной работы [1].

Для эффективной работы в цифровых системах нужна техническая поддержка (и при подготовке электронных учебно-методических материалов, и при использовании интернет-ресурсов). В связи с этим возникает потребность в специалистах, которые бы осуществляли такую методическую и техническую поддержку [3].

Как показывает практика, цифровые решения не могут полностью заменить преподавателя при формировании продуктивных навыков (говорение и письмо). Подготовка к реальной устной и письменной коммуникации в отсутствие языковой среды требует условий для ее моделирования, и здесь преподаватель иностранного языка сталкивается с решением непростой задачи: как создать языковую среду [4] и перевести ее в цифровой формат.

В большинстве случаев результаты обучения иностранному языку как при обучении онлайн, так и при обучении оффлайн, зависят не только от профессионализма и квалификации преподавателя, работоспособности и навыков обучающегося, а также от способности университета своевременно и быстро подстроиться под требования времени и возможностей технического оснащения.

Только при совместных усилиях квалифицированных преподавателей и студентов, с достаточным уровнем мотивации, современном техническом оснащении образовательных организаций возможна успешная работа и достижение эффективных результатов образования при обучении любой дисциплине, в том числе иностранному языку в цифровом формате.

Библиографический список

1. Астанина А. Н. Проблемы цифровизации при обучении иностранному языку в вузе. URL: [//https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/74053/1/edcrunch_2019_002.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/74053/1/edcrunch_2019_002.pdf).
2. Баграмова А. Б. Некоторые способы обучения иностранному языку на непрофильных факультетах на основе платформы Zoom // Шатиловские чтения. Цифровизация иноязычного образования : сб. науч. тр. СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id20-290>.
3. Иванова Н. В. Цифровизация иноязычного образования в современных условиях // Шатиловские чтения. Цифровизация иноязычного образования : сб. науч. тр. СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. С. 326–331. DOI: <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id20-311>.
4. Минина В. Н. Цифровизация высшего образования и ее социальные результаты // Вестник Санкт-Петербургского университета. Социология. 2020.

Т. 13. Вып. 1. С. 84–101. DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu12.2020.106>.
EDN: TSZWMF.

5. Митюн М. А. Преподавание иностранного языка в эпоху цифровизации // Молодой ученый. 2021. № 24 (366). С. 340–342. URL: <https://moluch.ru/archive/366/82218/>.

6. Стариченко Б. Е. Цифровизация образования: реалии и проблемы // Педагогическое образование в России. 2020. № 4. С. 16–26. DOI: <https://doi.org/10.26170/po20-04-02>. EDN: QYNEWS.

7. Стратегия цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования". URL: https://www.minobrnauki.gov.ru/documents/?ELEMENT_ID=36749.

8. Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 г." URL: <http://government.ru/docs/all/128943/>.

**СТРОИТЕЛЬСТВО, ЭНЕРГЕТИКА
И ТРАНСПОРТ**

Применение автоматизированных систем управления дорожным движением

Баринов А. С., Гусев Е. С. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра строительства, энергетики и транспорта, e-mail: barinovas@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье рассмотрено понятие автоматизированных систем управления дорожным движением. Рассмотрены компонентный состав и применение автоматизированных систем управления дорожным движением. Сделаны выводы о перспективах развития автоматизированных систем управления дорожным движением.

Abstract. The article discusses the concept of automated traffic control systems. The component composition and application of automated traffic control systems are considered. Conclusions are made about the prospects for the development of automated traffic control systems.

Ключевые слова: светофорные объекты, улично-дорожная сеть, автоматизированные системы управления дорожным движением

Key words: traffic light objects, road network, automated traffic control systems

Повышение уровня автомобилизации в стране создает необходимость развития способов обеспечения безопасности дорожного движения. В последнее время в России стали внедряться компоненты автоматической системы управления дорожным движением (далее АСУДД).

Автоматическая система управления дорожным движением представляет собой набор программных и аппаратных компонентов. Работа системы заключается в сборе и анализе информации о ситуации с дорожным движением. Функции системы зависят от ее состава.

АСУДД может выполнять следующие задачи:

- отслеживание и мониторинг метеорологических условий;
- выполнение функции контроля состояния дорожного покрытия;
- управление инфраструктурными компонентами (при неблагоприятных условиях – распыление химических составов на дорожное покрытие, вывод информации на табло, управление освещением дорожного покрытия и т. д.);
- обработка и передача информации в автоматическом режиме, что позволяет ускорить процесс анализа и последующего принятия решения;
- передача визуализированной информации в режиме реального времени;
- возникновение возможности прогнозирования дорожной ситуации результате сбора данных.

В исходном варианте АСУДД работал для сбора информации и передачи ее оператору, который в дальнейшем осуществлял управление и воздействия

на систему. Развитие системы произошло за счет внедрения дополнительных элементов, дающих возможность собирать и анализировать большее количество данных. Это позволило воздействовать на систему непосредственно на участке. Например, управление переключением фаз светофора за счет полученной информации с конкретного участка дороги [1; 2]. На рисунке 1 представлен пример применения АСУДД на пересечении дорог.

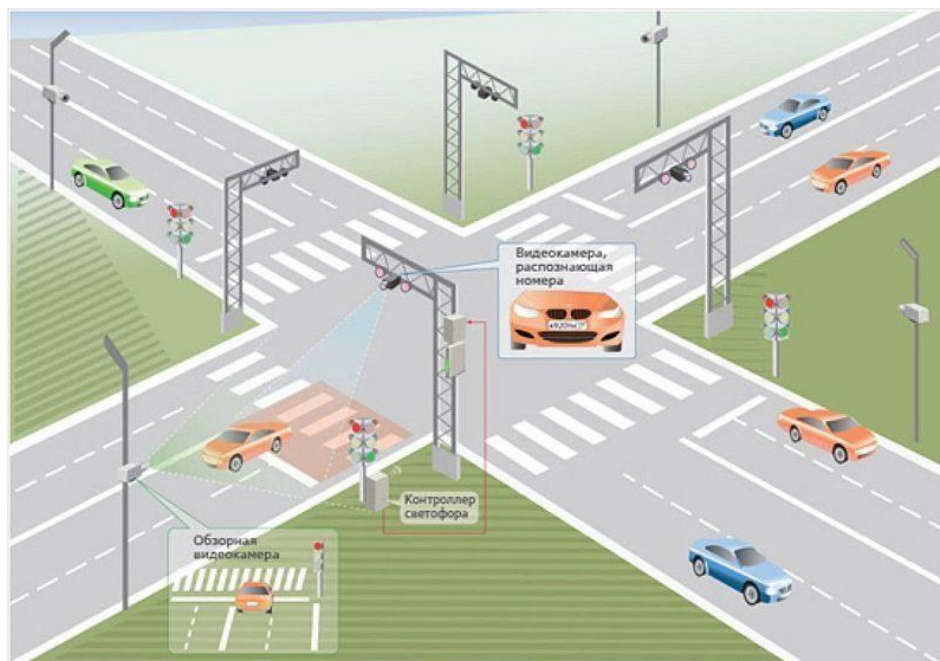


Рисунок 1 – Пример применения АСУДД

Применение АСУДД:

1. Система автоматического управления работой светофорного объекта

Такое внедрение позволяет снизить временные потери участников дорожного движения. Наиболее эффективно применение АСУДД на перекрестках, так как значение длительности оптимальных фаз определить проблематично (рисунок 2).

2. Видеонаблюдение

При помощи видеонаблюдения происходит сбор информации об интенсивности транспортного потока, при необходимости фиксируется информация о происшествиях на данном участке дороги. Полученная информация передается оператору, что позволяет сократить время на принятие решения. Также видеонаблюдение используется для фиксации нарушений правил дорожного движения.

3. Мониторинг транспортного потока

Системы получают и обрабатывают следующие данные:

– загруженность транспортного потока;

- средняя скорость транспортных средств в потоке;
- заполнение дороги автомобилями по полосам.

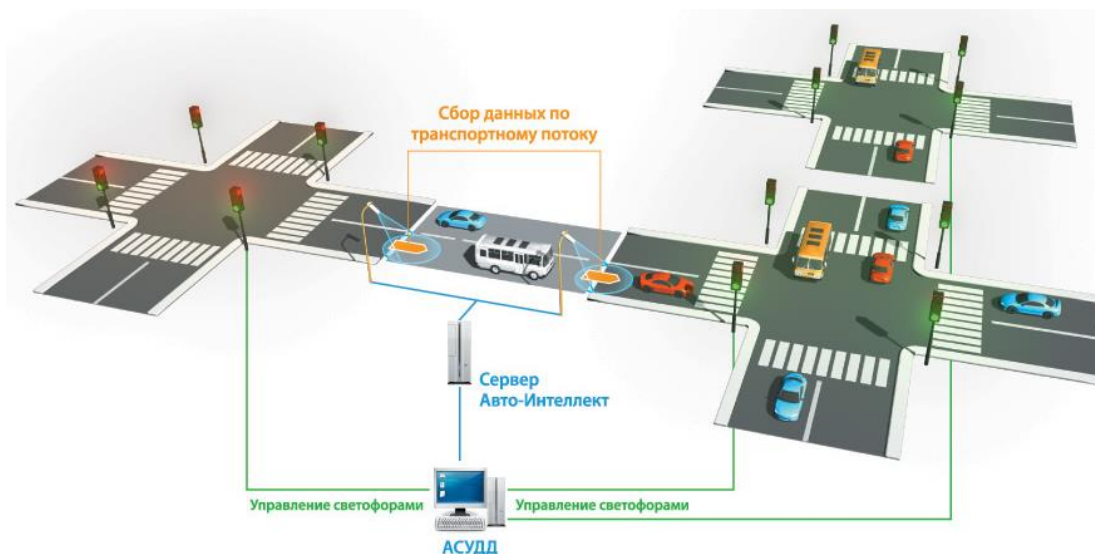


Рисунок 2 – Пример системы управления работой светофорного объекта

Сбор данной информации позволяет обеспечить качественный анализ состояния транспортного потока и принять корректные решения для управления движением на участке.

4. Центр управления дорожным движением

Это пункт, в котором производится сбор, анализ данных и последующее принятие решения (рисунок 3).



Рисунок 3 – Центр управления дорожным движением

В подобных пунктах возможно размещение сотрудников полиции, МЧС и коммунальных служб.

5. Метеостанции

Задача этого компонента состоит в том, чтобы собирать данные о погодных условиях (в том числе и состоянии дорожного полотна).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что внедрение АСУДД и дальнейшее ее развитие является перспективным направлением. Применение АСУДД позволяет проводить оптимизацию движения на сложных и загруженных участках, что в свою очередь, обеспечивает повышение безопасности.

Библиографический список

1. ОДМ 218.6.003-2011. Методические рекомендации по проектированию светофорных объектов на автомобильных дорогах. М. : Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2013. 69 с.
2. ГОСТ Р 52282-2004. Технические средства организации дорожного движения. Светофоры дорожные. Типы и основные параметры. Общие технические требования. Методы испытаний. М. : ИПК Издательство стандартов, 2005. 19 с.

Возможности использования тепловизионных исследований при диагностировании автомобилей

Баринов А. С., Караченцева Я. М. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра строительства, энергетики и транспорта, e-mail: barinovas@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье рассмотрено применение тепловизионного исследования при диагностировании двигателей, систем выпуска отработавших газов, электрооборудования и кузовов автомобилей.

Abstract. The article discusses the use of thermal imaging research in diagnosing engines, exhaust systems, electrical equipment and car bodies.

Ключевые слова: тепловизионное исследование, диагностирование автомобилей, диагностирование систем автомобилей

Key words: thermal imaging research, car diagnostics, car system diagnostics

Развитие системы диагностирования транспортных средств является перспективным направлением. При помощи диагностических исследований можно обеспечить планово-предупредительное обслуживание подвижного состава предприятий, а также личного автотранспорта.

В работе приведены варианты использования тепловизионного метода исследования при диагностировании транспортных средств.

Метод термографии основан на дистанционной фиксации инфракрасного излучения и получения картины распределения температурных полей объектов, излучающих тепло. При тепловизионной съемке применяются специальные приборы – тепловизоры. В результате съемки получают изображения поверхности исследуемого объекта в инфракрасных лучах – термограммы.

Принцип работы тепловизора заключается в преобразовании инфракрасного излучения в электрические сигналы, которые после автоматической обработки преобразуются в инфракрасное изображение объектов. Инфракрасные изображения создаются за счет собственного теплового излучения объекта и отображают различия в температуре и излучательной способности его элементов и окружающего фона. Изображение тепловых полей с различными температурами частично повторяет контуры элементов объектов, поэтому термограммы отвечают представлениям о форме, размерах объекта и его отдельных участков.

Преимуществами тепловизора при диагностике автотранспортных средств являются:

- использование при любых режимах работы;

- получение мгновенных исходных параметров;
- визуализация процесса посредством цветовых преобразований;
- бесконтактность процесса диагностики.

Тепловизионное диагностирование системы выпуска отработавших газов автомобилей. Выбор теплового контроля посредством тепловизора и пирометра в большей степени отвечает требованиям по диагностике автотранспортных средств, так как не требует прямого контакта [1].

Пирометр используют для корректировки работы тепловизора, а также для определения точных и высоких температур поверхностей, поэтому его необходимо использовать совместно с тепловизором [2].

Исследуя температуру различных частей выхлопной системы, можно, не разбирая ее, выявить имеющиеся неисправности. Помимо высокой тепловой нагрузки система подвержена множественным загрязнениям вследствие перемещения нагара из цилиндров двигателя внутреннего сгорания в систему выпуска отработавших газов. Диагностическим параметром, который может свидетельствовать о загрязненной выхлопной системе, является повышенный расход топлива. Дефект может возникать из-за загрязнения глушителя системы. Для классической проверки необходимо произвести демонтаж и монтаж глушителя. При внедрении телевизионного контроля демонтаж не понадобится. На рисунке 1 представлена термограмма системы выпуска отработавших газов, выполненная с помощью тепловизора Testo 890-1. На термограмме видна неравномерность распределения температуры по длине системы выпуска, что говорит о ее загрязнении.

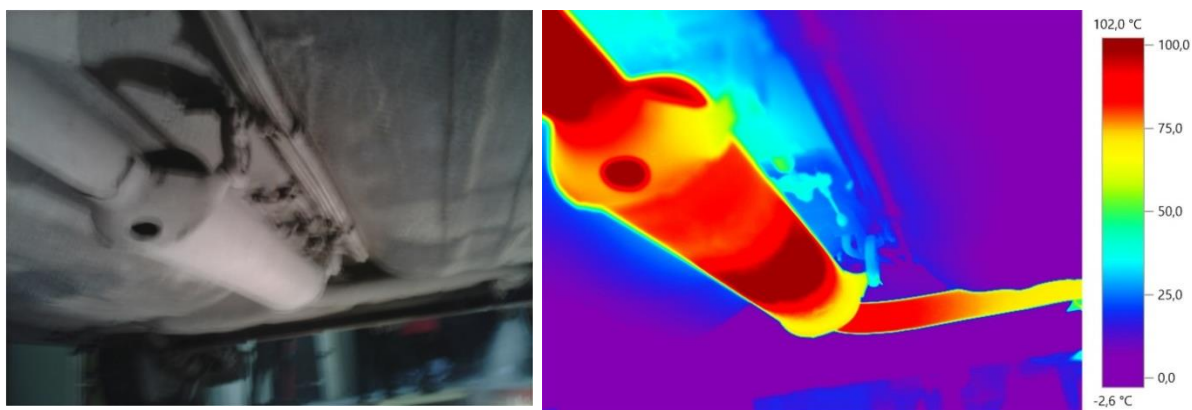


Рисунок 1 – Система выпуска отработанных газов: фото (слева), термограмма (справа)

В результате можно сделать вывод, что тепловизионное диагностирование системы выпуска отработавших газов автотранспортного средства дает

возможность определить основные неисправности без разборочно-сборочных работ [1].

Использование тепловизора при диагностировании двигателя внутреннего сгорания. При помощи тепловизора возможна оценка теплообмена в двигателе (рисунок 2). При оптимальном температурном режиме достигается экономия топлива, а детали и узлы двигателя меньше изнашиваются. При тепловизионном исследовании двигателя выполняется оценка состояния системы охлаждения: равномерность прогрева двигателя, работа отопителя салона, момент открытия термостата, правильность показаний датчика температуры и т. д.

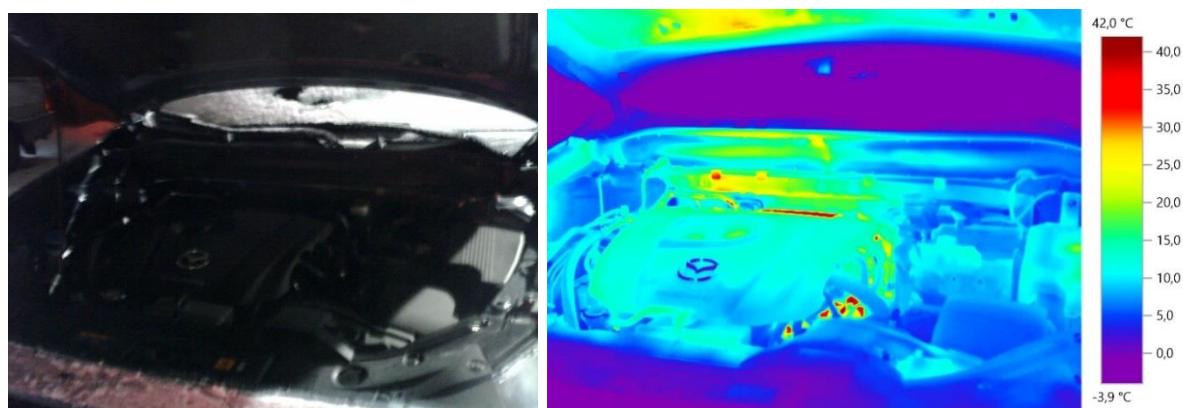


Рисунок 2 – Общий вид моторного отсека после прогрева (автомобиль Mazda): фото (слева), термограмма (справа)

Применение тепловизора эффективно при оценке состояния теплоизоляционной защиты двигателя, работы интеркулера, равномерности сгорания топлива (по температуре патрубков выпускного коллектора).

Использование тепловизора эффективно при диагностировании электрооборудования автомобиля. При помощи тепловизора возможно определение скрытых неисправностей электрической части системы управления автомобилем (рисунок 3, 4):

- определение скрытого места нарушения контактов в электропроводке;
- исправность стартера, клемм аккумулятора, силовых проводов.

Применение тепловизионного метода контроля при определении технического состояния кузова автомобиля. При проведении диагностирования на тепловизионном оборудовании необходимо знать материал изготовления исследуемого объекта, места примыкания различных и однородных материалов, температурные характеристики исследуемых материалов, уси-

ленные участки кузова. Немаловажным фактором является и покрытие исследуемых материалов кузова.

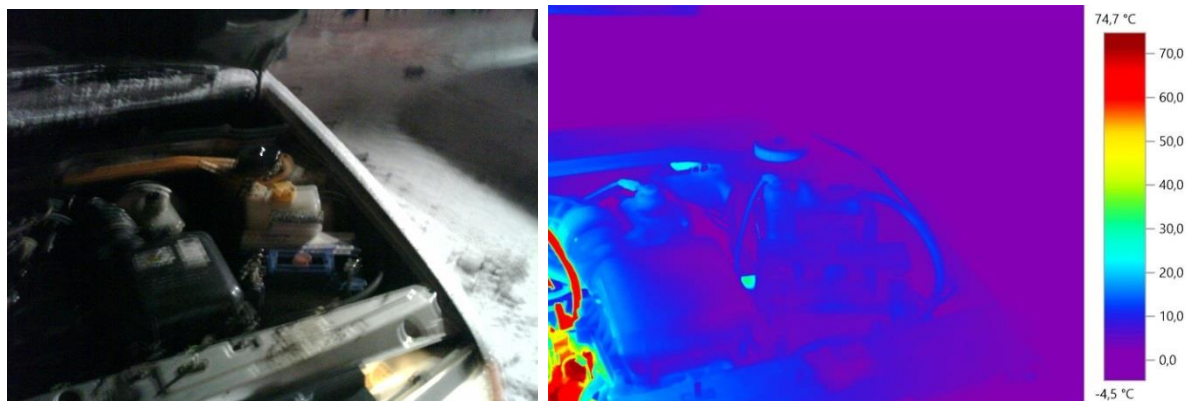


Рисунок 3 – Общий вид моторного отсека после прогрева (автомобиль Lada):
фото (слева), термограмма (справа)

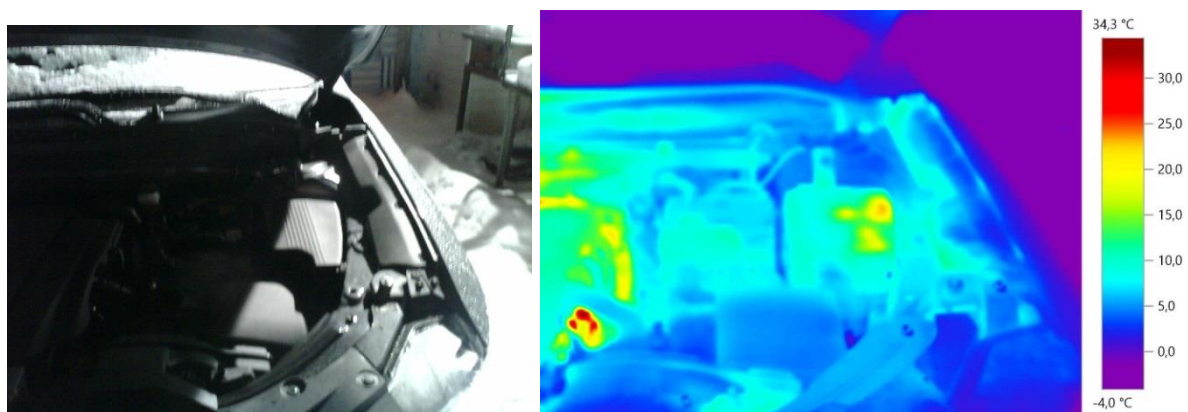


Рисунок 4 – Общий вид моторного отсека после прогрева (автомобиль Mazda):
фото (слева), термограмма (справа)

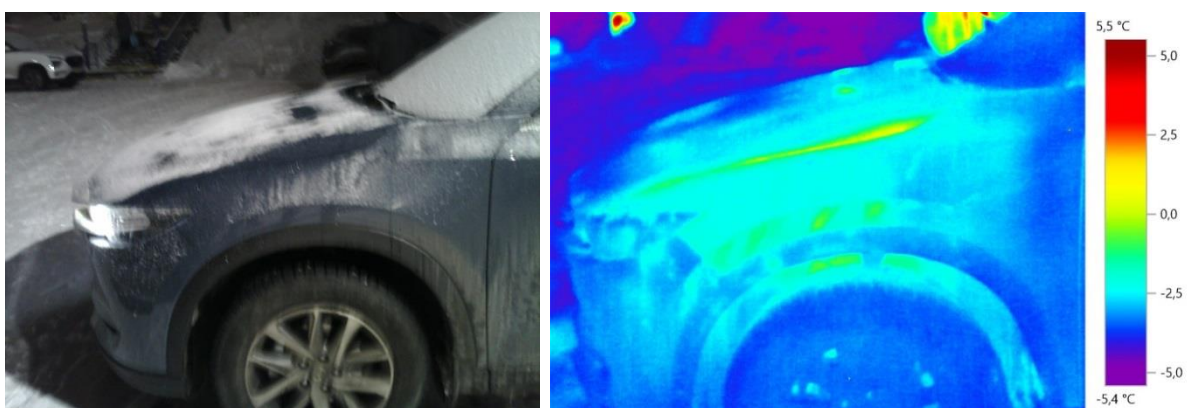


Рисунок 5 – Общий вид автомобиля Mazda: фото (слева), термограмма (справа)

В соответствии с техническими особенностями объекта измерения выбирается способ активного или пассивного метода теплового контроля [3].

На основании имеющихся данных о металле, расстоянии до объекта, влажности и температуре в исследуемом помещении производится коррективировка термограммы для фокусировки и уточнения изотермических данных устройства.

Способ тепловизионного диагностирования при активном методе исследования является эффективным и перспективным методом определения технического состояния кузовов легковых автомобилей.

Таким образом, использование тепловизионного исследования при диагностировании автотранспортных средств является перспективным направлением, так как обеспечивает бесконтактное получение данных об исследуемом объекте и дает возможность применения диагностирования на любых режимах работы.

В результате можно сделать вывод о необходимости дальнейшего внедрения тепловизионных исследований в систему диагностирования автомобилей.

Библиографический список

1. Жилко С. С. Тепловизионная диагностика системы выпуска отработавших газов автотранспортных средств // Молодой ученый. 2019. № 22 (260). С. 115–118. EDN: CYGVXG.
2. Нестерук Д. А., Вавилов В. П. Тепловой контроль и диагностика. Томск, 2007. 104 с.
3. Хасанов И. Х., Голованов Ю. В. Неразрушающий контроль технического состояния кузова легкового автомобиля с использованием вихретокового метода // Транспортные и транспортно-технологические системы : материалы междунар. науч.-техн. конф., Тюмень, 16 апреля 2014 г. Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. С. 259–263. EDN: SYFCRD.

Льдогенераторы в теплоснабжении

Иванов И. Ю., Пантилеев С. П. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра строительства, энергетики и транспорта, e-mail: pantileevsp@mstu.edu.ru)

Аннотация. Рассмотрены варианты использования стандартного льдогенератора GENEGLACE F2000 ABF в качестве испарителя теплового насоса в теплоснабжении. Проведён сравнительный экономический анализ применения теплового насоса с льдогенератором в качестве испарителя в теплоснабжении трех вариантов: теплоснабжение только от теплового насоса; теплоснабжение от теплового насоса электрического котла и теплоснабжение от электрического котла. Предложена схема дополнительного производства пищевого льда при теплоснабжении.

Abstract. The variants of using the standard GENEGLACE F2000 ABF ice maker as a heat pump evaporator in heat supply are considered. A comparative economic analysis of the use of a heat pump with an ice generator as an evaporator in the heat supply of three options is carried out: heat supply only from a heat pump; heat supply from a heat pump from an electric boiler and heat supply from an electric boiler. The scheme of additional production of food ice with heat supply is proposed.

Ключевые слова: теплоснабжение, тепловые насосы, льдогенератор, водяной лёд, энергосбережение

Key words: heat supply, heat pumps, ice maker, water ice, energy saving

Региональными министерствами Северо-Запада принято решение о замене котельных, работающих на мазуте и угле на котельные, работающих на электричестве. При сегодняшней политике энергосбережения и экологической безопасности электричество надо использовать эффективно, одним из которым является применение тепловых насосов, которые низкопотенциальную энергию грунта и воды переводят в высокопотенциальную энергию теплоснабжения. Северо-Запад богат водными источниками, которые можно использовать как низкопотенциальное тепло. Если напрямую использовать только воду для получения тепла, мы будем иметь небольшое количество энергии, при охлаждении от -5 до -0.5 °C, всего $Q = 4,5 \cdot 4,19 = 18,9$ КДж/кг.

Если же мы будем использовать фазовый переход в лёд, то мы получим дополнительно 334 КДж/кг.

Рассмотрим пример использования стандартного льдогенератора GENEGLACE F2000 ABF, характеристики которого: производительность 50 тонн/сутки или 2083 кг/час или 0,58 кг/с. Ледогенератор производит чешуйчатый лед, толщиной от 3 до 5 мм, с температурой льда -5 – -7 °C. Подмораживание льда от 0 до -5 °C. $Q = 5 \times 2,2 = 11$ КДж/кг.

Суммарная теплоемкость будет состоять из охлаждения воды, заморозки воды и охлаждения льда будет составлять $Q = 18,9 + 334 + 11 = 363$ КДж/кг. Тепловая мощность ледогенератора будет равна: $A = 363 \times 0,58 = 210,54$ кВт.

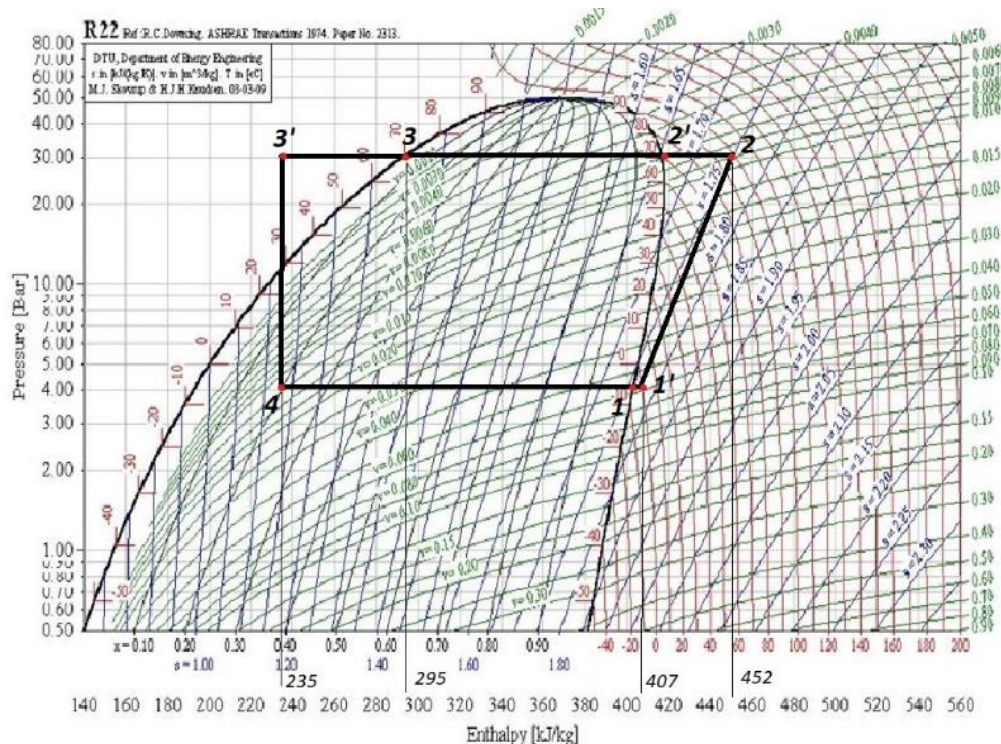


Рисунок 1 – Цикл теплонаносной установки

В ледогенераторе используется агент R22. Чтобы заморозить воду, в испарителе температура должна быть хотя бы на 10 °С ниже, согласно [1] фреон R22 при температуре –17 °С, кипит при давлении 2,75 Бар. Для обеспечения температуры теплоснабжения хотя бы 70 °С конденсатор должен создать давление в 29,97 Бар (диаграмма, рисунок 1). Это тепло необходимо передать сетевой воде в подогревателе, начальная температура которого 40 °С. Определяем расход сетевой воды $G = 210,54 / (70 - 40) / 4,19 = 1,67$ кг/с. Объемный расход будет равен $W = 0,58 / 1000 = 0,00058$ м³/с= Мощность насоса будет равна $N_{эл} = W / \text{дельта } P = 0,58 / 1000 \times 0,6 \times 10^6 / 0,7 = 497$ Вт= 0,497 кВт.

Таблица 1 – Параметры точек диаграммы

Точки	Т, град	Р, Бар	Н, КДж/кг
1	–10	4,2	–
1'	–1	4,2	407
2	100	31	452
2'	70	31	–
3	30	31	295
3'	30	31	235
4	30	4,2	235

Теплопроизводительность $q_k = h_2 - h_3 = 452 - 295 = 157$ кВт/кг.

Работа, затрачиваемая в компрессоре $L = (i_2 - i_1) = 452 - 407 = 45$ кДж/кг.

Коэффициент трансформации $\varepsilon = q_k / L = 157 / 45 = 3,48$.

Для подачи сетевой воды потребуется израсходовать электрической энергии для привода насоса, которая составит при перепаде давления в $\Delta P = 0,6$ МПа следующее значение:

$$N_{\text{пн}} = W \Delta P / \eta = 0,00058 \cdot 0,6 \cdot 10^6 / 0,7 = 497 \text{ Вт} = 0,497 \text{ кВт},$$

где $W = 0,00058 \text{ м}^3/\text{с}$ – расход сетевой воды; $\eta = 0,7$ – КПД насоса.

Мощность привода ротора ледогенератора $N_{\text{пр}} = 1,16$ кВт.

Мощность привода транспортера подачи льда на склад $N_{\text{пт}} = 1,24$ кВт.

Ледогенератор, как тепловой насос (ТН) при помощи работы компрессора количества тепла, полученное от низко потенциального источника переносит на более высокий уровень. Количество затраченной энергии на работу компрессора зависит от температуры низко потенциального источника (температуры испарения хладагента T_1) и температуры конденсации хладагента в конденсаторе ТН T_2 .

Так называемый коэффициент трансформации, по данным диаграммы: $K = 3,48$.

Вариант 1

Для обеспечения температурного графика 90–60 °С температура в конденсаторе ТН должна быть не менее 95 °С, принимаем 100 °С (рисунок 1). При такой температуре $T_2 = 373$ °К (100 °С) и $T_1 = 268$ °К (–5 °С) теоретический коэффициент трансформации составит:

$$K = 373 / (373 - 268) = 3,55.$$

С учетом дополнительных потерь принимаем $K = 3,41$.

При тепловой мощности ТН $Q_1 = 210$ кВт затраты энергии на работу компрессора составят:

$$N_{\text{кп}} = Q_1 / K = 210 / 3,41 = 61,63 \text{ кВт}.$$

Такой режим работы ТН не совсем оптимальный, так как на номинальной нагрузке ТН придется работать только в сильные морозы, а в остальное время он будет недогружен.

Вариант 2

Все время ТН должен работать на режиме при $T_2 = 338$ °С (65 °С) при коэффициенте трансформации $K = 338 / (338 - 260) = 4,33$.

При тепловой мощности ТН $Q_1 = 210$ кВт затраты энергии на работу компрессора составят:

$$N_{\text{кп}} = Q_1 / K = 210 / 4,33 = 48,46 \text{ кВт}.$$

Для подогрева воды от 60 °С до 90 °С в сильные морозы потребуется использовать дополнительно электрический котёл мощностью:

$$N_{\text{ЭК}} = c_v \cdot \rho_v \cdot W(90-60) = 4,19 \cdot 1000 \cdot 0,00058 \cdot 30 = 73 \text{ кВт.}$$

Таблица 2 – Средняя месячная температура воздуха в Мурманске, °С

12	Декабрь	–8,2
01	Январь	–10,5
02	Февраль	–10,4

Температура воздуха в Мурманске в самые холодные месяцы показана в таблице 1 и рисунке 1. Количество дней с температурой ниже –10 °С не превышает 21 день (504 часа).

Отопительный период в Мурманске 270 дней (9 месяцев) $\tau = 6840$ ч.

Общие затраты электричества на нагрев сетевой воды составят:

При работе по варианту 1 только на ТН:

$$Q_{1\text{ТН}} = 61,63 \cdot 6840 = 399362 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

При работе по варианту 2 на ТН с электрокотлом:

$$Q_{2\text{ТН}} = 6840 \cdot 48,46 + 73 \cdot 504 = 368258 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Общий расход электричества по варианту 1 составит:

$$Q_{1\text{ТНС}} = Q_{1\text{ТН}} + \tau(N_{\text{пн}} + N_{\text{пр}} + N_{\text{пт}}) = 399362 + 6840(0,495 + 1,15 + 1,24) = 419095 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Общий расход электричества по варианту 2 составит:

$$Q_{2\text{ТНС}} = Q_{2\text{ТН}} + \tau(N_{\text{пн}} + N_{\text{пр}} + N_{\text{пт}}) = 368258 + 6840(0,495 + 1,15 + 1,24) = 387991 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Общий расход электричества при использовании только электрокотлов:

$$Q_{\text{ЭК}} = \tau (Q_1 + N_{\text{пн}}) = 6840(210 + 0,495) = 1439786 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Применяем водогрейный котел серии КЭВ, ценой 395 230 рублей.

Насос ЦВС 10/40 в сборе с электродвигателем

Цена – 70 000 рублей.

Пластинчатый паяный теплообменник Swep B28-10 (645.57506)

Цена – 22 523 рублей.

Ледогенератор Geneglase F2000 ABF производительностью 2083 кг/ч [2]. Потребляемая мощность электрическая для привода ротора 1,15 кВт. Стоимость для требуемой тепловой мощности составляет 3 422 000 рублей и самого ледогенераторов 3 070 000 рублей. Полностью агрегат будет стоить в пределах 6 492 000 рублей.

Упаковочная машина для упаковки льда в полиэтиленовую пленку

УПАКОВОЧНАЯ МАШИНА ДЛЯ ЛЬДА AIR 9000

Стоимость – 111 458 € (9 029 100 руб.)

Сравнительный анализ рассмотренных вариантов

Характеристики и параметры работы двух вариантов работы установок по получению пакетированного пищевого льда сводим в таблицу 3. Вариант 3 – это отопление от электрического котла.

Себестоимость льда во всех вариантах много меньше рыночной 0.79\$/кг (57 рублей). Например, для транспортировки льда, произведенного по вариантам 1 и 2 в рефрижераторе из Мурманска в Севастополь необходимо заплатить за каждый килограмм по 12 рублей.

Таблица 2 – Сводная таблица

Параметры	№ варианта		
	1	2	3
Расчётная продолжительность работы в течении года, сутки	275	275	275
Капитальные вложения, руб.	9841820	10236052	487752
Общий расход электричества, кВт·ч	533152	571090	1553843
Тариф на электричество, руб./(кВт·ч)	3	3	3
Оплата за потребленное электричество в расчетный период, руб.	1599456	1713270	4661592
Обслуживающий персонал, шт.	8	8	8
Затраты на зарплату в расчетные периоды, руб.	1241244	1241244	1241244
Срок службы, год	7	7	7
Амортизационные отчисления, рубл./месяц	91128	94778	4516
Количество льда вырабатываемого в расчетный период, тонн	13530	13530	0
Плата за использованную воду в расчетный период, руб	6052	6052	0
Пленка пищевая для продуктов Nova Roll, 30 см × 200 м, руб.	264000	264000	0
Затраты, руб.	3110752	3224566	5902836
Себестоимость льда, руб./т	230	238	–
Количество вырабатываемой тепловой энергии за расчетный период, Гкал	1169	1169	1169
Себестоимость 1 Гкал тепла без реализации льда, руб.	2661	2758	5049

С 01.01.2021 по 30.06.2021 г. в Мурманске (для группы потребителей "население" с НДС) плата за единицу тепловой энергии (мощности) 3457,63 рублей.

Два первых варианта даже без реализации произведенного льда будут рентабельны, а третий вариант требует дотации или применения много ставочного тарифа.

Варианты 1 и 2 наиболее подходят для Мурманской области, богатой чистыми реками и озерами. Установка также позволит отапливать с достаточно низкой ценой (до 3 000 рубл/Гкал) следующую площадь при 6000

градусосуток, 275 суток отопительного периода и удельным расходом в $125 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{С}^\circ \cdot \text{сут})$:

$$F=210 \cdot 275 \cdot 24 \cdot 3600 / (125 \cdot 6000) = 6653 \text{ м}^2.$$

Вместо переоборудования стандартного ледогенератора с воздушным конденсатором при замене последнего на сетевой подогреватель можно выполнить схему (рисунок 3) со стандартным тепловым насосом и специально спроектированным льдогенератором. Такая схема позволяет расширить теплопроизводительность до 5 Мвт.

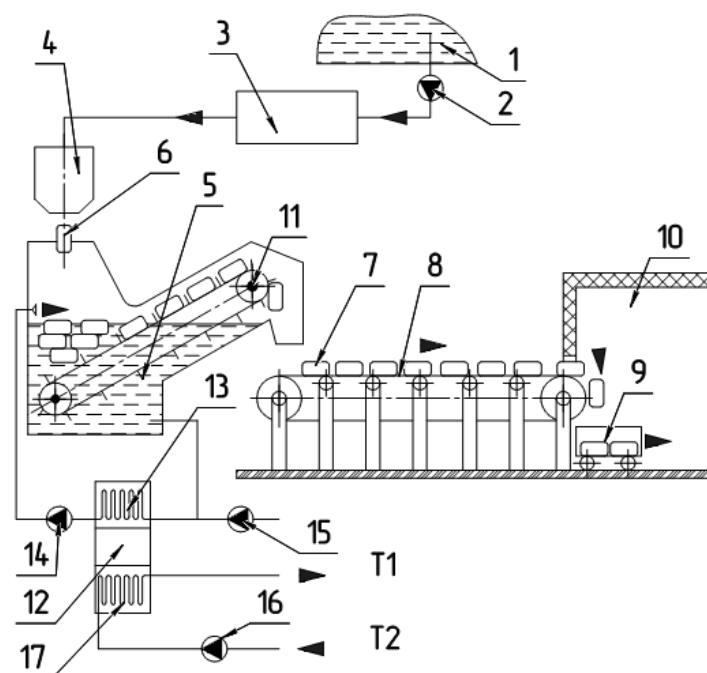


Рисунок 3 – Схема производства льда по первому варианту: 1 – водоём с пресной водой; 2 – насос подачи воды; 3 – установка водоподготовки; 4 – разливно-упаковывающий автомат; 5 – льдогенератор; 6 – упакованный пакет с водой; 7 – упакованный пакет со льдом; 8 – транспортёр; 9 – тележка с упакованным льдом; 10 – склад упакованного льда; 11 – скребковый транспортёр льдогенератора; 12 – тепловой насос; 13 – испаритель теплового насоса (охладитель рассола); 14 – рассольный циркуляционный насос; 15 – подпиточный рассольный насос; 16 – сетевой насос системы теплоснабжения; 17 – конденсатор теплового насоса (подогреватель сетевой воды);
T1 – подающий трубопровод системы теплоснабжения;
T2 – обратный трубопровод системы теплоснабжения

Библиографический список

1. Руководство по проектированию. Тепловые насосы. Viessmann Werke, Al-lendorf (Eder). Hannover : Redaktion & Gestaltung solarcontact, 2011.
2. Тепловые насосы в современной промышленности и коммунальной инфраструктуре : информационно-методическое издание. М. : Перо, 2017. 203 с.

Модуль деформаций бетона как дискретная функция уровня нагружения и времени

Котов А. А. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра строительства, энергетики и транспорта, e-mail: kotovaa@mstu.edu.ru)

Аннотация. На основе универсальной модели деформирования и разрушения бетона с привязкой ее параметров к нормируемым характеристикам построены массивы числовых значений модуля деформаций бетона как функции уровней нагружения и времени для бетонов разных классов, работающих в условиях разных влажностей. Эти модули деформаций могут быть использованы для расчета железобетонных конструкций при произвольных режимах их нагружения.

Abstract. On the basis of a universal model of concrete deformation and destruction with reference to its parameters to the normalized characteristics, arrays of numerical values of the modulus of concrete deformations as a function of loading levels and time for concretes of different classes operating under different humidity conditions are constructed. These deformation modules can be used to calculate reinforced concrete structures under arbitrary loading conditions.

Ключевые слова: бетон, модуль деформаций, железобетонные конструкции, уровни нагружения, длительные воздействия

Key words: concrete, modulus of deformations, reinforced concrete structures, loading levels, long-term impacts

Построение модуля деформаций бетона как функции уровня нагружения и времени в настоящей работе реализовано на основе так называемой универсальной модели деформирования и разрушения бетона (УМДРБ) [1; 2]. Для решения этой задачи использованы расчетные соотношения частного случая указанной теории, соответствующие построению кривых деформативности $\varepsilon(\eta, t)$ при одноосном сжатии бетонного элемента постоянным напряжением. Расчетные соотношения этого частного случая универсальной модели, записанные в алгоритмической последовательности, выглядят следующим образом

$$\begin{aligned}\sigma(\eta) &= \eta R_c; \\ e(\eta) &= \sigma(\eta)/E_b; \\ c &= C_\infty/m; \\ \gamma_k &= \gamma_{\text{дл}} d^{m-k}; \\ C(t) &= \sum_{k=1}^m c(1 - e^{-\gamma_k t});\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha(\eta, t) &= \sigma(\eta)C(t); \\
 \nu_\beta &= \frac{1+2k_{32}}{2(1-k_{32})}; \\
 \mu &= \frac{1-2\nu_\beta}{2(1+\nu_\beta)}; \\
 R(\eta) &= \sqrt{R_c R_p - \sigma(\eta)(R_c - R_p)}; \\
 \eta_p &= R_p/R_c; \\
 \eta_{нд} &= \sqrt{\eta_p + (1 - \eta_p)\eta_d}; \\
 G &= 0,4E_b; \\
 k_{12} &= \frac{2(\eta_{нд}^3 - \eta_d^3) - 3\eta_d(\eta_{нд}^2 - \eta_d^2)}{9G\eta_d^3}; \\
 \varphi(t) &= C(t)/C_\infty; \\
 r(\eta, t) &= R(\eta) - \frac{9Gk_{12}\sigma(\eta)^3(2-\varphi(t))\varphi(t)}{2(R(\eta)^2 + R(\eta)r(\eta, t-\Delta t) + r(\eta, t-\Delta t)^2) - 3\sigma(\eta)(R(\eta) + r(\eta, t-\Delta t))}; \\
 \beta(\eta, t) &= \frac{(1+\mu)}{6Gk_1\sigma(\eta)}(R(\eta)^2 - r(\eta, t)^2); \\
 \varepsilon(\eta, t) &= e(\eta) + \alpha(\eta, t) + \beta(\eta, t).
 \end{aligned} \tag{1}$$

Исходными данными для реализации этого алгоритма являются:

- уровень нагружения η как независимая переменная, изменяющаяся в диапазоне от 0 до η_d (см. ниже);
- нормативные сопротивления бетона сжатию R_c и растяжению R_p ; назначаются в соответствии с действующим СП по бетону и железобетону [4];
- начальный модуль деформаций бетона E_b ; назначается в соответствии с действующим СП по бетону и железобетону [4];
- асимптотическое значение меры ползучести C_∞ ; в соответствии с исследованием [3] оно может быть связано с нормативными характеристиками бетона соотношением

$$C_\infty = \frac{\varphi_{b,cr}}{E_b}; \tag{2}$$

здесь $\varphi_{b,cr}$ – коэффициент ползучести бетона, зависящий от его класса и влажности среды и нормируемый в [4];

- количество экспонент в аппроксимации меры ползучести m ; по результатам исследования [3] принято $m = 6$;
- показатель наиболее длительной экспоненты $\gamma_{дл}$; по результатам исследования [3] можно принять $\gamma_{дл} = 2 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1}$;

– d – знаменатель числовой последовательности экспонент в аппроксимации меры линейной ползучести; в соответствии с исследованиями [3] принято $d = 10$;

– нестандартный параметр бетона k_{32} , используемый в УМДРБ; по результатам исследования [5] можно принять $k_{32} = -0,07$;

– η_d – уровень длительной прочности бетона; по результатам исследования [5] можно усреднённо для разных бетонов принять $\eta_d = 0,82$;

– нестандартный параметр бетона k_1 , характеризующий влияние диссипации энергии в процессе нелинейной ползучести на уменьшение текущей прочности бетона; в соответствии с исследованиями [5] можно принять $k_1 = 0,03$.

Реализация алгоритма (1) приводит к получению полных деформаций $\varepsilon(\eta, t)$ как функции уровня нагружения η и времени t . Последующее вычисление модулей деформаций выполняется по формуле

$$D(\eta, t) = \eta R_c / \varepsilon(\eta, t). \quad (3)$$

Для упрощения построения графических образов модулей деформаций $D(\eta, t)$ как функции двух переменных уровни нагружения и время задаются списками фиксированных значений, т. е. модули деформаций формируются как двумерные массивы. При этом в рекуррентной формуле для $r(\eta, t)$ (третья снизу в (1)) приходится специальным образом определять массив $r_{t-\Delta t}(\eta, t)$, поскольку иначе массив $r_t(\eta, t)$ пришлось бы определять сам через себя, что в создании алгоритма не представляется возможным. Для определения массива $r_{t-\Delta t}(\eta, t)$ предложено использовать приближённую формулу

$$r_{t-\Delta t}(\eta, t) = (0,99 - 0,2 \phi(t)) R(\eta). \quad (4)$$

Логика этого соотношения такова. На бесконечности по времени, где $\phi(t) = \phi(\infty) = 1$, текущее значение прочности $r_\infty(\eta)$, как показывает практика, примерно на 20 % меньше начального значения прочности $R(\eta)$. В промежуточные моменты времени это максимальное падение прочности уменьшается пропорционально текущей доле ползучести $\phi(t)$: $0 \leq \phi(t) < 1$. Первое число в скобках принято 0,99, а не 1, поскольку в начальный момент времени $t = 0$ должно быть $r(\eta) < R(\eta)$, иначе не стартует рекуррентная формула для вычисления $r(\eta, t)$.

Для получения массивов числовых значений всех параметров НДС бетона, а также и его модуля деформаций в зависимости от уровня нагруже-

ния и времени в среде Wolfram Mathematica составлена программа MoDefDis. В ней предусмотрено графическое представление развития деформаций ползучести и падения текущей прочности во времени при разных уровнях нагружения, а также графическое построение поверхности $D(\eta, t)$. При необходимости могут быть распечатаны все числовые массивы, характеризующие текущее НДС бетона. Ниже программа MoDefDis представлена в варианте для бетона В25 средней влажности.

```
MoDefDis[Eb_, Rs_, Rr_,  $\phi b$ _, m_,  $\gamma d$ _, d_, etd_, k1_, k32_, n $\eta$ _,  $\eta$ _] :=
{Print["Eb=", Eb, " Rs=", Rs, " Rr=", Rr, "  $\phi b$ =",  $\phi b$ , " m=", m, "  $\gamma d$ =",  $\gamma d$ ,
" d=", d, " etd=", etd, " k1=", k1, " k32=", k32, " n $\eta$ =", n $\eta$ ];
Print[" $\eta$ =",  $\eta$ ]; Eu = Eb; G = 0.41 * Eu; C $\infty$  =  $\phi b$  / Eu;
 $\nu \beta$  = (1 + 2 * k32) / (2 * (1 - k32)); mu = (1 - 2 *  $\nu \beta$ ) / (2 * (1 +  $\nu \beta$ ));
Print["Eu=", Eu, " G=", G, " C $\infty$ =", C $\infty$ , "  $\nu \beta$ =",  $\nu \beta$ , " mu=", mu];
c = C $\infty$  / m; etr = Rr / Rs; etn = Sqrt[etr + (1 - etr) * etd];
k12 = (2 * (etn^3 - etd^3) - 3 * etd * (etn^2 - etd^2)) / (6 * G * etd^3);
Print["c=", c, " etr=", etr, " etn=", etn, " k12=", k12];
nk = 9; k = Table[2^(j - 1), {j, 1, nk}]; Print["nk=", nk, " k=", k];
nt = 2^(nk - 1);  $\Delta t$  = 200 000; tk = nt *  $\Delta t$ ;
Print["nt=", nt, "  $\Delta t$ =",  $\Delta t$ , " tk=", tk];
 $\sigma$  = Table[ $\eta$ [[i]] * Rs, {i, 1, n $\eta$ }); e = Table[ $\sigma$ [[i]] / Eu, {i, 1, n $\eta$ });
R = Table[Sqrt[Rs * Rr + (Rs - Rr) *  $\sigma$ [[i]]], {i, 1, n $\eta$ });
Print[" $\sigma$ =",  $\sigma$ , " e=", e, " R=", R];
 $\gamma$  = Table[ $\gamma d$  * d^(m - k), {k, 1, m}]; Print[" $\gamma$ =",  $\gamma$ ];
t = Table[ $\Delta t$  * j, {j, 1, nt}];
S = Table[Sum[Exp[- $\gamma$ [[k]] * t[[j]]], {k, 1, m}], {j, 1, nt}];
Ct = Table[C $\infty$  - c * S[[j]], {j, 1, nt}];
 $\phi$  = Table[Ct[[j]] / C $\infty$ , {j, 1, nt}];
alfa = Table[ $\sigma$ [[i]] * Ct[[j]], {i, 1, n $\eta$ }, {j, 1, nt}];
er = Table[(0.99 - 0.2 *  $\phi$ [[j]]) * R[[i]], {i, 1, n $\eta$ }, {j, 1, nt}];
r =
Table[R[[i]] - 9 * G * k12 *  $\sigma$ [[i]]^3 * (2 -  $\phi$ [[j]]) *
 $\phi$ [[j]] / (2 * (R[[i]]^2 + R[[i]] * er[[i, j]] + er[[i, j]]^2) - 3 *  $\sigma$ [[i]] * (R[[i]] + er[[i, j]])),
{i, 1, n $\eta$ }, {j, 1, nt}];
 $\beta$  = Table[(1 + mu) * (R[[i]]^2 - r[[i, j]]^2) / (6 * G * k1 *  $\sigma$ [[i]]), {i, 1, n $\eta$ }, {j, 1, nt}];
def = Table[e[[i]] + alfa[[i, j]] +  $\beta$ [[i, j]], {i, 1, n $\eta$ }, {j, 1, nt}];
MD = Table[ $\sigma$ [[i]] / def[[i, j]], {i, 1, n $\eta$ }, {j, 1, nt}];
Print["i=", n $\eta$ , " j=", nt, " t=", tk, " e=", e[[n $\eta$ ]], " alfa="
alfa[[n $\eta$ , nt]], "  $\beta$ =",  $\beta$ [[n $\eta$ , nt]], " def=", def[[n $\eta$ , nt]], " MD=", MD[[n $\eta$ , nt]],
" MDC=", MD[[5, 130]]];
grafalfa = Table[ListPlot[
Table[{t[[j]], alfa[[i, j]]}, {j, 1, nt}], PlotStyle -> PointSize[0.005],
AspectRatio -> 1 / 3, AxesLabel -> {"t, c", " $\alpha$ "}, AxesOrigin -> {0, 0}, PlotRange -> {{0, tk}, {0, 0.003}},
{i, 1, n $\eta$ }}];
```

```

grafr = Table[ListPlot[
    Table[{t[[j]], r[[i, j]]}, {j, 1, nt}], PlotStyle -> PointSize[0.005],
    AspectRatio -> 1/3, AxesLabel -> {"t, c", "r"}, AxesOrigin -> {0, 0}, PlotRange -> {{0, tk}, {0, Rs}},
    {i, 1, n7}];
grafβ = Table[ListPlot[
    Table[{t[[j]], β[[i, j]]}, {j, 1, nt}], PlotStyle -> PointSize[0.005],
    AspectRatio -> 1/3, AxesLabel -> {"t, c", "β"}, AxesOrigin -> {0, 0}, PlotRange -> {{0, tk}, {0, 0.003}},
    {i, 1, n7}];
grafdef = Table[ListPlot[
    Table[{t[[j]], def[[i, j]]}, {j, 1, nt}], PlotStyle -> PointSize[0.005],
    AspectRatio -> 1/3, AxesLabel -> {"t, c", "ε"}, AxesOrigin -> {0, 0}, PlotRange -> {{0, tk}, {0, 0.003}},
    {i, 1, n7}];
grafMDt = Table[ListPlot[
    Table[{t[[j]], MD[[i, j]]}, {j, 1, nt}], PlotStyle -> PointSize[0.005],
    AspectRatio -> 1/3, AxesLabel -> {"t, c", "D"}, AxesOrigin -> {0, 0},
    PlotRange -> {{0, tk}, {0, 20 000 000 000}}, {i, 1, n7}];
grafMDη = Table[ListPlot[
    Table[{η[[i]], MD[[i, j]]}, {i, 1, n7}], PlotStyle -> PointSize[0.01],
    AxesLabel -> {"η", "D"}, PlotRange -> {{0, 0.9}, {0, 20 000 000 000}}, {j, 1, nt}];
Show[grafalfa]
Show[grafr]
Show[grafβ]
Show[grafdef]
ListPlot3D[MD]
Show[grafMDt]
Show[grafMDη[[1]], grafMDη[[2]], grafMDη[[4]], grafMDη[[8]], grafMDη[[16]],
    grafMDη[[32]], grafMDη[[64]], grafMDη[[128]], grafMDη[[256]]]
MoDefDis[3.0*10^10, 18.5*10^6, 1.55*10^6, 2.5, 6, 2.*10^-9, 10., 0.82, 0.03, -0.07, 7,
    {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7}]

```

Результаты расчета по этой программе представлены на рисунках 1–4 зависимостями полных деформаций бетона от времени t при различных уровнях нагружения η , поверхностями $D(\eta, t)$ и разрезами этой поверхности вдоль оси t при разных уровнях η и вдоль оси η при разных значениях времени t .

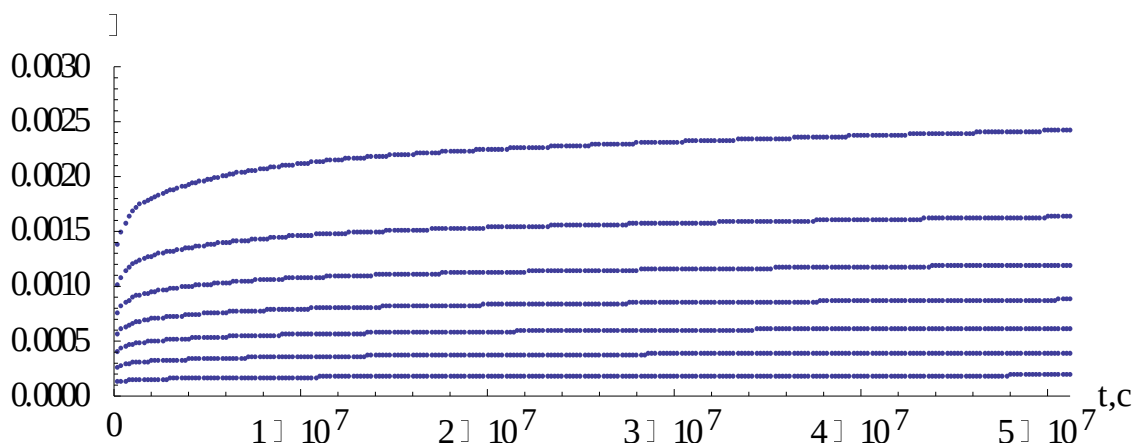


Рисунок 1 – Зависимости полных деформаций бетона от времени t при уровнях нагружения {0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7}

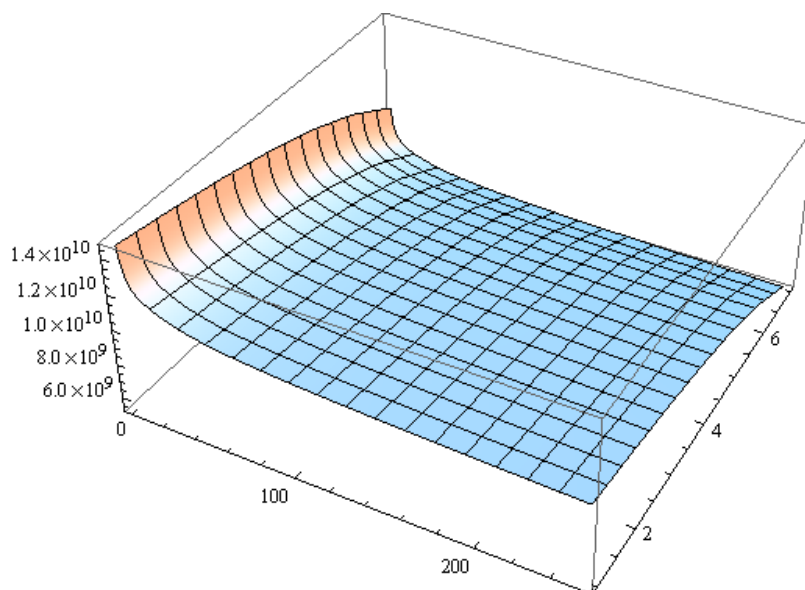


Рисунок 2 – Зависимость модуля деформаций бетона D , Па от времени (256 шагов, 593 сут.) и от уровней нагружения {0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7}

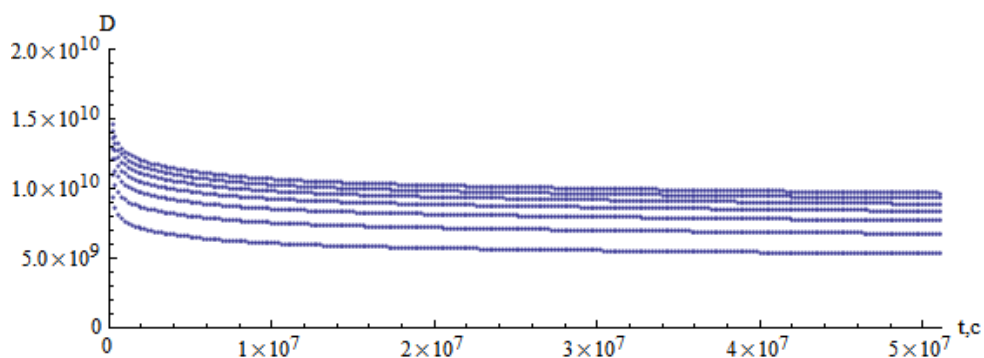


Рисунок 3 – Зависимости модуля деформаций бетона D , Па от времени t при уровнях нагружения {0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7}

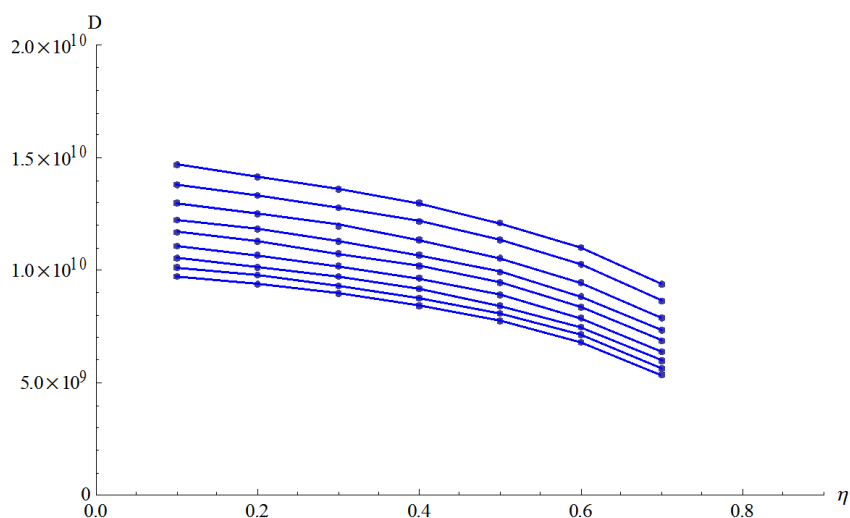


Рисунок 4 – Зависимости модуля деформаций бетона D , Па от уровня нагружения η для моментов времени 2,3; 4,6; 9,3; 18,5; 37; 74; 148; 296 и 593 сут.

Поверхности $D(\eta, t)$ и другие массивы параметров НДС построены для бетонов классов В15, В25, В40 и В60, и в каждом классе они дифференцированы в зависимости от нормативного диапазона влажности. По приведенной выше программе MoDefDis они могут быть построены для любого бетона с нормированными начальными модулями деформаций и характеристиками ползучести. Массивы $D(\eta, t)$ могут быть использованы при расчете железобетонных конструкций в реальных режимах их загрузки, они для этого и предназначены. Именно в этом состоит главный результат предъявленной здесь работы.

Библиографический список

1. Харлаб В. Д. Энергетическая теория нелинейной ползучести и длительной прочности хрупко разрушающихся материалов (III) // Исследования по теоретическим основам расчета строительных конструкций : межвуз. тематич. сб. тр. Л. : ЛИСИ. 1983. С. 127–132.
2. Котов А. А. К теории ползучести и длительной прочности бетона // Вестник МГТУ. 2002. Т. 5, № 2. С. 161–166. EDN: ПУВРН.
3. Котов А. А., Власенко В. Н. О назначении параметров универсальной модели деформирования и разрушения бетона // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 10 (100). Часть 1. С. 22–28. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.100.10.005>. EDN: CWARGP.
4. СП 63.13330.2018. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. М. : Минстрой России, 2018. 150 с.
5. Котов А. А. Теория деформирования и разрушения хрупких материалов: проверка по результатам простейших экспериментов // Наука и образование–2003 : материалы Всерос. науч.-техн. конф., Мурманск : МГТУ, 2003. С. 91–92.

Особенности логистики перегрузочных операций в условиях Крайнего Севера

Тиунов Д. С., Воробьев И. С., Харитоненков А. П. (г. Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО "Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова", e-mail: danil.tiunov5779@gmail.com)

Аннотация. В данной статье мы разобрали вопрос логистики перегрузочных операций в условиях Крайнего Севера и выделили связанные с данными условиями проблемы в обеспечении технологического процесса с целью нахождения путей их решения.

Abstract. In this article we figured out the logistics issue of transshipment operations in the conditions of far north and mark out problems in securing technological process associated with this conditions for the purpose to find the solution.

Ключевые слова: логистика, перегрузочные операции, Крайний Север, технологический процесс, перегрузка грузов, технологические операции, транспортное обеспечение

Key words: logistics, transshipment operations, Far North, technological process, transshipment of goods, technological operations, transport support

Логистика перегрузочных операций является важным компонентом транспортной системы, обеспечивающая функционирование транспортной инфраструктуры. В условиях Крайнего Севера данные работы сталкиваются с наиболее суровыми условиями окружающей среды, поэтому существует необходимость учитывать различные их особенности для достижения наилучшего результата и максимальной безопасности персонала, а также уменьшения издержек. Именно особенности при планировании перегрузочных операций в условиях Крайнего Севера мы и хотели бы разобрать в этой статье. По нашему мнению, это перспективная тема, так как при массивном развитии транспортной сети на территории крайнего севера этот вопрос может встать очень остро.

Рассматривая территорию Крайнего Севера, можно заметить, что главным отличием этого региона от других являются неблагоприятные климатические условия. Низкая температура, высокая влажность и сильные ветра – это те особенности данной территории, которые очень необходимо учитывать при разработке рабочего процесса на данной территории. Эти особенности будут влиять на большую часть процессов, начиная с графика выхода работников и продолжая особой спецификацией используемой техники и транспорта. Такие условия необходимо учитывать, как при проектировке портов изначально, так и при расчёте будущей модернизации.

Рассматривая особенности данной территории, следует учитывать, что при практическом применении и попытке фактического проектирования готовых систем может возникнуть множество проблем, так как все может зависеть не только от общих климатических условий, но и от конкретных особенностей местности, которые нужно будет просчитывать с конкретными измерениями предполагаемого места строительства или модернизации.

Далее будут рассматриваться детальнее проблемы, которые могут возникнуть в данных условиях, которые мы смогли выделить и разобрать с точки зрения техники и планирования операций. Но сначала нужно конкретно разобрать сам процесс перегрузочных работ и его разработку.

Перегрузка грузов – выгрузка товара из одного транспортного средства и загрузка в другое или на склад. Этот этап транспортной логистики является неотъемлемой частью большинства международных и междугородных грузоперевозок, он осуществляется в следующих случаях:

1) при доставке товаров по морю в контейнерах, для их дальнейшей перевозки по железнодорожным путям или автодорогам конечному получателю;

2) при смене железнодорожного состава в процессе перевозки или необходимости переместить груз с железнодорожной платформы, вагона на автотранспорт и доставить его в следующий пункт назначения;

3) при доставке товара в страну или город на фуре поставщика и необходимости сменить транспорт осуществляется перегрузка товара из машины в машину или ряд автомобилей для дальнейшей доставки;

4) в ряде других ситуаций.

В морских портах технологические процессы перегрузки грузов включают в себя совокупность технологических операций.

К технологическим операциям относятся:

1) погрузка и выгрузка грузов с одного вида транспортного средства на другое;

2) погрузка и выгрузка грузов с транспортного средства на причал;

3) накопление и хранение грузов;

4) крепление грузов на транспортном средстве.

Для каждого технологического процесса перегрузки грузов разрабатываются рабочая технологическая документация, к которой относятся:

1) рабочие технологические карты;

2) временные технологические инструкции перегрузки;

- 3) местные инструкции по типовым способам и приемам работ;
- 4) инструкции по обработке опасных грузов.

Оператор морского терминала обеспечивает погрузку/выгрузку и перегрузку грузов и их крепление на судне, а перевозчик следит за правильностью погрузки/выгрузки, перегрузки и крепления груза на судне.

Основной сложностью в организации поставок для нужд Крайнего Севера является их транспортное обеспечение. Северный завоз осуществляется в основном водным транспортом. Перевозки автомобильным транспортом по "зимникам" (дорогам, по которым доставка возможна только в зимний период), а также воздушным транспортом являются дорогостоящими и поэтому используются только в исключительных случаях. Стоимость северного завоза морским транспортом в несколько раз выше стоимости завоза речным транспортом по северным рекам, так как морская перевозка связана с большими расстояниями, а затраты на топливо достигают 8,3 % в составе общих затрат на перевозку. Поэтому рынок услуг по перевозкам водным транспортом в районы Крайнего Севера состоит из двух субрынков: услуги по морским и речным перевозкам.

Проблемы транспортного обеспечения поставок для нужд Крайнего Севера условно можно разделить на две группы:

- 1) обоснование оптимальной схемы доставки грузов из-за пределов республики до перевалочных баз;
- 2) распределение перевозок между видами транспорта и организация работы транспортных средств на территории республики.

Планирование этих перевозок в районах Крайнего Севера осложняет ряд следующих положений. Грузы, следующие назначением в северо-восточные районы обычно перевозят во втором периоде навигации, когда открывается судоходство на прибрежных морских трассах. Однако в этот период существенно снижаются уровни воды, что препятствует использованию на дальнепробежных перевозках крупнотоннажных, более экономичных судов. Кроме этого, средняя дальность перевозки одной тонны в район Крайнего Севера в два раза превышает этот показатель по пароходству, что требует для выполнения запланированного количества перевозок значительных затрат флота для работы в короткий арктический период навигации.

Среди основных проблем, которые встречаются при перегрузке, наиболее значимой является поиск источников финансирования инвестиций в обнов-

ление материально-технической базы, т. е. в модернизацию и закупку судов, проведение вспомогательных работ (дноуглубительных, осветительных) в бассейне действия предприятия.

Другой проблемой, с которой сталкиваются в районах Крайнего Севера, является сложность обеспечения слаженного взаимодействия с предприятиями, осуществляющими перевозку грузов другими видами транспорта, например железнодорожным. Поэтому заключаются различные контракты с транспортными компаниями, в частности, с "Трансконтейнером" – дочерней структурой ОАО "РЖД", для поставки контейнеров. А все действия подлежат специальной регламентации осуществления смешанных перевозок на подобных территориях, учитывающих северную специфику.

Таким образом, транспортное обеспечение северного завоза является одним из факторов, который напрямую влияет на эффективность поставок товаров в районы Крайнего Севера. Другим таким фактором является обеспечение надежности поставок в логистических цепях, задействованных в доставке товаров в эти районы. Здесь уместно отметить, что обеспечение надежности поставок традиционно строится на ряде принципов:

- 1) резервирование поставок (путем разделения заказов на поставки одноименных товаров между разными поставщиками);
- 2) формирование страхового запаса;
- 3) оценка поставщиков и др.

Однако в рамках проведения государственных закупок не все эти принципы можно реализовать в полной мере.

Безусловно, все эти проблемы решаемы, особенно со своевременным и полным финансированием. Они находятся в плоскости политических решений и упорядочения финансирования государственных проектов. Для этого необходимо: снижение удельных транспортных издержек в цене конечной продукции за счет оптимизации транспортно-технологических схем доставки грузов с учетом перераспределения части грузопотоков с наземных видов транспорта на внутренний водный транспорт; рост валового внутреннего продукта за счет стимулирования развития смежных отраслей экономики, прежде всего судостроения, металлургии, приборостроения, топливно-энергетического и строительного комплексов; ускорение социально-экономического развития регионов и субъектов РФ, особенно Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока, где внутренний водный транспорт является безальтер-

нативным и жизнеобеспечивающим, повышение занятости населения; снижение аварийности и отрицательного вредного воздействия транспортной системы на окружающую среду, поскольку удельные показатели по выбросам CO₂ на внутреннем водном транспорте составляют лишь 5 % выбросов на автомобильном и 20 % выбросов на железнодорожном транспорте, а уровень аварийности (в денежной оценке) ниже, соответственно, в 14 и 2 раза; рост транзитных перевозок грузов по внутренним водным путям.

В заключение следует отметить, что при государственной поддержке, учитывая суровые климатические условия и условия местности, можно добиться решения подавляющего большинства проблем, связанных с логистикой перегрузочных работ в условиях Крайнего Севера. Это откроет пути для развития этого весьма перспективного региона, что позволит расширить и улучшить транспортную систему страны.

Библиографический список

1. Золотокрылин А. Н., Виноградова В. В., Глезер О. Б. Природно-климатические условия и социально-географическое пространство России. М. : Институт географии РАН, 2018. С. 112–127.
2. Алексеев Ю. П., Алисов А. Н. Российский север: стратегическое качество управления. М. : Тайдекс Ко, 2004. 320 с.
3. Валеев В. А. Совершенствование завоза грузов в Арктические районы Северо-Востока России речным транспортом : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.19. Новосибирск, 2003. 132 с.
4. Дауэнгауэр Н. А. Совершенствование транспортного обслуживания Северного региона : сб. науч. тр. // Логистика: Взгляд в будущее. М. : [Моск. автомобил.-дорож. ин-т], 2004. С. 167–171.
5. Коноплянко В. И., Дауэнгауэр Н. А. Влияние динамики сезонных колебаний на доставку грузов // Всерос. научная конференция молодых учёных. Новосибирск, 2004. С. 239.
6. Филиппова Н. А. Информационные технологии при перевозке грузов // Современные проблемы информатизации в технике и технологиях : сб. трудов / под ред. О. Я. Кравца. Вып. 9. Воронеж : Научная книга, 2004. С. 174–175.
7. Чумаков В. Б. Региональные грузовые транспортно-логистические системы. Ставрополь : СевКавГТУ, 2003. 186 с.

**ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ,
РАЗРАБОТКА ПРОДУКЦИИ
И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА
ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ**

Исследование качественных показателей консервов из печени трески, выпускаемых на судах АО "Мурмансельдь-2"

Ершов М. А.¹, Куранова Л. К.¹, Соколан Н. И.¹, Новожилов М. П.¹, Гроховский В. А.¹, Герасимов Д. В.² (¹г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств, e-mail: ershovma@mstu.edu.ru; ²г. Мурманск, АО "Мурмансельдь-2")

Аннотация. Целью исследования является контроль показателей качества консервов "Печень трески "по-мурмански". Для проведения исследований применялись органолептические, физико-химические методы исследований, разрушающий метод контроля качества двойного закаточного шва с использованием аппарата Anton Ohlert (Germany), результаты измерений обрабатывались методами математической статистики. В работе проведены исследования контроля показателей качества консервов из печени атлантической трески-сырца (*Gadus morhua*).

Abstract. The aim of the study is to control the quality indicators of canned food "Murmansk cod liver". To carry out the research, organoleptic, physicochemical research methods were used, a destructive method of quality control of a double seam seam using the Anton Ohlert apparatus (Germany), the measurement results were processed by the methods of mathematical statistics. In the work, studies were carried out to control the quality indicators of canned food from the liver of raw Atlantic cod (*Gadus morhua*).

Ключевые слова: консервы, печень трески, параметры закаточного шва

Key words: canned food, cod liver, seam parameters

Переработка рыбы в Мурманской области является одним из основных видов экономической деятельности. За последние годы динамика переработки и консервирования рыбы в Мурманской области опережает средние показатели в Российской Федерации. На рисунке 1 представлена динамика переработки и консервирования водных биоресурсов в Мурманской области в сравнении со средними показателями по Российской Федерации [1]. Установлено, что при производстве консервов и пресервов в Мурманской области большая часть произведенной продукции приходится на натуральные консервы. Существенным является тот факт, что доля консервов из печени трески составляет 90–98 % всех произведенных натуральных консервов. Данный вид продукции пользуется устойчивым спросом у потребителей. На рисунке 2 представлена диаграмма производства консервов и пресервов в Мурманской области.

В современных реалиях важными для потребителя качествами пищевой продукции являются органолептические и функциональные свойства,

а также безопасность продуктов питания. Поэтому целью исследования настоящей работы является определение соответствия показателей качества консервов "Печень трески "по-мурмански" требованиям нормативно-технической документации.

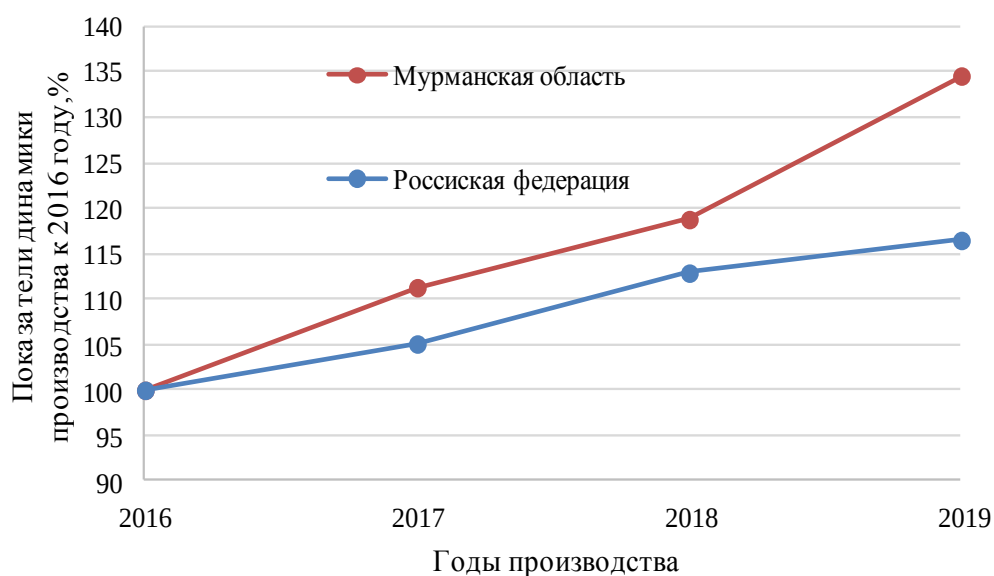


Рисунок 1 – Динамика переработки водных биоресурсов в Российской Федерации и Мурманской области [1]

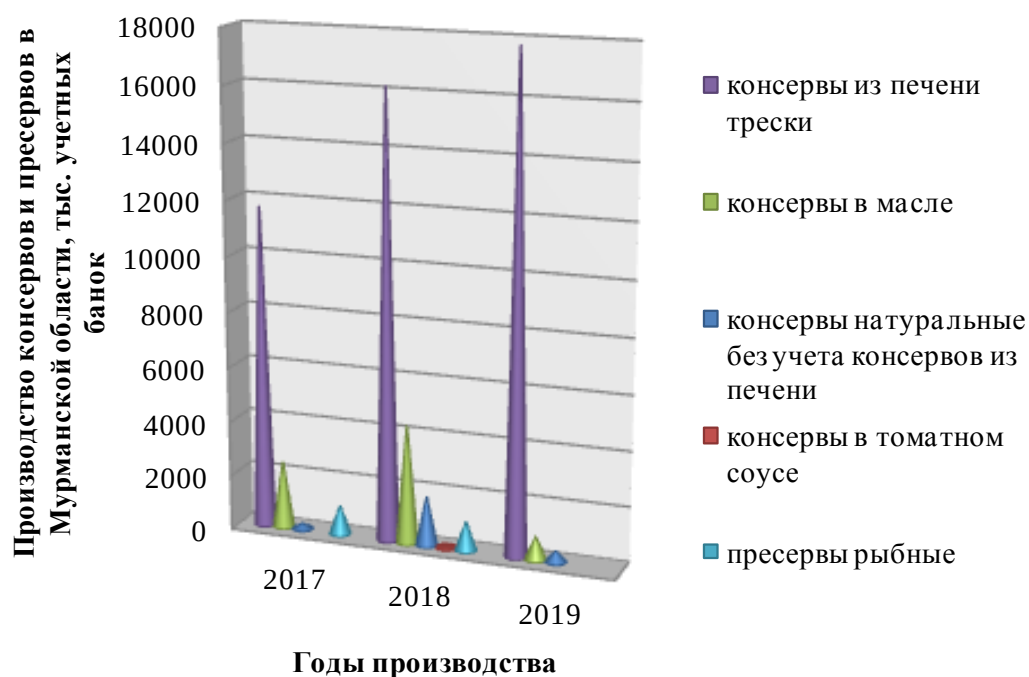


Рисунок 2 – Диаграмма производства консервов и пресервов в Мурманской области [1]

Для этой цели проведены микробиологические, органолептические и физико-химические исследования показателей качества продукции и герметичности упаковки на соответствие требованиям национального стандарта ГОСТ Р 56418-2015 [2]. Анализы проводились по стандартным, модифицированным и научно-исследовательским методикам, которые обеспечивают корректное проведение анализов и достоверность результатов исследований.

Объектом исследования были образцы консервов "Печень трески "по-мурмански", упакованные в банку 3 (масса нетто 230 г), изготовленные в морских условиях на предприятии АО "Мурмансельдь-2".

В результате анализа консервов на промышленную стерильность согласно ГОСТ 30425-97 [3], а также ГОСТ 8756.18-2017 [4] установлено:

- консервная тара без повреждений, на внутренней и внешней поверхностях банок отсутствуют дефекты;
- внешний вид исследованных банок консервов после термостатирования при 37 °С в течение 5 суток соответствовал требованиям нормативно-технической документации;
- "бомбажа", "хлопуши" и других дефектов не обнаружено;
- негерметичных банок не обнаружено;
- pH консервированного продукта – 6,9;
- во всех образцах консервов остаточная микрофлора не обнаружена.

Результаты анализа подтверждают промышленную стерильность консервов. Органолептические, физические и химические исследования проводились по ГОСТ 7636-85 [5]. По результатам проведенных физико-химических исследований установлено, что в консервах "Печень трески "по-мурмански":

- массовая доля поваренной соли – 1,5 %;
- массовая доля белка – 4,6 %;
- массовая доля жира – 70,8 %;
- кислотное число – 0,80 мг КОН /1 г жира.

Калорийность 100 г продукции колеблется от 649 до 659 ккал и в среднем составляет 655 ккал.

Исследование параметров двойного закаточного шва проводили на аппарате проверки закаточного шва Antoh Ohlert Koln. Параметры двойного закаточного шва представлены на рисунке 3 [6].

На рисунке 4 представлен поперечный разрез двойного закаточного шва консервов при проверке на аппарате Antoh Ohlert Koln.

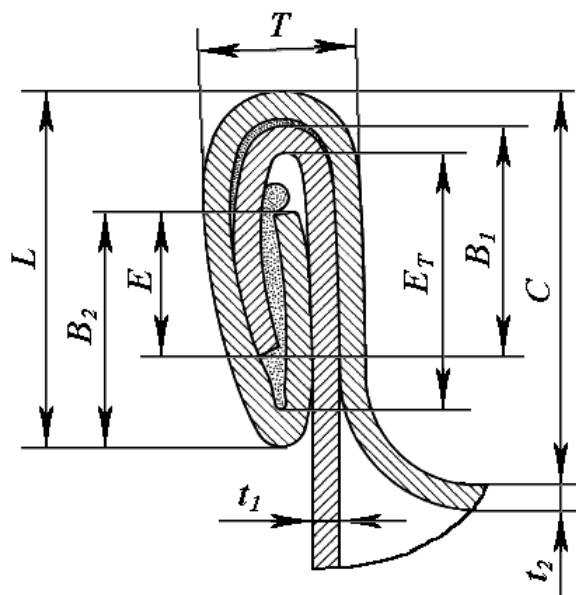


Рисунок 3 – Параметры двойного закаточного шва: t_1 – толщина материала банки;
 t_2 – толщина материала крышки; L – ширина закаточного шва;
 C – глубина посадки крышки; B_1 – ширина крючка банки; B_2 – ширина крючка крышки;
 T – толщина закаточного шва; E – ширина перекрытия закаточного шва;
 E_T – ширина теоретического перекрытия закаточного шва

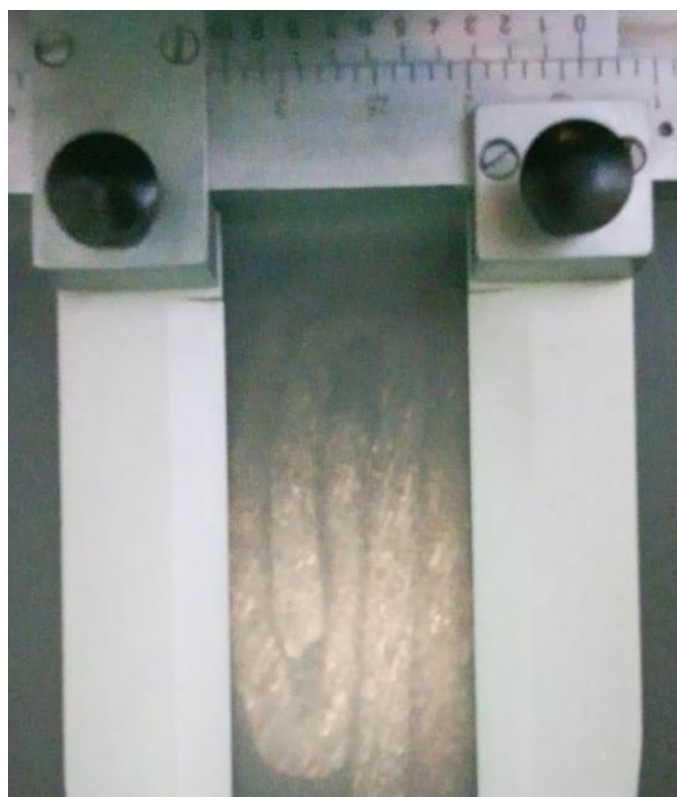


Рисунок 4 – Вид поперечного разреза двойного закаточного шва консервов
на аппарате Antoh Ohlert Koln

Важным параметром, характеризующим качество двойного закаточного шва, является величина перекрытия E (рисунок 3). Значение перекрытия зависит от диаметра банки, толщины жести или алюминия, конструктивных особенностей закаточной машины и должно находиться в пределах от 1,05 до 1,60 мм.

Наряду с показателем перекрытия для характеристики двойного закаточного шва применяют показатель – коэффициент перекрытия K , который определяется как отношение фактического перекрытия крючков крышки (дна) и банки (корпуса) к теоретически возможному его значению. Коэффициент перекрытия шва должен быть не менее 45 %

Коэффициент перекрытия K , %, вычисляют по формуле

$$K = E / E_T. \quad (1)$$

Результаты измерений параметров двойного закаточного шва исследуемых консервов обрабатывались методами математической статистики. Установлена воспроизводимость результатов значений перекрытия E закаточного шва в исследуемых партиях консервов. В таблице 1 представлены параметры закаточного шва после математической обработки.

Таблица 1 – Сводная таблица показателей двойного закаточного шва после математической обработки результатов измерений

E – ширина перекрытия закаточного шва, мм	E_T – ширина теоретического перекрытия закаточного шва, мм	K – коэффициент перекрытия, %	L – ширина закаточного шва, мм	T – толщина закаточного шва, мм
$1,44 \pm 0,03$	$2,31 \pm 0,02$	$62,63 \pm 1,34$	$3,11 \pm 0,02$	$1,31 \pm 0,01$

В результате исследования банок консервов "Печень трески "по-мурмански" в металлической круглой сборной банке № 3 установлено, что коэффициент перекрытия, определяемый как отношение фактического перекрытия к теоретически возможному значению, соответствовал требованиям нормативно-технической документации. Ширина перекрытия, выраженная как среднее взвешенное значение с учетом вероятной погрешности, составила ($1,44 \pm 0,03$) мм. Данное значение входит в требуемый диапазон ширины перекрытия закаточного шва от 1,05 до 1,60 мм.

На основании проведенного комплекса микробиологических, физико-химических и органолептических исследований установлено, что консервы "Печень трески "по-мурмански" имеют высокую биологическую и энергетиче-

скую ценность, и их качество соответствует требованиям ГОСТ Р 56418-2015 "Консервы из печени, икры и молок рыб "по-мурмански". Параметры двойного закаточного шва консервов находятся в пределах нормируемых значений.

Библиографический список

1. Рыбохозяйственная деятельность в Мурманской области. Мурманск : Мурманскстат, 2019. 48 с.
2. ГОСТ 30425–97. Консервы. Метод определения промышленной стерильности. М. : Стандартиформ, 2011. 16 с.
3. ГОСТ 8756.18–2017. Консервы. Методы определения внешнего вида, герметичности упаковки и состояния внутренней поверхности упаковки. М. : Стандартиформ, 2018. 14 с.
4. ГОСТ Р 56418–2015. Консервы из печени, икры и молок рыб "По-Мурмански". Технические условия. М. : Стандартиформ, 2015. 12 с.
5. Рыба и рыбные продукты. Методы анализа, маркировка, упаковка : сб. М. : Стандартиформ, 2010. 214 с.
6. Сборник технологических инструкций по производству консервов и пресервов из рыбы и нерыбных объектов. СПб. : Судостроение, 2012. Т. 1. 159 с.

Исследование эффективности питательной среды, приготовленной на основе рыбного гидролизата

Живлянцева Ю. В., Куранова Л. К., Гроховский В. А. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств, e-mail: kuranovalk@mstu.edu.ru)

Аннотация. Белковый рыбный гидролизат, приготовленный из вторичного рыбного сырья с использованием ферментного препарата, – протосубтилин ГЗх может быть использован в качестве белковой основы питательных микробиологических сред.

Abstract. Protein fish hydrolysate prepared from secondary fish raw materials using an enzyme preparation – protosubtilin G3x can be used as a protein base of microbiological culture media.

Ключевые слова: рыбный белковый гидролизат, гидролиз, протосубтилин

Key words: protein fish hydrolysate, hydrolysis, protosubtilin

Питательные среды применяются в лаборатории с целью выращивания и идентификации различных микроорганизмов. Основным источником питания для микроорганизмов являются азотистые соединения, источниками которых являются белки растительного и животного происхождения. Многие крупнейшие мировые производители, такие как Pronadisa laboratoriosConda, S.A. (Испания), Merck (Германия), bioMerieux (БиоМерье, Франция), Neogen (Америка) используют в производстве питательных сред белковый гидролизат. Отличие белковых гидролизатов определяется источником белка и ферментным препаратом, от этого и формируется себестоимость продукта.

Авторы использовали при производстве рыбного гидролизата в качестве ферментного препарата микробного происхождения (*Bacillus subtilis*) – протосубтилин ГЗх ("Сиббиофарм", Россия). Данный фермент отличается низкой стоимостью по сравнению с другими ферментами, такими как панкреатин, бромелаин, папаин и др., однако не уступает им по качеству.

В качестве сырьевого источника использовали вторичное рыбное сырье – костно-мышечные отходы (трески). На долю потерь сырья при разделке на филе составляет – 30–35 %, что является резервным и недорогим источником сырья. Стоимость рыбных отходов составляет 11 рублей за кг.

На основе ранее разработанной технологии был приготовлен опытный образец рыбного белкового гидролизата [1].

Массовая доля белка в продукте составляет 92,27 %, воды – 4,7 %, хлористого натрия – 2,6 %, жира – 0,3 %. В белке рыбного белкового гид-

ролизата единственной лимитирующей аминокислотой является триптофан, скор которого составляет 70 %, что характеризует его как достаточно сбалансированный белковый продукт [2].

На основе опытной партии гидролизата были приготовлены и исследованы питательные среды.

Целью работы являлось исследование эффективности роста микроорганизмов на приготовленных питательных средах.

В качестве контрольной среды использовали "Питательный агар для культивирования микроорганизмов ГРМ" (производитель ФБУН ГНЦ ПМБ, Россия, г. Оболенск). В контрольной питательной среде источником азотистых соединений служит панкреатический гидролизат рыбной муки. В экспериментальной питательной среде данный компонент был полностью заменен на опытный образец рыбного белкового гидролизата.

Для проведения контроля качества питательных сред использовали тест-микроорганизмы со стабильными характеристиками. Тест-микроорганизмы получены из специализированных коллекций: *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов ФГУП ГосНИИ Генетика; *Salmonella enteritidis* № 5765 – из ФГБУ "НЦЭСМП" Минздрава России.

Приготовленные питательные среды предназначены для подсчета колоний микроорганизмов, поэтому для каждой среды контрольной и исследуемой (содержащую в составе опытный образец рыбного белкового гидролизата) был просчитан коэффициент производительности питательной среды по ГОСТ ISO 11133-2016 [3]. Посев тест-культур на контрольную и исследуемую среды выполняли методом прямого посева. Посевы инкубировали в термостате при температуре $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 18–24 часов [4].

Производительность питательной среды оценивали путем расчета коэффициента производительности, который характеризует рост тест-микроорганизма на исследуемой питательной среде по сравнению с ростом на среде, приготовленной с использованием стандартного питательного агара для культивирования микроорганизмов ГРМ (ГОСТ ISO 11133-2016) при аналогичных условиях культивирования. Этот показатель вычисляли по формуле

$$P_R = N_c/N_o, \quad (1)$$

где P_R – коэффициент производительности;

N_c – среднее арифметическое количество колоний, полученных на питательной среде, подвергнутой испытанию (например, количество колоний в чашках);

Но – среднее арифметическое количество колоний, полученных на контрольной питательной среде.

Коэффициенты производительности представлены в таблице 1.

Таблица 1. Коэффициенты производительности

Исследуемая питательная среда	<i>Salmonella enteritidis</i> № 5765	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923
Исследуемая питательная среда на основе пептона	1,00	1,09
Питательный агар для культивирования микроорганизмов ГРМ	1	1

Согласно ГОСТ ISO 11133-2016 коэффициент производительности P_R должен быть не менее 0,70 при сравнении экспериментальной питательной среды с контрольной средой. Из таблицы 1 видно, что экспериментальная питательная среда показала высокий коэффициент производительности ($P_R = 1$, $PR = 1,09$), более 0,7 при сравнении с питательным агаром для культивирования микроорганизмов ГРМ. Характер роста тест-культур на исследуемой питательной среде с использованием в качестве белкового компонента опытного образца рыбного белкового гидролизата и контрольном питательном агаре практически одинаковый. Следовательно, для данных тест-культур питательных веществ достаточно на всех исследуемых средах.

После культивирования на исследуемых питательных средах биохимические признаки при идентификации микроорганизмов определяли с использованием тест-систем (Диагностический набор №2, Микроген, Россия).

Колонии микроорганизмов сохранили морфологические и биохимические свойства (окраска по Грамму и др. культуральные свойства согласно ГОСТ) [5; 6].

В работе были использованы микроорганизмы со стабильными характеристиками, которые являются возбудителями наиболее опасных пищевых отравлений.

Результаты микробиологических исследований подтверждают возможность использования, рыбного белкового гидролизата, полученного в процессе гидролиза с использованием ферментного препарата – протосубтилин ГЗх, в качестве компонента питательного сред общего назначения для подсчета колоний микроорганизмов.

Опытная партия рыбного белкового гидролизата может быть рекомендована к использованию в качестве белкового компонента питательных сред общего назначения для подсчета колоний микроорганизмов.

Библиографический список

1. Живлянцева Ю. В., Куранова Л. К., Волченко В. И., Гроховский В. А. Пептон из вторичных продуктов переработки атлантической трески: технология, качество, использование // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2018. № 45. С. 28–36. DOI: <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2018-45-28-36>. EDN: YAAMBN.
2. Kuranova L. K., Grokhovskiy V. A., Zhivlyantseva Y. V., Volchenko V. I. Developing the Technology and Evaluating the Biological Value of the Peptone from Secondary Products of Processing of Fish Raw Material of the Arctic Region // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2019. Vol. 10, Iss. 04. P. 271–284.
3. ГОСТ ISO 11133–2016. Микробиология пищевых продуктов, кормов для животных и воды. Приготовление, производство, хранение и определение рабочих характеристик питательных сред. М. : Стандартинформ. 2016. 95 с.
4. Petrova I., Tolstorebrov I., Eikevik T. M., Zhivlyantseva I. Utilization of fish protein hydrolysates as peptones for microbiological culture medias // Food Bioscience. 2021. Vol. 42. Article number: 101063. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101063>. EDN: QDPEEW.
5. ГОСТ 31659–2012. Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. М. : Стандартинформ. 2014. 25 с.
6. ГОСТ 31746–2012. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*. М. : Стандартинформ. 2013. 28 с.

Подбор рационального варианта теплоизоляционной конструкции для установки комбинированного бланширования водой и паром

Жихорук А. А., Голубева О. А. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологического и холодильного оборудования, e-mail: golubevaoo@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье представлены результаты исследования установки комбинированного бланширования с использованием тепловизионного оборудования, выбор теплоизоляционного материала и определение его рациональной толщины для наружной поверхности установки.

Abstract. The article presents the results of a study of the combined blanching installation using thermal imaging equipment, the choice of heat-insulating material and the determination of its rational thickness for the outer surface of the installation.

Ключевые слова: бланширование, бланширование паром, бланширование водой, тепловой поток, тепловая изоляция

Key words: blanching, steam blanching, water blanching, heat flow, thermal insulation

Один из методов повышения качества сырья является предварительная тепловая обработка (ПТО). Для удаления вредных компонентов используется процесс предварительной тепловой обработки – бланширование. Предметом исследования является процесс комбинированного бланширования (сначала водой, затем паром) ската звездчатого [1]. Во время проведения ПТО выделяется большое количества тепла, что приводит к высоким тепловым потерям, снижению КПД установки и повышению требований к производительности парогенератора и мощности ТЭНа. Повышение температуры наружной поверхности оборудования создает опасные условия работы персонала.

Для устранения подобных недостатков технологического процесса была проведена работа по расчету тепловых потоков и необходимой толщины тепловой изоляции. Исследование проводились на установке, конструкция которой разработана в Мурманском государственном техническом университете и защищена патентом [2].

Установка периодического действия имеет прямоугольный корпус и две зоны разделенные металлической перегородкой на зону бланширования водой и зону бланширования паром, что позволяет осуществлять процесс бланширования паром не только комбинированным методом, но и в режиме обработки только водой и только паром. Установка снабжена парогенератором с фиксированной паропроизводительностью и ТЭНом установленной мощности. Контроль режимов бланширования осуществляется с помощью термостата.

Для получения теплограмм поверхностей аппарата для бланширования и нахождения точек с максимальной и средней температурой поверхности использовался тепловизор марки "Testo 875-1i". Обработка полученных теплограмм проводилась с помощью программного обеспечения irsoft 4.7. Исследование проведено для режимов бланширования, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы бланширования, использованные для исследования

Режим	Параметры режима
1	только водой 80 °С
2	только водой 85 °С
3	сначала водой 80 °С, затем паром
4	сначала водой 85 °С, затем паром
5	сначала водой 90 °С, затем паром
6	только паром

Для каждой поверхности установки была получена гистограмма с распределением температуры по процентам площади поверхности, пример одной из таких гистограмм представлен ниже (рисунок 1).

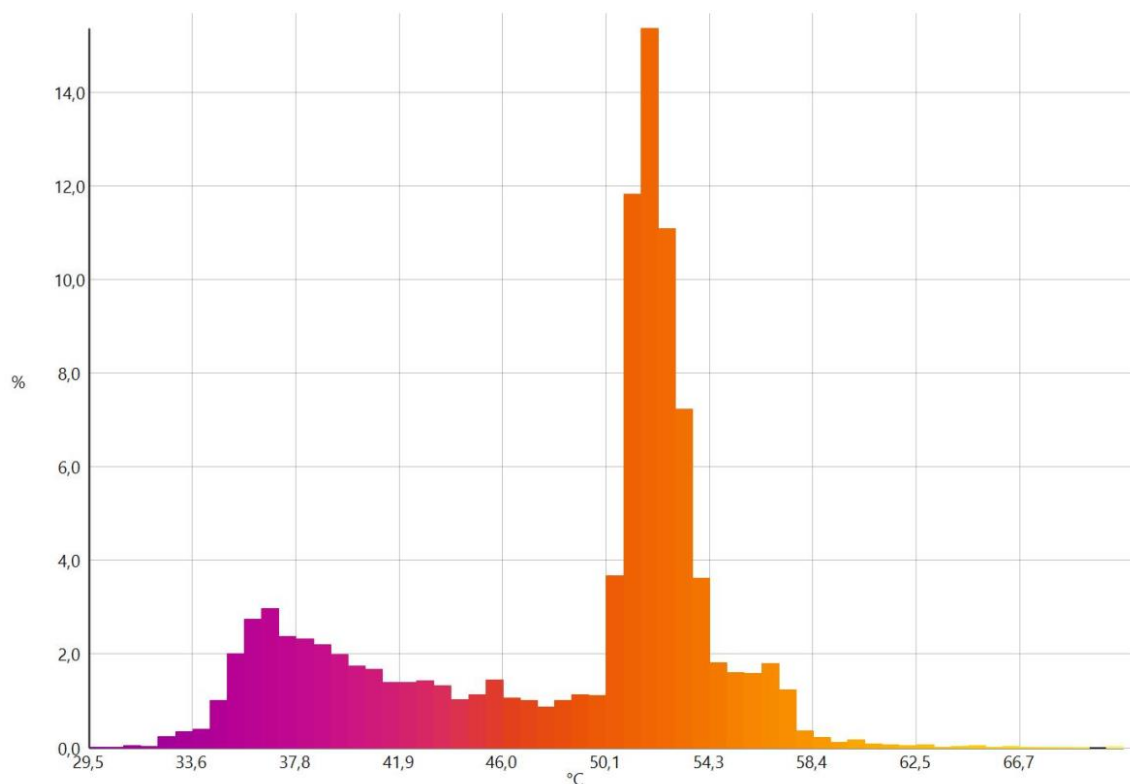


Рисунок 1 – Распределение температуры по процентам площади поверхности сбоку от вертикальной стенки при комбинированном бланшировании (сначала водой 90 °С, затем паром)

На основе полученных данных произведен расчет среднего теплового потока для установки с учетом тепловых потоков отдельных граней (Q), плотность теплового потока каждой грани (q), определены средние ($t_{\text{ср}}$) и максимальные температуры (t_{max}) для каждой грани, с учетом температуры воздуха и расположения поверхности нагрева в пространстве. Результаты экспериментов и расчетов по определению тепловых потоков установки комбинированного бланширования представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты экспериментов и расчетов

Параметр	Значение
Средняя температура грани, $t_{\text{ср}}$; °C	39,7–50,4
Максимальная температура грани, t_{max} ; °C	68,4–79,1
Коэффициент теплоотдачи грани, α ; Вт / (м ² · °C)	8,906–9,645
Тепловой поток грани, (Q); Вт	174,3–310,9

Толщина теплоизоляционного слоя для установки комбинированного бланширования определена по выражению [4]

$$\delta_{\text{из}} = \frac{\lambda_{\text{из}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{п}})}{\alpha \cdot (t_{\text{п}} - t_{\text{н}})}, \quad (1)$$

где $\lambda_{\text{из}}$ – коэффициент теплопроводности среднего слоя материала, Вт/м · °C;

$t_{\text{в}}$ – температура теплоносителя, °C;

$t_{\text{п}}$ – требуемая температура на поверхности, °C;

$t_{\text{н}}$ – температура окружающего воздуха, °C;

$\delta_{\text{из}}$ – толщина изоляции, мм;

α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м² · °C).

Расчет выполнен по предельным температурам поверхности установки ($t_{\text{в}} = t_{\text{max}}$), которая достигается при режимах комбинированного бланширования, сначала вода с температурой 85 °C, 90 °C, затем пар, и общего коэффициента теплоотдачи, достигнутого в результате эксперимента.

Согласно требованиям [3–5] п. 6.7.1 температура поверхности не должна превышать 35 °C.

Результаты расчета толщины теплоизоляционного слоя для предлагаемых к использованию материалов представлены в таблице 3.

Из представленных результатов таблицы 2 следует, что толщина изоляционного слоя может быть ограничена 20 мм. При этом минимальная толщина теплоизоляции, которая предлагается производителями, составляет, как правило, 50 мм, что намного выше необходимого. По этим причинам рационально использовать напыляемую теплоизоляцию, например пенополиуретан.

Таблица 3 – Предлагаемые теплоизоляционные материалы для установки комбинированного бланширования

Тип материала	Коэффициент теплопроводности материала, $\lambda_{из}$, Вт / (м · °С) [6]	Расчетная толщина теплоизоляционного слоя, $\delta_{из}$, мм	Толщина материала, предлагаемая производителем, $\delta_{станд}$, мм [6]
Плиты и маты из стеклянного штапельного волокна	0,047	18	50–140 (шаг 10 мм)
Маты теплоизоляционные из каменной ваты (фирма ROCKWOOL)	0,048	18	50–140 (шаг 10 мм)
Плиты и маты из базальтового супертонкого волокна	0,038	14	50–200 (шаг 10 мм)
Пенополиуретан заливочный или напыляемый	0,035	13	–
Изделия минераловатные с гофрированной структурой марки 75	0,048	18	50–100 (шаг 10 мм)

Библиографический список

1. Щетинский В. В., Шокина Ю. В., Павлова В. В., Саенкова И. В. Обоснование режимов тепловой обработки полуфабриката из ската звездчатого при производстве рыбной кулинарной продукции функционального назначения // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014, № 1(59). С. 102–107. EDN: SDHBVJ.
2. Экспериментальная установка для комбинированного бланширования сырья : пат. 174298 Рос. Федерация / В. Л. Астравич, О. А. Голубева. № 2016151459 ; заявл. 26.12.2016 ; опубл. 11.10.2017.
3. Ерёмкин А. И., Королева Т. И. Тепловой режим зданий. М. : Изд-во АСВ, 2000. 368 с.
4. СНиП 41-03-2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. М. : Госстрой России, 2004. 28 с.
5. СП 61.13330.2012. Свод правил. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200091050>.
6. Теплопроводность строительных материалов. URL : <https://1-teplodom.ru/sravnitelnaa-tablica-teploprovodnosti-sovremennyh-stroitelnyh-materialov/>.

Выбор параметров бактерицидных препаратов для обработки свекловичной массы перед прессованием

Кульнева Н. Г., Матвиенко Н. А., Машкина Н. Г., Исхакова Д. А.
(г. Воронеж, ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет инженерных технологий", кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, e-mail: ngkulneva@yandex.ru)

Аннотация. Проведены исследования микробиологического состояния соков при переработке сахарной свеклы. Подобраны реагенты, препятствующие развитию микрофлоры. С использованием методов математического планирования эксперимента выбраны оптимальные параметры обработки.

Abstract. The studies of the microbiological state of juices during the processing of sugar beet have been carried out. Reagents that prevent the development of microflora have been selected. Using the methods of mathematical planning of the experiment, the optimal processing parameters were selected.

Ключевые слова: свекловичная масса, бактерицидные реагенты, оптимальные параметры обработки

Key words: beet mass, bactericidal reagents, optimal processing parameters

Свекловичные стружка и сок являются хорошей питательной средой для развития различных групп микроорганизмов, в том числе потребляющих сахарозу, что затрудняет проведение технологических процессов их обработки и препятствует получению качественного готового продукта [1; 2].

Цель исследования – подбор бактерицидного реагента, обеспечивающего сохранение качества свекловичного сока при последующей его переработке.

В период хранения в корнеплодах осуществляется сложная совокупность биохимических процессов, которые ведут к снижению устойчивости тканей корнеплодов к деятельности микроорганизмов, что оказывается причиной появления кагатной гнили.

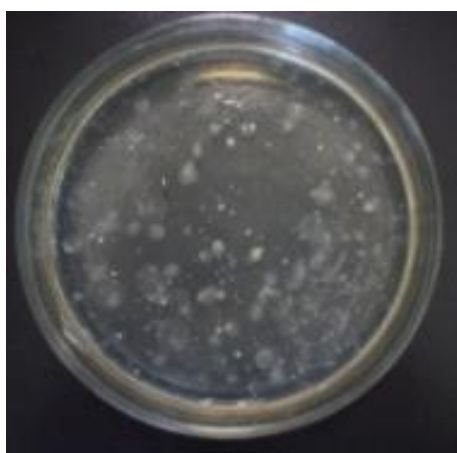
Проведены исследования по определению микробиологических показателей полупродуктов при переработке сахарной свеклы (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 – Микробиологические показатели соков при переработке свекловичной массы

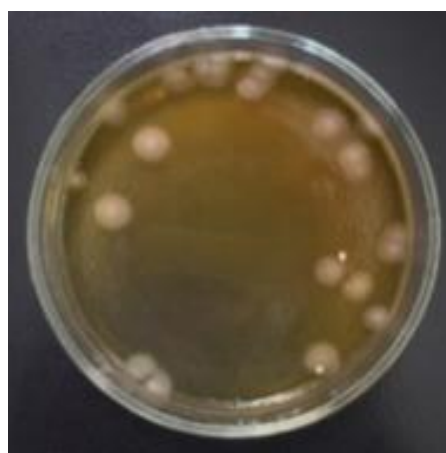
Этап очистки	М/б показатели	КОЕ/см ³	
		через 24 ч	через 72 ч
Свекловичный сок	КМАФАнМ	$5,15 \cdot 10^5$	$5,5 \cdot 10^5$
	Термофилы	0	0
	Плесени и дрожжи	0	$2,5 \cdot 10^4$

Окончание табл. 1

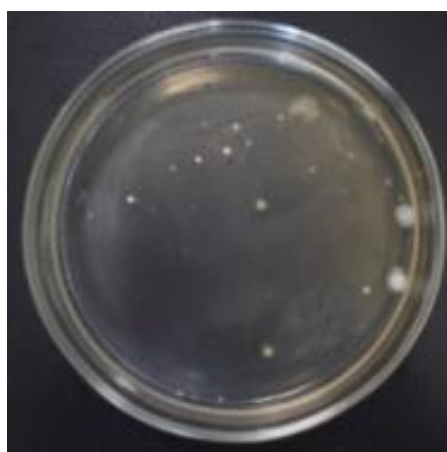
Этап очистки	М/б показатели	КОЕ/см ³	
		через 24 ч	через 72 ч
Очищенный сок	КМАФАнМ	$2,5 \cdot 10^4$	$5,5 \cdot 10^4$
	Термофилы	0	0
	Плесени и дрожжи	0	0
Сок после адсорбционной очистки	КМАФАнМ	$1,5 \cdot 10^2$	$2,0 \cdot 10^2$
	Термофилы	0	0
	Плесени и дрожжи	0	0



Колонии КМАФАнМ в свекловичном соке



Колонии плесени в свекловичном соке



Колонии КМАФАнМ в очищенном соке

Рисунок 1 – Результаты микробиологического анализа полупродуктов переработки сахарной свеклы

Установлено, что свекловичный сок после прессования мезги содержит значительное количество микроорганизмов, что обусловлено высоким содержанием микрофлоры в исходном сырье и недостаточным отмыванием корнеплодов в процессе подготовки к измельчению. Часть микроорганиз-

мов не удаляется в процессе 1 ступени очистки сока и может вызывать ослизнение, повышение цветности, снижение рН сока.

В процессе очистки свекловичного сока количество выросших микроорганизмов на питательной среде уменьшается.

По результатам микробиологического анализа можно сделать заключение, что для обеспечения микробиологической чистоты требуется использование бактерицидных препаратов на стадии начальной обработки сырья.

Проведены экспериментальные исследования по подбору бактерицидных реагентов. Интерес представляют бактерицидные препараты, сдерживающие рост микроорганизмов, входящих в состав микрофлоры свеклосахарного производства.

Для выбора доступного и эффективного препарата, которым можно проводить обработку свекловичной массы перед извлечением сока, провели серию опытов: каждую пробу обработали одним из реагентов – сульфит натрия (Na_2SO_3), натриевая соль дихлоризоциануровой кислоты (ДХИЦ), Бетасепт, отделили свекловичный сок и снимали показатели в динамике (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика показателей качества свекловичного сока после обработки реагентами

Реагент	Массовая доля сухих веществ, %					рН				
	0	24 ч	48 ч	72 ч	144 ч	0	24 ч	48 ч	72 ч	144 ч
Na_2SO_3	15	15	15,2	12,9	15,1	6,62	6,80	6,19	6,30	6,30
ДХИЦН	15,5	15,3	15,6	16,1	15,5	6,07	6,05	5,59	6,19	6,38
Бетасепт	14	14	14	14,1	14,1	6,25	6,53	6,04	6,48	6,76

Проведенные исследования свидетельствуют об изменениях химического состава свекловичного сока в процессе выдержки: происходит накопление продуктов кислотного типа через 48 ч, что свидетельствует о значительной интенсивности микробиологических процессов, превращающих сахарозу в кислоты. Затем в результате более глубоких процессов рН повышается. Массовая доля сухих веществ также нестабильна, что свидетельствует о процессах распада с накоплением растворимых несахаров и последующим снижением содержания сахаров за счет процессов брожения [3].

Принято решение о необходимости проведения дальнейших исследований по выбору эффективного бактерицидного препарата на основе определения технологических показателей полупродуктов. Исследования проводили по определению содержания в соке белка биуретовым методом (рисунок 2). По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что наибо-

лее подходящим дезинфицирующим реагентом для обработки стружки является сульфит натрия.

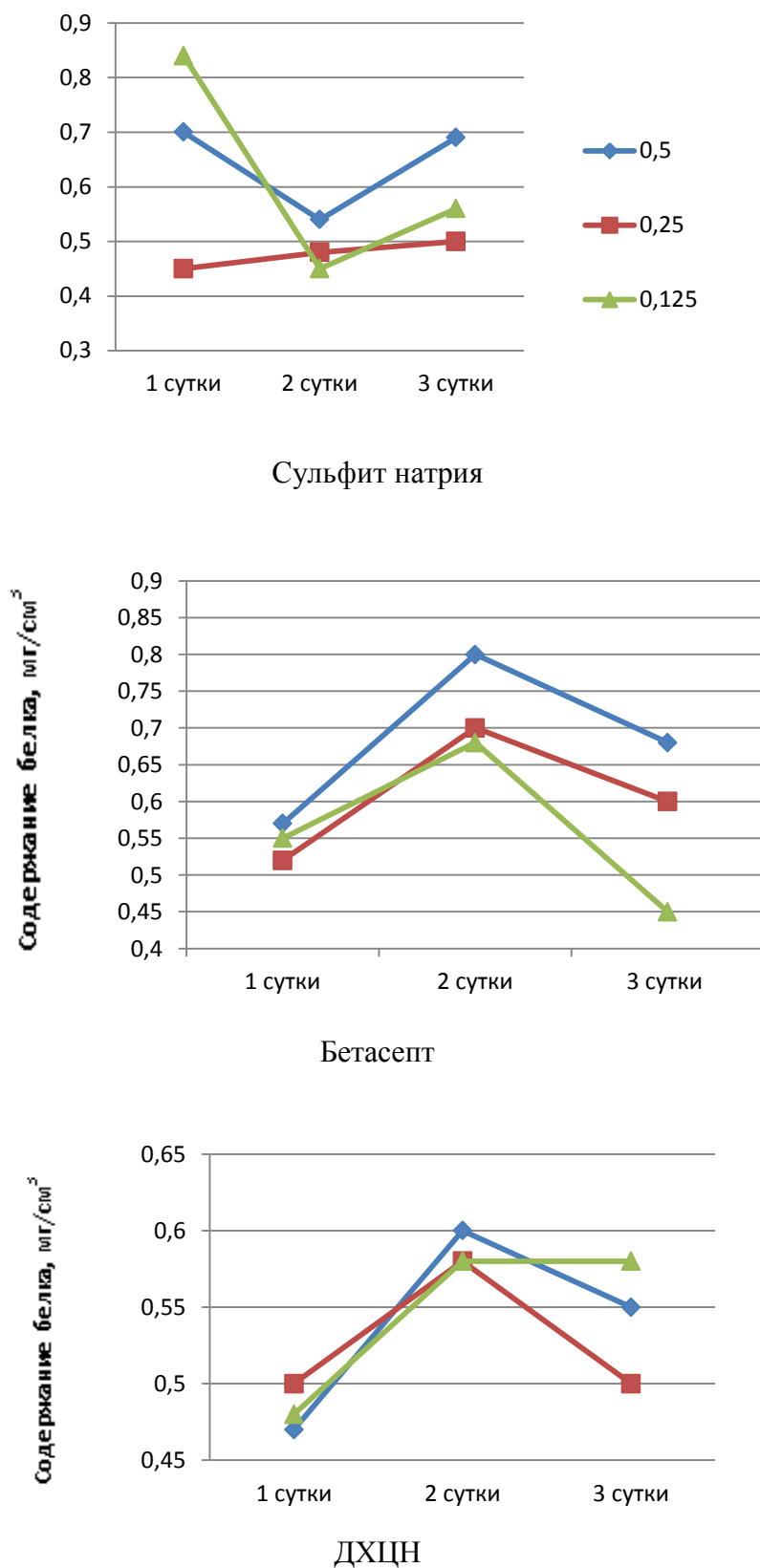


Рисунок 2 – Динамика содержания белка в соке при обработке его бактерицидными реагентами

Для выбора рациональной концентрации свековичную стружку из свеклы удовлетворительного качества обработали раствором Na_2SO_3 с концентрацией 0,5; 0,25; 0,125 % перед извлечением свековичного сока (рисунок 3).

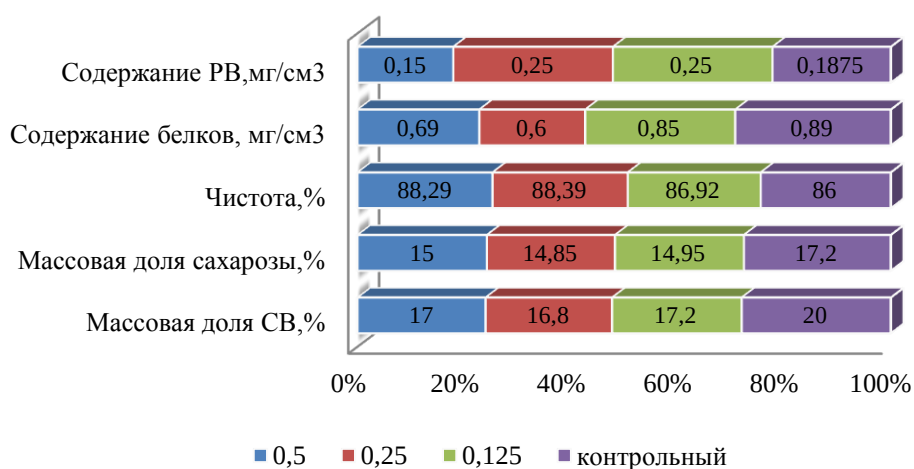


Рисунок 3 – Показатели свековичного сока в зависимости от концентрации сульфита натрия при обработке свековичной стружки

В результате проведенного анализа установлено, что рациональной концентрацией для обработки стружки является 0,25 %, так как обеспечивается высокая чистота свековичного сока, невысокое содержание белков и редуцирующих веществ.

Провели очистку полученного свековичного сока по упрощенной технологической схеме (таблица 3).

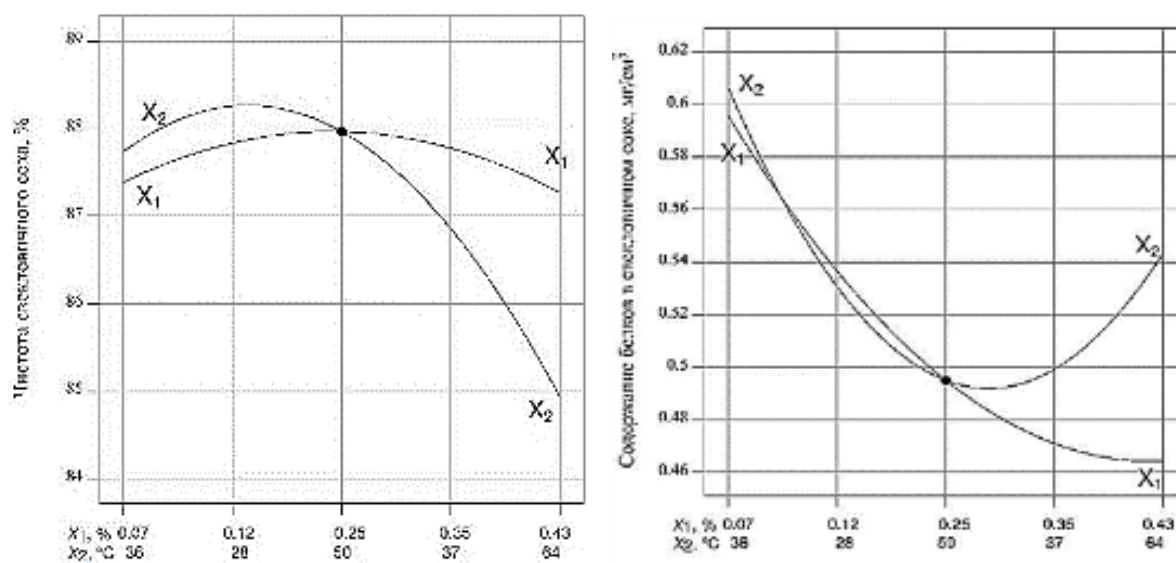
Таблица 3 – Показатели соков в зависимости от концентрации сульфита натрия при обработке свековичной стружки

Показатели	Концентрация сульфита натрия, %			Контрольный без обработки
	0,5	0,25	0,125	
Свекловичный сок				
Массовая доля сухих веществ, %	15,70	15,60	15,60	20,00
Чистота, %	89,28	89,03	89,08	87,75
Содержание редуцирующих веществ, мг/см ³	0,25	0,25	0,25	0,29
Содержание белков, мг/см ³	0,73	0,74	0,85	0,87
Очищенный сок				
рН	7,80	7,74	7,85	7,45
Цветность, ед. опт. плот.	372,36	375,97	377,11	1197,70
Содержание редуцирующих веществ, мг/см ³	0,087	0,093	0,093	0,15

По результатам исследования можно сделать вывод, что выбранный препарат обеспечивает высокие качественные показатели очищенного сока,

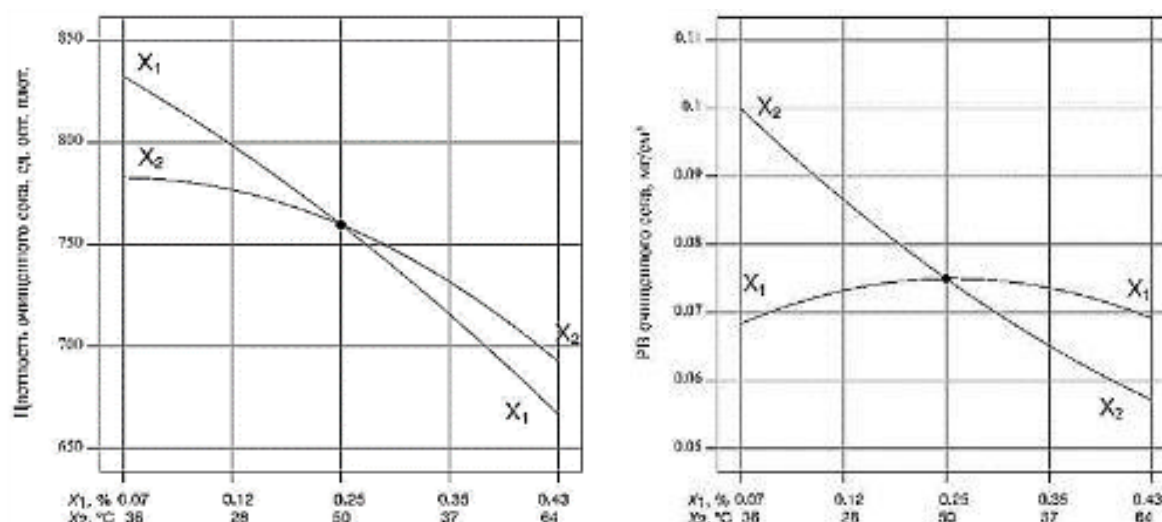
замедляется разложение сахарозы, о чем свидетельствует снижение содержания редуцирующих веществ.

Для выбора оптимальных параметров обработки свекловичной стружки раствором сульфита натрия использовали математические методы планирования эксперимента. В результате статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии в натуральных величинах. Для оценки степени влияния входных параметров X_i на выходные Y_i провели графическую интерпретацию уравнений регрессии в свекловичном и очищенном соке (рисунок 4).



Графическая интерпретация влияния входных параметров X_i на выходные Y_i :

a – чистота свекловичного сока, %; b – содержание белков в свекловичном соке, мг/см³



Графическая интерпретация влияния входных параметров X_i на выходные Y_i :

a – цветность очищенного сока, ед. опт. плот.; b – РВ очищенного сока, мг/см³

В результате проведенных исследований установлено, что сульфит натрия обеспечивает хорошие качественные показатели свековичного и очищенного сока при концентрации раствора реагента 0,25 % и его температуре 50 °С.

Экспериментально обоснована рациональная концентрация сульфита натрия для обработки свековичной массы перед извлечением сока. С использованием методов математического планирования эксперимента выбраны оптимальные параметры обработки свековичной стружки сульфитом натрия перед получением свековичного сока: температура раствора 50 °С, концентрации раствора 0,25 %.

Библиографический список

1. Кульнева Н. Г., Путилина Л. Н., Лазутина Н. А. Ресурсосберегающая технология переработки сахарной свеклы // Сахарная свекла. 2019. № 10. С. 32–36. DOI: <https://doi.org/10.25802/SB.2019.28.41.006>. EDN: ILZAHJ.
2. Ноздреватых Ю. А., Шумкина К. Ю., Кульнева Н. Г. Влияние бактерицидных препаратов на качество свековичного и очищенного сока // Материалы студенческой научной конференции за 2020 год. В 2 ч. Ч. 2. Воронеж : ВГУИТ, 2020. С.108.
3. Кульнева Н. Г., Копылов М. В., Ноздреватых Ю. А. Обоснование технологии упрощенной переработки сахарной свеклы // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: сборник научных статей и докладов. Воронеж : ФГБОУ ВО "ВГУИТ": ООО "РИТМ", 2019. С. 483–489.

Оценка показателей качества и безопасности напитка для спортивного питания со сниженной аллергенностью

Мельникова Е. И., Богданова Е. В. (г. Воронеж, ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет инженерных технологий", кафедра технологии продуктов животного происхождения, e-mail: ek-v-b@yandex.ru)

Аннотация. Предложено применение гидролизата сывороточных белков в качестве основного компонента для производства напитка для спортивного питания. Изучен химический состав и свойства готового продукта. Соотношение аминокислот с разветвленной цепью в разработанном напитке близко к оптимальному для воздействия на мышечную массу, поэтому он может выполнять функции анаболического средства.

Abstract. The usage of whey protein hydrolysate as the main component for the production of a sports nutrition drink is proposed. The chemical composition and properties of the finished product were studied. The ratio of amino acids with branched chain in the developed drink was close to optimal for the effect on muscle mass, so it can have the functions of an anabolic agent.

Ключевые слова: гидролизат сывороточных белков, напиток для спортивного питания, снижение аллергенности, химический и аминокислотный состав

Key word: whey protein hydrolysate, sports nutrition drink, allergenicity reduction, chemical and amino acid composition

Необходимость в альтернативных и экономически выгодных источниках животного белка в связи с ростом численности населения в мире – это один из факторов, который является движущей силой развития новых видов продукции в молочной промышленности в настоящее время [1–4]. Молочная сыворотка – один из ценных источников животного белка, который может выполнять комплекс различных функциональных свойств и характеризуется высокой пищевой ценностью [5; 6]. Продукты питания на основе сывороточных белков могут представлять собой дополнительный источник полноценного белка в спортивном питании.

Несмотря на ситуацию на глобальном рынке, усугубившуюся в связи с пандемией, поиск вариантов совершенствования питания с применением сывороточных ингредиентов продолжается. Белковые компоненты сыворотки являются подходящей основой для создания новых продуктов питания [7; 8]. Однако основной их недостаток – это достаточно высокая аллергенность. Проведение ферментативного гидролиза сывороточных белков позволяет улучшить их функциональные свойства [9; 10].

Авторами предложено применение гидролизата сывороточных белков, полученного с помощью ферментных препаратов Flavorpro 766MDP и Promod 439L, в качестве основного компонента для производства напитка для спортивного питания. По результатам проведенных исследований была

разработана рецептура, предусматривающая также добавление тыквенного пюре, натуральных подсластителей и стабилизаторов консистенции для повышения термоустойчивости гидролизата и фиксации цвета смеси, а также эмульгатора для сохранения коллоидной стабильности системы в процессе хранения. Изучен химический состав и свойства готового продукта (таблица 1). По микробиологическим показателям исследуемый напиток соответствует допустимым значениям ГОСТ 32901-2014 (таблица 2).

Таблица 1 – Сравнительный анализ показателей качества разработанного напитка для спортивного питания и УФ-концентрата подсырной сыворотки

Наименование показателя	Напиток для спортивного питания на основе гидролизата сывороточных белков	УФ-концентрат подсырной сыворотки
Массовая доля сухих веществ, %	9,86	8,72
Массовая доля белка, %	3,45	3,28
Массовая доля жира, %	0,70	0,15
Плотность, кг/м ³	1034	1030
Активная кислотность, pH	5,96	6,10
Осмолярность, мОсм/дм ³	315,0	299,0

Таблица 2 – Микробиологические показатели напитка для спортивного питания на основе гидролизата сывороточных белков

Наименование показателя	Величина
КМАФАнМ	10 ² КОЕ/г
БГКП	не обнаружены
Дрожжи и плесени	не обнаружены

Гидролизаты белков молочной сыворотки являются ценными биологически активными соединениями, так как аминокислоты – главный источник питания для тканей, а пептиды принимают участие в синтезе аминокислот, выполняют важную роль в обменных процессах и являются иммуномодуляторами. Проведена сравнительная оценка содержания аминокислот в исследуемом напитке для спортивного питания и контрольного образца – УФ-концентрата подсырной сыворотки (рисунок 1). Установлено, что соотношение аминокислот с разветвленной цепью в разработанном продукте близко к оптимальному для воздействия на мышечную массу (лейцин : изолейцин : валин = 2,15:1,06:1,00). Следовательно, он может выполнять функции анаболического средства, способствующего ускорению синтеза белка в мышечной ткани.

Технологическая схема получения готового продукта для спортивного питания предусматривает смешивание компонентов в соответствии с разра-

ботанной рецептурой, пастеризацию, охлаждение и розлив, а также применение серийно выпускаемого оборудования. Реализация данной технологической схемы позволит расширить ассортимент напитков для спортивного питания, в том числе с применением импортозамещающих технологий; максимально использовать нутриенты молочного сырья и получить многокомпонентный продукт повышенной биологической ценности со сниженной аллергенностью.

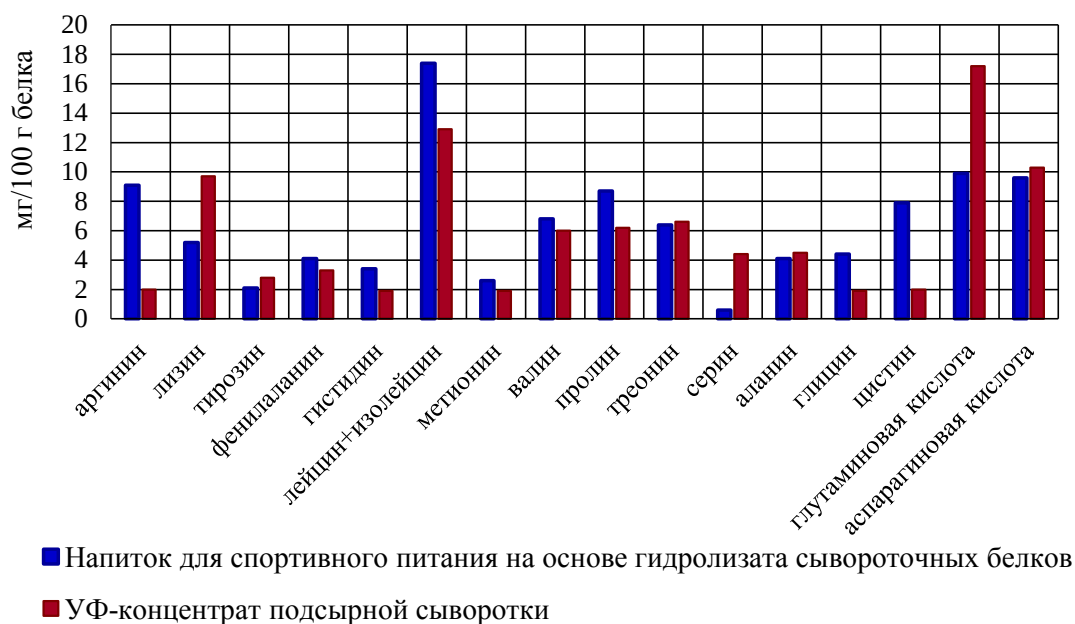


Рисунок 1 – Сравнительный анализ аминокислотного состава образцов

Работа осуществлялась в рамках гранта Президента РФ на 2020–2021 гг. для молодых ученых – кандидатов наук, соглашение № 075-15-2020-322 (МК-1267.2020.11).

Библиографический список

1. Махровский В. В., Евдокимов И. А., Дыкало Н. Я., Анисимов Г. С. Проектирование сырьевых композиций со сбалансированным аминокислотным составом // Молочная промышленность. 2015. № 5. С. 30–31. EDN: RSQCPS.
2. Просеков А. Ю. Ретроспективы голода: уроки прошлого и вызовы будущего // Техника и технология пищевых производств. 2017. № 4 (47). С. 5–20. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2017-4-5-20>. EDN: VZJRXF.
3. Кондратьева Н. А., Глотова И. А. Перспективы разработки белоксодержащих корректоров структуры питания: анализ ассортимента и пищевой ценности протеиновых коктейлей // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2020. № 2 (15). С. 39–47. EDN: YPTNTX.

4. Danilchuk T. N., Ganina V. I. Prospects of using extremely low doses of physical factors impact in food biotechnology // *Foods and Raw Materials*. 2018. Vol. 6, Iss. 2. P. 305–313. DOI: <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-305-313>. EDN: YTJKLR.
5. Володин Д. Н., Золоторева М. С., Топалов В. К., Евдокимов И. А. [и др.]. Переработка молочной сыворотки: понятная стратегия, реальные технологии, адекватные инвестиции, востребованные продукты // *Молочная промышленность*. 2015. № 5. С. 36–41. EDN: TRUUNB.
6. Turovskaya S. N., Galstyan A. G., Petrov A. N., Radaeva I. A. [et al.]. Scientific and practical potential of dairy products for special purposes // *Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геологии и технических наук*. 2018. Vol. 6, Iss. 432. P. 16–22. DOI: <http://doi.org/10.32014/2018.2518-170X.31>. EDN: YUGNZJ.
7. Тихомирова Н. А. Специализированная пищевая продукция: качество и безопасность // *Молочная промышленность*. 2017. № 6. С. 38–42. EDN: YULXCT.
8. Мельникова Е. И., Богданова Е. В., Корнеева М. М. Подсластитель из якона для низкокалорийного мороженого // *Молочная промышленность*. 2009. № 7. С. 68–69. EDN: RHIURZ.
9. Halavach T. N., Kurchenko V. P., Zhyganko V. G., Evdokimov I. A. Determination of physicochemical, immunochemical and antioxidant properties, toxicological and hygienic assessment of whey protein concentrate and its hydrolysate // *Foods and Raw Materials*. 2015. Vol. 3, Iss. 2. P. 105–114. DOI: <http://doi.org/10.12737/13127>. EDN: ULRAVF.
10. Коржов Р. П., Пономарёв А. Н., Мельникова Е. И., Богданова Е. В. Подбор заквасочных культур для кефирного продукта со сниженной аллергенностью // *Молочная промышленность*. 2015. № 4. С. 30–31. EDN: TPNLDN.
11. Halavach T. N., Kurchenko V. P., Zhygankov V. G., Evdokimov I. A. Determination of physicochemical, immunochemical and antioxidant properties, toxicological and hygienic assessment of whey protein concentrate and its hydrolysate // *Foods and Raw Materials*. 2015. Vol. 3, No 2. P. 105 – 114. DOI: <https://doi.org/10.12737/13127>. EDN: ULRAVF.
12. Коржов Р. П., Пономарёв А. Н., Мельникова Е. И., Богданова Е. В. Подбор заквасочных культур для кефирного продукта со сниженной аллергенностью // *Молочная промышленность*. 2015. № 4. С. 30–31. EDN: TPNLDN.

Использование пюре ревеня в технологии пастильного кондитерского изделия

Овчинникова Е. Е., Чугунова О. В. (г. Екатеринбург, ФГБОУ ВО "Уральский государственный экономический университет",
e-mail: e9122659555@gmail.com)

Аннотация. В статье представлен новый подход в изготовлении пастильного кондитерского изделия путем внесения растительного сырья с повышенным содержанием пищевых волокон – пюре из черешков ревеня. Описывается химический состав ревеня и технология изготовления такого пастильного кондитерского изделия, как зефир.

Abstract. The article presents a new approach to the manufacture of pastille confectionery by introducing vegetable raw materials with a high content of dietary fiber – fruit puree from rhubarb stalks. The chemical composition of rhubarb and the technology of manufacturing such pastille confectionery as marshmallows are described.

Ключевые слова: растительное сырье, пюре ревеня, технология изготовления зефира

Key words: vegetable raw materials, rhubarb puree, marshmallow-manufacturing technology

Важнейшей задачей государства является здоровьесбережение населения, для чего в РФ определены государственные механизмы регулирования потребительского рынка здорового питания, иницируется разработка технических решений, направленных на сохранение здоровья.

Состояние фактического питания населения Российской Федерации находится под контролем государства. Результаты мониторинга потребления основных продуктов питания показывают, что проблема отсутствия сбалансированного, полноценного питания характерна для всех категорий населения нашей страны, проживающих по всей ее территории. Особую роль в питании населения в подобных ситуациях приобретают продукты, в том числе плодово-ягодное пюре, полученные на основе использования региональных природных ресурсов, пригодные для массового употребления, восполняющие потребность организма человека в питательных веществах и энергии, необходимых для полноценной жизнедеятельности.

Растительная пища – это важнейший источник биологически активных веществ с повышенным содержанием пищевых волокон, и ведущая роль в сбалансированном питании человека отводится потреблению именно растительного сырья. Чем выше уровень его потребления, тем более сбалансирован рацион питания, тем эффективнее защищен организм человека от вредного воздействия внешней агрессивной среды [1]. Поэтому одной из основных задач в реализации концепции государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации [2] является включение рас-

тительного сырья, источника функциональных биологически активных веществ, в повседневный рацион человека.

Свежая плодоовощная продукция в значительных количествах содержит пищевые волокна, которые адсорбируют и выводят из организма радионуклиды и снижают содержание холестерина. Овощи также являются ценнейшим источником минеральных веществ и в отличие от мясных и молочных продуктов имеют преимущественно щелочную реакцию, и их присутствие в питании устанавливает оптимальный кислотно-щелочной баланс в крови и тканях человека.

Научные исследования показали, что при обычном для современного человека рационе питания организм недополучает 40–60 % требуемого количества витаминов и биологически значимых макро- и микроэлементов [3]. В настоящий момент актуально уделить большое внимание использованию альтернативных или натуральных источников сырья, способных обогащать продукты массового потребления необходимым для организма человека витаминами и нутриентами.

К числу такого растительного сырья следует отнести ревень *Rheum L.* Этот десертный овощ является источником биологически активных веществ, в особенности витаминов, микро-и макроэлементов, которые содержатся в легкоусвояемой форме и оптимальных для организма человека соотношениях [4]. Так, в соответствии с данными, приведенными в таблице 1, на 100 г в черешках ревеня содержится, г: белки – 0,7; углеводы – 2,9; клетчатка, зольные вещества и органические кислоты (яблочная) – 1,0; минеральные вещества и витамины, мг/100 г: К – 325; Са – 44; Na – 35; Р – 25; Mg – 17; Fe – 0,6; β-каротин – 0,06; витамин С – 10; органические кислоты – яблочная, лимонная 1,58 – 2,6 %, щавелевая 0,14 – 0,25 %.

Таблица 1 – Химический состав ревеня *Reum L.* [5]

Наименование	Содержание	
	Черешки	Листья
Витамины, мг/100 г		
Витамин С	10,0 – 24,0	8,0 – 14,0
β-каротин	0,06 – 1,1	0,4 – 0,8
Минеральные вещества, мкг		
К	288 – 325	215 – 268
Са	44,0 – 86,0	36,0 – 58,0
Na	2,0 – 4,0	2,0 – 4,8
Р	14,1 – 25,0	12,0 – 18,5
Mg	12,0 – 17,0	10,0 – 15,2
Fe	0,2 – 0,6	0,2 – 0,5

Окончание табл. 1

Наименование	Содержание	
	Черешки	Листья
Органические кислоты, %		
Яблочная, лимонная	1,58 – 2,60	1,2 – 2,8
щавелевая	0,14 – 0,25	0,2 – 0,3

В Уральском регионе ревень до недавнего времени являлся исключительно сезонным продуктом, но современные способы и методики консервации позволяют на сегодняшний день сохранить уникальное полезное растительное сырье с яркими вкусовыми характеристиками в форме фруктового пюре в течение всего года. Так, примером использования фруктового пюре из ревеня на протяжении всего календарного года стало внесение пюре ревеня в кисломолочную продукцию предприятия ООО "Талицкие молочные фермы".

Исходя из вышесказанного, перед предприятиями пищевой промышленности стоит цель производить продукцию, которая будет соответствовать законодательным и нормативным актам, а также удовлетворять и превосходить ожидания потребителей.

Пастильные изделия, в том числе зефир, обладают высокой энергетической ценностью, но зачастую не сбалансированы по составу. В состав зефира входит яичный белок, пектин и сахар. Традиционно, в производстве зефира используют яблочное пюре, но в последнее время растет спрос на новые вкусы и сочетания с уклоном на здоровое питание.

Технологически при производстве пастилы отливной (зефира) изготовление изделий складывается из нескольких стадий и при приготовлении яблочно-сахарной смеси будет вполне допустимо введение пюре ревеня наряду с яблочным пюре или с его небольшой долей.

Основными технологическими стадиями производства зефира являются: подготовка сырья, приготовление агаро-сахарного сиропа, приготовление сбивной массы, отсадка сбивной массы на силиконизированные коврики или пекарскую бумагу, обсыпка изделий сахарной пудрой.

Сырье и полуфабрикаты к производству готовят в соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой продукции", "Технологическими инструкциями по производству мармеладно-пастильных изделий, драже и халвы" (ЦНИИТЭН "Пищепром", 1972 г.).

После подготовки необходимого сырья приступают к приготовлению агаро-сахарного сиропа. Сироп готовят по классической технологии, смешивая сахар с водой и агар-агаром в металлическом сотейнике с толстым дном. После того, как агар-агар и сахар полностью растворятся, температуру нагрева увеличивают до 110 °С и уваривают сироп. Готовый сироп выливают в фруктовую смесь и сбивают полученную зефирную массу.

Приготовление зефирной массы осуществляют в планетарном миксере, например, фирмы "Kenwood". Агаро-сахарный сироп выливается тонкой струйкой в металлическую дежу планетарного миксера, в которой на максимальной скорости взбивается фруктово-белковая собирательная смесь (ягодное пюре из ревеня и яблока, раствор яичного белка с массовой долей сухих веществ 15 %). Проходя через венчик, полученная смесь сбивается и насыщается сжатым воздухом. Готовую массу при температуре 54 ± 1 °С и плотностью 580 ± 25 кг/м³ вынимают из дежи и перекладывают в кондитерский мешок.

Формование зефирной массы осуществляют методом "отсаживания" на силиконизированный кондитерский коврик при помощи кондитерского мешка и насадки "закрытая звездочка" в виде куполообразной круглой заготовки диаметром 7 см (рисунок 1).



Рисунок 1 – Внешний вид изделия после отсадки

Для структурообразования зефирной массы, зефир выстаивают в помещении цеха в течение 23–24 ч, при температуре 27–34 °С и относительной влажности воздуха (55 ± 5) %.

Обсыпка зефира сахарной пудрой производится после полного высыхания половинок. Их склеивают вручную, обсыпают и упаковывают, либо реализуют на производстве сразу после высыхания.

Свежеприготовленные изделия обладает ярко выраженным вкусом, свойственным данному наименованию изделия, равномерной мелкопористой структурой. Форма зефира без деформаций. Поверхность равномерно обсыпана сахарной пудрой.

Библиографический список

1. Медеяева А. Ю., Бухаров А. Ф., Трунов Ю. В. Сортимент овощных культур для создания продуктов питания функционального назначения. Мичуринск : Изд-во Мичуринского ГАУ, 2020. 159 с. EDN: LRMDGR.
2. Тутельян В. А., Спиричев В. Б., Суханов Б. П., Кудашева В. А. Микронутриенты в питании здорового и больного человека. М. : Колос, 2002. 424 с. EDN: SBNRSR.
3. ГОСТ Р 52349–2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. Foodstuffs. Functional foods. Terms and definitions. М. : Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2005. 8 с.
4. Коршенко Л. О., Долгова Т. Г., Медведева Е. В., Филонова О. В. Оценка химического состава и технологических свойств листьев ревеня как нового ингредиента пищевых продуктов с функциональными свойствами // Тихоокеанский медицинский журнал. 2009. № 1 (35). С. 97–99. EDN: KPYTQZ.
5. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. М. : ДеЛи принт, 2002. 236 с.

Анализ изменения технологических потерь при низкотемпературных режимах приготовления куриного филе

Степнева Е. В., Чугунова О. В. (г. Екатеринбург, ФГБОУ ВО "Уральский государственный экономический университет",
e-mail: Ekaterina.foxes@gmail.com)

Аннотация. В статье представлен анализ различных тепловых низкотемпературных режимов и зависимости массы приготовления кулинарных изделий на примере куриного филе. Проведено сравнение с традиционным способом приготовления. Произведен расчет макронутриентов для изделий и аминокислотного сгора, дана оценка результатов.

Abstract. The article presents an analysis of various low-temperature thermal modes and the dependence of the mass of cooking culinary products on the example of chicken fillet. Comparison with the traditional cooking method is made. The calculation of macronutrients for products and amino acid scoring was made, the results were assessed.

Ключевые слова: низкотемпературные режимы приготовления, sous-vide, куриное филе, аминокислотный сгор, макронутриенты

Key words: low-temperature cooking modes, sous-vide, chicken fillet, amino acid speed, macronutrients

В современной России набирает обороты тренд на здоровое осознанное питание. Все большее количество людей начинают задумываться о качестве пищи, которую они потребляют, какие макро- и микронутриенты она содержит, какое влияние на организм она может оказать. Люди отказываются от фастфуда в пользу более традиционных блюд, но также есть методы приготовления, которые сохраняют большее количество пищевых компонентов в сравнении с традиционными методами. Ярким представителем такого метода является технология sous-vide.

Низкотемпературная термическая обработка предусматривает, что температура варочной среды составляет 47–80 °С. Под понятием низкотемпературной обработки сырья понимается процесс нагрева в воде в среде ненасыщенного пара, завершение готовности продукта и формирование органолептических показателей [1].

В 1989 году определение длительной низкотемпературной обработки мясных продуктов было дано ученым Hrdina-Dubsky D. L. Низкотемпературная обработка – это процесс нагрева сырья в воде или в среде насыщенного пара до температуры внутри продукта от 47 до 80 °С продолжительностью от 30 минут до 24 часов, в зависимости от физических и химических компонентов сырья [2].

Приготовление пищевых продуктов при использовании низкотемпературной обработки сырья получило стремительное развитие на потребительском рынке. Технология sous-vide является предпосылкой для увеличения доли мясных полуфабрикатов с минимальными затратами и режимом приготовления [3–5].

Проведены исследования потерь при тепловой обработке куриного филе (торговой марки "Троекурово") для различных форм нарезки: кубик (0,7×0,7 см), крупная соломка (1,5×0,5×0,2 см) и фарш (0,1 см). Температурные режимы были выбраны от 60 до 100 °С [4; 5]. Технологические потери массы куриного филе приведены на рисунках 1–3.

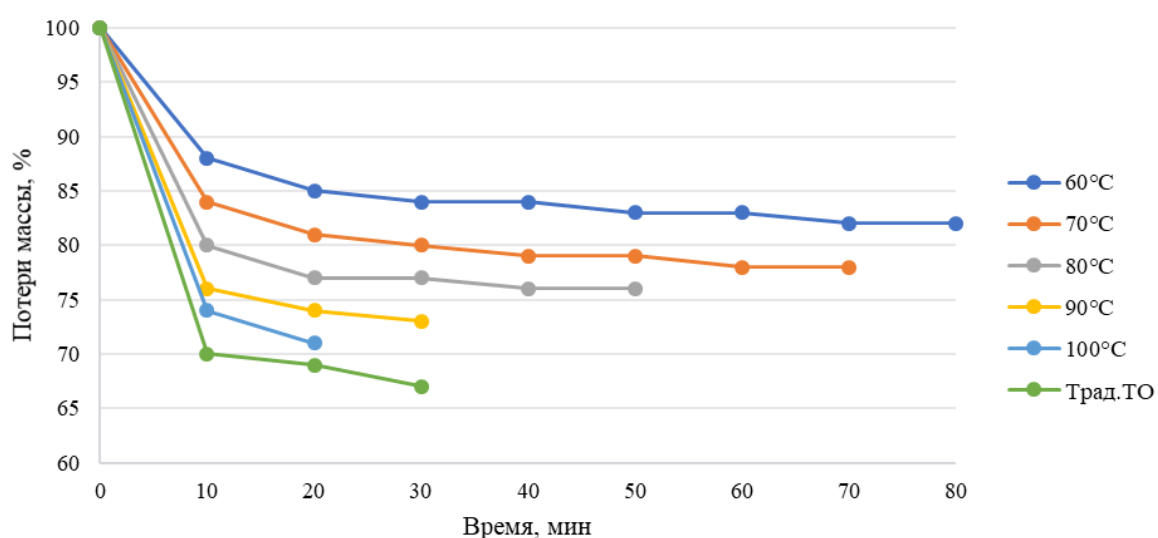


Рисунок 1 – Зависимость изменения массы куриного филе от продолжительности при различной температуре тепловой обработки при нарезке фарш

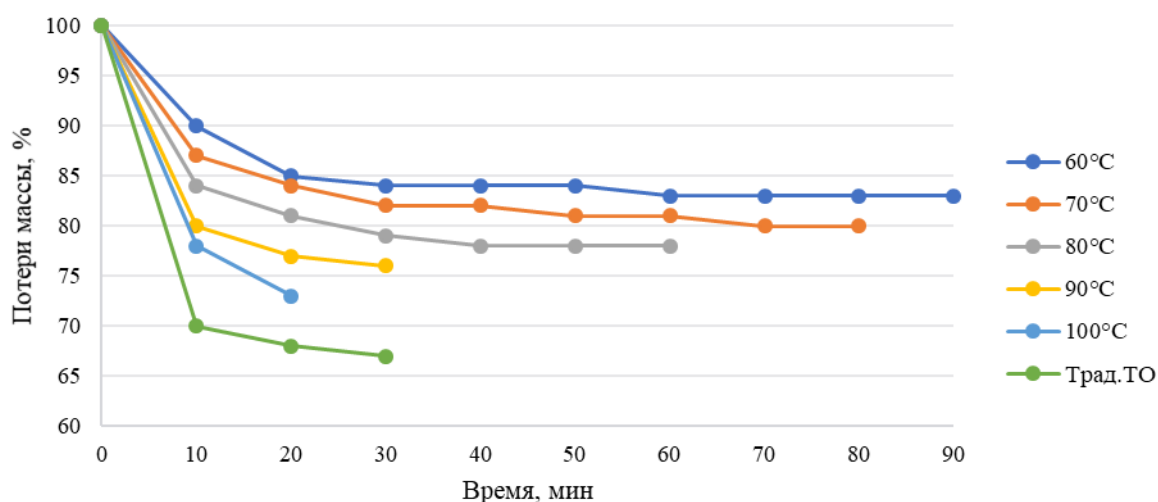


Рисунок 2 – Зависимость изменения массы куриного филе от продолжительности при различной температуре тепловой обработки при нарезке кубик

Установлено, что потери массы зависят от формы сырья, а также от параметров температурного режима при sous-vide обработке: от 19,0–28,0 % (60 °С; 100 °С) – для фарша; от 17,0–26,5 % (60 °С; 100 °С) – для кубика; от 13,5–24,5 % (60 °С; 100 °С) – для крупной соломки. При этом потери массы куриного филе различной формы при обработке традиционным способом составляют 30,0–33,0 %.

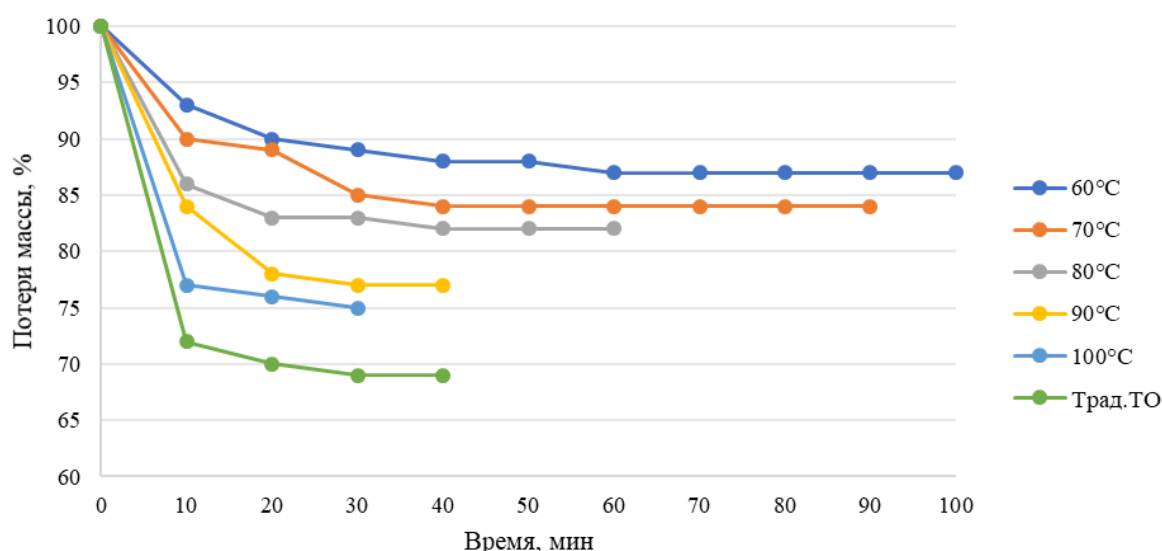


Рисунок 3– Зависимость изменения массы куриного филе от продолжительности при различной температуре тепловой обработки при нарезке соломка

Исследования в области низкотемпературной обработки мяса птицы позволяют судить о том, что данная технология является достаточно перспективной и оказывает положительное воздействие на характеристики изготавливаемой продукции.

Анализ применения технологии низкотемпературной обработки методом sous-vide показал, что процесс варки при низких температурах обеспечивает равномерную температуру прогревания продукта, тем самым разрушаются клеточные мембраны продукта.

Было установлено, что денатурационные изменения белков, протекающие при данном технологическом процессе, напрямую влияют на характеристики мясопродуктов, а именно пищевую и биологическую ценность, функционально-технологические и структурно-механические характеристики сырья. Были отмечены улучшения органолептических свойств готовой продукции и увеличение сроков хранения, уменьшение потерь в ходе тепловой обработки. Организация производства на предприятии питания с помощью технологии sous-vide поможет оптимизировать процесс приготовления.

Библиографический список

1. Хайруллин М. Ф., Коваль Е. А., Левицкая И. Ю., Гаджиев М. Г. [и др.]. Разработка технологии приготовления полуфабрикатов из свинины с применением низкотемпературной обработки // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. Т. 81, № 2. С. 250–256. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-250-256>. EDN: OPHTSZ.
2. Су вид, низкотемпературная кухня. URL: https://chefs-academy.com/sous_vide.
3. Родионова Н. С., Попов Е. С., Гончаров Р. О., Галицкий В. В. Инновационные технологии тепловой обработки полуфабриката из свинины с применением низкотемпературного режима // Сервис в России и за рубежом. 2013. № 5(43). С. 48–54. EDN: QACNZX.
4. Родионова Н. С., Попов Е. С. Sous-vide обработка мелкокусковых полуфабрикатов из мяса говядины: режимы и показатели качества // Пищевая промышленность. 2015. № 10. С. 32–34. EDN: ULVWRX.
5. Ряшко Г. М. Технология низкотемпературного приготовления продуктов питания на предприятиях ресторанного хозяйства // Харчова наука і технологія. 2013. № 1(22). С. 77–80. EDN: XIKVFR.

**УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ
ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ФЛОТА,
СУДОСТРОЕНИЯ И СУДОРЕМОНТА**

Сравнение значений $\tan\delta$ состаренных судовых кабелей

Власов А. Б., Бувев С. А. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электрооборудования судов, e-mail: buevsa@mstu.edu.ru)

Аннотация. Совершенствование материалов, которые применяются для изоляции судовых кабелей, приводит к увеличению срок их службы, уменьшению числа аварий. Однако по статистике на судах рыбопромыслового флота 15 % от всех аварийных случаев, связанных с электрооборудованием, приходится на кабельную сеть судна. Подобные данные свидетельствуют о недостаточной работе, направленной на выявление дефектов в изоляции кабелей. Настоящее исследование посвящено изучению параметра тангенс угла диэлектрических потерь и получение на его основе диагностической информации о состоянии кабеля.

Abstract. Improvement of materials used for insulation of ship cables, leads to an increase in their service life, a decrease in the number of accidents. However, according to statistics on the vessels of the fishing fleet, a quarter of all accidents related to electrical equipment fall on the cable network of the vessel. Such data indicate insufficient work aimed at identifying defects in cable insulation. The present research is devoted to the study of the electrical tangent of the angle of die loss, and obtaining on its basis diagnostic information about the state of the cable.

Ключевые слова: диагностика, изоляция из сшитого полиэтилена, тангенс угла диэлектрических потерь, количественная термография

Key words: diagnostics, XLPE insulation, loss tangent, quantitative thermography

По статистике, собранной на рыбопромысловых судах Северного бассейна за 29 лет, 20 % случаев возникновения пожаров на судах вызвано авариями в электроустановках. При этом 15 % от числа этих аварий связано с дефектами в кабельной сети судна [1].

Подобная статистика свидетельствует о недостаточной работе, направленной на выявление дефектов в изоляции кабелей. Существующие методы диагностики в основе своей относятся к разрушающим методам контроля.

В настоящее время на современные морские суда устанавливаются кабельные линии с изоляцией из сшитого полиэтилена или этиленпропиленовой резины. Перспективы кабелей из сшитого полиэтилена были известны ещё в 80-х годах прошлого века. Однако промышленное производство данных кабелей в России началось сравнительно недавно. Данные кабели приходят на смену масло- и газонаполненным кабелям.

В процессе эксплуатации в изоляции из сшитого полиэтилена могут возникать проводящие каналы – дендриты или триинги (древовидные образования). По виду происхождения выделяют три типа дендритов: дендриты

электрического происхождения, водные триинги и дендриты химического происхождения.

При воздействии переменного и очень высоких значений импульсного напряжения развиваются триинги электрического происхождения. Электрические триинги – это процесс накопления в полимерном материале древовидных нарушений, связанных с воздействием на диэлектрики ионизационных процессов при длительном электрическом старении кабеля [2; 3]. Химическое древообразование – явление, связанное с накоплением в объеме изоляции кристаллических продуктов химических реакций, протекающих между кислотами и металлической жилой.

При проникновении влаги в изоляцию кабеля развиваются водные триинги. Данный процесс может возникать в результате повреждения оболочки кабеля, а также вследствие процесса диффузии через оболочку из полиэтилена. Дальнейшее развитие дефекта связано с действием электростатических сил на молекулы влаги.

При развитии водных триингов происходит значительное уменьшение сопротивления изоляции, что в итоге приводит к пробое, поэтому разработка методов по диагностированию подобных дефектов является востребованной и актуальной задачей.

Современные производители кабелей применяют нанокompозиты на базе полиэтилена для совершенствования характеристик изоляции. Применение нанокompозитов позволяет улучшить термомеханические и электрические свойства изоляции и повысить экономические характеристики [4].

Для кабелей переменного тока и их соединений полимерные композитные материалы должны демонстрировать среди прочего низкую электропроводность, индивидуальную диэлектрическую проницаемость и низкий коэффициент потерь, высокую диэлектрическую прочность на пробой, сопротивление частичному разряду, отсутствие электрических и электрохимических триингов, стабильность при более высоких рабочих температурах и т. д. На высоковольтных линиях постоянного тока изоляционные материалы должны отвечать двум дополнительным важным требованиям: 1) малые изменения электропроводности при различной температуре и напряженности электрического поля и 2) малый объем накопления заряда [5].

В процессе эксплуатации в изоляции кабеля происходят изменения, накапливаются дефекты, появляются трещины, разрушается шланговая изоляция и изоляции жилы.

Для наблюдения за изменениями параметров изоляции в процессе старения, применяется метод ускоренного теплового старения, когда кабель помещается в термостат с температурой, превышающей температуру эксплуатации, на длительное время.

В настоящей работе два кабеля: судовой кабель с резиновой изоляцией КНРЭ 2×1 и кабель с изоляцией жил из сшитого полиэтилена ПвБПнг(А)-HF 5×35 были подвержены тепловому воздействию в течение 3000 часов.

В ходе исследования кабели помещались в термостат с температурой 120 °С. Для оценки изменения параметров изоляции с течением времени, кабели вынимались из термостата, выдерживались при температуре (20–22 °С); затем проводились измерения тангенса угла диэлектрических потерь помещением прибором Тангенс-2000 (изготовлен Пензенским научно-исследовательским институтом электронно-механических приборов). Результаты испытаний представлены на рисунке 1.

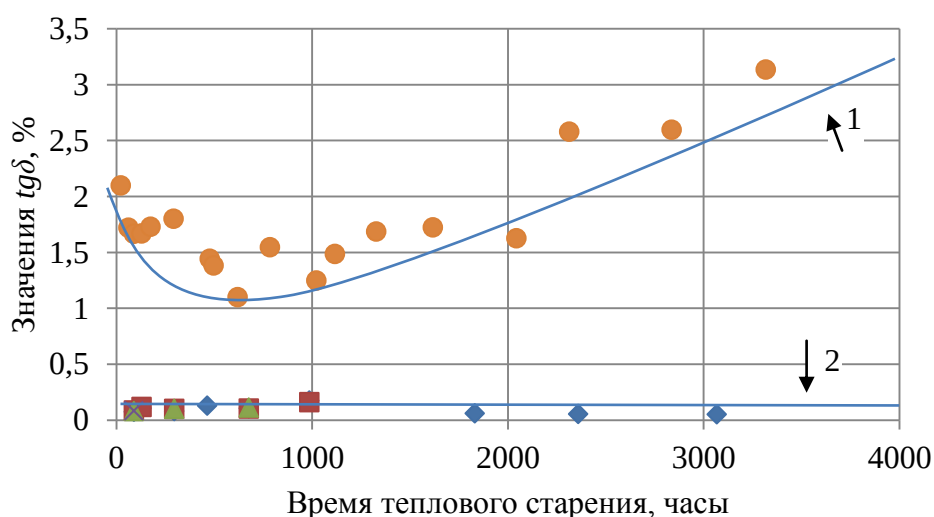


Рисунок 1 – Значения $tg\delta$ изоляции кабеля. 1: КНРЭ 2×1, 2: кабель ПвБПнг(А)-HF

Полученные данные демонстрируют, что тангенс угла диэлектрических потерь изоляции XLPE-кабеля изменяется незначительно (в пределах 0,1 %) на протяжении всего периода наблюдений. Значения $tg\delta$ изоляции кабеля КНРЭ стремительно увеличиваются после 2 000 часов наблюдений. По характеру полученных данных можно предположить экспоненциальную корреляционную зависимость между $tg\delta$ и временем термического старения кабеля КНРЭ.

Проведенные исследования показали, что XLPE-кабель сохраняет свои характеристики при температуре 120 °С в течение длительного времени, что

свидетельствует о хорошей стойкости изоляции к повышенным температурам, поэтому XLPE-кабель может сохранять свои свойства при аномальном локальном температурном перегреве.

На основании проведенных исследований можно сказать, что метод диагностирования судовых кабелей посредством измерения параметров его изоляции, а именно контроля значений тангенса угла диэлектрических потерь и емкости, может применяться при аудите судового оборудования.

Однако целесообразным является как увеличение диагностических параметров, так и применение различных методов для получения более точного и достоверного заключения о состоянии кабельных линий.

Перспективным является применение метода количественной термографии [6]. Данный способ аудита электрооборудования применяется на объектах электроэнергетики. Однако большое разнообразие судового оборудования, труднодоступность кабельных линий для проведения съемки и получения термограмм, отсутствие критериев оценки в настоящее время требует дополнительных исследований.

Использование тепловизионной диагностики особенно актуально на судах с высоковольтными комплектно распределительными устройствами. Так как доступ к подобному оборудованию ограничен, в связи с чем целесообразно устанавливать внутрь ячеек дистанционные устройства для непрерывного контроля теплового состояния электрического оборудования [7; 8].

Библиографический список

1. Власов А. Б., Подобед Н. Е., Подобед В. А. Профилактика чрезвычайных ситуаций в электроустановках морских объектов методом тепловизионной диагностики // Труды Крыловского государственного научного центра. 2020. Вып. № 2. С. 172–176. DOI: <https://doi.org/10.24937/2542-2324-2020-2-S-I-172-176>.
2. Ларина Э. Т. Силовые кабели и высоковольтные кабельные линии. М. : Энергоатомиздат, 1996. 464 с.
3. Власов А. Б. Старение неполярных полимерных диэлектриков при одновременном воздействии переменного электрического напряжения и электролитов : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.09.02. М., 1980. 19 с.
4. Грешняков Г. В. Комплексная оценка технических и эксплуатационных характеристик XLPE – кабельных систем среднего и высокого напряжения : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.09.02. СПб., 2018. 31 с.

5. Plesa I., Nottingher P. V., Stancu C., Wiesbrock F. [et al.]. Polyethylene Nanocomposites for Power Cable Insulations / Polymers. 2019. Vol. 11, Iss. 1. Article number: 24. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym11010024>.
6. Власов А. Б. Модели и методы термографической диагностики объектов энергетики. М. : Колос, 2006. 280 с.
7. Устройство для непрерывного контроля теплового состояния электрического оборудования : пат № 196894 Рос. Федерация / Власов А. Б., Ерещенко В. В., Ерещенко В. В. № 2019133421/28 ; заявл. 21.10.2019 ; опубл. 19.03.2020.
8. Власов А. Б., Аллюяров К. Б. Особенности реализации метода количественной термографической диагностики при внедрении цифровых технологий // Вестник МГТУ. 2019. Т. 22, № 4. С. 484–495. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2019-22-4-484-495>. EDN: IFCZGZ.

Разработка проекта разноглубинного трала для вылова ряпушки (*Coregonus albula*) в озере Виштынецкое

Недоступ А. А., Ражев А. О. (г. Калининград, ФГБОУ ВО "Калининградский государственный технический университет", кафедра промышленного рыболовства, e-mail: nedostup@klgtu.ru)

Аннотация. В статье приводится методика проектирования разноглубинного трала для вылова ряпушки (*Coregonus albula*) в озере Виштынецкое с учетом правил рыболовства для Северного и Западного рыбохозяйственных бассейнов (рыболовство в научных целях), а также с учетом мощностей двух соединенных между собой (в катамаран) моторных лодок: Ока-4 (мотор мощностью 25 л/с или 18,3 кВт). Также приводятся методика и правила использования отечественных компьютерных программ "Масштабы мультифизического подобия процессов рыболовства", "Критерии мультифизического подобия процессов рыболовства" и "Система автоматизированного проектирования орудий промышленного рыболовства (САПР-ОР)" для проектирования тралов. Траловый лов ряпушки (*Coregonus albula*) в озере Виштынецкое является приоритетной задачей для Калининградской области, с точки зрения обоснования общего допустимого улова (ОДУ) для ее вылова, так как трал для лова ряпушки будет эксплуатироваться и окажет существенное приращение улова ценного вида гидробионтов.

Abstract. The article provides a methodology for designing a mid-depth trawl for catching *Coregonus albula* in Lake Vishtynetskoje, taking into account the fishing rules for the Northern and Western fishery basins (fishing for scientific purposes), as well as taking into account the capacities of two motor boats connected to each other (in a catamaran): Oka-4 (motor with a capacity of 18,3 kW). It also provides a methodology and rules for using domestic computer programs "Scales of multiphysical similarity of fishing processes", "Criteria for multiphysical similarity of fishing processes" and "Computer-aided design of commercial fishing gears (CAD-FG)" for the design of trawls. Trawl fishing for *Coregonus albula* in Lake Vishtynetskoje is a priority task for the Kaliningrad region, from the point of view of substantiating the total allowable catch for its catch, since the trawl for fishing *Coregonus albula* will be used and will significantly increase the catch of a valuable species of aquatic organisms.

Ключевые слова: проект, теория подобия, масштабы подобия, разноглубинный трал, ряпушка

Key words: design, theory of similarity, scale of similarity, midwater trawl, *Coregonus albula*

Основной задачей разработки методов и орудий рыболовства для рациональной добычи ряпушки (*Coregonus albula*) в озере Виштынецкое является обоснование тралового лова, так как трал для лова ряпушки будет эксплуатироваться и окажет существенное приращение улова ценного вида гидробионтов. Озеро Виштынецкое является самым крупным водоемом, расположенным на территории Калининградской области, в котором обитают

жилые формы сиговых – ряпушка и сиг [1]. Внушительная площадь зеркальной поверхности водоема (1,8 тыс. га), его большая глубина (54 м) со сложным рельефом дна делают данный олиготрофный водоем уникальным по своей природе. В 70–80 годы прошлого столетия европейская ряпушка (далее ряпушка) была основным объектом промысла, уловы данного вида достигали 28 т [2–5]. Размерами достигает 13–20 см, максимальная величина – до 35 см. Однако с начала 90-х годов наблюдалось резкое снижение уловов, обусловленное, прежде всего, социально-экономическими причинами. Несмотря на возрождение промысла на озере и предпринимаемые попытки увеличения вылова ряпушки, ее уловы оказались на порядок ниже по сравнению с периодом интенсивного рыболовства. Ряпушка водится преимущественно в озерах, реже попадает в реки, но также ловится в Ботническом и Финском заливах Балтийского моря. Предпочитает чистое песчаное или глинистое дно, держится в озерах преимущественно на глубине, избегая очень теплой воды. Пища ряпушки состоит преимущественно из мелких ракообразных (дафний, циклопов и др.), за которыми ряпушка часто выходит стаями на малую глубину. На рисунке 1 изображены эхозаписи распространения ряпушки (*Coregonus albula*) в озере Виштынецкое в июле 2012 года [5].

По правилам рыболовства (далее правила) для Западного рыбохозяйственного бассейна (приказ Минсельхоза от 21 октября 2020 г. № 620) ряпушку на озере можно вылавливать ставными сетями (п. 19). В соответствии с п. 19.3 данных правил к видам запретных орудий и способов добычи (вылова) водных биоресурсов относятся тралы и другие тралящие орудия добычи (вылова). Вылов тралом возможен только для исследовательских (научных) целей, для учетных съемок и обоснования ОДУ. При этом согласно п. 20 правил в Ладожском и Чудском озерах тралами запрещено вылавливать ряпушку только в прибрежных зонах, ограниченных 20-метровой изобатой, а также в шхерных районах – в течение всего года в северной части Ладожского озера; пелагические тралы повсеместно в южной части Ладожского озера, за исключением двух пелагических тралов в 3 и 4 квартале на участке к северу ограниченном прямыми линиями, соединяющими точки с соответствующими.

Полученные результаты исследований позволяют сделать вывод о необходимости интенсификации промысла ряпушки в оз. Виштынецком. Более того, введение тралового лова в рамках научных работ (наряду с гидроаку-

стическим методом) позволит использовать указанные сведения для достоверной оценки состояния популяции ряпушки и управлению ее запасами.

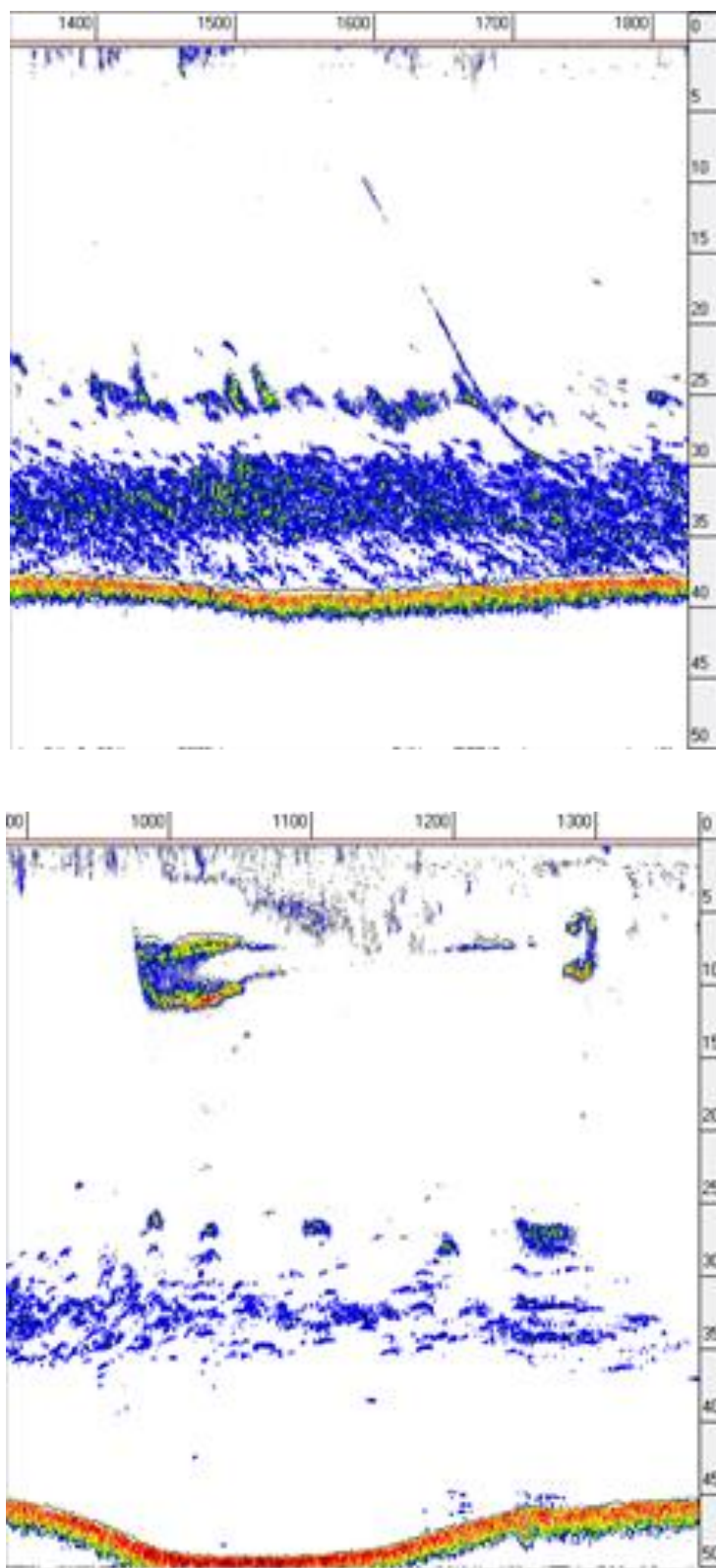


Рисунок 1 – Эхозаписи распространения ряпушки (*Coregonus albula*)
в озере Виштынецкое в июле 2012 года

На основании данных эхозаписей вертикальное раскрытие устья проектируемого разноглубинного трала должно быть в районе 8–10 м. Рыболовной единицей будут две соединенные между собой (в катамаран) моторные лодки Ока-4, мощность моторов которых составляет 25 л/с, или 18,3 кВт. Винт мотора – грузовой.

САПР орудий промышленного рыболовства является комплексом программно-технических средств, осуществляющим сквозной цикл проектирования и подготовки производства для решения задач CAD, CAM и CAE систем, а именно: трехмерного проектирования инженерных конструкций на основе канатно-веревочных изделий, решения конструкторских задач по оформлению графической и текстовой конструкторской документации в соответствии с ГОСТ на ЕСКД, технологической подготовки производства с получением на выходе данных для производственного оборудования, обеспечения инженерных расчетов и анализа с применением математического моделирования.

Согласно теории динамического подобия Недоступа А. А. [6], используя компьютерные программы "Масштабы мультифизического подобия процессов рыболовства" и "Критерии мультифизического подобия процессов рыболовства" определен диапазон масштабов геометрических характеристик натурного трала $C_l=6\div 8$ от его модели 3,3/12м с учетом конструктивных изменений в канатной части (рисунок 2).

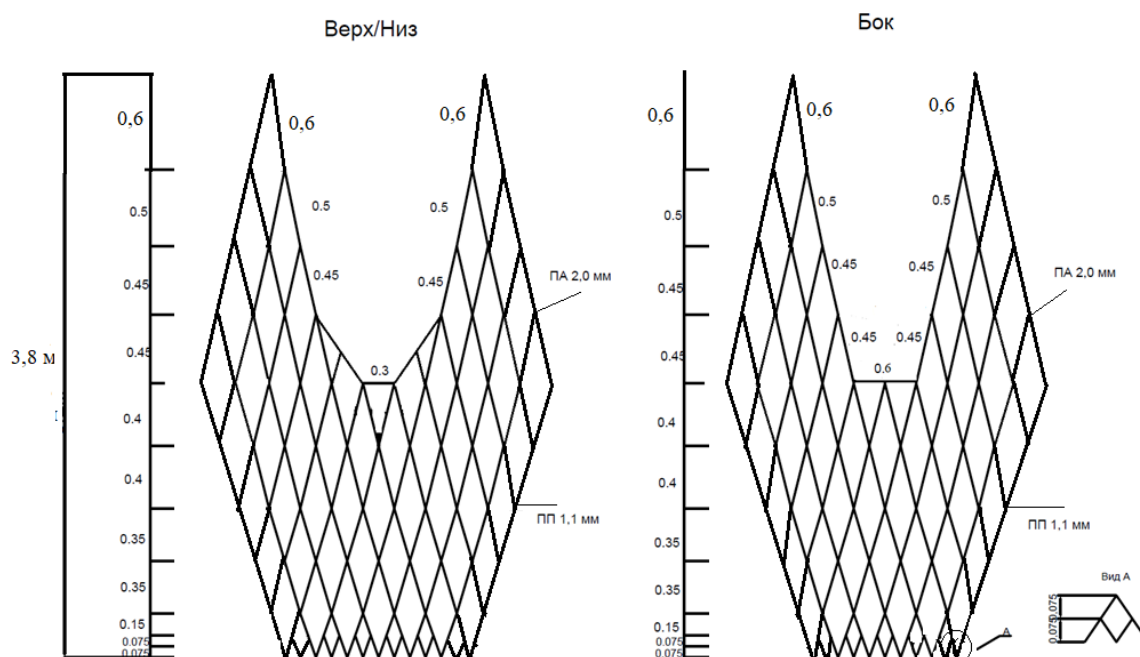


Рисунок 2 – Канатная часть модели разноглубинного трала N-MWT-m3 4,5/17м

Разработка проекта натурного разноглубинного трала сопряжена с модельными экспериментами в гидроканале ОАО "Фишеринг Сервис" (рисунок 3), а также моделирование 3D-трала в ПО "Система автоматизированного проектирования орудий промышленного рыболовства" (рисунок 4).



Рисунок 3 – Испытания модели трала 3,3/12м в гидроканале ОАО "Фишеринг Сервис"

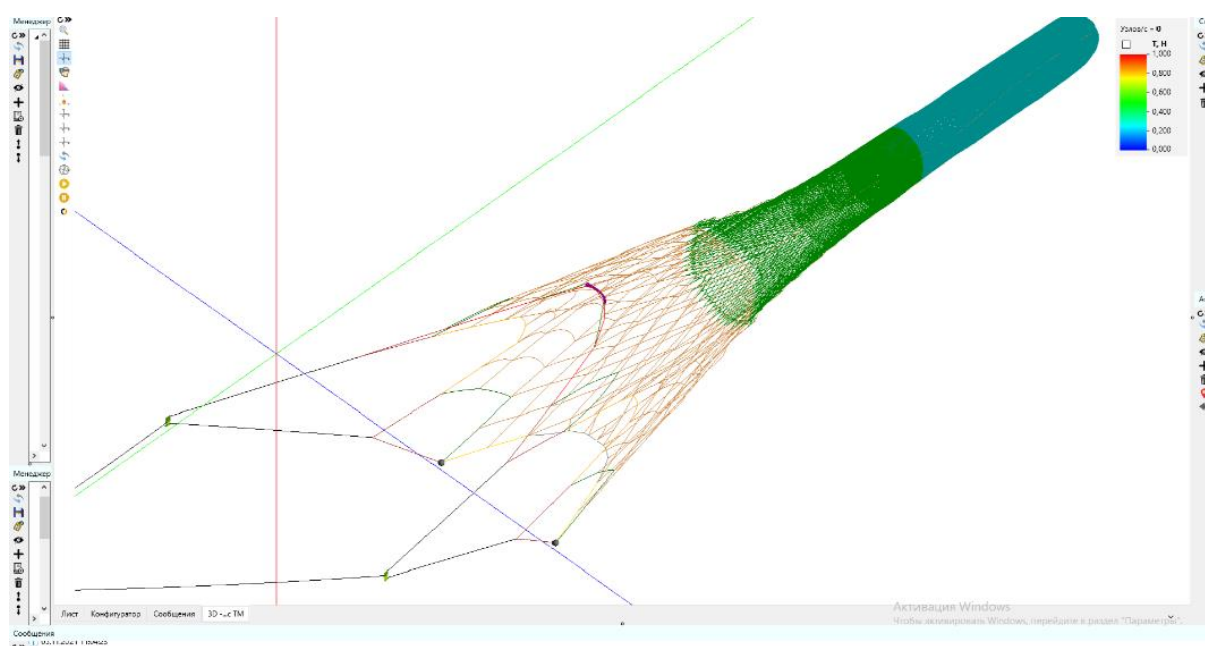


Рисунок 4 – 3D трала N-MWT-m1 3,3/12м

Дальнейшая работа по проекту разноглубинного трала для рациональной добычи ряпушки (*Coregonus albula*) в озере Виштынецкое позволит добиться минимизации расходов материалов на изготовление трала, а также минимального агрегатного сопротивления тралового комплекса.

Библиографический список

1. Озеро Виштынецкое = Vištyčio ežeras : монография / отв. ред. К. В. Тылик, С. В. Шибаев. Калининград : ИП Мишуткина И. В. 2008. 142 с.
2. Шибаев С. В., Соколов А. В., Алдушин А. В. Современное состояние популяции ряпушки (*Coregonus albula* L.) в озере Виштынецком Калининградской области // Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб : материалы седьмого междунар. научно-производственного совещания, Тюмень, 16–18 февраля 2010 г. Тюмень : Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства, 2010. С. 64–68. EDN: ZBZJIL.
3. Шибаев С. В., Алдушин А. В. Пространственно-временная динамика ихтиоценоза пелагиали оз. Виштынецкого Калининградской области // Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов : материалы докладов I Всерос. конференции с международным участием, 12–16 сентября 2011 г., Борок, Россия : в 2 т. М., 2011. Т. 2. С. 852–859.
4. Шибаев С. В., Соколов А. В. Структура донного ихтиоценоза озера Виштынецкого Калининградской области // Известия Калининградского государственного технического университета. 2014. № 32. С. 11–20. EDN: RZJINH.
5. Алдушин А. В., Шибаев С. В. Гидроакустические исследования пелагического ихтиоценоза озера Виштынецкого Калининградской области // Биология внутренних вод. 2016, № 4. С 54–63. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0320965216040033>. EDN: WYLVZV.
6. Недоступ А. А. Физическое моделирование гидродинамических процессов движения орудий рыболовства // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. 2012. № 3(19). С. 55–67. EDN: PFJAOV.

Критерии подобия физического моделирования процесса гидроподпора в траловых мешках при различных жесткостных характеристиках дели

Недоступ А. А., Ражев А. О., Коновалова К. В., Насенков П. В. (*г. Калининград, ФГБОУ ВО "Калининградский государственный технический университет", кафедра промышленного рыболовства, e-mail: nedostup@klgtu.ru*)

Аннотация. В статье приводятся критерии подобия физического моделирования процесса гидроподпора (поля скоростей водных масс) в траловых мешках при различных жесткостных характеристиках используемой дели в их конструкциях. Выполнение масштабов подобия мультифизических процессов (гидроподпор и изгибная жесткость КВИ), протекающих в траловых мешках, обеспечивается экспериментальной установкой – гидроналом ОАО "МариНПО" – ООО "Фишеринг Сервис".

Abstract. The article provides criteria for the similarity of physical modeling of the process of hydraulic support (field of velocities of water masses) in cod end with different stiffness characteristics of the used section in their designs. The implementation of the scale of the similarity of multiphysical processes (hydraulic support and bending stiffness RCP) proceeding in the cod end is provided by an experimental installation – the flume tank of MariNPO – Fishing Service.

Ключевые слова: теория подобия, масштабы подобия, физическое моделирование, траловый мешок, жесткость, канатно-веревочное изделие, КВИ

Key words: similarity theory, scales of similarity, physical modeling, trawl bag, stiffness, rope-cord product, RCP

Важным вопросом повышения уловистости разноглубинного и донного тралов является обеспечение прохождения гидробионтов внутри тралового мешка. В ряде случаев траловый мешок при накоплении в нем улова меняет свою форму (рисунок 1) с цилиндрической на "грушевидную". Эта форма (грушевидная) тралового мешка не обеспечивает повышение удержания улова, а наоборот, понижает его в массовом выражении. Причем при сужении части тралового мешка увеличивается гидроподпор, возникает эффект "горлышка у бутылки", всем знакомое из дорожного движения автотранспорта.

Поля скоростей, возникающие вблизи (внутри и снаружи) траловых мешков разноглубинных и донных тралов влияют на гидродинамическое сопротивление траловой системы, а также на их уловистость и селективность [1–12]. Для примера, при облове крыля разноглубинными тралами по традиционной схеме с выборкой тралового мешка на палубу судна для выливки улова

возникает гидродинамический подпор, который отрицательно влияет на эксплуатационные качества концевой и мотенной части трала [13; 14]. Авторы [14] указывают на то, что улов может изменяться в зависимости от размеров ячеей в траловых мешках, что безусловно соответствует действительности, но следует это отмечать при увеличении и снижении гидрподпора. Таким образом, гидрподпор или "эффект ведра" оказывает существенное влияние на уловистость трала при облове не только крыля, но и всех мезопелагических гидробионтов. Для оценки гидрподпора в траловых мешках необходимо провести экспериментальные исследования с их моделями в гидроканале ОАО "МариНПО" – ООО "Фишеринг Сервис".



Рисунок 1 – Физические модели тралового мешка с имитацией улова

Критерии подобия физического моделирования процесса гидрподпора в траловых мешках при различных жесткостных характеристиках дели приведем в таблицах 1–3. К ним относятся критерии (числа) подобия механических, гидродинамических, грунтодинамических и трибологических величин, характеризующие отношения действующих внешних и внутренних сил в делей, а также критерии (числа) подобия термодинамических величин (внутренние процессы, протекающие в делей), и критерий (число) подобия производительности сил.

Таблица 1 – Основные критерии (числа) подобия механических, гидродинамических, грунтодинамических и трибологических величин

Критерии (числа) подобия		Преобразование через масштаб C_l
Название критерия (числа)	Обозначение в индикаторном виде	
Критерий (число) Ньютона	$Ne \rightarrow \frac{C_R C_t^2}{C_m C_l}$ $Ne \rightarrow \frac{C_R}{C_\rho C_l^2 C_v^2}$	$\frac{C_l^{3/2} (C_l^{5/4})^2}{C_l^3 C_l} = 1,$ $\frac{C_l^{3/2}}{C_l^2 (C_l^{-1/4})^2} = 1$

Продолжение табл. 1

Критерии (числа) подобия		Преобразование через масштаб C_l
Название критерия (числа)	Обозначение в индикаторном виде	
Критерий (число) Эйлера	$Eu \rightarrow \frac{C_{\Delta p}}{C_p C_v^2}$	$\frac{C_l^{-1/2}}{(C_l^{-1/4})^2} = 1$
Критерий (число) Фруда	$Fr \rightarrow \frac{C_v^2}{C_g C_l}$	$\frac{(C_l^{-1/4})^2}{C_l^{-3/2} C_l} = 1,$
	$Fr \rightarrow \frac{C_v^2}{C_w C_l}$	$\frac{(C_l^{-1/4})^2}{C_l^{-3/2} C_l} = 1$
Критерий (число) Струхала	$Sh \rightarrow \frac{C_f C_l}{C_v}$	$\frac{C_l^{-5/4} C_l}{C_l^{-1/4}} = 1$
Критерий (число) Рейнольдса	$Re \rightarrow \frac{C_l C_v}{C_v}$	$\frac{C_l C_l^{-1/4}}{C_l^{3/4}} = 1$
Критерий (число) Рошко	$Rk \rightarrow \frac{C_f C_l^2}{C_v}$	$\frac{C_l^{-5/4} C_l^2}{C_l^{3/4}} = 1$
Критерий (число) Руарка	$Ru \rightarrow \frac{C_p C_v^2}{C_p}$	$\frac{(C_l^{-1/4})^2}{C_l^{-1/2}} = 1$
Критерий (число) Прандтля	$Pr \rightarrow \frac{C_v}{C_\alpha}$	$\frac{C_l^{3/4}}{C_l^{3/4}} = 1$
Критерий (число) Стокса	$Sk \rightarrow \frac{C_p C_l^2 C_v}{C_\mu C_l}$	$\frac{C_l^2 C_l^{-1/4}}{C_l^{3/4} C_l} = 1$
Критерий (число) Бринкмана	$Br \rightarrow \frac{C_\mu C_v^2}{C_\chi C_{\Delta T}}$	$\frac{C_l^{3/4} (C_l^{-1/4})^2}{C_l^{-5/4} C_l^{3/2}} = 1$
Критерий (число) Кирпичева	$Ki \rightarrow \frac{C_p C_R}{C_\mu^2}$	$\frac{C_l^{3/2}}{(C_l^{3/4})^2} = 1$
Критерий (число) Лапласа	$La \rightarrow \frac{C_\sigma C_p C_l}{C_\mu^2}$	$\frac{C_l^{1/2} C_l}{(C_l^{3/4})^2} = 1$
Критерий (число) Вебера	$We \rightarrow \frac{C_p C_l C_v^2}{C_\sigma}$	$\frac{C_l (C_l^{-1/4})^2}{C_l^{1/2}} = 1$
Критерий (число) Коши	$Ca \rightarrow \frac{C_p C_v^2}{C_{Kc}}$	$\frac{(C_l^{-1/4})^2}{C_l^{-1/2}} = 1$
Критерий (число) Эккерта	$Ec \rightarrow \frac{C_v^2}{C_c C_{\Delta T}}$	$\frac{(C_l^{-1/4})^2}{C_l^{-2} C_l^{3/2}} = 1$

Окончание табл. 1

Критерии (числа) подобия		Преобразование через масштаб C_l
Название критерия (числа)	Обозначение в индикаторном виде	
Критерий (число) Экмана	$Ek \rightarrow \frac{C_v}{C_f C_l^2}$	$\frac{C_l^{3/4}}{C_l^{-5/4} C_l^2} = 1$
Критерий в теории упругости	$Pe^l \rightarrow \frac{C_R}{C_E C_l^2}$	$\frac{C_l^{3/2}}{C_l^{-1/2} C_l^2} = 1$
Критерий твердости материала	$Pe^{HB} \rightarrow \frac{C_{HB}}{C_p}$	$\frac{C_l^{-1/2}}{C_l^{-1/2}} = 1$
Критерий процесса трения (износа) трибопар	$Pe_1^{We} \rightarrow \frac{C_v C_\mu}{C_l C_p},$ $Pe_2^{We} \rightarrow \frac{C_v C_p C_l}{C_\mu}$	$\frac{C_l^{-1/4} C_l^{3/4}}{C_l C_l^{-1/2}} = 1,$ $\frac{C_l^{-1/4} C_l}{C_l^{3/4}} = 1$

Таблица 2 – Основные критерии (числа) подобия термодинамических величин

Критерии (числа) подобия		Преобразование через масштаб C_l
Название критерия (числа)	Обозначение в индикаторном виде	
Критерий (число) Нуссельта	$Nu_l \rightarrow \frac{C_a C_l}{C_\chi}$	$\frac{C_l^{-9/4} C_l}{C_l^{-5/4}} = 1$
Критерий (число) Пекле	$Pe \rightarrow \frac{C_v C_l}{C_\alpha}$	$\frac{C_l^{-1/4} C_l}{C_l^{3/4}} = 1$
Критерий (число) Стэнтона	$St \rightarrow \frac{C_a}{C_{cp} C_p C_v}$	$\frac{C_l^{-9/4}}{C_l^{-2} C_l^{-1/4}} = 1$
Критерий (число) Био	$Bi \rightarrow \frac{C_a C_l}{C_\chi}$	$\frac{C_l^{-9/4} C_l}{C_l^{-5/4}} = 1$
Критерий (число) Льюиса	$Le \rightarrow \frac{C_\alpha}{C_{Di}}$	$\frac{C_l^{3/4}}{C_l^{3/4}} = 1$
Критерий (число) Шмидта	$Sc \rightarrow \frac{C_v}{C_{Di}}$	$\frac{C_l^{3/4}}{C_l^{3/4}} = 1$
Критерий (число) Прандтля	$Pr \rightarrow \frac{C_v}{C_\alpha}$	$\frac{C_l^{3/4}}{C_l^{3/4}} = 1$
Критерий (число) Фурье	$Fo \rightarrow \frac{C_\alpha C_t}{C_l^2}$	$\frac{C_l^{3/4} C_l^{5/4}}{C_l^2} = 1$
Критерий (число) Гей-Люссака	$Gc \rightarrow \frac{1}{C_\beta C_{\Delta T}}$	$\frac{1}{C_l^{-3/2} C_l^{3/2}} = 1$

Таблица 3 – Критерий (число) подобия производительности сил

Критерий подобия		Преобразование через масштаб C_l
Название критерия (числа)	Обозначение в индикаторном виде	
Критерий (число) производительности сил [9]	$Nd \rightarrow \frac{C_N}{C_R C_w C_t},$ $Nd \rightarrow \frac{C_N}{C_R C_v}$	$\frac{C_l^{5/4}}{C_l^{3/2} C_l^{-3/2} C_l^{5/4}} = 1,$ $\frac{C_l^{5/4}}{C_l^{3/2} C_l^{-1/4}} = 1$

В таблицах 1–3 приводятся следующие масштабы физических величин: C_l – масштаб геометрических параметров (длина, высота, ширина и др.); C_R – масштаб сил; C_t – масштаб времени; C_m – масштаб массы; C_g – масштаб ускорения свободного падения; C_w – масштаб ускорения; C_ρ – масштаб плотности; C_v – масштаб скорости; $C_{\Delta p}$ – масштаб разности давления (давления); C_f – масштаб частоты колебаний; C_v – масштаб кинематической вязкости; C_v – масштаб кинематической вязкости; C_p – масштаб давления; C_α – масштаб температуропроводности; C_μ – масштаб динамической вязкости; C_χ – масштаб теплопроводности (коэффициентов теплопроводности или удельной теплопроводности); $C_{\Delta T}$ – масштаб разности конечной и начальной температур; C_σ – масштаб поверхностного натяжения; C_{Kc} – масштаб объёмных модулей упругости; C_c – масштаб удельной теплоёмкости; C_E – масштаб упругости; C_{HB} – масштаб твердости; C_ω – масштаб круговой частоты; C_a – масштаб коэффициентов теплоотдачи; C_{Cp} – масштаб удельной теплоёмкость среды; C_{Di} – масштаб коэффициентов диффузии; C_β – масштаб коэффициентов теплового расширения; C_N – масштаб мощности располагаемой тяги рыболовного судна.

При определении важных и достаточных критериев подобия физического моделирования процесса гидроподпора в траловых мешках при различных жесткостных характеристиках дели необходимо воспользоваться компьютерными программами "Масштабы мультифизического подобия процессов рыболовства" и "Критерии мультифизического подобия процессов рыболовства", в которых задается значение масштаба C_l и рассчитываются масштабы и критерии подобия процессов, протекающих в траловых мешках: механических величин; гидродинамических величин; грунтодинамических величин; трибологических величин; термодинамических величин.

На рисунке 2 изображен пространственный график зависимости расчетных критериев подобия в компьютерной программе "Критерии мультифизического подобия процессов рыболовства" в индикаторном виде от C_l .

Таким образом, в статье приводятся критерии подобия физического моделирования процесса гидродопора в траловых мешках при различных жесткостных характеристиках дели.

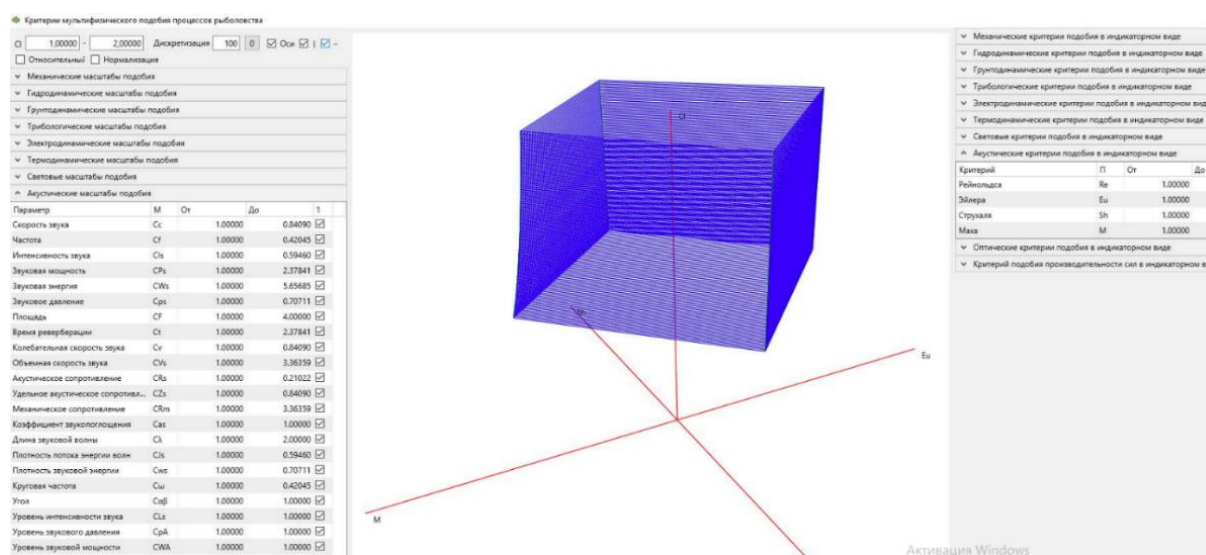


Рисунок 2 – Компьютерная программа
"Критерии мультифизического подобия процессов рыболовства"

Библиографический список

1. Белов В. А., Баев Е. Л. Отчет о научно-исследовательской работе. Испытание моделей траловых мешков и устройств, уменьшающих гидродинамический подпор в трале (Промежуточный). / № 2662 НИО. Калининград, 1984. 33 с.
2. Костюков В. М., Шевченко А. И. Исследование гидродинамического поля сетных оболочек тралов // Рыбное хозяйство. 1983. № 9. С. 63–65.
3. Костюков В. М. Исследование гидродинамического поля тралов. ТИНРО, 1982. 25 с.
4. Шевченко А. И., Мизюркин М. А., Абразулов В. А. Обоснование скорости траления на промысле мелких мезопелагических рыб // Физические раздражители в технике рыболовства : [сб. ст.]. Владивосток, 1982. С. 75–81.
5. Мейлер Л. Е. Схематизированные сетные конструкции для исследования поля скоростей в орудиях рыболовства // Рыбное хозяйство. 2005. № 4. С. 63–64. EDN: PIPXNF.
6. Мизюркин М. А. Влияние гидродинамического поля на поведение рыб в трале // Экспресс-информация ЦНИИТЭРХ. Сер. Промышленное рыболовство. 1982. Вып. 7. С. 6–11.
7. Enerhaug B. Flow through fine-meshed pelagic trawls. Contributions on the Theory of Fishing Gears and Related Marine Systems Vol. 4. DEMAT'05. 2005. P. 153–164.

8. O'Neill F. G., O'Donoghue T. The Fluid Dynamic Loading on Catch and the Geometry of Trawl Cod-Ends // Proceedings of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 1997. Vol. 453, Iss. 1963. P. 1631–1648.
9. Paschen M. Flow investigations of net cones // Contributions on the Theory of Fishing Gears and Related Marine Systems. DEMAT'99. 1999. P. 197–216.
10. Ward J. N. An investigation into the use of flume tank tests for cod-end models scale range 1:2,0 to 1:2,7. Seafish report № 505. May 1992. P. 33.
11. Takagi T., Yoshino H., Shimizu T., Suzuki K. Possibility of integrated analysis using net-shape simulator "NaLA" and CFD to estimate flow characteristics around fishing nets // Contributions on the Theory of Fishing Gears and Related Marine Systems / ed.: M. Paschen. Vol. 3. Shaker Verlag GmbH, 2005. P. 245–250.
12. Недоступ А. А., Ражев А. О. Экспериментальные исследования по определению гидродинамической кривой скоростей вблизи элементов траловых конструкций // Шестая международная научно-практическая конференция "Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем" (ИКМ MTMTC-2021) = 6th International scientific-practical conference "Simulation and complex modelling in marine engineering and marine transporting systems" (SCM MEMTS-2021) : труды конференции, Санкт-Петербург, 23 июня 2021 года. М. : Перо, 2021. С. 95–98. EDN: DDVANP.
13. Корзун Ю. В. Статистический анализ размерного состава уловов антарктического криля *Euphausia superba* в зависимости от орудий и технологии лова // Труды Южного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. 2017. Т. 54. С. 84–89. EDN: ZFIZNN.
14. Сологуб Д. О., Ремесло А. В., Полонский В. Е., Гулюгин С. Ю. [и др.]. Особенности промысла антарктического криля *Euphausia superba* в подрайоне Оркнейский островов с применением традиционной и непрерывной технологии промысла // Вопросы рыболовства = Problems of fisheries. 2017. Т. 18, № 2. С. 183–191. EDN: YZHPJJ.

Требования Полярного кодекса как основные меры по снижению рисков судов, эксплуатируемых в полярных водах

Петрова Н. Е., Петров А. Л., Кумова Ж. В., Смирнова Т. М. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологии материалов и судоремонта, e-mail: petrovanv@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье рассмотрены требования Полярного кодекса с точки зрения повышения безопасности мореплавания и сокращения негативных факторов, влияющих на экипаж и морскую среду во время эксплуатации судов в арктических акваториях. Дана четкая формулировка в отношении сложности работы экипажа в особой зоне (в ледовых условиях) с соблюдением требований по вопросам защиты окружающей среды, учитывая сброс сточных вод, бытовых отходов и загрязнения с судов нефтью.

Abstract. The article considers the requirements of the Polar Code from the point of view of improving the safety of navigation and reducing negative factors affecting the crew and the marine environment during the operation of ships in Arctic waters. A clear formulation is given regarding the complexity of the crew's work in a special zone (in ice conditions) in compliance with environmental protection requirements, taking into account the discharge of wastewater, household waste and pollution from ships with oil.

Ключевые слова: Полярный кодекс, безопасность, полярные воды, защита морской среды
Key words: Polar Code, safety, polar waters, marine environment protection

Международный кодекс для судов, плавающих в полярных водах

Возросший в последнее время интерес к арктическим акваториям послужил стимулом к созданию правил, регламентирующих работу судов в полярных водах. В последние несколько десятилетий наблюдается прогрессирующее уменьшение площади многолетнего льда в Арктике и Антарктике. Рост судоходства в арктических морях связан развитием Северного морского пути (СМП), так как это возможность в кратчайшие сроки доставить груз из Европы в Азию.

Еще одной причиной для разработки международного нормативного документа явилось существование в Арктике установленных прибрежными государствами режимов плавания с различными правилами. Участвующие в плавании в арктических водах государства были заинтересованы в упрощении и унификации требований различных режимов.

Более 20 лет длилась работа над документом, регулирующим работу судов в водах Арктики и Антарктики. Длительный срок работы над данным документом связан с политическими и техническими проблемами мира. 1 января 2017 года Полярный кодекс, наконец, вступил в силу.

Главная задача Полярного кодекса – повышение безопасности мореплавания и сокращение негативных факторов, влияющих на экипаж и морскую среду, во время работы судов в полярных акваториях. Также кодекс обращает внимание на проектирование, постройку, эксплуатацию судов и обучение экипажа основам охраны окружающей среды и проведения поисково-спасательных операций [1]. Более наглядное представление изображено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Обеспечение безопасности судна

Требования к техническому состоянию судов разрабатываются исходя из таких факторов как:

- 1) низкая температура окружающей среды;
- 2) ледовые условия;
- 3) продолжительные периоды полярной ночи и полярного дня;
- 4) удаленность района плавания;
- 5) высокая чувствительность окружающей среды к загрязнениям.

Статьи Полярного кодекса рассматривают структуру разделения судов на 3 категории в соответствии с конструкцией в зависимости от возможности их эксплуатации в условиях однолетнего льда средней толщины, тонкого однолетнего льда, отдельных льдин. Также устанавливают факторы опасности, способные повлиять на работу судна, которые включают лед, ледяные наросты, низкую температуру, недостаток опыта и квалификации экипажа, отсутствие спасательного оборудования [2].

международных инструментов, региональных соглашений, национальных норм прибрежных государств, которые содержали специальные правила как обязательного, так и рекомендательного характера.

Таким образом, Полярный кодекс должен содержать в дополнение к существующим морским международным конвенциям и кодексам, регулирующим безопасность плавания судов на открытой воде, специфические требования, связанные с проблемами обеспечения безопасности в полярных районах, то есть в покрытых длительное время льдом водах, при низких температурах наружного воздуха, в недостаточно изученных в навигационном отношении районах и вдали от базирования спасательных средств. Требования Полярного кодекса следует рассматривать как основные меры по снижению рисков, которым подвергаются суда в полярных водах [4].

Имевшиеся сложности предопределили ход дальнейшей работы в ИМО уже в виде подготовки не имеющего обязательного характера "Руководства для судов, эксплуатируемых в покрытых льдом арктических водах", принятого в 2002 году и не распространяющегося на Антарктику. Кто знает, как бы развивались события, если бы не давление со стороны стран-участниц Договора об Антарктике, подписавших в 1991 году Протокол об охране окружающей среды к Договору об Антарктике, и не два аварийных происшествия с судами Explorer в 2007 году и Ocean Nova в 2008 году. Это привело к принятию в 2009 году "Руководства для судов, эксплуатируемых в полярных водах" хотя и не имеющего обязательного характера, но уже распространяющегося на Антарктику. В это же время (2008 г.) в своей Илулиссатской декларации пять прибрежных государств Арктики, включая требования ИМО, послали важный политический сигнал о своей готовности сотрудничать на любых уровнях, для обеспечения охраны окружающей среды в Северном Ледовитом океане. В следующем году рабочая группа Арктического совета выступила с предложением о разработке юридически обязательного для исполнения Полярного кодекса. Три из указанных прибрежных государств Арктики (Дания, Норвегия и США) выступили в ИМО в 2009 году с соответствующей инициативой [5].

В 2010 году начался новый этап работы над Кодексом, завершившийся в 2014 году в части SOLAS и в 2015 году – в части MARPOL. Первоначально работы планировалось завершить в 2012 году, но оказавшиеся недооцененными технические сложности по выработке единых стандартов для судоход-

ства в полярных водах и гармонизации национальных норм прибрежных государств Арктики, разногласия сторон, помноженные на запросные позиции экологических организаций, затянули работу и сделали невозможным решение многих проблем на приемлемом уровне. Все это не лучшим образом отразилось на качестве Полярного кодекса.

Таким образом, вопрос соответствия необходимым требованиям Полярного кодекса для судов, эксплуатируемых в полярных водах, остается открытым. Прошедшая в сентябре 2021 года 71-я сессия комитета Международной морской организации по техническому сотрудничеству дает ход проекту долгосрочной стратегии ИМО. В ближайшее время начнет свою работу ассамблея, опираясь на программу технического сотрудничества, затрагивая существующие вопросы по части требований кодекса.

Библиографический список

1. Международный кодекс для судов, эксплуатирующихся в полярных водах. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420376046>.
2. Руководство по применению положений Международного кодекса для судов, эксплуатирующихся в полярных водах (Полярного кодекса). URL: <https://lk.rs-class.org/regbook/getDocument2?type=rules3&d=735E29AC-610F-4D5C-9A50-7A70A9C2BE18&f=2-030101-031>.
3. Полярный кодекс (Polar Code). URL: <https://ibicon.ru/polyarnyy-kodeks>.
4. Международный кодекс для судов, эксплуатируемых в полярных водах" (Полярный кодекс). URL: <https://stt-marine.ru/news/polar-code.html>.
5. Семенов В., Цой Л. Как привести российские правила постройки и эксплуатации судов в соответствие с требованиями кодекса? URL: <http://www.morvesti.ru/themes/1700/60302/>.

Конструктивный способ снижения концентрации напряжений в обшивке корпуса при наличии трещины

Притыкин А. И. (г. Калининград, ФГБОУ ВО "Калининградский государственный технический университет", кафедра кораблестроения, e-mail: prit_alex@mail.ru)

Аннотация. В статье описывается способ снижения уровня напряжений в районе трещины путем засверливания ее концов. Производится сопоставление рекомендаций по эмпирической оценке работоспособности конструкции и по коэффициенту концентрации напряжений, полученному расчетом МКЭ в системе ANSYS. Исследовано влияние радиуса сверления при заданной длине трещины.

Abstract. The article describes way of reducing of the stress level in region of crack by drilling of their edges. Performed comparison of results obtained by empirical relation and by finite element method in complex ANSYS. Influence of radius of drilling under given length of crack was studied.

Ключевые слова: пластина, трещина, круглые вырезы, концентрация напряжений, эмпирическая зависимость, МКЭ

Key words: plate, crack, circular openings, stress concentration, empirical relation, FEM

В корпусах судов вследствие переменных нагрузок в сочетании с низкими температурами нередко возникают трещины, постепенно увеличивающие свою длину [1–3]. Даже на космической отечественной станции вследствие многолетней эксплуатации появились малозаметные трещины, приведшие к утечке воздуха. Одним из известных способов [4] предотвращения распространения трещины в обшивке корпуса является засверловка ее концов. Кстати, именно этот способ ремонта был принят на российской космической станции. Основной вопрос, возникающий при этом, заключается в том, насколько снижается концентрация напряжений при выборе того или иного радиуса сверления при известной длине имеющейся трещины.

Исследованием изложенного выше вопроса занимался ряд исследователей в КТИРПиХ еще в период, когда недостаточно был разработан метод конечных элементов, особенно его программное обеспечение. На основе экспериментальных исследований ими была разработана "Методика обеспечения работоспособности корпусных конструкций при наличии трещин" [4], в которой приведена эмпирическая зависимость, устанавливающая связь между условным коэффициентом K , вычисляемым для бесконечной пластины с трещиной длиной l с засверленными диаметром d концами в виде

$$K = 1 + 2\sqrt{l/d + 1}. \quad (1)$$

Если коэффициент K , вычисленный по (1), принимает значение $K \leq 3.5$, то согласно "Методике" [4] принятый диаметр сверления концов трещины

считается достаточным и конструкция может эксплуатироваться дальше. Если же это условие не выполняется, то работоспособность конструкции обеспечивается совместно с технологическим способом, состоящем в приваривании накладной планки посередине длины трещины.

В данной работе ставится цель выяснить, как изменяется коэффициент концентрации напряжений α_σ при высверливании отверстий разного диаметра, и установить обоснованность рекомендаций [4]. Исследования проводились МКЭ в системе ANSYS по специально разработанной автором программе [5]. Распределение напряжений производилось для пластины размером $a-b-t=2000-2000-10\text{ мм}$ при фиксированной длине трещины $l=200\text{ мм}$ и разном диаметре вырезов d , который изменялся в пределах $12\text{ мм} \leq d \leq 50\text{ мм}$. Варьировалась также ширина трещины, т. е. расстояние между ее берегами, в пределах $5\text{ мм} \leq \delta \leq 15\text{ мм}$.

При расчете МКЭ применялись четырехугольные конечные элементы Shell63 размерами $\Delta=50\text{ мм}$ на большей части пластины и элементами $\Delta_{\text{КЭ}}=1\text{ мм}$ у контура вырезов и трещины. Пластина была закреплена на нижней горизонтальной кромке и нагружена равномерно распределенной нагрузкой по верхней кромке. Уровень напряжений, действующих в направлении, перпендикулярном оси расположения трещины, как показано на рисунке 1б, принят равным $\sigma_{\text{max}}=100\text{ МПа}$.

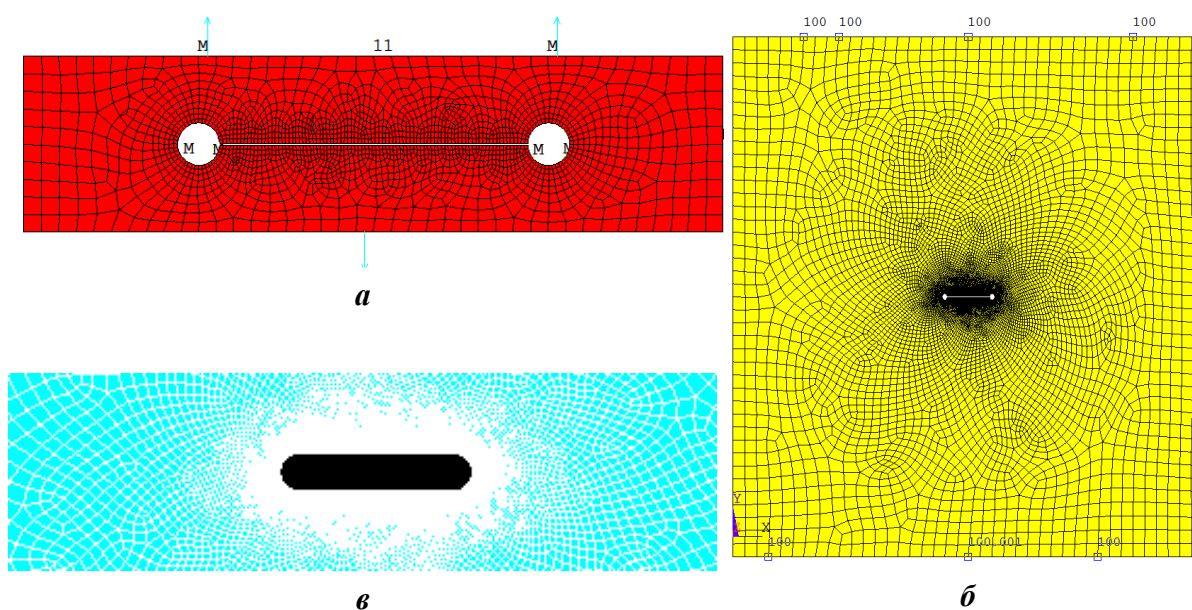


Рисунок 1 – Пластина с трещиной и засверленными отверстиями:

a – отверстия с трещиной; b – общий вид пластины и уровень напряжений на контуре;
 $в$ – пластина с прямоугольным скругленным вырезом

Корректность работы программы была проверена на расчете пластины с прямоугольным скругленным вырезом (рисунок 1в), для которого приведено точное решение в работе [6]. Получение формы выреза, представленного на рисунке 1в, осуществлялось путем принятия ширины трещины, равной диаметру выреза, т. е. $\delta = d$.

Сохраняя неизменной длину трещины l и варьируя только диаметром вырезов в диапазоне $12\text{мм} \leq d \leq 50\text{мм}$, получили результаты, один из которых представлен на рисунке 2.

В качестве расчетных на контуре выреза принимались напряжения по Мизесу. Коэффициент концентрации напряжений α_σ вычислялся как

$$\alpha_\sigma^{МКЭ} = \sigma_{\max}^{МКЭ} / \sigma_0, \quad (2)$$

где $\sigma_0 = 100\text{МПа}$ – напряжения на верхней горизонтальной кромке пластины (рисунок 2в).

На рисунке 2а представлены напряжения в районе левого выреза у трещины, из которого видно, что при $d = 40\text{мм}$ и $l = 200\text{мм}$ уровень концентрации напряжений равен $\alpha_\sigma^{МКЭ} = 10.9$, а на рисунке 2б,в – фактический вид контура и общий вид распределения напряжений в пластине.

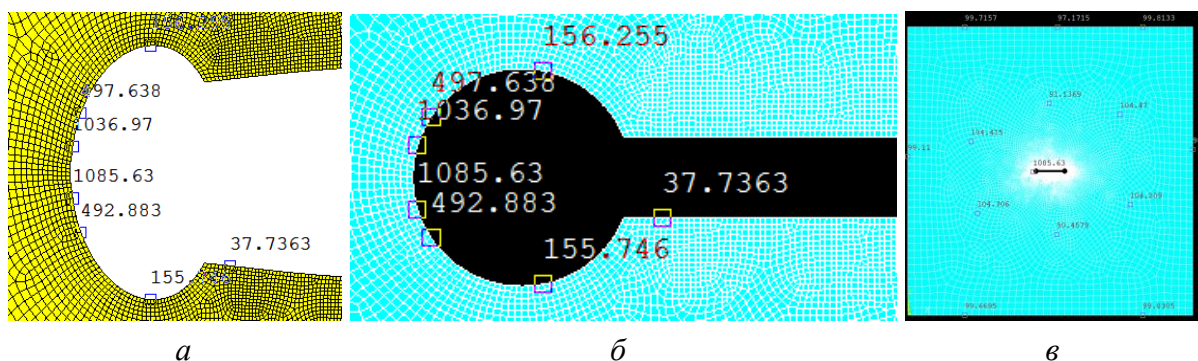


Рисунок 2 – Распределение напряжений в районе трещины с вырезами диаметром $d = 40\text{мм}$: а – деформация контура при нагружении; б – фактический вид контура; в – общий вид распределения напряжений в пластине

Из расчетов МКЭ видно, что увеличение диаметра высверленных отверстий с 12 мм до 50 мм позволяет снизить уровень концентрации напряжений примерно в 1,5 раза, но он по-прежнему остается довольно высоким – в районе 10.

При сохранении неизменной длины трещины l и варьировании только диаметром вырезов в диапазоне $12\text{мм} \leq d \leq 40\text{мм}$ посмотрим, как изменя-

ется величина K , определяемая по (1). В результате получим график, представленный на рисунке 3, из которого видно, что увеличение диаметра высверленного отверстия при сохранении неизменными всех остальных параметров приводит к снижению коэффициента K , но его уровень намного превышает величину 3,5.

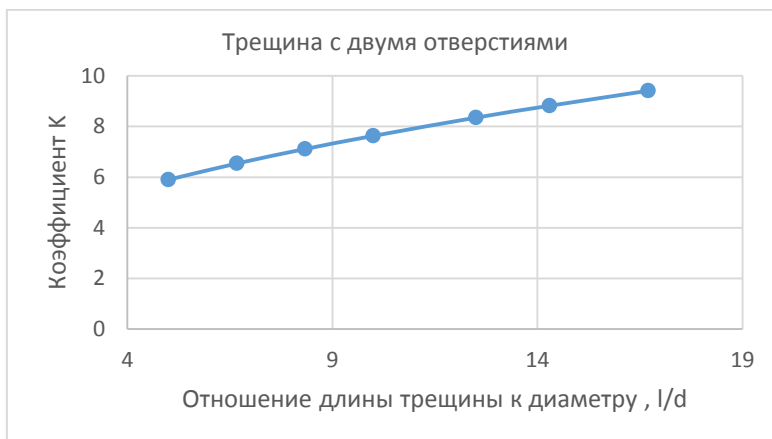


Рисунок 3 – Изменение K в зависимости от l/d

Установим корреляцию между коэффициентом K и коэффициентом концентрации напряжений $\alpha_{\sigma}^{МКЭ}$, построив графики в функции от l/d (рисунок 4). Как видно из рис. 4, оба графика имеют тенденцию к возрастанию с увеличением l/d , т. е. уменьшение диаметра выреза ведет к росту $\alpha_{\sigma}^{МКЭ}$.

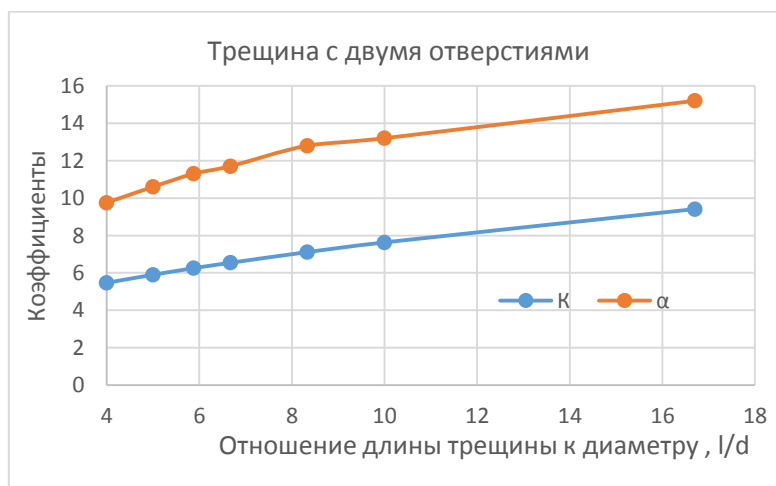


Рисунок 4 – Зависимость коэффициентов K и $\alpha_{\sigma}^{МКЭ}$ от отношения l/d

Проведенный анализ показывает, что только засверливанием концов трещины предотвратить ее распространение не удастся, а можно лишь замедлить скорость ее роста. Для предотвращения ее распространения необхо-

димо, чтобы уровень α_σ не превышал $\alpha_\sigma = 3$ характерного для изолированного круглого выреза. Обеспечить конструктивно это можно только приваркой посередине длины трещины накладной планки, роль которой будет заключаться в предотвращении расширения берегов трещины.

Выполненные расчеты МКЭ для этого варианта конструктивного оформления, сохраняющего параллельность берегов трещины, показали (рисунок 5), что такой подход позволяет существенно снизить величину α_σ . Причем, в отличие от предыдущего варианта уменьшение диаметра вырезов снижает уровень α_σ до $\alpha_\sigma = 2.56$ при диаметре вырезов $d = 12\text{мм}$ (рисунок 5а).

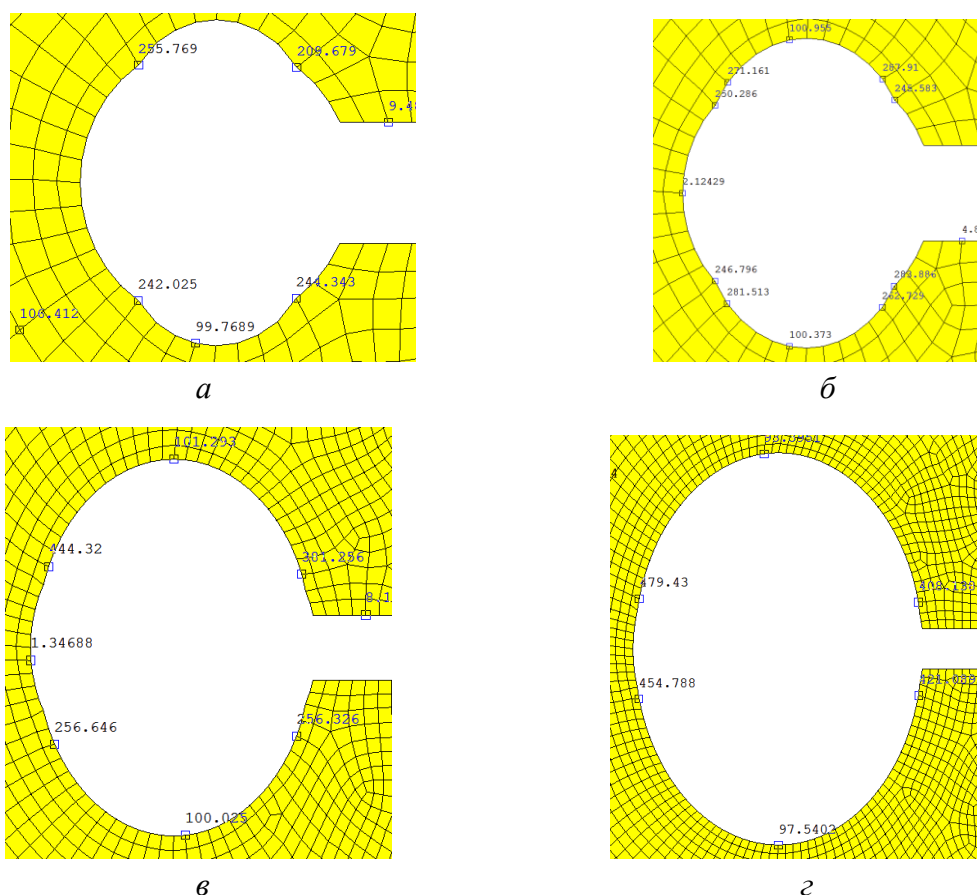


Рисунок 5 – Распределение напряжений в районе вырезов при разных диаметрах при наличии приваренной накладной планки:

а – $d = 12\text{мм}$; б – $d = 14\text{мм}$; в – $d = 24\text{мм}$; г – $d = 40\text{мм}$

На рисунок 6 представлены графики изменения коэффициентов K и α_σ от l/d для варианта наличия накладной планки, из которого видно, что при уменьшении диаметра высверленного отверстия до $d = 12\text{мм}$ ($l/d = 200/12 = 16.7$) можно добиться величины уровня $\alpha_\sigma < 3$. Это позволяет сделать вывод, что для рассмотренной выше трещины засверливание

ее концов диаметром $d=12\text{ мм}$ и приварка накладной планки приводит к приемлемому уровню концентрации напряжений.

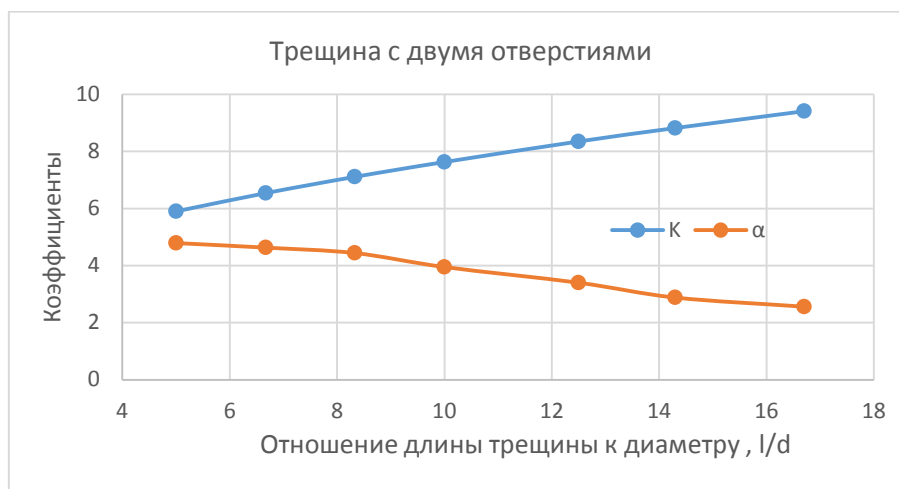


Рисунок 6 – Зависимость коэффициентов K и $\alpha_{\sigma}^{МКЭ}$ от отношения l/d при наличии приваренной накладной планки

Проведенные МКЭ исследования показали, что для обеспечения работоспособности конструкции с трещиной необходимо в дополнение к засверливанию концов трещины приваривать накладную планку, предотвращающую расхождение берегов трещины. При этом диаметр вырезов у концов трещины следует принимать равным 10–12 мм. По-видимому, "Методика" [4] нуждается в корректировке.

Библиографический список

1. Юнитер А. Д. Повреждение и ремонт корпусов морских судов. М. : Транспорт, 1973. 216 с.
2. Барабанов Н. В., Иванов Н. А., Новиков В. В. [и др.]. Повреждение судовых конструкций. Л. : Судостроение, 1977. 400 с.
3. Гаврилов М. Н., Брикер А. С., Эпштейн М. Н. Повреждение и надежность корпусов судов. Л. : Судостроение, 1978. 216 с.
4. Методика обеспечения работоспособности корпусных конструкций при наличии трещин. Выбор способа предотвращения развития трещин в плоских элементах. М. : Минрыбхоз СССР, 1988. 30 с.
5. Программа GAP создания расчетной модели пластины с центральной или двумя боковыми трещинами : государственная регистрация программы для ЭВМ 2019664992 Рос. Федерация / А. И. Притыкин. № 2019663545 ; заявл. 30.10.2019 ; опубл. 15.11.2019. Бюл. № 11. EDN: NSPNQB.
6. Гарбуз В. С. Концентрация напряжений в прерывистых связях судового корпуса. Л. : Судостроение, 1967. 186 с.

**ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА
И СПОРТ В АРКТИЧЕСКИХ РАЙОНАХ**

Адаптационно-компенсаторные реакции организма студентов в условиях Кольского Заполярья

**Щербина Ф. А.,¹ Шелков М. В.,¹ Ключников С. А.,¹ Щербина А. Ф.,²
Щербина Ю. Ф.,² Троценко А. А.³** (¹г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурман-
ский государственный технический университет", кафедра физического
воспитания и спорта, e-mail: runner-man@mail.ru;

²г. Москва, ФГБОУ ВО "Российский экономический университет
им. Г. В. Плеханова", кафедра физического воспитания;

³г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский арктический государственный
университет", кафедра физической культуры, спорта и безопасности
жизнедеятельности)

Аннотация. По параметрам омега-потенциала изучено влияние сложных условий среды на функциональное состояние организма человека. Выявлено, что фоновое значение омега-потенциала и его вариабельность являются "базовыми" параметрами, позволяющими судить о резервных возможностях организма человека, изучать механизмы формирования его адаптационных программ.

Abstract. According to the parameters of the omega potential, the influence of complex environmental conditions on the functional state of the human body has been studied. It is revealed that the background value of the omega potential and its variability are the "basic" parameters that allow us to judge the reserve capabilities of the human body, to study the mechanisms of formation of its adaptation programs.

Ключевые слова: студенты, омега-потенциал, омегаметрия, адаптация, Заполярье

Key words: students, omega potential, omegametry, adaptation, Arctic

Установлено, что формирование адаптационного процесса у жителей Заполярья связано с рядом обстоятельств. Во-первых, необходимо приспособиться к климатогеографическим факторам Заполярья, во-вторых, приспособиться к трудовой, учебной и социальной деятельности [1–7]. В частности, характеристика состояния вегетативной нервной системы в реализации адаптивных реакций, церебро-вегетативных взаимоотношений в процессе приспособления человека к учебным и физическим нагрузкам. Поэтому поиск и применение методик, достаточно валидных, по которым можно интегрально оценить психофункциональное состояние человека, индивидуально-типологические особенности адаптивных реакций, резервные возможности организма являются чрезвычайно актуальными. Как известно, при выборе физиологических показателей для изучения процесса взаимодействия организма с окружающей средой, необходимо, чтобы регистрируемые показатели были воспроизводимы, имели количественную оценку и не требовали сложного

технического оснащения. Определение постоянного потенциала головного мозга отражает физиологическую динамику адаптивных взаимодействий в системе "окружающая среда – мозг – окружающая среда" [6; 7]. Исследование функционального состояния организма студентов 17–18 лет, уроженцев г. Мурманска, проводилось в сентябре, январе и мае месяце ($n = 40$) (таблица 1). Методом гальванометрии регистрировали параметры постоянного потенциала (ПП) головного мозга или (Ws-потенциала) [6–8]. Метод позволяет определить динамику фонового значения Ws-потенциала, который отражает функционирование головного мозга. Рассчитан коэффициент вариации (VW , %) для каждого респондента на всех этапах исследования и в период восстановления после нагрузки (10 приседаний за 20 секунд). Показателем физиологически оптимальной реакции на нагрузку являлось увеличение омега-потенциала на 25 %, а выше – свидетельствует о состоянии напряжения уровня относительно стабильного функционирования головного (таблица 3) [7; 10].

Таблица 1 – Распределение студентов по группам в зависимости от величины коэффициента вариации (Vw , %) ($n = 40$)

$n = 40$	$(Vw, \%)$	Этапы исследования (месяц)		
		сентябрь	январь	май
Студенты 17–18 лет	≤ 10	12,7	3,0	7,8
	11–25	49,1	34,2	57,8
	> 25	38,2	62,8	32,4

На всех этапах исследования определялись группы студентов по величине коэффициента вариации ($Vw < 10\%$ – слабая вариабельность; $Vw = 11–25\%$ – средняя вариабельность; $Vw > 25\%$ – выраженная вариабельность параметра).

Результаты исследования. Значительная вариабельность Ws-потенциала может указывать как на отражение оптимальной реактивности организма, располагающего резервом функциональных систем, так и на состояние дизадаптации, когда выраженный размах колебаний параметра Ws-потенциала в период восстановления детерминирован гиперреагированием из-за перерегулирования процессов [8–10]. Последнее можно рассматривать как результат снижения адаптационных резервов организма [5]. В течение учебного года среди студентов имела тенденция перехода в группу со средней вариабельностью Ws-потенциала (таблица 1). Обращает на себя внимание динамика вариабельности Ws-потенциала: на втором этапе исследования (январь) 33,2 % обследованных имели среднюю и, более того, выраженную вариабельность (62,2 %). Полученный результат следует рассматривать как

наличие смены относительно стабильной адаптации дизадаптацией в результате истощения резервов [6; 7]. Увеличение лиц со средней вариабельностью WSs-потенциала (11–25 %) в пробе с нагрузкой в январе и мае месяцах, по-видимому, связано с явлением, обозначенным как "конечный порыв", когда ряд физиологических показателей в конце учебного года увеличивается за счет имеющихся резервов. Факторная модель, составленная по параметрам фоновой омегаметрии и зарегистрированным значениям Ws-потенциала в интервалах времени представлены в таблице 2. Выявлено, что вариабельность Ws-потенциала коррелировала с 1-м главным фактором (>40 %) в январе и $r = 0,794$ в мае. В течение четырех месяцев у респондентов наблюдается напряженность адаптационных механизмов, после чего взаимосвязь между отдельными составляющими центрального и периферического контура управления снижается. Реактивность и неспецифические реакции адаптации организма формируются автономно: когда наступает фаза истощения, формируется состояние истинной дезадаптации организма [10]. Первый главный фактор (ГФ) в сентябре, дающий 76,6 % общей модели дисперсии у студентов, образован корреляцией с величиной постоянного потенциала с 1-й до 4-й минуты восстановительного периода. Это свидетельствует об оптимальной реакции хемообменных, нейрогуморальных и эндокринных механизмов регуляции, а также о "переходности" в процессе адаптации студентов на данном этапе исследования.

Таблица 2 – Значения главных факторов (ГФ) на этапах исследования

Этап исследования	Месяцы					
	сентябрь		январь		май	
	1-й ГФ	2-й ГФ	1-й ГФ	2-й ГФ	1-й ГФ	2-й ГФ
Вклад ГФ, % V_w	76,6	9,8	75,1	10,4	69,8	15,9
	0,062	-0,897	-0,794	0,055	-0,798	-0,049
Ws фон	0,593	0,721	0,684	0,580	0,715	0,591
30"	0,380	0,791	0,689	0,450	0,091	0,610
1'	0,489	0,719	0,801	0,499	0,051	0,899
1'30"	0,791	0,403	0,795	0,439	0,25	0,856
2'	0,811	0,395	0,810	0,385	0,475	0,789
3	0,801	0,340	0,785	0,499	0,475	0,711
3'30"	0,710	0,585	0,588	0,630	0,715	0,510
4'	0,611	0,700	0,541	0,691	0,811	0,351
5'	0,380	0,691	0,201	0,816	0,899	0,101
6'	0,541	0,650	0,219	0,910	0,899	0,248
7'	0,811	-0,001	0,211	0,901	0,821	0,211

Примечание: жирным шрифтом выделены коэффициенты корреляции со взаимно обусловленной дисперсией ($r^2 \geq 0,40$).

Оптимальность реакции объясняется активацией автономных механизмов регуляции и меньшей зависимостью от центрального контура управления (вариабельность Ws-потенциала не коррелирует с рассматриваемым фактором) [9;10]. В январе параметры, коррелирующие с ГФ, обеспечивали 75,1 % дисперсии модели и характеризовали участие в реакции ответа центральных и хемообменных механизмов, причем от фоновой величины Ws-потенциала (22,48 мВ) отличались его значения через 30 сек (19,64 мВ (милливольт); $P < 0,001$), на первой минуте (20,64 мВ; $P < 0,05$) и на 3,5 мин – 27,1 мВ; $p < 0,005$) (таблицы 2–3). Снижение на 12 % величины омега-потенциала через 30 с свидетельствует о симптомах нарушения нейрорефлекторной и вегетативной регуляции, однако оптимальное состояние механизмов регуляции функций (увеличение спустя 3 мин восстановительного периода на 28 %) сохранялось. В целом, формирование реактивности (V_w , $\dot{r} = -0,794$) функциональной системы происходило в обратной зависимости от фоновой величины постоянного потенциала (W_s – фон, $\dot{r} = -0,684$). В мае необходимый уровень дисперсии модели достигался с учетом двух ГФ: 1-й – 62,8 % и 2-й 15,9 % (таблица 2). На данном этапе исследования наблюдается истощение резервов адаптации: после компенсаторного роста постоянного потенциала к 30 с восстановительного периода 32,98 мВ при фоновой величине Ws-потенциала 28,38 мВ наступило прогрессивное снижение к 6-й и 7-й минутам (соответственно 23,51 мВ; $P < 0,001$ и 19,85 мВ; $P < 0,001$). Первый главный фактор был обусловлен ухудшением регуляции центральных и гормональных реакций, второй – ухудшением хемообменных и нейрогормональных механизмов.

Таблица 3 – Динамика уровня омега-потенциала на этапах исследования ($M \pm m$) ($n = 40$)

Этапы пробы с физической нагрузкой	Этапы исследования (месяцы)			Р 1–2	Р 1–3	Р 2–3
	сентябрь	январь	май			
	1	2	3	4	5	6
фон	20,49±2,62	23,41±2,75	32,45±2,45	—	**	**
после нагрузки 30 с	20,49±2,62	23,41±2,75	32,45±2,45	—	**	**
1 мин	18,45±2,30	19,65±2,22	32,45±1,27	—	***	**
1,5 мин	20,81±1,55	25,10±2,44	29,01±2,06	*	**	—
2 мин	20,91±1,60	26,91±1,95	27,40±1,80	*	**	**
3 мин	20,64±2,45	27,54±1,64	27,42±1,80	**	—	**
3,5 мин	19,45±2,30	28,20±2,11	27,48±2,53	**	—	**
4 мин	19,42±2,20	24,97±1,98	28,18±2,11	*	**	*

Окончание табл. 3

Этапы пробы с физической нагрузкой	Этапы исследования (месяцы)			Р 1–2	Р 1–3	Р 2–3
	сентябрь	январь	май			
	1	2	3	4	5	6
5 мин	20,90±2,53	28,54±2,53	28,52±2,60	**	**	—
6 мин	31,75±2,90	29,01±2,06	22,64±2,41	—	**	**
7 мин	34,88±1,18	39,12±3,20	20,54±2,34	*	**	***

Первый ГФ (сентябрь), дающий 76,6 % общей модели дисперсии у студентов, образован корреляцией с величиной ПП с 1-ой до 4-ой минуты восстановительного периода. Это свидетельствует об оптимальной реакции соответственно хемообменных, нейрогуморальных и эндокринных механизмов регуляции, а также о "переходности" в процессе в процессе адаптации студентов на данном этапе исследования, так как при повышении мощности автономных механизмов регуляции зависимость управления от центральных влияний снизилась (вариабельность Ws -потенциала не коррелирует с рассматриваемым фактором) [9; 10]. В январе месяце параметры, коррелирующие с ГФ, обеспечивали 75,1 % дисперсии модели и характеризовали участие в реакции ответа центральных и хемообменных механизмов, причем от фоновой величины Ws -потенциала (22,48 мВ) отличались его значения через 30 с (19,64 мВ; $P < 0,001$), на первой минуте (20,64 мВ; $P < 0,05$) и на 3,5 мин – 27,1 мВ; $p < 0,005$). Снижение на 12 % величины ПП через 30 с свидетельствует о симптомах нарушения нейрорефлекторной и вегетативной регуляции, однако оптимальное состояние механизмов регуляции функций (увеличение спустя 3 мин восстановительного периода на 28 %) сохранялось. В целом, формирование реактивности ($(V_w, \dot{r} - 0,794)$) функциональной системы происходило в обратной зависимости от фоновой величины ПП (Ws – фон, $\dot{r} = -0,684$). В мае необходимый уровень дисперсии модели достигался с учетом двух ГФ: 1-й – 62,8 % и 2-й 15,9 % (таблица 2). На данном этапе исследования наблюдается истощение резервов адаптации: после компенсаторного роста ПП к 30 с восстановительного периода 32,98 мВ при фоновой величине Ws -потенциала 28,38 мВ наступило прогрессивное снижение к 6-й и 7-й минутам (соответственно 23,51 мВ; $P < 0,001$ и 19,85 мВ; $P < 0,001$). Первый ГФ был обусловлен, исходя из вышеизложенного, ухудшением регуляции центральных и гормональных реакций, второй – ухудшением хемообменных и нейрогуморальных механизмов.

Таким образом, к маю у студентов наблюдается истощение адаптационных механизмов. Напряжение адаптационных механизмов у студентов Кольского Заполярья наблюдается с конца сентября по январь месяцы. При этом

реактивность функциональной системы находится в значительной зависимости от величины рассматриваемого параметра (W_s -потенциала). Количество лиц с затрудненной адаптацией в течение учебного года составляет 4–5 %. Студенты с затрудненной адаптацией нуждаются в медико-биологической и педагогической коррекции своего функционального состояния.

Библиографический список

1. Гудков А. Б., Попова О. Н. Внешнее дыхание человека на Европейском Севере. Архангельск : Северный гос. мед. ун-т, 2012. 251 с.
2. Попова О. Н., Щербина Ю. Ф. Климатогеофизическая характеристика Кольского Заполярья // Экология человека. 2012. № 5. С. 3–7. EDN: OXHESN.
3. Немкин В. В., Щербина Ф. А. Особенности вегетативной регуляции у детей, страдающих умственной отсталостью и задержкой психического развития, занимающихся легкой атлетикой // Адаптивная физическая культура. 2006. № 3(). С. 41–43. EDN: HVVNQV.
4. Троценко А. А., Будилова Е. В., Журавлева Н. Г. Показатели резистентности организма человека как биоиндикатор качества окружающей среды // Биодиагностика в экологической оценке почв и сопредельных сред : тезисы докладов Междунар. конф., Москва, 4–6 февраля 2013 г. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. С. 216.
5. Щербина Ф. А., Мызников И. Л., Немкин В. В. Методика контроля за функциональным состоянием моряков. Омега-метрия. Мурманск : Север. 2003. 25 с.
6. Губадулин Г. В. Омега-потенциал в изучении механизмов адаптации организма // Физиология человека. 1982. Т. 8, № 3. С. 498.
7. Щербина Ю. Ф., Попова О. Н. Характеристика резервных возможностей и эффективности вентиляции легких у жителей Крайнего Севера в контрастные сезоны года // Экология человека. 2012. № 12. С. 10–15. EDN: PJPANR.
8. Илюхина В. А. Нейрофизиология функциональных состояний человека. Л. : Наука. 1986. 171 с.
9. Щербина Ф. А., Щербина А. Ф., Щербина Ю. Ф. Дыхание человека в Арктике в сезоны световой аперiodичности. Архангельск : Северодвинская типография. 2018. 134 с. EDN: XWRRZR.
10. Трегубова М. В., Белоедов А. В., Елисеев Е. В. Диапазон оптимальных значений омега-потенциала головного мозга айкидоистов в возрастном и спортивно-квалификационном аспектах // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-1. С. 557–662. EDN: UHXEWX.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ШЕЛЬФОВЫХ
НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ
И ТЕХНОЛОГИЙ**

Особенности преподавания специальных технических дисциплин в условиях современного высшего профессионального образования

Белухин А. И., Васеха М. В., Никифорова Е. С. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра морского нефтегазового дела и физики, e-mail: belukhinai@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье рассмотрены ключевые аспекты, связанные с изучением специализированных технических дисциплин в университетах. На данный момент существует проблема, связанная с практикоориентированностью образовательных программ, подготовкой кадров под постоянно изменяющиеся запросы рынка. Решить данный вопрос помогают интерактивные методы обучения.

Abstract. The article discusses the key aspects related to the study of specialized technical disciplines at universities. At the moment, there is a problem related to the practical orientation of educational programs, training for constantly changing market demands. Interactive teaching methods help to solve this issue.

Ключевые слова: технические дисциплины, интерактивное обучение, учебный процесс
Key words: technical disciplines, interactive learning, educational process

Изучение технических дисциплин в вузах сталкивается с постоянно возрастающим объемом и сложностью учебного материала при ограниченном объеме часов, отведенных на его освоение. В таких условиях привычные для преподавателя формы и методы работы требуют пересмотра и совершенствования. Учитывая требования быстрого приобретения и качественного усвоения студентами информации, а также выработки умения эффективно и творчески ее применять, назрела необходимость в принципиально ином подходе к формированию учебно-методического комплекса технических дисциплин, позволяющего реализовать качественно более глубокий подход к внеаудиторной и самостоятельной работе студентов. Роль современного преподавателя заключается в переходе от чисто механического толкования трудных мест в учебнике на аудиторных занятиях к более творческому сотрудничеству с обучающимися, к совместному поиску правильных решений. При этом приходится уделить больше внимания созданию благоприятных условий для самообразования и саморазвития студентов.

Учебный процесс в большей степени должен быть ориентирован не столько на формирование комплекса знаний, умений и навыков, сколько на общее развитие, вооружение методами самостоятельной деятельности по сбору и обработке информации, реализуя, таким образом, переход от устаревшей фор-

мулы "образование на всю жизнь" к актуальной – "образование через всю жизнь".

Наиболее эффективно такой подход к обучению возможно реализовать, формируя новую учебную среду при широком использовании современных информационных технологий [2].

Обратим внимание на то, что студенты технических специальностей вузов в силу специфики изучаемых дисциплин отличаются от студентов гуманитарных специальностей, в том числе тем, что вынуждены работать с учебным материалом, насыщенным разнообразными схемами, диаграммами, таблицами, чертежами и т. п. Причем эту особенность нельзя не учитывать.

В этой связи нельзя не затронуть проблему, с которой сталкиваются преподаватели технических дисциплин вузов, которая в последние годы стала особенно остро – низкий уровень исходной графической подготовки. Отмечается недостаточная сформированность пространственных представлений и пространственного мышления, пробелы с проекционным черчением: студенты вычерчивают изображения с нарушением проекционных связей, сами изображения не соответствуют изображаемым предметам и т. д. В ряде случаев затруднения возникают при анализе геометрической формы детали.

В такой ситуации остается открытым вопрос: какие методические средства, приемы и технологии обучения целесообразно было бы добавить в учебный процесс и, соответственно, в учебно-методический комплекс для устранения пробелов в знаниях и формировании устойчивых практических умений при изучении технических дисциплин.

Учитывая, что время, отведенное на аудиторные занятия минимально, а процесс формирования умений и навыков временной, то весьма актуальной становится проблема интенсификации процесса обучения без потери качества.

При изучении технических дисциплин возможна замена значительных объемов текстовой информации графической на основе широкого использования мультимедиа (зрительных эффектов). Напомним, что большинство студентов технических специальностей в силу своих ментальных особенностей склонны к более эффективному усвоению учебного материала представленного именно в таком – графическом виде. Процесс усвоения информации в этом случае становится более продуктивным. Ясная, лаконичная графическая информация с использованием мультимедиа и анимации прекрасно усваивается студентами технических специальностей.

Применение таких технологий обучения доказало свою эффективность: они достаточно легко реализуются в условиях современного компьютеризированного (безбумажного) обучения. К тому же создание мультимедийных учебных пособий не требует значительных материальных затрат, что тоже не маловажно [2].

Основные проблемы здесь связаны с использованием наиболее оптимальных приемов представления графической информации. Немаловажно и "качество картинки" на мониторе компьютера. Для повышения наглядности и доступности для понимания учебного материала необходимо обеспечить фотореалистичность изображения. Это обстоятельство приобретает особую важность, когда речь идет об изучении специальных технических дисциплин, таких как "Системы автоматизированного проектирования", "Проектирование хранилищ нефти и газа", "Сооружение и эксплуатация подводных добычных комплексов и трубопроводов".

Поскольку графические средства представления информации призваны вызывать определенные процессы мышления, опирающиеся на образы, то оформление их должно быть тщательно продумано не только с учетом содержания, но и с точки зрения компоновки графической информации, а также психологического механизма усвоения изучаемого материала. Учебный материал должен воздействовать в человеке как рациональные, так и эмоциональные начала. Использование при обучении анимации, мультимедиа "синхронизирует логику" и эмоциональную сферу (образное мышление) обучающегося и, как результат, дает значительное сокращение длительности обучения, уменьшение числа ошибок от неоднозначного понимания изучаемого материала.

Организация учебной деятельности студента при таком подходе позволяет осуществить переход от совместно-разделенной (преподаватель – студент) к индивидуальной деятельности с усилением роли самого студента в самообучении и саморазвитии, а также осуществить уровневую дифференциацию обучения. Студент может самостоятельно изучить учебный материал и самостоятельно же себя проверить, используя компьютерные средства. Уровень сложности заданий может возрастать по мере формирования умений и навыков.

При самостоятельном обучении хорошо зарекомендовала себя форма компьютерных контрольно-обучающих тестов, позволяющая сэкономить

время, избавить обучающихся от чисто механической, рутинной работы и активизировать процесс обучения, при этом не снижая качественного уровня приобретения знаний.

Здесь заметим, что авторы некоторых работ [1] рекомендуют, при создании тестовых заданий, придерживаться правила предметной чистоты. Например, содержание тестов по физике должно отражать сущность проблемной ситуации в проведении экспериментальных наблюдений, а не оценивать испытуемого по математике. Но, на мой взгляд, при изучении технических дисциплин это неприемлемо, так как противоречит развитию профессионального мышления, включающего и симультанное (многоэкранное) мышление, то есть одновременное рассмотрение одного явления с разных сторон. Данное профессиональное качество развивается при изучении обобщающих и специальных дисциплин, опирающихся на большое количество предшествующих предметов, называемых обеспечивающими курсами. У обучаемых должно формироваться целостное восприятие специальности и способность опираться на обобщенные знания изученных дисциплин. Обучение же по принципу "предмет ради предмета" тормозит профессиональное становление личности.

При составлении тестовых заданий в основном используют распространенные четыре формы тестов [1] (закрытая, открытая, установление правильного соответствия, установление правильного порядка) с опорой на абстрактное и, особенно, словесное мышление.

Так, открытая форма теста имеет вид неполного утверждения, в котором отсутствует один элемент, и тестируемый подставляет ключевое слово (допустимо словосочетание, состоящее не более чем из двух слов). В тестах закрытой формы основная часть задания формируется в форме утверждения, которое обращается в частичное или ложное высказывание после подстановки одного из ответов, в основном, словесных. В тестовых заданиях на установление соответствия нужно выбрать из двух приведенных множеств истинные пары. Испытуемый должен связать каждый элемент первой группы с одним или несколькими элементами из второй. Множества имеют, в основном, словесное выражение. В тестовых заданиях на установление правильной последовательности нужно определить порядок следования предложенных объектов (символов, слов, формул, рисунков). Дано множество неупорядоченных элементов, необходимо установить порядок между ними, т. е. пра-

вильно воспроизвести полученные знания, а, по сути, пересказать с единственно правильной расстановкой слов, символов, формул в решенной учебной проблеме.

Рассмотренные формы тестовых заданий направлены на контроль суммы знаний, но не на проверку способности решать проблемы, но это и есть суть технического, инженерного мышления. Поэтому особенностью тестов по техническим дисциплинам должно быть то, что составляться они должны на профессиональном языке, на котором мыслят специалисты, – языке техники (с использованием графики, проекционного черчения, схем кинематических, электрических и принципиальных). Предлагаемые задачи должны иметь проблемный характер, требовать для решения привлечения широкого спектра знаний, свойственного разным учебным дисциплинам, способствовать развитию профессионального (симультанного) мышления.

Если словесное мышление связано с опорой на левое полушарие мозга, то чтение чертежей требует развитого пространственного воображения и подключения правого полушария, отвечающего за ориентацию человека в пространстве, интуитивное восприятие и познание мира, образное мышление. Нагрузка на правое полушарие возрастает при чтении чертежей оригинальных и новых конструкций и сравнении с существующими. Следовательно, профессиональное тестирование должно опираться на полноценное человеческое сознание, включающее две формы сознания, две формы мышления, две области человеческого творчества. То есть наряду со словесным мышлением необходимо развивать мышление образное.

Профессионально ориентированные учебные проблемы тестовых заданий имеют целью тренировку взаимодействия двух полушарий мозга и выработки у обучающихся профессиональных навыков, когда главным являются действия, а не знания вербальных оборотов, которые он должен усвоить.

В учебных материалах должен присутствовать синтез рациональных и эмоциональных начал в человеке. А использование анимации, мультимедиа "синхронизирует логику" и эмоциональную сферу (образное мышление) обучающегося и, как результат, ускоряет приобретение знаний.

Обратим внимание и ещё на одну особенность изучения технических дисциплин в вузах – необходимость проведения лабораторных практикумов, требующих для проведения занятий по традиционной технологии обучения использования реального лабораторного оборудования, станков, при-

способлений, приборов, контрольно-измерительного инструмента, а, следовательно, больших производственных площадей для их размещения. Кроме того, лабораторное оборудование обычно имеет высокую стоимость и сложность, что требует высококвалифицированного обслуживающего персонала, эксплуатационных расходов и текущего ремонта.

Современные программные средства и возможности вычислительных систем позволяют выполнить высококачественную имитацию практически любого технологического оборудования с максимально приближенными к реальности параметрами. Таким образом, выход в такой ситуации возможен опять же за счет использования современных информационных технологий – интерактивных учебных пособий, позволяющих снизить потребность в реальном оборудовании и одновременно повысить эффективность обучения [3].

Компьютерные модели позволяют студенту изучить конструкцию технологического оборудования, ознакомиться с режимами его работы, основными узлами и их функциями, с базовыми характеристиками узлов и механизмов. Поэтому при создании компьютерных моделей интерактивных учебных пособий по техническим дисциплинам учитываются параметры и характеристики реального оборудования, реальная техническая документация, производится натурная фото- и видео съемка работы реального оборудования, запись шума работы двигателя и других звуков.

Следует отметить, что, осуществляя переход к высоким технологиям обучения, формированию новой учебной среды, интенсифицируя процесс обучения, весьма эффективно было бы совместное использование в учебном процессе по техническим дисциплинам как контрольно-обучающих тестов, так и мультимедийных и интерактивных учебных пособий для всех видов учебных занятий. Составление, апробация и совершенствование учебных пособий такого типа, создание новой инфраструктуры обучения подводит к осознанию преподавателем новой роли в учебном процессе с учетом приоритета самостоятельности студентов, и, как результат, способствует выведению обучающихся на новый, качественно более высокий уровень, укрепляет в них неподдельный интерес к своей будущей специальности.

Изложенный подход на базе современных информационных технологий реализуется в учебном процессе и показал свою эффективность по таким дисциплинам кафедры, как "Основы нефтегазового дела", "Сооруже-

ния и эксплуатация подводных добычных комплексов и трубопроводов", "Нефтегазовая промышленность на шельфе".

Проведена значительная учебно-методическая работа. Так, по дисциплине "Основы нефтегазового дела", обеспечивающей студентов базовыми знаниями для дальнейшего усвоения курсов технических дисциплин, издано учебное пособие, позволяющее не только изучить теоретический материал, но и закрепить его. Помимо теоретического и практического материала учебное пособие содержит методику выполнения практических работ, тестовые задания и вопросы для самопроверки, короткие тематические задачи. Подобные учебные пособия изданы и по другим дисциплинам кафедры. По дисциплине "Сооружение и эксплуатация подводных добычных комплексов и трубопроводов" составлен практикум по работе на учебном тренажере "Оператор АСУ ПДК", расположенном в лаборатории 3D-моделирования нефтегазовых процессов. В нем изложены все основные приемы управления автоматизированным процессом добычи углеводородов.

Сейчас нередко можно услышать, что в нашей стране перепроизводство инженеров. Действительно, в настоящее время численность специалистов с высшим образованием составляет свыше 14 млн человек, и более трети из них – инженеры. А существующий рынок труда соответствует в основном потребностям узкого круга отраслей по добыче, переработке, транспортировке сырья, коммуникациям, жизнеобеспечению населения, безопасности страны и т. п. Для них необходимы геологи и горные инженеры, нефте- и газопромысловики, конструкторы и технологи, механики и строители, электрики и теплотехники, специалисты в области информационных технологий и некоторые другие. В названных отраслях на всей огромной территории нашего государства происходит и будет происходить естественная ротация инженерных кадров. Но поскольку страна постепенно становится на рельсы инновационной экономики, начнут интенсивно развиваться и другие отрасли, подчас хорошо забытые. Поэтому однозначно – в будущем выпускники инженерных специальностей будут пользоваться большим спросом.

Именно поэтому особенно важно, чтобы высшее техническое образование полностью соответствовало современным требованиям, которые предъявляются работодателем к будущим специалистам. А это означает, что процесс обучения в высшей школе должен следовать современным тенденциям развития общества и включать в себя инновационные технологии препода-

вания, которые способны сделать процесс обучения не только интересным, но и более познавательным, а также помочь сформировать из студентов не только квалифицированных специалистов, но и личностей, способных творчески мыслить, решать задачи нестандартными методами.

Библиографический список

1. Васильев В. И., Демидов А. Л., Малышев Н. Г., Тягунова Т. Н. Методологические правила конструирования компьютерных тестов. М. : Московский государственный университет печати имени Ивана Федорова, 2000. 64 с. EDN: UARPIJ.
2. Маликова Н. Р. О некоторых инновационных методах преподавания социологии // Социс. 2002. № 2.
3. Потемкин А. Н., Викулов А. С., Романовский Б. В. Использование интерактивных учебных пособий в условиях непрерывного профессионального образования // Научно-методический электронный журнал "Концепт". 2013. Т. 3. С. 1596–1600. EDN: RIFIVF.

Анализ возможности применения электролитов в качестве прямого преобразования электрической энергии в исполнительных устройствах

**Коротаев Б. А., Васеха М. В., Никифорова Е. С., Субботина М. В.,
Баршенина А. К., Кизима М. А.** (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский
государственный технический университет", кафедра морского нефтега-
зового дела и физики, e-mail: korotaevba@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье рассматривается возможность создания запорного элемента или за-
порного и удерживающего усилие продолжительное время устройства на основе приме-
нения электролитов. Анализ полученных результатов показывает, что при применении
электролитов при выходе на режим потребление тока уменьшается за счет парообразова-
ния. Кроме этого, свое применение электролиты могут найти и в нефтегазовой отрасли.

Abstract. The article discusses the possibility of creating a shut-off element or a shut-off and
holding force for a long-time device based on the use of electrolytes. The analysis of the results
obtained shows that when using electrolytes, when entering the mode, the current consumption
decreases due to vaporization. In addition, electrolytes can be used in the oil and gas industry.

Ключевые слова: исполнительные устройства, способы преобразования электрической
энергии, электролиты, гидравлические приводы

Key words: actuators, methods of converting electrical energy, electrolytes, hydraulic drives

Преобразование энергии в промышленности даже на сегодняшний день
остается актуальным вопросом. В конце прошлого столетия началось ак-
тивное внедрение цифровых систем управления технологическими процес-
сами, в том числе систем управления газотурбинными установками. Понадо-
билась разработка исполнительных механизмов, обеспечивающих изменение
их параметров. Возникла необходимость преобразования электрических сиг-
налов в механическое воздействие. Существовавшие на тот момент электро-
пневматические и электрогидравлические преобразователи позволяли управ-
лять пневматическими и гидравлическими сервомоторами, но для этого
требовались системы подготовки воздуха/масла с определенными пара-
метрами, что в целом усложняло систему автоматического регулирования
(далее – САР) [1]. Наиболее приемлемыми считались электромеханические
исполнительные механизмы.

Например, можно управлять кернаотборочным снарядом с использо-
ванием столба воды при инженерно-геологических отборах керна. В дан-
ном методе отбора керна используется гидравлический канал управления
приводом длиной 1 500 м, что влечет за собой потребление большого коли-
чества антифриза в осенне-зимний период в условиях освоения арктического

шельфа. Кроме этого, для работы гидравлического канала требуется насос, питающийся от сети. Поэтому даже экономически осуществить подвод энергии или питающей сети непосредственно в керноотборочный снаряд существенно целесообразнее. Такой же принцип работы наблюдается и в приводах переключающих устройств, использующих для своей работы либо насос, либо двигатель, которые в свою очередь питание берут от сети.

Постановка задачи: как, исключив ненужное звено, непосредственно произвести преобразование энергии в работу по перемещению поршня керноотборочного снаряда или осуществить подвод энергии к переключающим устройствам минуя лишние звенья. Рассмотрим подробнее схему подвода энергии и ее преобразование в работу на примере керноотборочного снаряда (рисунок 1).

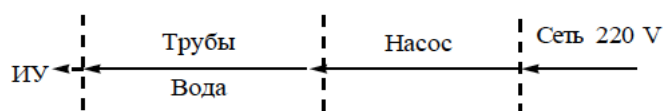


Рисунок 1 – Схема преобразования энергии

На рисунке 2 представим желательную схему преобразования энергии сети 220 V.



Рисунок 2 – Желательная схема преобразования энергии без лишнего звена

Таким образом, при применении электролитов в ИУ отпадает необходимость применения насоса, трубы подвода воды и антифриза при работе в осенне-зимний период.

Был произведен анализ следующих методов преобразования энергии:

- воздушная пружина (термин Бойля, подразумевающий расширение воздуха при его нагреве);
- нагревательный элемент;
- электролит [1].

Способ преобразования энергии при помощи воздушной пружины оказался нерентабельным из-за потребления большого количества энергии водяной баней.

Нагревательный элемент приводит к перегреву воздуха и перегреву самого нагревательного элемента с дальнейшим его перегоранием.

Приведем схему устройства для работы с электролитом (рисунок 3).

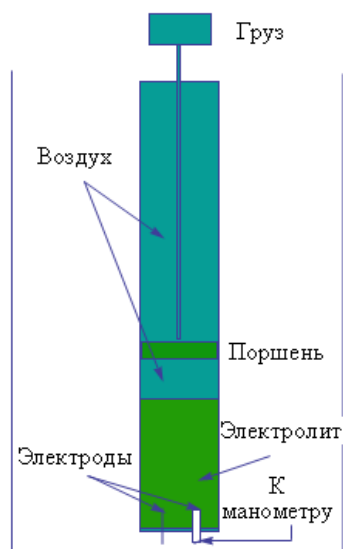


Рисунок 3 – Схема подвода энергии к электродам

Следует отметить, что в качестве одного электрода можно избрать железную трубку малого диаметра. При этом реализуются две цели: подвод энергии и измерение давления под поршнем одновременно. В качестве второго электрода использовалось железо.

На следующем рисунке (рисунок 4) приведен совмещенный график работы электролита по подъему поршня с грузом до верхней границы.

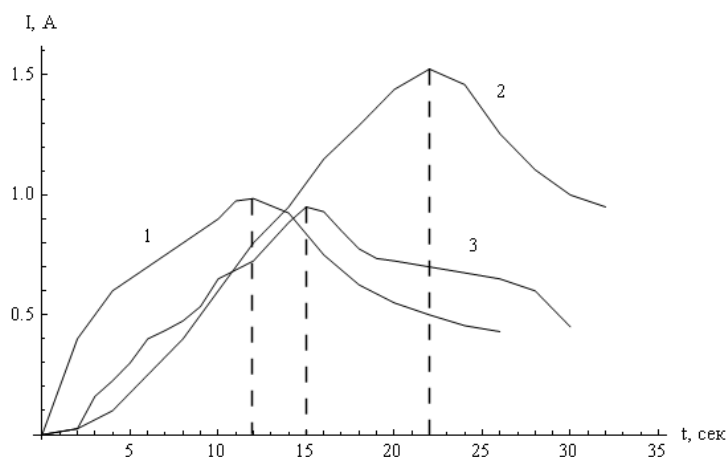


Рисунок 4 – Результаты работы по подъему груза на заданную высоту:

- 1 – смесь аммиака и воды в пропорции 50/50 % по объему,
- 2 – KNO_3 и гептан в пропорции 50/50 % по объему,
- 3 – смесь, глицерина и морской воды в пропорции 85/15 % по объему

Как видно из рисунка 4, у каждого электролита свое время начала кипения и испарения (точка начала кипения-испарения указана пунктирной линией). Это говорит о быстросодействии при выходе на режим поднятия груза.

Приведем фото лабораторной установки по поднятию груза массой 3 кг (рисунок 5).

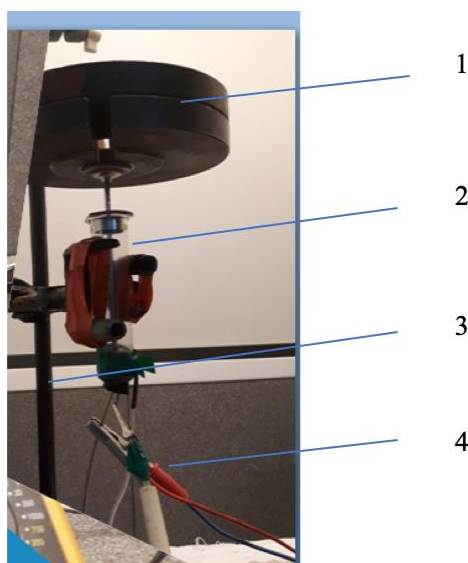


Рисунок 5 – Фото лабораторной установки:

1 – груз 3 кг, поршень в верхнем положении; 2 – медицинский шприц;
3 – штатив с держателем шприца; 4 – подвод электроэнергии

Рассмотрим схему силового цилиндра (рисунок 6).

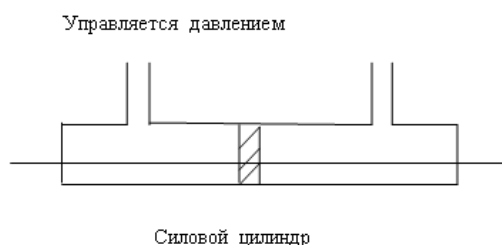


Рисунок 6 – Схема силового цилиндра с гидравлическим приводом

Для управления приводом необходима энергия, насосы для создания управляющего гидравлического давления, а также в комплектацию входят трубы для подвода жидкости с управляемым давлением. Также рассмотрим подробно путь преобразования электрической энергии (рисунок 7).

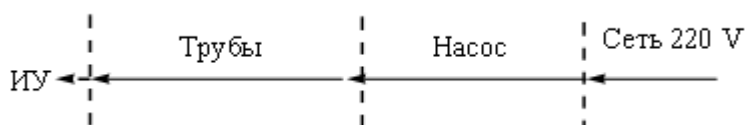


Рисунок 7 – Схема преобразования энергии силового цилиндра

В схеме силового цилиндра также управлять можно не только гидравлическим давлением, но и паром испаряющейся жидкости непосредственно в силовом цилиндре (рисунок 8).

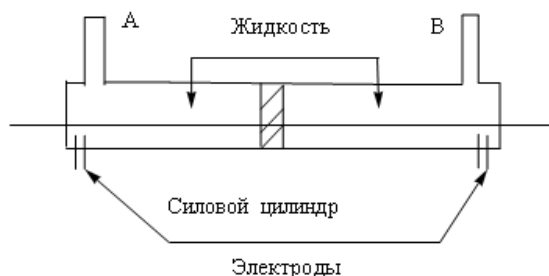


Рисунок 8 – Схема силового цилиндра с электрическим приводом

В предлагаемом устройстве отпадает необходимость в насосе, трубах и жидкости. В схеме с электрическим приводом (рисунок 8) не нужен насос и гидравлические трубы, требуется меньшее количество жидкости. Энергия 220 V подводится непосредственно к электродам.

В качестве примера рассмотрим математическую модель привода управляющего золотника [3]

$$f_1 = k_1 + B_1 \frac{dx_1}{dt} + M_1 \frac{d^2x_1}{dt^2}. \quad (1)$$

Он представляет собой многополюсник с механическим входом, характеризующимся силой f_1 и перемещением x_1 , и гидравлическим выходом, характеризующимся разностью давления P_2 и объемным потоком жидкости g_2 , где B_1 и M_1 – вязкое сопротивление и масса золотникового поршня; R_2 – гидравлическое сопротивление; k_1 и k_2 – коэффициенты, определяемые из эксперимента [3]. Построим по модели график для x_i (рисунок 9).

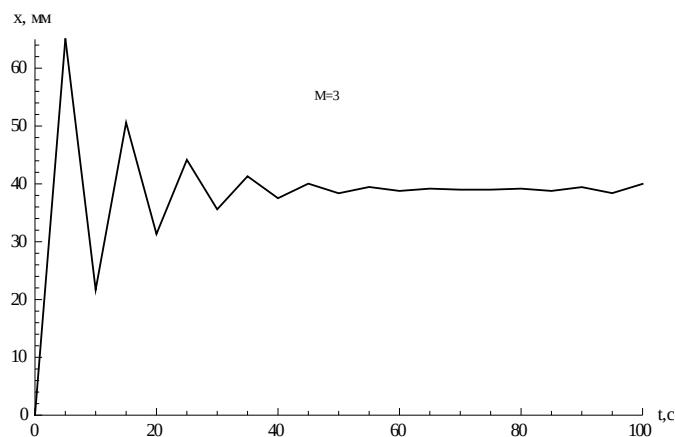


Рисунок 9 – График перемещений во времени ($M = 3$)

Параметр M уравнения для золотника моделирует колебательность системы при выходе на режим перемещения штока, тогда как при работе привода на электролите колебаний поршня с грузом не происходит (рисунок 10).

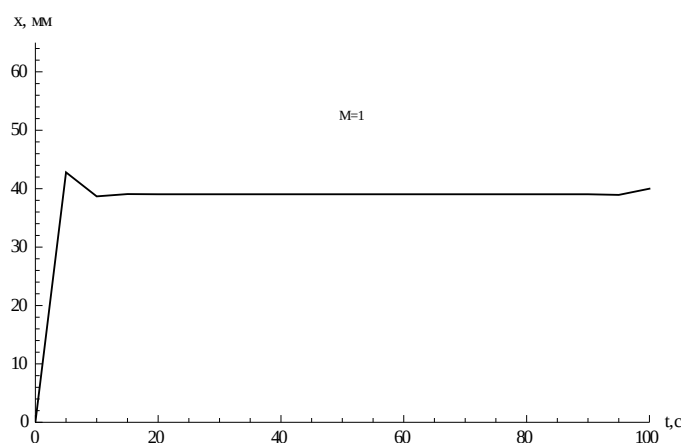


Рисунок 8 – График перемещений во времени ($M = 1$)

Уравнение (1) решалось при следующих исходных данных для модели: граничные условия: $y_0 = 0$ мм; $y_{20} = 40$ мм. Исходные данные: $M = 3$ (и $M = 1$); $f = 2 \times 9,81$ Н; $k_1 = 0,1$ Н; $B_1 = 0,5$ кг/с.

Во время опытов были достигнуты следующие показатели: давление 0,8 МПа. Поднят груз массой 3 кг. Максимальные значения давления развиваемого под поршнем определить не удалось по техническим причинам. Кроме этого, существует понятие оптимальной рецептуры электролита. Возможно исследование применения природных электролитов [2]. Также был замечен межэлектродный пробой при 200 V переменного тока из-за малого расстояния между электродами.

Несомненное достоинство электролита заключается в том, что при полном или частичном его испарении ток от начального значения (после кипения) до конечного значения падает примерно в 3–4 раза. И только на этом основании (потребление электроэнергии) электролиты могут найти нишу своего применения в нефтегазовой отрасли. Кроме этого, наблюдается плавность хода поршня при перемещении груза, что говорит об отсутствии колебательной системы при выходе на режим.

Библиографический список

1. Шибанов В. Н., Тараненко В. Г. Растворы. М : МГАРФ, 1995. 91 с.
2. Латышова М. Г. Практическое руководство по интерпретации диаграмм геофизических методов исследования скважин. М. : Недра, 1991. 218 с.
3. Сикорский В. П. Математический аппарат инженера. Киев : Техніка, 1975. 768 с.

Частный случай решения уравнения Эйлера

Коротаев Б. А., Никифорова Е. С., Дундук Н. С., Сазонов И. И., Куксарев К. М., Белухин А. И. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра морского нефтегазового дела и физики, e-mail: korotaevba@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье приводится решение уравнения Эйлера через систему дифференциальных уравнений течения жидкости или газа по трубопроводу.

Abstract. The article provides a solution to the Euler equation through a system of differential equations for the flow of a liquid or gas through a pipeline.

Ключевые слова: уравнение Эйлера, трубопровод, дифференциальное уравнение

Key words: Euler's equation, pipeline, differential equation

На основе ньютоновской механики, как известно [1], возникла механика сплошных сред, в которой газы, жидкости и твердые тела рассматриваются как непрерывные однородные физические среды. Здесь вместо координат и импульсов отдельных частиц применены иные понятия – плотность ρ , давление P , скорости переноса массы m и приложенные к ним внешние силы F , что однозначно характеризует поведение этих сред. Сами же плотность, плотность, давление и гидродинамическая скорость распределены по координатам и во времени. Следует обратить внимание на то, что понятия механики сплошных сред полностью использовали понятия ньютоновской механики, однако уточнили их применительно к поставленной цели – описанию движения сплошных сред. Поэтому здесь и появилась плотность, т. е. масса, отнесенная к объему, давление и т. п. Уравнения механики сплошных сред позволяют установить значения этих функций в любой последующий момент времени, если известны граничные и начальные условия [1]. А иногда может потребоваться и первое приближение. Однородность сплошной среды и отсутствие в ней потерь энергии на внутреннее трение означает идеальность среды, поэтому движение такой среды полностью описывается двумя уравнениями Эйлера. Рассмотрим простейшее плоское решение уравнения Эйлера (1).

$$\frac{dv}{dt} = F - \frac{1}{\rho} \text{grad} P, \quad (1)$$

где v – скорость движения жидкости, м/с; F – напряженность массовых сил, м/с²; ρ – плотность жидкости, кг/м³; $\text{grad } P$ – градиент давления, Па/м.

Данное уравнение связывает скорость течения жидкости v с давлением P и напряженностью массовых сил F и уравнением неразрывности

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \operatorname{div} \mathbf{v} = 0, \quad (2)$$

где дивергенция $\operatorname{div} v$ имеет размерность $1/\text{с}$.

Однако в дальнейшем выяснилось, что для большого числа задач нельзя пренебрегать различиями в плотности среды. В газах, например, плотность меняется в очень широких пределах. Учет этого обстоятельства заставил усложнить уравнение неразрывности [1]

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \operatorname{div} v + v \operatorname{grad} \rho = 0. \quad (3)$$

Исходные данные для решения уравнения Эйлера. Для того чтобы решить уравнения Эйлера, необходимо располагать решением системы дифференциальных уравнений для жидкости или для газа. Из решений этих уравнений становится известным распределенными по длине трубопровода давлением и скорости движения жидкости или газа. Приведем стандартную модель расчета термобарических параметров транспортируемого газа [2–8]

$$\frac{dP}{dx} = -dp - \rho \cdot g \cdot dH - \lambda \frac{\rho \cdot v^2}{2D_{int}}, \quad (4)$$

где P – давление газа, МПа; x – продольная координата, м; ρ – плотность газа, $\text{кг}/\text{м}^3$; g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$; H – высота рельефа местности, м; D – внутренний диаметр трубопровода, м; λ – коэффициент гидравлического сопротивления, безразмерная величина; v – скорость газа, $\text{м}/\text{с}$; μ – вязкость газа, $\text{Па} \cdot \text{с}$.

Модели распределения давления и температуры газа по длине газопровода можно найти в источниках [2–6].

$$\frac{dT}{dx} = Di \frac{dp}{dx} - \frac{K_{ins} \pi D_{int}}{G c_{gas}} (T - T_{env}) - \frac{g}{c_{gas}} d \frac{dH}{dx}, \quad (5)$$

где Di – коэффициент Джоуля – Томсона, $\text{К}/\text{МПа}$; c_{gas} – коэффициент изобарной удельной теплоемкости газа, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; T_{env} – температура окружающей среды, К ; K_{ins} – коэффициент теплопередачи, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$; G – массовый расход газа, $\text{кг}/\text{с}$; T – начальная температура газа.

Граничные условия заданы в начале газопровода [8]

$$P(0) = 20 \text{ МПа.}$$

$$T(0) = 37 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Граничные условия можно задавать в начале газопровода или в конце, и расчеты распределения давления и температуры газа по длине трубопровода должны учитывать следующее соотношение

$$P = z \rho R T, \quad (6)$$

где P – давление, Па; z – сжимаемость газа, м; ρ – плотность газа, кг/м³; T – температура, К; R – газовая постоянная, Дж/К моль [2, с.12].

Для простоты решения будем рассматривать газ как несжимаемую жидкость с постоянной плотностью. Суть работы – это освоение алгоритма решения данного уравнения с целью последующего решения задачи для газа. Итак, у нас есть в качестве исходных величин – распределенные по расстоянию давление и скорость.

Ход решения уравнения

Затем следует конвертировать скорость, распределенную по длине во временной интервал. Для этого необходимо задаться шагом dx и график распределения скорости по длине трубопровода конвертировать во временной интервал. На малом интервале dx считаем скорость величиной постоянной. Следующий рисунок (рисунок 1) поясняет эту процедуру.

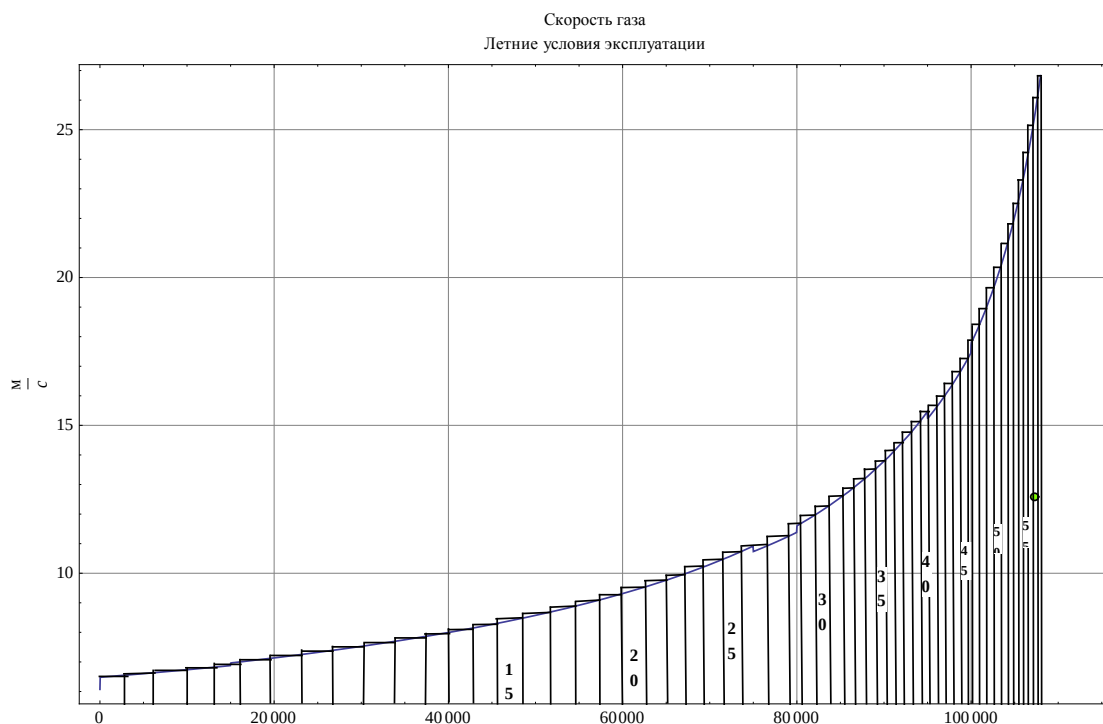


Рисунок 1 – Конвертирование скорости по расстоянию во временной интервал

После окончания конвертирования скорости по расстоянию в скорость во времени необходимо проверить полученную аппроксимацию путем совмещения графиков скоростей. Для этого составляем таблицу 1 и заносим расчетные значения параметров. Затем на основании таблицы строим графики по точкам и совмещаем "ступеньки" скоростей с аналитической зависимостью. На рисунке 2 представлено данное совмещение. Рассмотрим только участок длиной 67,3 км.

Таблица 1 – Расчетная таблица с параметром времени

Расстояние, м	Время, с	Скорость, м/ч	Скорость, м/ч*
0	0	6,57	6,57
2866	450	6,57	6,57
6108	924	6,67	6,68
10140	1509	6,74	6,77
13180	1955	6,86	6,87
16230	2389	6,99	6,95
19660	2858	7,10	7,10
23200	3369	7,24	7,2
–	–	–	–
67310	8817	10,21	9,94

Примечание. Скорость получена из дифференциальных уравнений (3–5).

Таким образом, мы можем построить скорость, распределенную по расстоянию и во времени. Приведем совмещенный график скоростей для оценки совпадения результатов конвертирования скорости во временной интервал, рисунок 2.

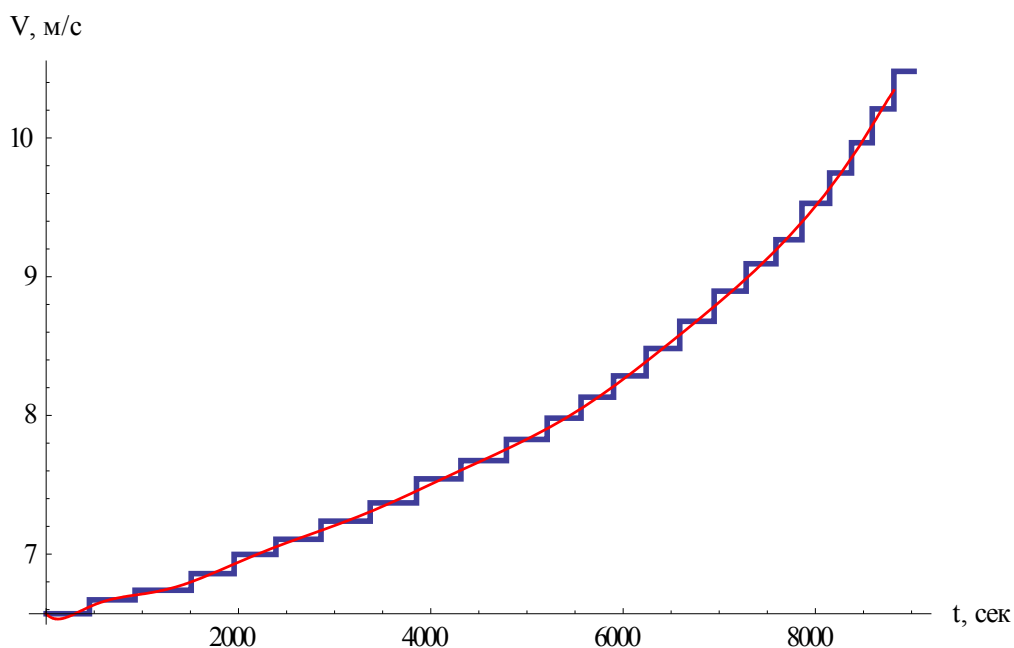


Рисунок 2 – Совмещенный график скоростей во временной области

Приведем на основании таблицы 1 матрицы расстояний с привязкой во времени:

$x = \{0, 6108, 10140, 13180, 16230, 19660, 23200, 26840, 30180, 33910, 37440, 40000, 42950, 45700, 48550, 51790, 54830, 60000, 62590, 65150, 67310\};$

$t = \{0, 924, 1509, 1955, 2389, 2858, 3369, 3851, 4312, 4785, 5211, 5563, 5900, 6239, 6589, 6946, 7860, 8148, 8376, 8592, 8817\}.$

Теперь можно непосредственной вычислить F в уравнении Эйлера. Для этого приведем матрицу $\text{grad } P$ и матрицу dV/dt , рассчитанные в точках, указанных в таблице 1.

$$\text{grad}P/\rho = \{-0.09, -0.091, -0.092, -0.094, -0.095, -0.0948, -0.109, \\ -0.111, -0.113, -0.115, -0.117, -0.119, -0.121, -0.123, -0.125, \\ -0.128, -0.131, -0.134, -0.143, -0.146, 0.149\}.$$

Построим по расчетным точкам график $\text{grad}P/\rho$ при условии, что $\rho = \text{const}$, рисунок 3.

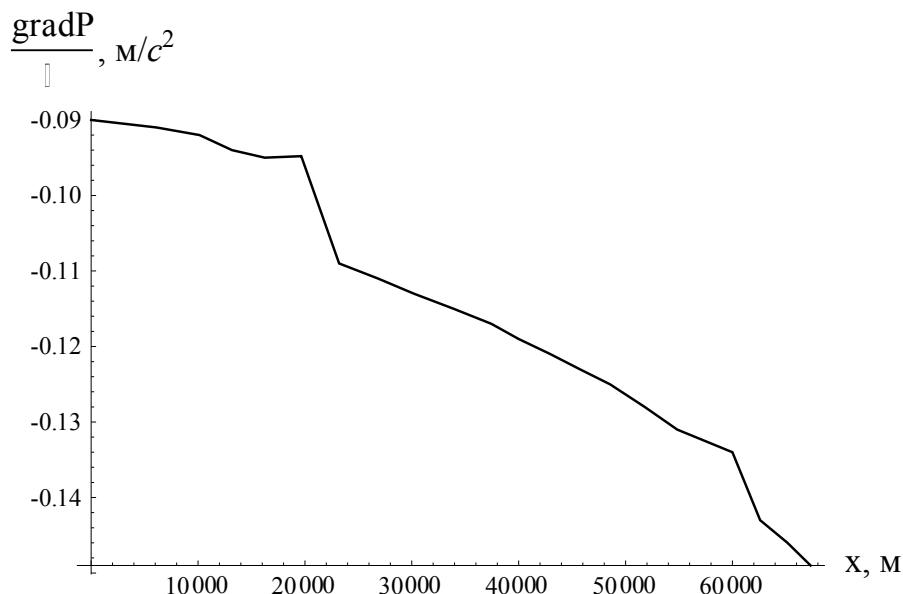


Рисунок 3 – График распределения $\text{grad}P/\rho$ по расстоянию

По расстоянию также построим график dV/dt , рисунок 4.

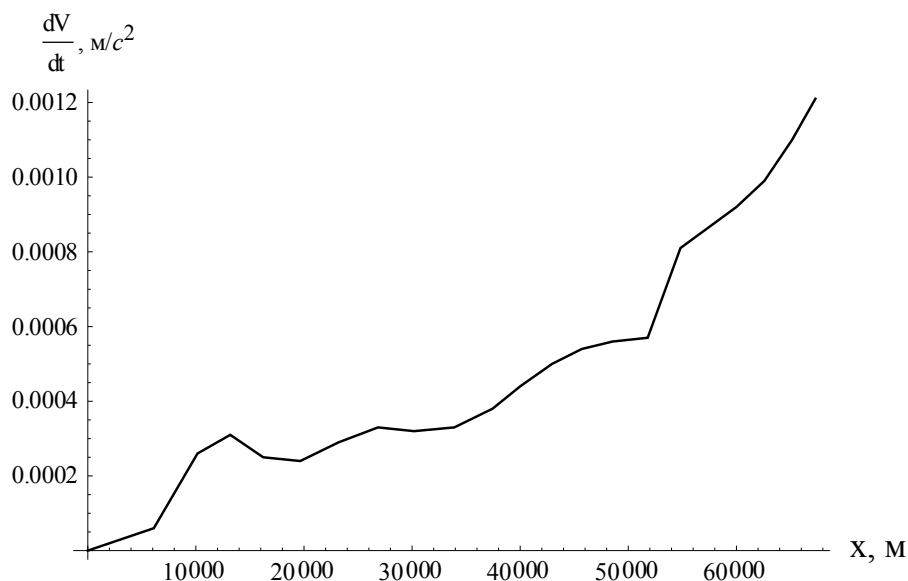


Рисунок 4 – График распределения dV/dt по расстоянию

Составим оператор среды Mathematica для вычисления значения F в уравнении Эйлера.

$\text{Do}[\text{Print}[F(i)=\text{grad}P(i)+a(i)],\{i,1,21\}]$, где $a=dV/dt$.

Составим таблицу в среде Mathematica для расчетной величины F .

$F=\text{Table}[F[i],\{i,1,21\}]$

$F=\{-0.09, -0.09094, -0.09174, -0.09369, -0.09475, -0.0946, -0.10871,$
 $-0.11067, -0.11268, -0.114670000000000001, -0.11662,$
 $-0.11856, -0.1205, -0.12246, 0.12444, 0.127430000000000002,$
 $-0.13019, -0.13308, -0.14201, -0.1449, 0.14779\}$

Теперь можно построить распределение F по расстоянию и во времени. Построим график распределения параметра F в уравнении Эйлера по расстоянию, рисунок 5.

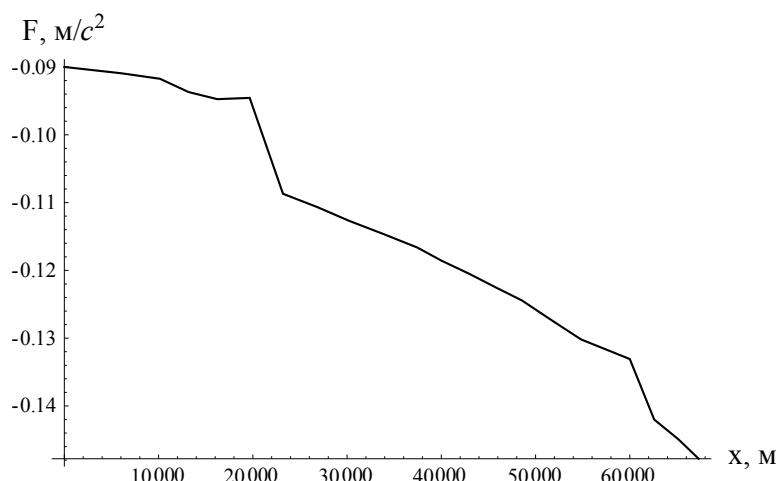


Рисунок 5 – График распределения F по расстоянию

Этот параметр F можно построить и по распределению во времени, рисунок 6.

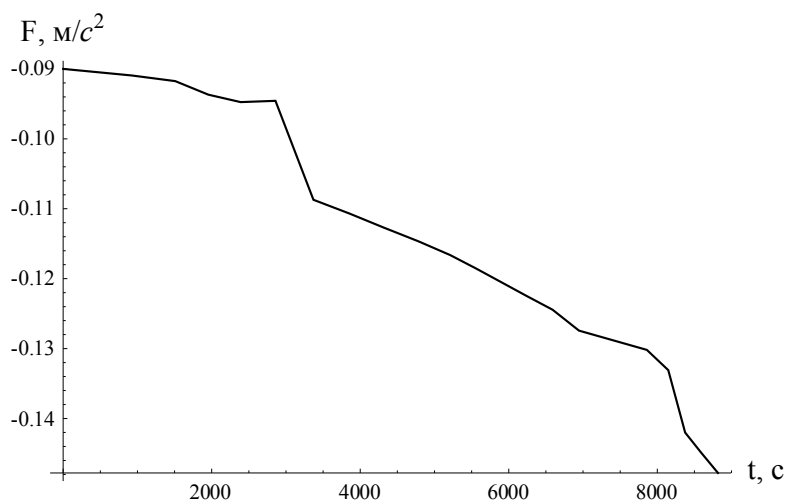


Рисунок 6 – График распределения F во времени

В заключение приведем скорость движения жидкости распределенную по расстоянию, рисунок 7, и во времени, рисунок 8.

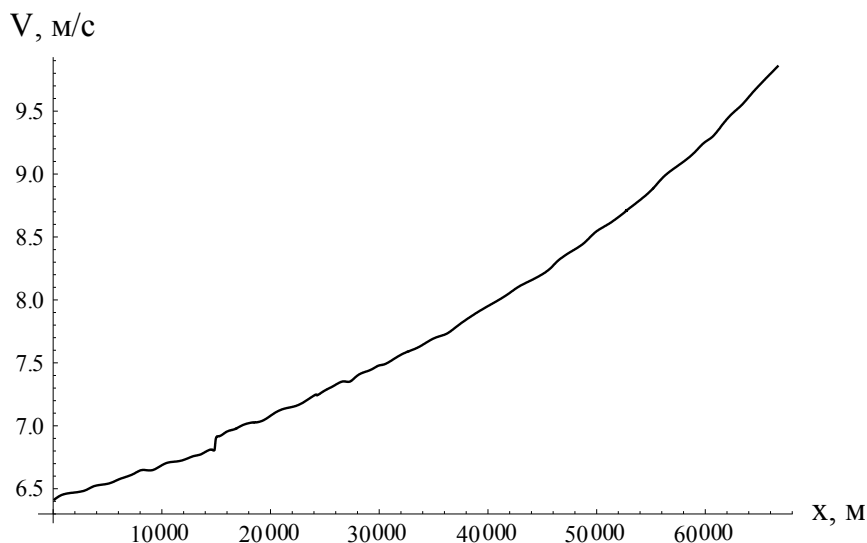


Рисунок 7 – График распределения скорости жидкости по расстоянию

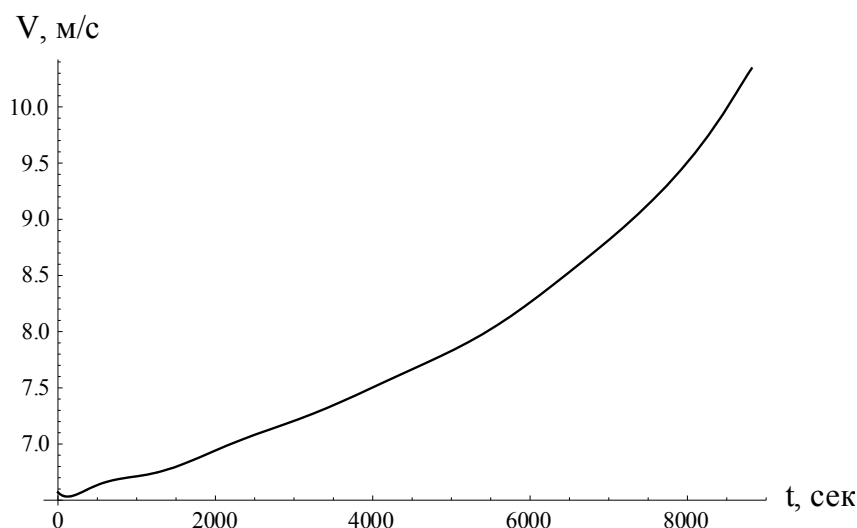


Рисунок 8 – Скорость движения жидкости, распределенная во времени

Для того чтобы решить уравнения Эйлера, необходимо произвести предварительно расчеты по распределению давления и скорости жидкости (газа) по расстоянию. Как видно из полученных результатов рассчитываемые параметры идентичны по значениям, распределенным по расстоянию, значениям, распределенным во времени. Отсюда следует независимость физических параметров ни от расстояний, ни от времени. Из уравнения Эйлера следует: скорость в данной точке расстояния и в данный момент является фиксированной величиной, и время, и расстояние связаны между собой заданной скоростью. При $\Delta x \rightarrow 0$ и $\Delta t \rightarrow 0$ скорость по расстоянию равна скорости во времени.

Исходные данные взяты из источника (8), плотность жидкости принималась равной 450 кг/м^3 и являлась постоянной величиной.

Библиографический список

1. Ацюковский В. А. Материализм и релятивизм. М. : Инженер, 1993. 191 с.
2. Сухарев М. Г., Карасевич А. М. Технологический расчет и обеспечение надежности газо- и нефтепроводов. М. : Нефть и газ : РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2000. 271 с.
3. Алиев Р. А., Белоусов В. Д., Немудров А. Г. [и др.]. Трубопроводный транспорт нефти и газа. М. : Недра, 1988. 368 с.
4. Агапкин В. М., Борисов С. Н., Кривошеин Б. Л. Справочное руководство по расчетам трубопроводов. М. : Недра, 1987. 189 с.
5. ОНТП 51-1-85. Магистральные трубопроводы. Ч. 1. Газопроводы. М. : Мингазпром, 1986. 95 с.
6. СТО Газпром 2-3.5-051-2006. Нормы технологического проектирования магистральных газопроводов. М. : Газпром, 2006. 205 с.
7. El-Reedy M. Onshore Structural Design Calculations. Power Plant and Energy Processing Facilities. 1st Edition. Amsterdam ; New York : Elsevier, 2016. 456 p.
8. Коротаев Б. А., Телепнева А. А., Ключенкова Е. С. Анализ влияния рельефа местности на термобарические параметры транспортируемого по магистральному трубопроводу газа // Газовая промышленность. 2020. № 2(796). С. 42–47. EDN: JGAVEZ.

Проявления криогенных процессов в верхней части осадочного чехла Печорского шельфа

Костин Д. А.¹, Рокос С. И.² (¹г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра морского нефтегазового дела и физики, e-mail: kostinda@mgtu.edu.ru; ²г. Мурманск, ОАО "Арктические морские инженерно-геологические экспедиции", e-mail: rokossi@rusgeology.ru)

Аннотация. В верхней части осадочного чехла проявляются криогенные процессы, связанные с наличием и деградацией многолетнемерзлых отложений, загазованностью осадков и формированием аномально высоких пластовых давлений на глубинах в несколько десятков метров ниже морского дна. Эти явления представляют несомненную опасность при строительстве инженерных сооружений на шельфе Печорского моря.

Abstract. In the upper part of the sedimentary cover, cryogenic processes are manifested, associated with the presence and degradation of permafrost deposits, the gas content of precipitation and the formation of abnormally high reservoir pressures at depths of several tens of meters below the seabed. These phenomena pose an undeniable danger in the construction of engineering structures on the shelf of the Pechora Sea.

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы, аномально высокое пластовое давление, газонасыщенные грунты, сейсмическая запись, сейсмическая корреляция

Key words: permafrost rocks, abnormally high formation pressure, gas-saturated soils, seismic recording, seismic correlation

Наличие многолетнемерзлых пород (ММП) является фактором, осложняющим освоение нефтегазовых месторождений. Его недоучет может вызывать серьезные аварии при бурении нефтегазовых скважин, креплении обсадных колонн, постановке и эксплуатации буровых платформ, прокладке трубопроводов и пр. Также наличие в разрезе осадочного чехла мощных многолетнемерзлых толщ может привести к ошибочным интерпретациям материалов поисково-разведочной сейсморазведки (наличие скоростных аномалий в верхней части разреза и связанный с этим дефект скоростей).

Согласно существующим палеогеографическим представлениям в течение последней крупной позднеплейстоценовой регрессии, связанной с эпохой похолодания и формированием покровных континентальных ледников, площадь современного шельфа, ограниченная с мористой стороны изобатой 120 м, осушалась и подвергалась глубокому промерзанию [1; 3]. Исключения составляли талики, приуроченные к древним речным долинам и крупным озерам. Деградация сформировавшейся мерзлой толщи после

начала трансгрессии происходила, вероятно, под воздействием целого ряда факторов (теплый сток современных рек, аномальные зоны глубинного теплового потока и т. д.). Сохранившаяся на шельфе к настоящему времени мерзлота имеет островной характер распространения и находится в деградирующем состоянии (рисунок 1).

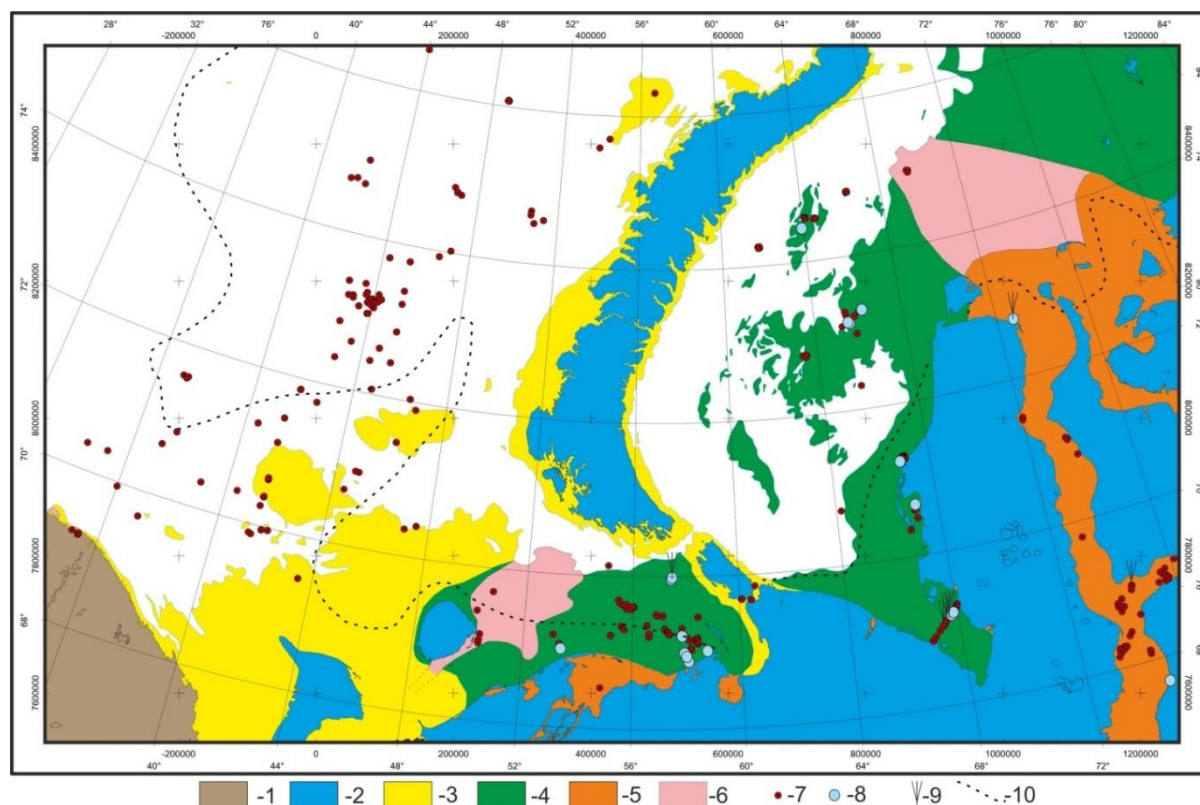


Рисунок 1 – Схема распространения газосодержащих и многолетнемерзлых грунтов на шельфе Баренцева, Печорского и Карского морей (по материалам ОАО АМИГЭ, Рокос С. И.) 1 – талые грунты суши; 2 – многолетнемерзлые породы суши (включая морозные и ледники); 3 – область шельфа, осушавшаяся при последней верхнеплейстоценовой трансгрессии (окоптурена изобатой 100 м), но не испытывавшая промерзания; 4 – область развития газосодержащих осадков и реликтовых многолетнемерзлых пород; 5 – талики, приуроченные к современным эстуариям крупных рек; 6 – талики, приуроченные к древним речным долинам и эстуариям; 7 – опорные инженерно-геологические скважины, не вскрывшие многолетнемерзлые породы; 8 – инженерно-геологические скважины, вскрывшие многолетнемерзлые породы; 9 – инженерно-геологические скважины, из которых происходили выбросы газа; 10 – изотерма 0 °С придонного слоя морской воды

К настоящему времени рядом инженерно-геологических скважин достоверно установлено наличие многолетнемерзлых пород (ММП) в верхней части осадочного чехла Печорского шельфа на современных глубинах моря до 75 м [2]. В то же время в большей части пробуренных скважин мерз-

лые льдистые образования в кернах отсутствуют. Очевидно, это в первую очередь связано с островным характером распространения ММП.

Глубина залегания кровли ММП обычно превышает 20 м ниже поверхности морского дна, мощность мерзлых образований составляет в основном 20–50 м. Вскрытые скважинами многолетнемерзлые льдистые отложения представлены глинисто-суглинистыми, в основном пластично-мерзлыми образованиями, а также ледогрунтом. Для глинисто-суглинистых мерзлых образований характерны наклонные шлиры льда толщиной до 10–20 см и более. Пески имеют в основном массивную криотекстуру, на фоне которой иногда наблюдается текстурный лед, приуроченный к глинистым прослоям.

К участкам распространения ММП на временных разрезах приурочены зоны потери или резкого ухудшения сейсмической корреляции. Какие-либо отражающие границы, сопоставимые с кровлей или подошвой мерзлых толщ, как правило, отсутствуют [4]. При этом отмечаются многочисленные дифракционные оси, которые, очевидно, продуцируются неравномерным распределением ледяных включений. Ухудшение или потеря сейсмической корреляции на участках распространения льдистых ММП связывается с преобразованиями первичных структуры и текстуры осадочных толщ при промерзании. Процессы морозного пучения вызывают деформации и растрескивание промерзающей толщи, что приводит к разрушению седиментационной слоистости, которая в основном определяет акустическую структуру осадков. Кроме того, сформированные при эпигенетическом промерзании сетчатые и слоисто-сетчатые системы ледяных шлиров также разрушают элементы седиментационной слоистости.

В парагенетической связи с многолетней мерзлотой находится свободный газ, содержащийся в поровом пространстве приповерхностных отложений [5].

Свободный газ блокирует распространение упругих колебаний вглубь осадочной толщи и тем самым скрывает информацию о строении осадочной толщи. Интерпретируемые данные удается получать лишь на локальных участках. На большей же части площади с помощью высокочастотного сейсмоакустического профилирования удастся проследить лишь маломощную толщу современных голоценовых осадков.

Для оценки акустических свойств грунтов в ряде инженерно-геологических скважин глубиной от 20–30 до 70–100 м ниже поверхности дна было

выполнено вертикальное сейсмоакустическое профилирование. Оказалось, что скорости распространения упругих колебаний в загазованных отложениях чаще всего колеблются в диапазоне 1,3–1,4 км/с, иногда понижаясь до 0,8–1,0 км/с.

Формы газонасыщения четвертичных осадков весьма разнообразны и определяются взаимоотношением слоев неконсолидированных глинисто-суглинистых осадков, песков и переуплотненных глинистых образований. Сам газ имеет биогенное происхождение и продуцируется органическими веществами, погребенными в толще четвертичных отложений.

В области распространения газонасыщенных отложений инженерно-геологическим бурением часто устанавливается наличие многолетнемерзлых льдистых отложений.

Крайним проявлением взаимодействия многолетнемерзлых пород и свободного газа является формирование диапироподобных поднятий в восточной части Печорского моря [6]. С целью исследования данных форм на этом участке в 1995 г. ОАО АМИГЭ было выполнено площадное сейсмоакустическое профилирование, локация бокового обзора и пробурен ряд скважин на глубину до 100 м от поверхности морского дна. По материалам проведенных исследований было закартировано более 50 овальных в плане поднятий с относительным превышением 10–15 м и шириной основания от 50 до 130 м. В разрезе, по материалам НСП, им соответствуют диапироподобные поднятия, окаймленные компенсационными впадинами. При этом поднятия сложены акустически непроницаемыми образованиями, а компенсационные впадины выполнены акустически проницаемой слоистой толщей. Граница, разделяющая эти две толщи, не выдержана по латерали, с ней связаны амплитудные аномалии, продуцирующие цуги реверберационных волн, часто отмечается потеря корреляции.

По материалам бурения в данном районе толща, слагающая поднятия, сложена многолетнемерзлыми льдистыми глинами валдайского возраста, а верхняя толща, слагающая компенсационные впадины – илами, суглинками и, в основании, мерзлыми песками.

В одной из скважин, пробуренной в привершинной части одного из поднятий, ниже толщи многолетнемерзлых пород была вскрыта зона с аномально высоким пластовым давлением.

На основании анализа материалов был сделан вывод о тесной связи между наличием многолетнемерзлых пород со скоплениями газа с аномально вы-

соким давлением и диапироподобными поднятиями. Скопления газа, имеющего, по-видимому, биогенную природу и сформировавшегося в результате деградации мерзлых пород, содержащих органику, приурочены к линзам талых песков, залегающих ниже подошвы мерзлоты, а толща многолетнемерзлых пород служит своеобразной непроницаемой покрывкой. По достижению давлением газа определенных значений на ослабленных участках (пониженная мощность мерзлых пород, тектонические и литологические факторы и пр.) происходила деформация отложений, а затем и рельефа морского дна с формированием диапироподобных структур "прорыва".

Библиографический список

1. Жигарев Л. А., Суходольская Л. А., Чернядьев В. П. Криолитозона арктических морей в позднем плейстоцене и голоцене // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 1982. № 4. С. 93–109.
2. Рокос С. И., Длугач А. Г., Локтев А. С., Костин Д. А., Куликов С. Н. Многолетнемерзлые породы шельфа Печорского и Карского морей: генезис, состав, условия распространения и залегания // Инженерные изыскания. 2009. № 10. С. 38–41. EDN: LBDSPV.
3. Шполянская Н. А., Стрелецкая И. Д., Сурков А. В. Криолитогенез в пределах арктического шельфа (современного и древнего) // Криосфера Земли. 2006. Т. X, № 3. С. 49–60. EDN: HVBSCKX.
4. Бондарев В. Н., Длугач А. Г., Рокос С. И., Костин Д. А., Лисунов В. К. Акустические фации посткриогенных обстановок мелководных районов Печорского и Карского морей // Разведка и охрана недр. 1999. № 7–8. С. 10–15.
5. Рокос С. И. Инженерно-геологические особенности приповерхностных зон аномально высокого пластового давления на шельфе Печорского и южной части Карского морей // Инженерная геология. 2008. № 4. С. 22–28. EDN: KHNVDP.
6. Бондарев В. Н., Рокос С. И., Длугач А. Г., Костин Д. А., Полякова Н. А. Подмерзлотные скопления газа в верхней части осадочного чехла Печорского моря // Геология и геофизика. 2002. Т. 43, № 7. С. 587–598.

ХИМИЯ

Влияние химического состава растительного масла на свойства водно-масляных эмульсий

Берестова Г. И.¹, Кучина Ю. А.¹, Колотова Д. С.¹, Курицына В. А.²
(¹г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра химии, e-mail: berestovagi@mstu.edu.ru;
²г. Мурманск, ФБУЗ "Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области")

Аннотация. В работе представлены результаты исследования зависимости свойств водно-масляных эмульсий от жирно-кислотного состава растительных масел.

Abstract. In this work, the results of the investigation of the dependence of water-oil emulsion properties on the fatty acid composition of vegetable oils.

Ключевые слова: растительное масло, водно-масляные эмульсии, жирно-кислотный состав, газожидкостная хроматография

Key words: vegetable oil, water-oil emulsions, fatty acid composition, gas-liquid chromatography

Существенную долю выпускаемой современной масложировой продукции составляют эмульсионные продукты. Природа продукта и его многокомпонентный состав – белки, жиры, углеводы, микроэлементы и вода, обуславливают развитие порчи за счет протекания гидролитических, окислительных и микробиологических процессов, что влечет ухудшение органолептических свойств, показателей безопасности. Растительные масла представляют сложную многокомпонентную систему, состоящую большей частью из триглицеридов насыщенных и ненасыщенных жирных кислот и незначительных количеств фосфолипидов, свободных жирных кислот, восков, стиролов, окрашенных веществ. Окисление триглицеридов в эмульсионных продуктах является одним из основных процессов, влияющих на качество, безопасность продукта и сокращение сроков его хранения [1]. Вследствие протекания реакций окисления в маслах образуются и накапливаются пероксиды, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты. Эти соединения существенно снижают качество продуктов, а также оказывают отрицательное влияние на организм человека. Повышение качества пищевых продуктов на основе водно-масляных эмульсий зависит от свойств этих эмульсий. Целью работы являлось изучение влияния химического состава растительных жиров на свойства водно-масляных эмульсий.

Объекты и методы исследования. В работе использовали масло подсолнечное рафинированное дезодорированное вымороженное высшего сорта, ТМ "365 дней" (ООО "Аквилон", дата выработки – январь 2021 г.) масло оливковое ТМ "365 дней" (ООО "Аквилон", дата выработки – декабрь 2020 г.). Жирно-кислотный состав растительных масел определяли с использованием

газожидкостной хроматографии на приборе Хроматэк-Кристалл-5000.2, снабженном колонкой CPSill 88 for FAME 100 m/0,25 mm/0,2 μ m. Колонка позволяет разделить эфиры жирных кислот с размером углеродной цепи до 37 атомов. Содержание жирных кислот идентифицировали по пикам с автоматическим интегрированием при помощи программного обеспечения. Объем вводимой пробы 1,0 мкл. Температура 140–240 °C. В качестве газ-носителя применяли азот хроматографической чистоты [2].

Процессы окисления в маслах моделировали с использованием метода ускоренного термического воздействия при температуре 100 °C в течение 10 часов в присутствии медного катализатора. Степень окисления растительных масел до и после искусственного окисления определяли методами титриметрии (перекисное и кислотное числа) и инфракрасной спектроскопии. Коэффициенты окисленности K_1 , K_2 , K_3 рассчитывали в соответствии с методикой, представленной в работах [3; 4].

Водно-масляные эмульсии (В/М) получали путем диспергирования водной и масляной фаз при комнатной температуре с использованием диспергатора T25 Digital Ultra-Turrax (IKA, Германия). Скорость диспергирования составила 8000 об/мин, время – 10 минут. Концентрацию масляной фазы в эмульсиях варьировали от 10 до 90 %. Для исследования устойчивости полученные эмульсии помещали в мерные цилиндры и фиксировали объемы отделившихся водной и масляной фаз в течение 30 суток. По полученным данным строили кинетические кривые и диаграммы стабильности эмульсий. Скорость расслоения эмульсий определяли как тангенс угла наклона касательной к начальному линейному участку кинетических кривых

Результаты исследования. Результаты определения жирно-кислотного состава образцов растительных масел представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Жирно-кислотный состав подсолнечного и оливкового масел

Жирные кислоты	Номенклатура	Массовая доля жирной кислоты, % от суммы жирных кислот в пробе	
		подсолнечное	оливковое
Насыщенные жирные кислоты			
Миримистиновая	C _{14:0}	0,17	0,19
Пентадециловая (пентадекановая)	C _{15:0}	0,03	0,04
Пальмитиновая	C _{16:0}	6,30	11,00
Стеариновая	C _{18:0}	3,60	2,80
Арахиновая	C _{20:0}	0,21	0,42
Бегеновая	C _{22:0}	0,61	0

Окончание табл. 1

Жирные кислоты	Номенклатура	Массовая доля жирной кислоты, % от суммы жирных кислот в пробе	
		подсолнечное	оливковое
Лигноцериновая	C _{24:0}	0,23	0,12
Прочие кислоты	—	0,06	0,17
ΣC_{HJK}		11,21	14,74
Мононенасыщенные жирные кислоты			
Палимитолеиновая	C _{16:1ω-9c}	0,10	0,85
Олеиновая цис-9	C _{18:1ω-9c}	21,20	62,80
Олеиновая цис-11	C _{18:1ω-11c}	0,11	0,83
Гондоиновая	C _{20:1ω-11c}	0,13	0,62
Эруковая	C _{22:1ω-9c}	0	0
Прочие кислоты	—	0,02	1,12
ΣC_{MJK}		21,56	66,55
Полиненасыщенные жирные кислоты			
Линолевая	C _{18:2ω-6c}	66,80	18,40
Линоленовая	C _{18:3ω-3c}	0,10	0,42
Прочие кислоты	—	0,20	0,42
ΣC_{PJJK}		67,10	19,20
$\Sigma C_{PJJK} + \Sigma C_{MJK}$		88,70	85,40
$\Sigma C_{PJJK} + \Sigma C_{MJK} + \Sigma C_{HJK}$		99,90	100,0

Как видно из результатов, содержание насыщенных жирных кислот составляет 11,21 % для образца подсолнечного масла и 14,74 % для образца оливкового масла. Мононенасыщенные жиры представлены в основном олеиновой-цис-9 жирной кислотой, ее содержание 21,2 и 62,8 % соответственно. Полиненасыщенные жирные кислоты представлены в большей части линолевой кислотой, в небольшом количестве присутствует линоленовая кислота. Распределение жирных кислот в исследованных образцах подсолнечного и оливкового масел находятся в известных пределах [5; 6].

В таблице 2 представлены результаты определения перекисного и кислотного чисел оливкового (ОМ) и подсолнечного (ПМ) масел до и после моделирования окислительного процесса термическим воздействием в присутствии медного катализатора.

Таблица 2 – Перекисное и кислотное числа подсолнечного и оливкового масел

Показатель Тип масла	Перекисное число, ммоль ^{1/2} О/кг		Кислотное число, мг КОН/г	
	до окисления	после окисления	до окисления	после окисления
Подсолнечное	3,5±0,1	21,7±0,9	0,13±0,02	0,34±0,08
Оливковое	3,2±0,1	24,1±1,0	0,25±0,08	0,52±0,10

Кислотное число после окисления оливкового и подсолнечного масел увеличилось в 2,0–2,5 раза. Перекисное число возросло для подсолнечного масла в 6 раз, для оливкового масла – в 7,5 раз.

Результаты исследования процессов окисления ИК-спектральным методом приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Коэффициенты окисленности растительных жиров для полосы 3008 см⁻¹

Тип масла \ К	K ₁ =A ₂₈₅₀ /A ₃₀₀₈		K ₂ =A ₁₄₆₅ /A ₃₀₀₈		K ₃ =A ₁₇₄₃ /A ₃₀₀₈	
	до окисления	после окисления	до окисления	после окисления	до окисления	после окисления
Подсолнечное	1,8	5,8	6,5	1,9	2,4	3,2
Оливковое	3,5	6,9	1,9	2,4	4,1	4,6

Увеличение коэффициентов K₁ и K₂ после окисления обусловлено уменьшением в масле содержания кратных цис-углерод-углеродных связей. Повышение коэффициента K₃ связано с возрастанием содержания карбонильной группы вследствие окисления цис-двойных связей.

Получены водно-масляные эмульсии с различным соотношением водной и масляной фаз в интервале от 10 до 90 % до и после окисления масел. Диаграммы стабильности полученных эмульсий представлены на рисунках 1–2.

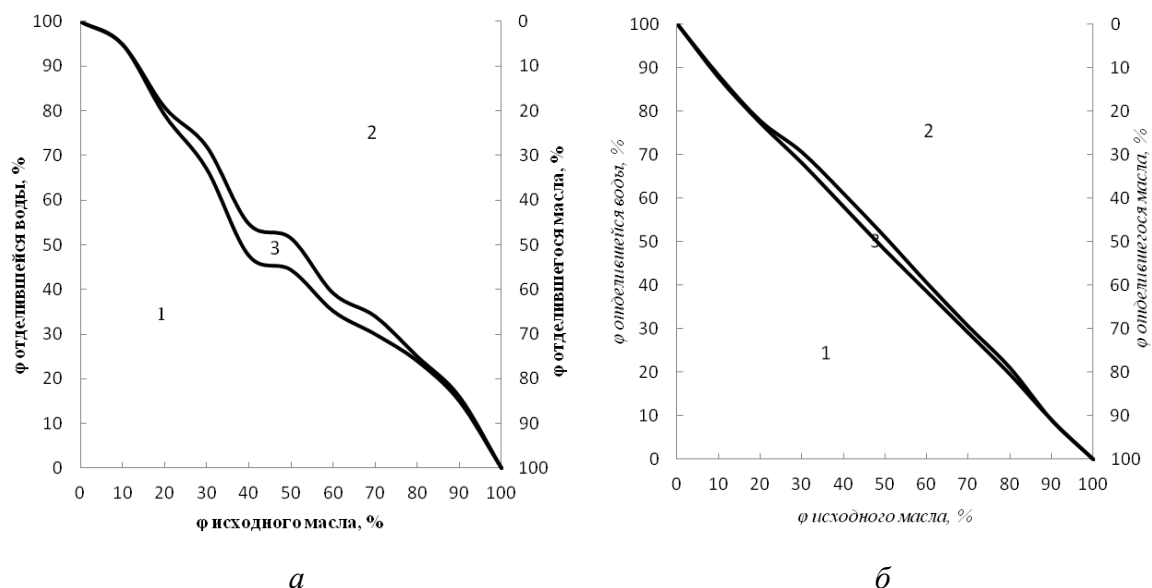


Рисунок 1 – Диаграмма стабильности эмульсии В/М на основе подсолнечного масла:

а – до окисления; б – после окисления.

Температура 23°C; 1 – вода, 2 – масло, 3 – эмульсия

Анализ диаграмм стабильности показал, что эмульсии на основе оливкового и подсолнечного масел до окисления являются более устойчивыми, чем после окисления.

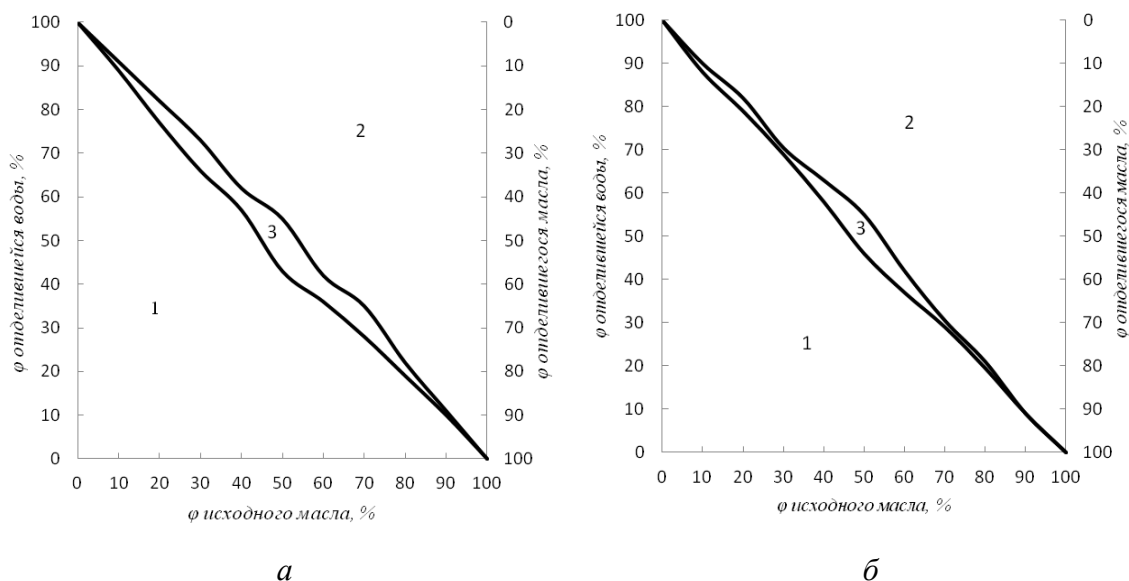


Рисунок 2 – Диаграмма стабильности эмульсии В/М на основе оливкового масла:

а – до окисления; б – после окисления.

Температура 23°C; 1 – вода, 2 – масло, 3 – эмульсия

На рисунках 3, 4 представлены зависимости изменения объема отделившейся фазы от времени.

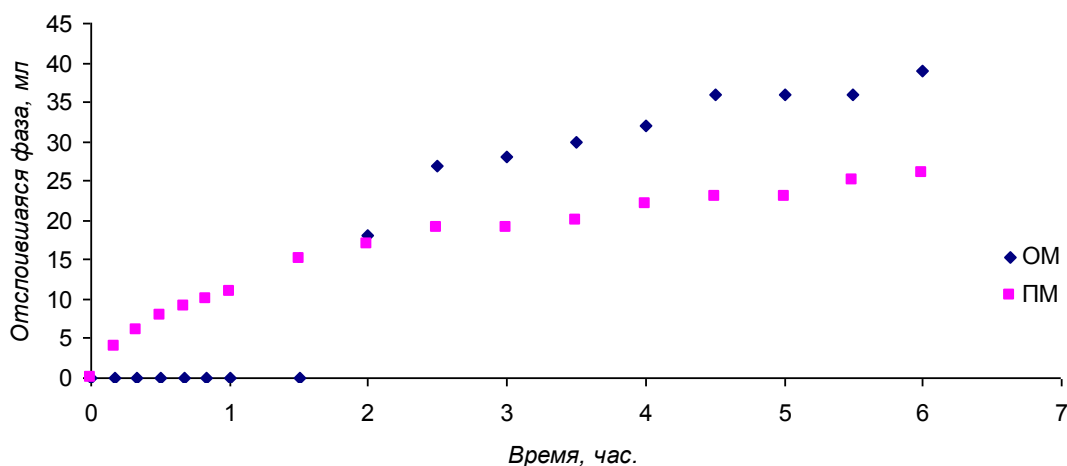


Рисунок 3 – Начальная скорость расслоения эмульсий В/М на основе подсолнечного и оливкового масел до окисления

Определена скорость расслоения эмульсий. Показано, что скорость расслоения эмульсий на основе подсолнечного масла после окисления увели-

чилась с 5,0 до 8,0 мл/час. Скорость расслоения эмульсий на основе оливкового масла после окисления увеличилась незначительно.

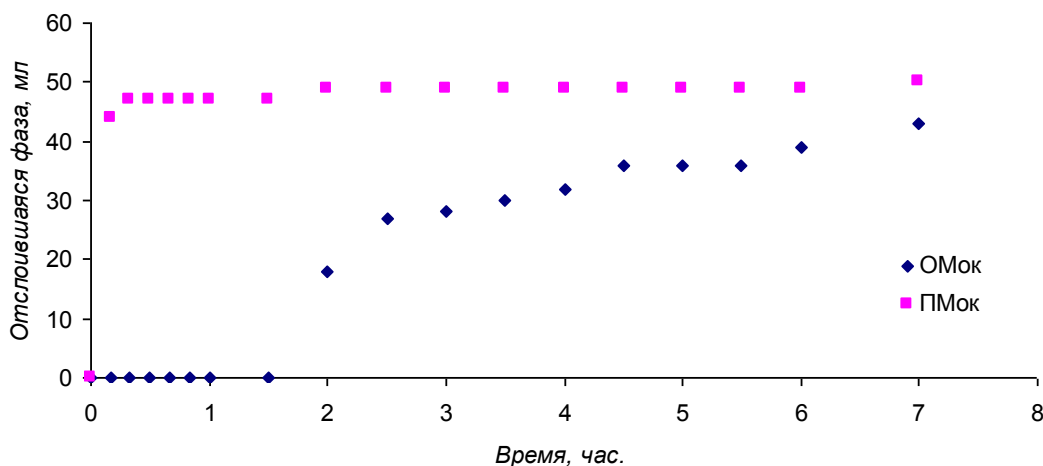


Рисунок 4 – Начальная скорость расслоения эмульсий В/М на основе подсолнечного и оливкового масел после окисления

Снижение устойчивости эмульсий после окисления можно объяснить разрушением углеводородных радикалов триглицеридов в результате окисления двойных углерод-углеродных связей. В подсолнечном масле содержится больше полиненасыщенных кислот, чем в оливковом (таблица 1). Это является причиной более значительных изменений при окислении подсолнечного масла, соответственно, для оливкового масла получены более стабильные эмульсии после окисления, чем для подсолнечного.

Методом газожидкостной хроматографии определен жирно-кислотный состав подсолнечного и оливкового масел. Подсолнечное масло характеризуется большим содержанием кратных связей, т. к. количество полиненасыщенных жирных кислот в 3,5 раза больше, чем в оливковом масле. Эмульсии на основе оливкового масла более устойчивы по сравнению с эмульсиями на основе подсолнечного масла. Окисление масел приводит к увеличению начальной скорости расслоения эмульсий и снижению их устойчивости.

Библиографический список

1. Тагиева Т. Г., Тарасова Л. И., Завадская И. М. Пищевые волокна – влияние на окислительную устойчивость эмульсионных продуктов бутербродного назначения // Вестник ВНИИЖ. 2017. № 1-2. С. 43–46. DOI: <https://doi.org/10.25812/VNIIG.2017.2017.19524>. EDN: YUUAJX.

2. Mattson F. H., Lutton E. S. The specific distribution of fatty acids in the glycerides of animal and vegetable fats // The Journal of biological chemistry. 1958. Vol. 233, Iss. 4. P. 868–871.
3. Takasago M., Horikawa K., Masuyama S. A. New Spectral Method for Assessing Oxidative Stability of Oil and Fats // Journal of Japan Oil Chemists' Society. 1979. Vol. 28, Iss. 4. P. 291–294. DOI: <https://doi.org/10.5650/jos1956.28.291>.
4. Нилова Л. П., Пилипенко Т. В., Вытовтов А. А. Использование ИК-спектроскопии для изучения окислительных процессов в тыквенном масле // Вестник ЮУрГУ. Сер. "Пищевые и биотехнологии". 2016. Т. 4, № 4. С. 36–44. DOI: <https://doi.org/10.14529/food160404>. EDN: XCNEKR.
5. Foster R., Williamson C. S., Lunn J. Culinary Oils and Their Health Effects // Nutrition Bulletin. 2009. Vol. 34, Iss. 4–47. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-3010.2008.01738.x>.
6. Sakhno L. O. Variability in the fatty acid composition of rapeseed oil: Classical breeding and biotechnology // Cytology and Genetics. 2010. Vol. 44, Iss. 6. P. 389–397. DOI: <https://doi.org/10.3103/S0095452710060101>. EDN: VBQAED.

Химико-ферментативная трансформация животного белка

Иванкин А. Н., Черемисин Д. Г. (г. Москва, ФГБОУ ВО "Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)", кафедра химии и химических технологий, e-mail: aivankin@mgul.ac.ru)

Аннотация. Представлены результаты исследования процесса кислотного и ферментативного гидролиза побочного сырья животного происхождения с целью получения качественного белкового продукта. Полнота переработки достигнута за счет высокого диспергирования сырья. Показано, что полученный продукт с высоким выходом может быть использован для приготовления животных кормов, а также на пищевые цели.

Abstract. The results of the study of the process of acidic and enzymatic hydrolysis of animal by-products in order to obtain a high-quality protein product are presented. Completeness of processing is achieved due to high dispersion of raw materials. It is shown that the obtained product with a high yield can be used for the preparation of animal feed, as well as for food purposes.

Ключевые слова: гидролиз белков, животное сырье, ферментные препараты

Key words: protein hydrolysis, bone raw materials, enzyme preparations

Белок животного происхождения является важнейшим компонентом пищевых систем. Ресурсы белка ограничены объемом производства сельскохозяйственных животных, поэтому полнота переработки животного сырья в пищевые продукты является важной задачей. Нехватка белка приводит к отрицательным последствиям в производстве пищевых систем, полноценных сельскохозяйственных кормов, а также питательных сред для нужд микробиологии [1].

Переработка скота и птицы на мясоперерабатывающих предприятиях обеспечивает получение мясных продуктов, при этом образуется до трети и более от перерабатываемого объема сырья, мясокостных отходов, практическое использование которых затруднено наличием костно-хрящевых тканей, которые содержат не усваиваемый пищеварительной системой жесткий коллаген. Особенную сложность представляет переработка животной кости, которая может служить дополнительным источником белка, хотя сегодня костное сырье эффективно не перерабатывается и направляется только на получение костной муки, не представляющей собой полноценное белковое питание [2].

В среднем, в мясокостном отходе содержится по 20 % белка, жира и минеральных солей, а также до 40 % влаги. Поскольку такое сырье состоит

из включений высокомолекулярного коллагена с большим содержанием минеральных солей, прежде всего кальция и магния, его переработка в продукты с приемлемой питательной ценностью может осуществляться путем использования активной химической обработки по механизму кислотного гидролиза. Щелочной гидролиз приводит к неприемлемой деградации сырьевых компонентов с образованием D-форм аминокислот. В литературе описан механизм кислотного гидролиза для трансформации мясокостного белка в смесь аминокислот, в частности для парентерального питания. Обычные условия кислотного гидролиза составляют: температура 105...120 °С, время 12...24 ч, концентрация кислоты 10...25 %, гидромодуль от 1 : 1 до 1 : 5. Достижимая степень расщепления белка составляет от 75 до 100 % [3].

В результате кислотного гидролиза при нагревании в среде сильных минеральных кислот высокой концентрации получается продукт глубокой переработки в смесь индивидуальных аминокислот. Недостатком данного процесса является возможность параллельного развития рацемизации аминокислот, а также большое количество примесей неорганических солей в продукте, которые образуются при нейтрализации остатков кислоты [4].

Возможным путем трансформации белка в мясокостном сырье является гидролиз в присутствии ферментов. Их применение не привело к сколько-нибудь заметным практическим результатам, поскольку все ферменты с протеазной и гидролазной активностями, действуя на белки мякотной ткани, плохо расщепляют хрящевую и костную ткань [5].

Процесс ферментативного расщепления белоксодержащего сырья может осуществляться в типовых условиях: концентрация субстрата в суспензии от 1 до 20 %, количество добавленного фермента 0,5...10 % к субстрату, инкубация при 40 °С 4...8 ч, pH 7,5. Степень гидролиза обычно низкая и составляет 10...30 %, причем выход процесса, как правило, достигается за счет примесей мякотного белка [6].

Белковая составляющая в сырье является самой ценной частью. При целевой переработке, высокомолекулярный животный белок необходимо дефрагментировать до пептидных фрагментов и аминокислот, которые в совокупности будут обладать питательной ценностью. В продукте пептидные фрагменты и свободные аминокислоты будут усваиваться в пищеварительных системах живых организмов [7].

Цель работы заключалась в сопоставлении процессов химической и ферментативной переработки мясокостного сырья для получения продукта, пред-

ставляющего практический интерес для использования в качестве питательной белковой добавки.

В качестве объектов исследования использовали мясокостные отходы при переработке говядины и птицы (курица). Измельчение сырья осуществляли в два этапа: на диспергаторе Buchi (Швейцария) с получением массы с частицами менее 2 мм и на высокоскоростном диспергаторе ULTRA-TURRAX T 25 (IKA, Германия) с получением дисперсии с частицами 20...200 мкм.

Химическую обработку проводили в 6 М растворе H_2SO_4 , гидромодуль 1:1, температура 120 °С, 24 ч.

Ферментативную обработку осуществляли в условиях: гидромодуль сырье : вода – 1:4; количество фермента ("Протепсин", протеазной активностью 150 ед/г) 0,3 % к массе сырья; время обработки – 6 ч; pH 6,5; температура 45 °С.

Аминокислотный состав определяли на анализаторе Biotronic LC3000 (Германия) с использованием стандартной смеси аминокислот, содержащей 2,5 мкмоль/мл каждой аминокислоты Fluka (Швейцария). Анализ D и L форм аминокислот проводили с использованием хиральной колонки (4,6×250 мм) с сорбентом "Nautilus-E" ЗАО "БиоХимМак СТ" (Россия).

Как показывают проведенные нами исследования, в кислотном гидролизате содержится до 95 % свободных аминокислот и незначительная доля коротких пептидов с молекулярной массой менее 10...15 кДа. В ферментативном гидролизате животного белка обычно содержится до 30...50 % свободных аминокислот, треть белковых фракций с низкой молекулярной массой менее 20 кДа, до четверти средних белковых фракций с молекулярной массой 25...250 кДа и 10...15 % непрогидролизовавшихся высокомолекулярных фракций более 250 кДа [3; 7].

Новый подход в работе заключался в использовании высокодиспергированного мясокостного сырья с частицами менее 200 мкм, что позволяло осуществлять как химический, так и, что особенно важно, ферментативный гидролиз. В таблице представлены результаты определения аминокислотного состава полученных гидролизатов.

Из приведенных данных видно, что из-за использования сильно диспергированного сырья, во всех случаях получали значительное количество свободных аминокислот. Существенным для их дальнейшего практического

использования является тот факт, что в полученных продуктах аминокислоты содержатся в соотношениях, соответствующих природным соотношениям, характерным для естественного животного сырья и являющихся оптимальным для использования в составе пищевых систем. Как известно, балансировка заменимыми и незаменимыми аминокислотами предопределяет качество полноценного белкового питания [1; 2].

Из данных таблицы видно, что в случае реализации процесса деградации животных белков в присутствии ферментов *in vitro* в продуктах не наблюдалось образования D-форм аминокислот, которые практически отсутствуют в природных белках и, соответственно, их использование в пищевых системах неприемлемо.

В случае химического гидролиза в кислотных гидролизатах могут образовываться примеси D-аминокислот, что фактически ограничивает применение таких продуктов для питания человека.

Таблица – Содержание аминокислот (АК), связанных в белке исходного мясокостного сырья и свободных АК в полученном кислотном и ферментативном гидролизатах в пересчете на белок, г/100 г белка

Обозначение аминокислоты	Говяжье сырье и продукты			Мясокостное сырье птицы и продукты на его основе		
	Сырье	Кислотный* гидролизат	Ферментативный* гидролизат	Сырье	Кислотный* гидролизат	Ферментативный* гидролизат
Ала	6,4±0,3	5,8±0,3	6,3±0,6	6,2±0,7	5,4±0,7	6,0±0,7
D-Ала	н/о	0,04±0,01	н/о	н/о	0,1±0,1	н/о
Арг	1,9±0,1	1,4±0,1	1,6±0,3	2,5±0,3	1,7±0,3	2,4±0,3
Асп	5,0±0,3	4,6±0,2	4,9±0,5	6,2±0,5	4,8±0,5	6,1±0,5
D-Асп	н/о	0,3±0,1	н/о	н/о	0,4±0,1	н/о
Вал	2,6±0,2	0,5±0,1	1,3±0,3	2,2±0,6	2,1±0,6	2,2±0,6
D-Вал	н/о	0,05±0,01	н/о	н/о	0,2±0,1	н/о
Гис	1,6±0,1	1,3±0,1	1,4±0,2	2,4±0,3	1,9±0,3	2,6±0,3
Гли	19,3±1,1	18,2±0,3	19,5±1,1	21,3±2,0	19,9±2,0	20,3±2,0
Глу	9,2±0,5	8,2±0,1	9,2±0,8	8,9±0,9	8,6±0,9	8,7±0,9
D-Глу	н/о	0,2±0,1	н/о	н/о	0,3±0,1	н/о
Иле	2,1±0,4	1,7±0,1	2,0±0,3	2,0±0,3	1,8±0,3	2,0±0,3
Лей	3,3±0,3	2,6±0,2	3,2±0,5	4,4±0,3	3,5±0,3	4,1±0,3
D-Лей	н/о	0,04±0,01	н/о	н/о	0,2±0,1	н/о
Лиз	2,9±0,3	1,7±0,1	2,6±0,3	2,5±0,3	1,7±0,3	2,3±0,3
Мет	4,5±0,5	3,6±0,3	4,2±0,4	4,2±0,5	3,4±0,5	4,0±0,5
D-Мет	н/о	0,1±0,1	н/о	н/о	0,3±0,1	н/о

Окончание таблицы

Обозначение аминокислоты	Говяжье сырье и продукты			Мясокостное сырье птицы и продукты на его основе		
	Сырье	Кислот- ный* гидролизат	Фермента- тивный* гидролизат	Сырье	Кислот- ный* гидролизат	Фермента- тивный* гидролизат
Про	15,8±1,4	15,1±0,9	15,6±1,6	13,8±1,8	14,1±1,4	13,5±1,8
Сер	4,1±0,6	3,1±0,4	4,0±0,4	3,9±0,5	3,5±0,5	3,7±0,5
D-Сер	н/о	0,1±0,1	н/о	н/о	0,3±0,1	н/о
Тир	3,1±0,4	2,5±0,3	3,3±0,5	3,5±0,4	3,0±0,4	3,4±0,3
Тре	2,8±0,3	2,4±0,4	2,7±0,2	1,8±0,4	1,5±0,4	1,9±0,4
Трп	1,7±0,2	1,2±0,1	1,6±0,1	2,3±0,2	1,9±0,2	2,1±0,2
D-Трп	н/о	0,3±0,1	н/о	н/о	0,5±0,1	н/о
Фен	3,3±0,3	2,6±0,3	2,9±0,6	3,0±0,3	2,6±0,3	3,0±0,3
D-Фен	н/о	0,2±0,1	н/о	н/о	0,3±0,1	н/о
Цис	1,8±0,2	1,5±0,1	1,8±0,3	1,2±0,5	0,5±0,2	1,1±0,4
Σ	91,4	79,1	89,1	92,3	84,5	89,4
Выход, %	–	75	90	–	69	88
Белок по Кьельдалю, %	18,5	н/о	9,5	19,2	н/о	11,4

Примечание. Свободные аминокислоты в жидкости; н/о – не обнаружено.

В кислотных гидролизатах, которые практически на 70–90 % состоят из свободных аминокислот, фиксировались следовые количества коротких пептидов. В ферментативном гидролизате кроме свободных аминокислот зафиксировано наличие большого количества малых пептидов с молекулярной массой 10–20 кДа, что достаточно эффективно при потреблении в системах пищеварения живых организмов.

В полученных гидролизатах массовая доля белка составила от 9,5 до 11,4 %, жира – от 8,0 до 15,0 %, золы – от 20,0 до 25,0 %, углеводов – от 2,0 до 10,0 %. Степень переработки костных фрагментов сырья в растворимый белок составляла более 80 %.

Испытание ферментативных гидролизатов в составе животных кормов для крыс показали их высокую эффективность с расчетным коэффициентом эффективности белка на 20 % выше, чем аналогичные значения для стандартного корма.

С положительными результатами полученные ферментативные гидролизаты были испытаны в составе рецептур мясо-растительной продукции.

Таким образом, в результате химико-ферментативной обработки мясокостного сырья были получены продукты, содержащие полноценные белки

и эссенциальные аминокислоты, что представляет практический интерес для использования в качестве питательных белковых добавок.

Библиографический список

1. Cheng D., Liu Y., Ngo H. H., Wenshan G. [et al.]. Sustainable enzymatic technologies in waste animal fat and protein management // *Journal of Environmental Management*. 2021. Vol. 284. Article number: 112040. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112040>.
2. Бабурина М. И., Федулова Л. В., Василевская К. Р., Иванкин А. Н., Кулезнев А. С. Кормовая добавка на основе животной костной ткани // *Мясная индустрия*. 2021. № 4. С. 43–49. DOI: <https://doi.org/10.37861/2618-8252-2021-04-43-48>. EDN: UZCQGD.
3. Неклюдов А. Д., Иванкин А. Н. Коллаген: получение, свойства и применение. М. : МГУЛ, 2007. 336 с.
4. Cordeiro A., Medeiros L., Bezerra T., Pacheco M. [et al.]. Effects of thermal processing on the flavor molecules of goat by-product hydrolysates // *Food Research International*. 2020. Vol. 138, Part B. Article number: 109758. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109758>.
5. Иванкин А. Н., Неклюдов А. Д., Прошина О. П. Особенности коллагена в мясном сырье // *Мясная индустрия*. 2009. № 1. С. 59–63. EDN: KFQDRD.
6. Yao Y., Wang M., Liu Y., Han L. [et al.]. Insights into the improvement of the enzymatic hydrolysis of bovine bone protein using lipase pretreatment // *Food Chemistry*. 2020. Vol. 302. Article number: 125199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125199>.
7. Neklyudov A. D., Ivankin A. N., Berdutina A. V. Production and purification of protein hydrolysates (review) // *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2000. Vol. 36. P. 317–324. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02738038>.

Влияние ферментных препаратов на физико-химические свойства рыбной желатины

Колотова Д. С., Кучина Ю. А., Деркач С. Р. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", лаборатория "Химия и технология морских биоресурсов",
e-mail: kolotovads@mstu.edu.ru)

Аннотация. В работе исследовано влияние ферментных препаратов на выход, состав и физико-химические свойства рыбной желатины из кожи трески. Показано, что тип ферментного препарата практически не оказывает влияния на химический состав желатины, однако существенно влияет на выход продукта, молекулярно-массовые характеристики и реологические свойства желатины.

Abstract. In this work, the effect of enzymes on the yield, composition, and physicochemical properties of fish gelatin from cod skin. It was shown that the type of enzyme has practically no effect on the chemical composition of gelatin; it affects the yield, molecular weight characteristics, and rheological properties of gelatin.

Ключевые слова: рыбная желатина, ферментативная обработка, экстракция желатины, гидрогели, реологические свойства

Key words: fish gelatin, enzymatic treatment, gelatin extraction, hydrogels, rheological properties

Желатина представляет собой растворимое белковое соединение, полученное в результате частичного гидролиза нативного коллагена, содержащегося в костях, хрящах и коже млекопитающих и рыб. В последние годы наблюдается значительный рост объемов производства желатины из альтернативных источников, к которым относятся отходы рыбопереработки (кожа, хребты, чешуя и т. д.) [1]. Помимо хорошо известных социально-культурных аспектов, растущий интерес к рациональному использованию побочных продуктов рыбной промышленности является одной из причин повышенного интереса ученых к оптимизации технологий получения желатины из рыб [2; 3].

В зависимости от стадии предварительной обработки различают два типа желатины: желатину типа А (изоэлектрическая точка при pH 7–9) и желатину типа В (изоэлектрическая точка при pH 4–5), полученные в условиях предварительной кислотной и щелочной обработки соответственно. Основными недостатками кислотного и щелочного гидролиза коллагена является длительное время обработки коллагенсодержащего сырья, использование существенных количеств технологической воды и химических реактивов. Еще одним недостатком данных способов является тот факт, что продолжи-

тельное время обработки и жесткие условия экстракции оказывают неблагоприятное действие на качество и выход полученной желатины. Применение ферментных препаратов при производстве желатины из коллагенсодержащего сырья является одним из перспективных путей совершенствования технологического процесса [4]. Ферменты способствуют увеличению скорости процесса деструкции коллагеновых молекул. Кроме того, использование ферментных препаратов позволяет снизить производственные затраты на производство желатины за счет увеличения выхода продукта, сокращения времени и температуры процесса, снижения затрат на реактивы, потребление воды и электроэнергии [5].

Таким образом, целью данной работы является поиск возможности сокращения времени экстракции желатины из кожи атлантической трески и выбор ферментного препарата, позволяющего увеличить выход желатины без потери функциональных свойств.

Материалы. Для получения желатины использовали кожу трески, выловленной в акватории Баренцева моря. Кожу вручную очищали от чешуи и фрагментов мышечной ткани, тщательно промывали в проточной воде, замораживали и хранили в морозильной камере при температуре $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В качестве стандартного образца использовали желатину из кожи холодноводных рыб (Sigma, Канада) со среднемассовой молекулярной массой 130 кДа. В качестве ферментных препаратов для получения желатины использовали протосубтилин и панкреатин.

Протосубтилин ГЗх (ООО ПО "Сиббиофарм", Россия) – ферментный препарат бактериального происхождения. Максимальную активность проявляет в интервалах значений pH 6,5–7,5 и температур 45–55 $^{\circ}\text{C}$.

Панкреатин (ICN Biochemicals, США) – ферментный препарат, полученный из поджелудочной железы млекопитающих. Оптимум действия фермента: pH 7,4–8,5 в диапазоне температур от 40 до 50 $^{\circ}\text{C}$.

Методы. Процесс получения желатины включал в себя несколько стадий. Сперва замороженную кожу трески отправляли на дефростацию, промывали проточной водой, измельчали на кусочки размером 0,5×0,5 см, смешивали с дистиллированной водой в массовом соотношении 1:6 и выдерживали при температуре $20\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ и постоянном перемешивании в течение 1 часа. Затем смесь фильтровали через 3 слоя марлевой ткани. Полученный осадок смешивали с дистиллированной водой в массовом соотношении 1:4. Экстракцию желатины проводили при значениях pH = 7,0–7,5, температуре $40\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$

в течение 3 часов при использовании ферментного препарата и 5 часов без использования фермента. Концентрация ферментного препарата составила 0,025 г/1 кг сырья. Затем реакционную смесь нагревали до температуры 85–90 °С для инактивации ферментного препарата и выдерживали при данной температуре 5 мин. Далее смесь фильтровали через фильтровальную ткань (бельтинг) и центрифугировали на роторной центрифуге (Beckman Coulter, Inc., США) со скоростью 5 000 об/мин. в течение 40 мин при температуре 20,0±0,5 °С. Раствор желатины сушили в лиофильной сушилке FreeZone (Labconco, США) при температуре –50 °С и остаточном давлении 2,4–2,6 Па. Полученную желатину растирали в порошок и хранили при температуре не выше 5 °С до дальнейшего использования.

Выход готового продукта (В, %) рассчитывали по формуле (1)

$$B = (m/M) \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где m – масса сухой желатины, г; M – масса сухого сырья с содержанием влаги не более 10 %, г.

Химический состав (содержание влаги, жира, белковых веществ (общий азот), минеральных веществ) образцов желатины определяли по стандартным методикам [6].

Молекулярно-массовое распределение образцов желатины определяли методом ВЭХЖ с использованием хромато-масс-спектрометра LCMS-QP8000 (Shimadzu, Япония) при длине волны 280 нм.

Реологические свойства образцов исследовали с использованием модульного компактного реометра MCR 302 (Anton Paar, Австрия), оснащенного измерительной системой "конус – плоскость". Диаметр конуса составлял 50 мм, угол между поверхностью конуса и плоскостью – 1°; расстояние между вершиной конуса и плоскостью – 0,100 мм.

Результаты. В таблице 1 приведен химический состав образцов рыбной желатины, полученной без использования фермента (G1), а также с использованием протосубтилина (G2) и панкреатина (G3). Как видно из таблицы 1, полученные образцы характеризуются высоким содержанием белка (92,0–94,4 %). Все полученные образцы не содержат в своем составе жиров, а содержание влаги не превышает 7,3 %мас., что является допустимым значением для коммерческой желатины [7]. Анализ данных таблицы 1 показал, что тип ферментного препарата не оказывает существенного влияния на химический состав полученных образцов желатины. Однако, использование ферментных препаратов для экстракции желатины позволило сократить про-

должительность стадии деструкции на 40 % и увеличить выход конечного продукта с 51 % до 58–60 %.

Таблица 1 – Химический состав рыбной желатины

Образец	Влага X , %	Общий азот N_T , %	Белок* P , %	Зола, %	Выход B , %
G1	$4,8 \pm 0,5$	$17,0 \pm 0,1$	$94,4 \pm 0,5$	$0,9 \pm 0,1$	51 ± 1
G2	$5,6 \pm 0,5$	$16,9 \pm 0,1$	$93,8 \pm 0,5$	$0,5 \pm 0,1$	60 ± 1
G3	$6,8 \pm 0,5$	$16,6 \pm 0,1$	$92,0 \pm 0,5$	$1,1 \pm 0,1$	58 ± 1
Sigma	$5,5 \pm 0,5$	$17,0 \pm 0,1$	$93,5 \pm 0,5$	–	

Примечание: массовую долю белка рассчитывали как $P = N_T \times 5,55$ (5,55 – коэффициент пересчета количества азота на коллаген).

На рисунке 1 приведены ИК-Фурье-спектры образцов рыбной желатины. В качестве контрольных образцов использовали стандартный образец рыбной желатины фирмы Sigma и желатину, полученную из кожи трески в результате термической деструкции без использования ферментов (G1). Анализ ИК-Фурье-спектров показал, что изменение условий экстракции не приводит к смещению пиков. Данные ИК-спектры являются типичными для рыбных желатин и сравнимы с результатами, полученными для желатин из других видов рыб [8; 9].

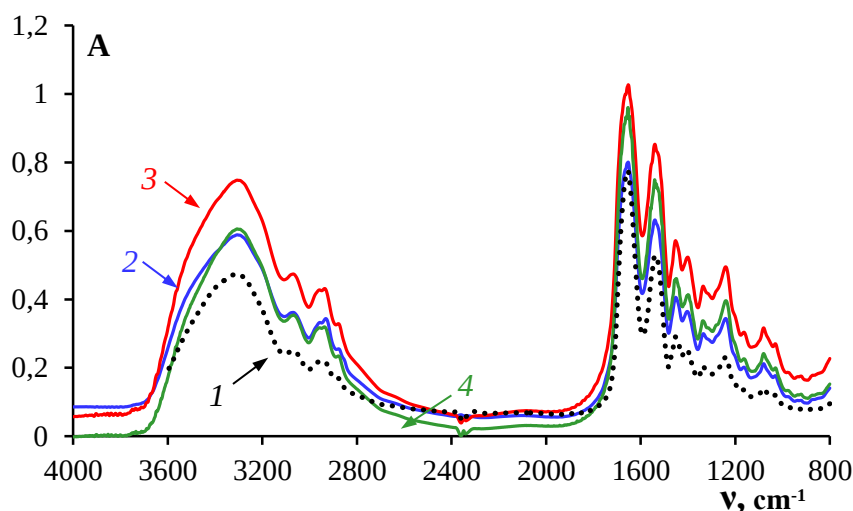


Рисунок 1 – ИК-Фурье-спектры поглощения образцов желатины:

1 – Sigma, 2 – G1, 3 – G2, 4 – G3

В таблице 2 приведены значения среднемассовой молекулярной массы (M_w) образцов рыбной желатины из кожи трески. Видно, что максимальное значение молекулярной массы характерно для образца желатины, полученной без использования фермента (G1). Молекулярная масса образца, полу-

ченного под действием протосубтилина близка к значению, полученному для стандартного образца Sigma (130 кДа). Использование панкреатина приводит к наиболее глубокой деструкции исходного коллагена.

Таблица 2 – Молекулярно-массовое распределение образцов желатины

Образец	G1	G2	G3	Sigma
M_w , кДа	158,8	138,9	97,1	130,0

Качество желатины для конкретного применения во многом зависит от его реологических свойств. Помимо основных физико-химических свойств основными характеристиками, которые лучше всего определяют коммерческое качество желатины, являются прочность геля и термическая стабильность (температуры плавления, T_m , и гелеобразования, T_g).

Как видно из таблицы 3, наибольшими значениями T_m и T_g характеризуется образец, полученный без использования ферментного препарата (G1). Наименьшие значения аналогичных показателей наблюдаются для образца, полученного с использованием панкреатина (G3), что, по всей видимости, связано с более высокой степенью гидролиза коллагена, обусловленного специфичностью ферментного препарата по отношению к используемому сырью. Образец, полученный с использованием протосубтилина (G2), схож по своим свойствам со стандартным образцом марки Sigma.

Таблица 3 – Термические свойства гидрогелей рыбной желатины (концентрация желатины – 10 масс.%.)

Образец	T_m , °C	T_g , °C
Sigma	10,7	1,5
G1	16,4	7,4
G2	11,4	1,5
G3	10,1	-0,3

На рисунке 2а приведены амплитудные зависимости динамических модулей гелей рыбной желатины. Видно, что модуль накопления преобладает над модулем потерь для всех образцов желатины. Такое поведение характерно для твердообразного состояния материала. Наибольшими значениями модуля накопления характеризуется образец, полученный без применения ферментного препарата, что свидетельствует о более высокой "жесткости" данного геля. Стандартный образец Sigma уступает по своим реологическим характеристикам всем образцам, полученным в данной работе из кожи трески,

и характеризуется самыми низкими значениями модуля накопления. Образец желатины, полученный без применения ферментного препарата (G1), характеризуется наиболее высоким значением молекулярной массы – 159 кДа. Для всех образцов наблюдается широкий диапазон амплитуды деформации, в котором проявляется линейное вязкоупругое поведение образцов (рисунок 2а). Предел линейности для G' лежит в диапазоне значений амплитуды деформации от 80 до 200 %.

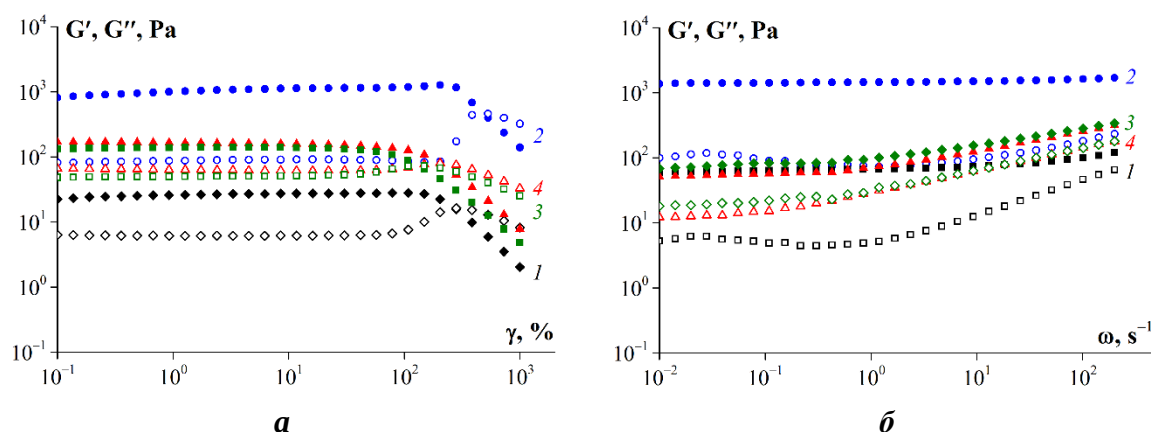


Рисунок 2 – Амплитудные *a* и частотные *б* зависимости модулей накопления (G' , закрытые символы) и потерь (G'' , открытые символы).

$T = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$. 1 – Sigma, 2 – G1, 3 – G2, 4 – G3. Концентрация желатины – 10 масс. %

На рисунке 2б приведены частотные зависимости для образцов желатины, полученные в области линейного вязкоупругого поведения. Желатина, полученная без использования ферментного препарата (G1), характеризуется наиболее высокими значениями модуля накопления. Наблюдается линейная зависимость модуля накопления от частоты во всем исследуемом диапазоне. Линейный характер зависимости в данном случае указывает на то, что данная желатина образует наиболее стабильную и прочную сетку геля. Значения модуля накопления для образцов желатины, полученных с использованием ферментных препаратов (G2 и G3), достаточно близки и соизмеримы со значениями, полученными для стандартного образца рыбной желатины Sigma, однако характер этих зависимостей отклоняется от линейного в диапазоне частот от 1 до $500\text{ }s^{-1}$.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 21-73-00191).

Библиографический список

1. Gómez-Guillén M. C., Pérez-Mateos M., Gómez-Estaca J., López-Caballero E. [et al.]. Fish gelatin: a renewable material for developing active biodegradable films // Trends in Food Science & Technology. 2009. Vol. 20, Iss. 1. P. 3–16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.10.002>.
2. Gómez-Guillén M. C., Turnay J., Fernández-Díaz M. D., Ulmo N. [et al.]. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study // Food Hydrocolloids. 2002. Vol. 16, Iss. 1. P. 25–34. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(01\)00035-2](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00035-2).
3. Karim A. A., Bhat R. Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins // Food hydrocolloids. 2009. Vol. 23, Iss. 3. P. 563–576. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.07.002>.
4. Marti-Quijal F. J., Remize F., Meca G., Ferrer E. [et al.]. Fermentation in fish and by-products processing: an overview of current research and future prospects // Current Opinion in Food Science. 2020. Vol. 31. P. 9–16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.08.001>.
5. Hosseini-Parvar S. H., Keramat J., Kadivar M., Khanipour E. [et al.]. Optimising conditions for enzymatic extraction of edible gelatin from the cattle bones using response surface methodology // International Journal of Food Science & Technology. 2009. Vol. 44, Iss. 3. P. 467–475. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01745.x>.
6. ГОСТ 7636–85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. 87 с.
7. ГОСТ 11293–89. Желатин. Технические условия. М. : Государственный агропромышленный комитет СССР, 1991. 37 с.
8. Ali A. M. M., Kishimura H., Benjakul S. Physicochemical and molecular properties of gelatin from skin of golden carp (*Probarbus Jullieni*) as influenced by acid pretreatment and prior-ultrasonication // Food Hydrocolloids. 2018. Vol. 82. P. 164–172. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.03.052>.
9. Sila A., Martínez-Álvarez Ó., Krichen F., Gómez-Guillén M. [et al.]. Gelatin prepared from European eel (*Anguilla anguilla*) skin: Physicochemical, textural, viscoelastic and surface properties // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2017. Vol. 529. P. 643–650. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2017.06.032>.

Совершенствование технологии выделения хондроитина сульфата из хрящевой ткани северного ската

Кучина Ю. А.¹, Коновалова И. Н.², Долгопятова Н. В.², Новиков В. Ю.³

(г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", ¹научно-исследовательская лаборатория "Химия и технология морских биоресурсов", ²кафедра химии,

e-mail: kuchinayua@mstu.edu.ru;

³г. Мурманск, Полярный филиал ФГБНУ "ВНИРО" ("ПИНРО" им. Н. М. Книповича), лаборатория химико-аналитических исследований,

e-mail: nowitaly@yandex.ru)

Аннотация. В работе изучено влияние предварительной подготовки сырья (удаление минеральных солей) на свойства полисахаридов. Хондроитина сульфат получали из хрящевой ткани северного ската. Рентгенофазовый анализ показал, что предварительная деминерализация приводит к исчезновению на дифрактограмме пиков, соответствующих минеральной составляющей.

Abstract. This work the effect of pre-treatment of raw materials (removal of mineral salts) on the polysaccharide properties was studied. Chondroitin sulfate was obtained from cartilages of Northern skate. X-ray phase analysis showed, that preliminary demineralization leads to the disappearance of the peaks corresponding to the mineral component in the diffractogram.

Ключевые слова: хондроитина сульфат, хрящевая ткань северного ската, ИК-спектроскопия, рентгенофазовый анализ

Key words: chondroitin sulfate, cartilages of Northern skate, IR spectroscopy, X-ray phase analysis

Хондроитина сульфат (ХС) – это природный полисахарид, который используется в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности как биологически активная добавка [1; 2].

Современные технологии получения хондроитина сульфата (ХС) предполагают использование сырья из различных источников, однако в промышленных масштабах его получают главным образом из хрящевой ткани крупного рогатого скота, свиней, птицы [3; 4] и акульих хрящей [5]. С увеличением потребления в пищу ранее неиспользованных объектов рыбного промысла, таких как северный скат, возросло количество рыбных отходов, содержащих хрящевую ткань [6]. В хрящевых тканях хондроитина сульфат присутствует в виде комплекса полисахарид-белок, т. е. протеогликана, где цепи полисахарида ковалентно связаны с белковым ядром [7].

Технологии производства ХС представляют собой многостадийные процессы гидролиза хрящевых тканей с последующей очисткой. Основными стадиями получения хондроитина сульфата являются: подготовка сырья,

гидролиз, выделение хондроитина сульфата из раствора, очистка препарата и сушка. Технологии производства постоянно совершенствуются, предлагаются новые виды сырья и способы переработки [6; 8]. Известно, что условия получения влияют на качество, чистоту и биологическую активность препаратов ХС. Возможные загрязняющие примеси препарата включают белок от исходной ткани, воду, связанную хондроитина сульфатом, органические растворители, используемые в некоторых процессах очистки и органические молекулы, попадающие в препарат в ходе процесса очистки. Препарат может также содержать минеральную составляющую, в основном соли кальция. Известные в литературе технологии получения хондроитина сульфата не предусматривают стадию деминерализации исходного сырья. Предварительная обработка хрящевой ткани с целью уменьшения количества минеральных солей позволит повысить качество и чистоту препарата хондроитина сульфата. В литературе описан способ получения хитина/хитозана, который предусматривает обработку сырья раствором соляной кислоты [9]. Такая предварительная обработка позволяет уменьшить количество минеральных веществ в конечном продукте и является необходимой стадией для получения чистого хитина.

Целью данной работы является совершенствование технологии выделения хондроитина сульфата из хрящевой ткани северного ската, позволяющее уменьшить количество минеральных веществ в конечном продукте.

Хондроитина сульфат получали из хрящевой ткани северного ската. В качестве сырья использовали крылья ската после бланширования. Хондроитина сульфат натрия из акульего хряща (Chondroitin sulfate sodium salt from shark cartilage Sigma-Aldrich) и хондроитина сульфат из морских гидробионтов (Chondroitin sulfate sodium (marine), European Pharmacopoeia (EP) Reference Standard Sigma-Aldrich) использовали в качестве контрольных образцов.

За основу технологии выделения ХС был взят способ, представленный в работе [10]. Измельченное сырье смешивали с 0,2 М раствором гидроксида натрия в массовом соотношении 1:2 и термостатировали при температуре 50 ± 1 °С в течение трех часов при постоянном перемешивании. Такие условия щелочного гидролиза позволяют провести растворение щелочерастворимых веществ и предотвратить разрушение полисахаридов. После реакционную смесь нейтрализовали до значений $\text{pH} = 7,0 \pm 0,1$ ледяной уксусной кислотой, нерастворившийся осадок отделяли фильтрованием, фильтрат направляли на ферментативный гидролиз. Ферментализацию проводили с исполь-

зованием ферментного препарата протосубтилина при $t = 50 \pm 1$ °С в течение 6 часов при постоянном перемешивании ($C_{\text{ФП}} = 4$ г /на 1 кг сырья). Полученный после щелочной и ферментативной обработки сырья гидролизат хрящевой ткани содержит продукты расщепления белков, соли, высокомолекулярные полисахариды. Гидролизат фильтровали, фильтрат направляли на осаждение ХС. В качестве осадителя использовали 96%-й этиловый спирт, соотношение гидролизат : осадитель = 1:2, время осаждения – 48 ч. Для отделения ХС взвесь центрифугировали, осадок промывали спиртом и сушили в лиофильной сушилке. Усовершенствование данного метода заключается в предварительной обработке хрящевой ткани 0,1 М раствором соляной кислоты в течение 10 мин при соотношении сырье: раствор кислоты = 1:2. Для предотвращения деструкции ХС, после стадии деминерализации необходимо промыть хрящевую ткань дистиллированной водой до нейтральных значений pH.

Идентификацию полученных образцов хондроитина сульфата проводили методом ИК-спектроскопии [11]. ИК-Фурье спектры были получены с использованием ИК-Фурье-спектрометра IRTracer-100 (Shimadzu, Япония); в диапазоне частот от 4000 до 800 см^{-1} и разрешении 2 см^{-1} (количество сканирований 50). Образец для исследования представлял собой смесь хондроитина сульфата и KBr в массовом соотношении 1:100.

Химический состав образцов ХС определяли стандартными методами. Содержание влаги определяли после термостатирования в сушильном шкафу при 105 ± 5 °С до постоянного массы; содержание общего азота определяли методом Кьельдаля; минеральные вещества определяли методом сжигания в муфельной печи при 550 ± 10 °С.

Рентгенофазовый анализ образцов хондроитина сульфатов проводили в институте химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева Федерального исследовательского центра Кольского научного центра Российской академии наук на дифрактометре LabX XRD-6000 (Shimadzu Corp., Япония). Излучение рентгеновской трубки – Cu-K α , использовался графитовый монохроматор, λ – длина волны монохроматического рентгеновского излучения 1,54178 Å.

Растворимость образцов ХС в дистиллированной воде определяли при различных значениях pH растворителя. Для этого готовили серию растворов дистиллированной воды (значения pH составили от 5 до 9 единиц), ХС смешивали с растворителем в массовом соотношении 1:100 и оставляли для набухания при постоянном перемешивании в течении 2 ч. Затем растворы вы-

держивали при температуре 20–25 °С в течении 22 ч. Нерастворившуюся часть отфильтровывали с помощью фильтра Шотта, взвешенного до постоянной массы. Растворимость оценивали в % от исходной массы образца.

Химический состав полученных образцов хондроитина сульфата представлен в таблице.

Таблица – Химический состав образцов хондроитина сульфата

Условия выделения	Влага, %	Зола, %	Общий азот, %
без деминерализации	7,6±0,1	16,4±0,3	3,9±0,1
деминерализация	7,2±0,3	13,5±0,1	4,1±0,2

Из данных приведенных в таблице следует, что после деминерализации показатель зольности, свидетельствующий о содержании минеральных солей в образцах ХС, уменьшился на 3 %.

Идентификацию образцов хондритина сульфата проводили методом ИК-спектроскопии (рисунок 1). В качестве образцов сравнения использовали стандартные препараты хондроитина сульфата фирмы Sigma-Aldrich. Хондроитина сульфат должен иметь полосы поглощения на волновых числах 1550, 1350–1300 и 1160–1120 см⁻¹ [12]. Анализ ИК-спектров образцов показал, что изменение условий экстракции не приводят к смещению пиков. ИК-спектры типичны для данного полисахарида и имеют пики поглощения на характерных для ХС волновых числах.

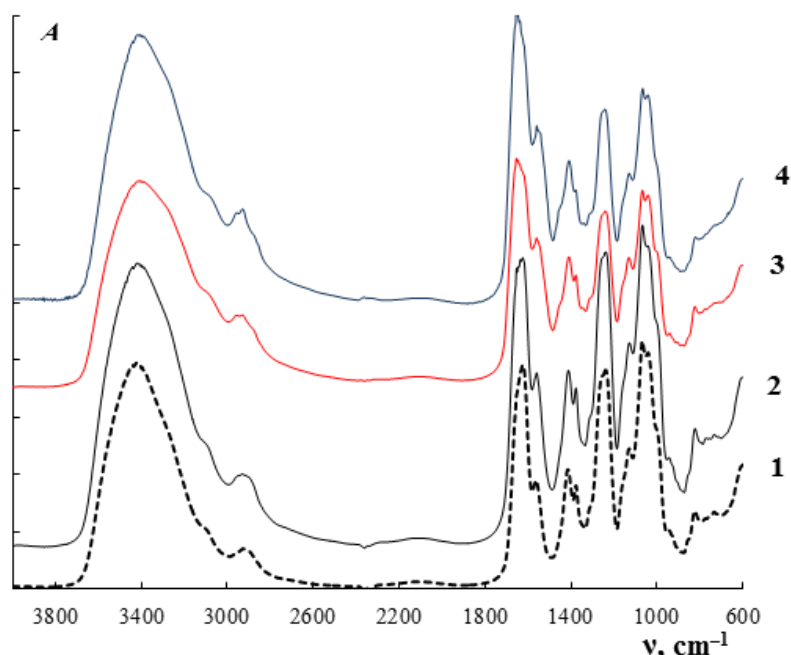


Рисунок 1 – ИК-спектры образцов хондроитина сульфата: 1 – из морских гидробионтов (Sigma-Aldrich); 2 – из хрящей акулы (Sigma-Aldrich); 3 – по стандартной технологии (без деминерализации); 4 – по усовершенствованной технологии (с деминерализацией)

Дифрактограмма хондроитина сульфата, полученного по технологии, не предусматривающей стадию деминерализации, приведена на рисунке 2. Качественный рентгенофазовый анализ заключается в идентификации кристаллических фаз на основе присущих им значений межплоскостных расстояний d и соответствующих интенсивностей линий (I) рентгеновского спектра. Межплоскостные расстояния и соответствующие им пики 2θ описаны в литературе, например, для таких полисахаридов, как хитин и хитозан [13]. Для хондроитина сульфата из морских гидробионтов эти сведения в литературе отсутствуют.

На дифрактограмме ХС из северного ската положение пика, с максимальной интенсивностью I находится в области $2\theta = 22,3^\circ$. Ему соответствуют межплоскостные расстояния $d = 4,2 \text{ \AA}$. В области межплоскостных расстояний $d = 5,6 \text{ \AA}$ присутствует пик, которому соответствует $2\theta = 15,8$. На полученных нами дифрактограммах, положения пиков и соответствующие им межплоскостные расстояния у образцов хондроитина сульфата из хрящевой ткани северного ската, оказались близкими с этими значениями для хитина. По всей видимости, это объясняется тем, что хондроитин сульфат и хитин являются близкими по химической природе полимерами – природными полисахаридами.

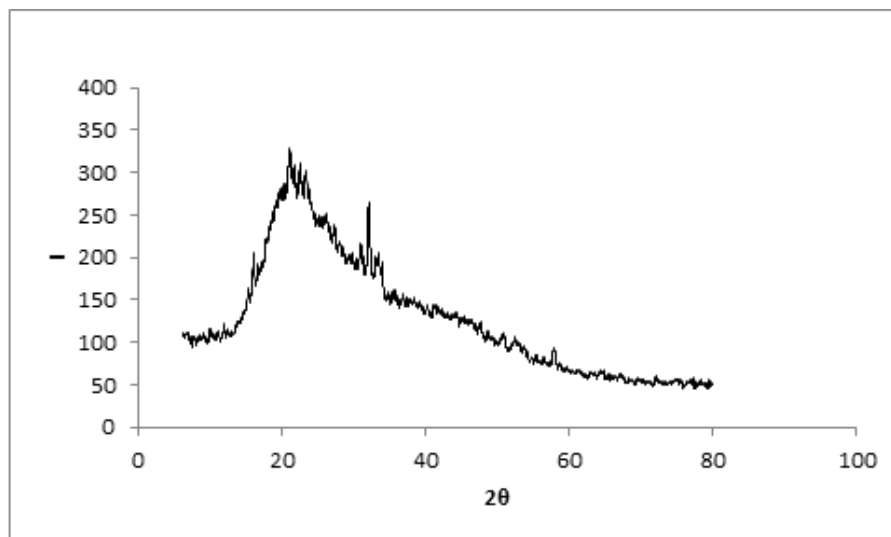


Рисунок 2 – Дифрактограмма хондроитина сульфата, полученного стандартным методом (без деминерализации)

На дифрактограмме недеминерализованного образца ХС присутствует группа пиков в области 2θ между $30\text{--}60^\circ$, свидетельствующая о наличии минеральной составляющей. Эта группа пиков связана с кристаллической структурой кальцита – одной из природных форм карбоната кальция [14].

На дифрактограмме ХС, полученного по технологии, включающей стадию деминерализации, пики в области 2Θ между 30 и 60° отсутствуют.

Растворимость образцов хондроитина сульфата, полученных по традиционной и усовершенствованной технологии, составила $99,0 \pm 0,5 \%$ в исследованном диапазоне значений pH среды (от 5 до 9).

Предварительная деминерализация хондроитин содержащего сырья позволила уменьшить на 3 % показатель зольности, свидетельствующий о содержании минеральных солей в образцах ХС. ИК – спектры полученных образцов ХС типичны для данного полисахарида и имеют пики поглощения на характерных волновых числах. На дифрактограмме ХС, полученного по традиционной технологии, присутствует группа пиков в области 2Θ между 30 – 60° , наличие которой связано с кристаллической структурой кальцита. На дифрактограмме ХС, полученного по технологии, включающей стадию деминерализации, данные пики отсутствуют.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (ГЗ № 075-03-2021-088/4 от 29.09.2021).

Библиографический список

1. Vaclavíková E., Kvasnicka F. Quality control of chondroitin sulphate used in dietary supplements // Czech Journal of Food Sciences. 2015. Vol. 33(2). P. 165–173. DOI: <https://doi.org/10.17221/326/2014-CJFS>.
2. Volpi N. Quality of different chondroitin sulfate preparations in relation to their therapeutic activity // Journal of Pharmacy and Pharmacology. 2009. Vol. 61, Iss. 10. P. 1271–1280. DOI: <https://doi.org/10.1211/jpp.61.10.0002>.
3. Zou Z., Wei M., Fang J., Dai W. [et al.]. Preparation of chondroitin sulfates with different molecular weights from bovine nasal cartilage and their antioxidant activities // International Journal of Biological Macromolecules. 2020. Vol. 152. P. 1047–1055. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.192>.
4. Srichamroen A., Nakano T., Pietrasik Z., Ozimek L. [et al.]. Chondroitin sulfate extraction from broiler chicken cartilage by tissue autolysis // LWT – Food Science and Technology. 2013. Vol. 50, Iss. 2. P. 607–612. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.039>.
5. López-Álvarez M., González P., Serra J., Fraguas J. [et al.]. Chondroitin sulfate and hydroxyapatite from *Prionace glauca* shark jaw: Physicochemical and structural characterization // International Journal of Biological Macromolecules. 2020. Vol. 156. P. 329–339. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.010>.

6. Maccari F., Galeotti F., Volpi N. Isolation and structural characterization of chondroitin sulfate from bony fishes // *Carbohydrate Polymers*. 2015. Vol. 129. P. 143–147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.04.059>.
7. Lamari F. N., Karamanos N. K. Structure of chondroitin sulfate // *Advances in Pharmacology*. 2006. Vol. 53. P. 33–48. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1054-3589\(05\)53003-5](https://doi.org/10.1016/S1054-3589(05)53003-5).
8. Lan R., Li Y., Shen R., Yu R. [et al.]. Preparation of low-molecular-weight chondroitin sulfates by complex enzyme hydrolysis and their antioxidant activities // *Carbohydrate Polymers*. 2020. Vol. 241. Article number: 116302. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116302>.
9. Takai MITSUO, Kono HIROYUKI. Salmon-origin chondroitin sulfate Pat. of the USA No 20030162744 appl. 17.12.2002. publ. 28.08.2003. [National Center for Biotechnology Information. PubChem Patent Summary for US-2003162744-A1, Salmon-origin chondroitin sulfate. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/patent/US-2003162744-A1>. Accessed September 5, 2022.]
10. Способ получения хондроитина сульфата из тканей морских гидробионтов : пат. 2458134 С1 Рос. Федерация / Новиков В. Ю., Порцель М. Н. № 2010153884/10 ; заявл. 27.12.2010 ; опубл. 10.08.2012. Бюл. № 22. EDN: DMHXTQ.
11. Silverstein R. M., Webster F. X., Kiemle D. J. Spectrometric identification of organic compounds. 7th ed. New York : John Wiley & Sons, 2005. 512 p.
12. Garnjanagoonchorn W., Wongekalak L., Engkagul A. Determination of chondroitin sulfate from different sources of cartilage // *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. 2007. Vol. 46, Iss. 5. P. 465–471. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2006.05.019>.
13. Paralika K. M., Balasubramanya R. H. Electron diffraction study of alfa-chitin // *Journal of Polymer Science: Polymer Letters Edition*. 1984. Vol. 22, Iss. 10. P. 543–546. DOI: <https://doi.org/10.1002/pol.1984.130221006>.
14. Kontoyannis C. G., Vagenas N. V. Calcium carbonate phase analysis using XRD and FT-Raman spectroscopy // *Analyst*. 2000. Vol. 125, Iss. 2. P. 251–255. DOI: <https://doi.org/10.1039/A908609I>. EDN: AUHMWN.

**ЦИФРОВИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ
ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ
ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ**

Цифровая экономика: тенденции развития в России

Кузьменко В. М. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра экономики и управления морехозяйственной деятельностью, e-mail: kuzmenkovm@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы становления цифровой экономики в Российской Федерации на современном этапе. Представлены и кратко охарактеризованы различные подходы к определению "цифровизация", "цифровая экономика"; анализируется уровень цифровизации российской экономики.

Abstract. The article deals with the formation of the digital economy in the Russian Federation at the present stage. Different approaches to the definition of "digitalization" are presented and briefly. Different approaches to defining "digitalization", "digital economy" are briefly described, the level of digitalization of the Russian economy is analyzed.

Ключевые слова: цифровизация, "цифровая экономика", конкурентоспособность, индекс цифровой экономики, интеллектуальный потенциал

Key words: digitalization, digital economy, competitiveness, digital economy index, intellectual potential

Современный этап развития российского общества характеризуется цифровизацией общественной жизни. Появление термина "цифровизация" тесно связано с именем Н. Негропonte, который в середине 90-х XX века определил сущность понятия "цифровая экономика".

В настоящее время термин "цифровизация" используется достаточно широко, что естественно требует его уточнения и конкретизации. Анализ исследований по данной проблематике позволил предположить, что существует множество подходов к определению данного термина.

Так, к примеру, "цифровизация" определяется как численное описание окружающего мира или трактуется как процесс повсеместного внедрения и использования электронно-вычислительной техники во всех сферах человеческой жизни [2]. Данный термин также трактуется как процесс повсеместного внедрения и использования электронно-вычислительной техники во всех сферах человеческой жизни [10].

С точки зрения влияния на уровень конкурентоспособности "цифровизация" представляет собой процесс преобразования информации в цифровую форму, приводящий к снижению издержек, появлению новых возможностей, связанных с механизмом применения конкретных цифровых решений, позволяющих упростить и автоматизировать работу организации [1].

С точки зрения предприятий и отраслей как хозяйствующих субъектов, "цифровизация" может рассматриваться как процесс перехода предприятия

или целой экономической отрасли на новые модели бизнес-процессов, менеджмента и способов производства, основанных на информационных технологиях [7].

На государственном уровне "цифровизация" трактуется как процесс, охватывающий все стороны жизнедеятельности человека и общества в целом, и является основой формирования цифровой экономики [5].

Следует отметить, что сегодня отсутствует и единство подходов к определению понятия "цифровая экономика".

В трактовке Всемирного банка цифровая экономика определяется как система "экономических, социальных и культурных отношений, основанных на использовании цифровых информационно-коммуникационных технологий" [3].

"Цифровая экономика – это система социально-экономических отношений: нацеленная на повышение эффективности и конкурентоспособности экономики" [9].

"Цифровая экономика – хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг" [5].

Для оценки степени цифровизации современных экономик разработана система индикаторов, на основе которых осуществляется рейтинговая оценка уровня развития цифровой экономики стран. В 2012 году для оценки уровня цифровизации стран-членов ЕС был разработан Индекс цифровой экономики и общества. В соответствии со значением этого индекса в 2015 г. в рейтинге по уровню цифровизации экономики Россия заняла 11-е место из 15 стран, не входящих в ЕС. В 2016 году ведущие позиции в рейтинге заняли Дания, Южная Корея, Финляндия.

Позже в 2018 году был разработан Международный индекс цифровой экономики и общества, который используется для сравнительной оценки состояния цифровой экономики стран-членов ЕС по сравнению с другими странами мира.

В 2018 году Россия в рейтинге, составленном на основе Международного индекса цифровой экономики и общества, заняла 12-е место из 17 стран, не входящих в ЕС. Позади РФ в списке указаны Китай, Чили, Мексика, Тур-

ция и Бразилия. При этом США заняли восьмое место (без учета позиций в этом рейтинге стран Евросоюза), опередив Китай, Турцию, Бразилию и Мексику [4].

Начиная с 2017 года в Российской Федерации началась реализации основных мер государственной политики по созданию необходимых условий для развития в России цифровой экономики. Эти меры, прежде всего, направлены на финансовое обеспечение процесса цифровой трансформации. Внутренние затраты на развитие цифровой экономики за счет всех внутренних источников с 2017 года по 2018 год в стране выросли с 1,7 до 1,8 % к ВВП. В 2017 году внутренние затраты составили 3 324 млрд руб. или 3,6 % ВВП, в 2018 году 3 795 млрд руб. или 3,7 % ВВП [9].

Государство направляет значительные средства на финансовое обеспечение национального проекта "Цифровая экономика". Общие расходы на развитие цифровой экономики в период с 2019 по 2024 год составят 1,6 млрд руб.

Таблица 1 – Финансовое обеспечение национального проекта "Цифровая экономика"

Направления расходов	
Информационная инфраструктура	772 млрд руб.
Кадры для цифровой экономики	143 млрд руб.
Информационная безопасность	30 млрд руб.
Нормативное регулирование цифровой среды	1,7 млрд руб.

Примечание. Таблица составлена на основе Программы "Цифровая экономика Российской Федерации", утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р.

К 2030 году планируется увеличение вложений в отечественные решения в сфере информационных технологий в четыре раза по сравнению с показателем 2019 года [8]. В период с 2014 по 2018 гг. выросло значение Индекса цифровой экономики с 24 до 28 %. По данному показателю Россия опередила такие страны, как Кипр и Греция [4].

В 2019 году в рейтинге, составленном на основе Глобального инновационного индекса, Российская Федерация занимает 46 место среди 129 стран, а лидерами инновационного развития являются Швейцария и Швеция.

Индекс цифровых навыков населения – важный показатель, оценивающий способность пользователя уверенно, эффективно и безопасно выбирать и применять цифровые технологии в разных сферах жизни. В рейтинге, составленном на основе этого показателя, Россия в 2018 году занимала 37 место,

а в 2019 году – 27 место, что свидетельствует о росте процесса формирования цифровых компетенций у населения РФ. Лидером среди стран по уровню развития цифровых навыков является Сингапур [4].

В 2019 году 83 % россиян имели доступ к интернету (16 место в мире), 63 % пользовался мобильным интернетом со смартфона (22 место в мире), 38 % пользовался интернет-банкингом (27 место в мире) и 22 % совершал онлайн-покупки и заказывал товары через интернет (20 место в мире) [6].

В тоже время следует отметить, что только 3 % россиян используют интернет для дистанционного обучения, в то время как в США и Республике Корея онлайн-образованием занимаются 20 % интернет-пользователей, в Швеции – 18 %, Финляндии – 17 % [11].

Индекс экономики знаний ЕБРР: данный показатель характеризует уровень образования населения страны. В 2012 году Россия заняла в рейтинге, составленном по данному индексу, 55 место, а наибольшее значение Индекса экономики знаний показала Швеция [2].

Возможности улучшения значения данного показателя связаны с наиболее эффективным использованием интеллектуального потенциала страны.

По оценкам ЮНЕСКО интеллектуальный потенциал России достаточно мощный (по интеллекту нации Россия занимает 27 место в мире, Финляндия – 1, США – 13). В связи с чем в рамках становления цифровой экономики необходимо уделить особое внимание системному развитию цифровых навыков на всех ступенях образования, начиная с детского сада и заканчивая высшим образованием. Сегодня, к сожалению, национальная система образования не отличается гибкостью, что не соответствует требованиям цифровой трансформации во всех сферах экономики. С целью изменения ситуации в 2021 году началась реализация программы "Приоритет 2030". В рамках программы предполагается осуществить мероприятия, направленные на формирование цифровых компетенций не менее чем у 30 % студентов вузов-участников этой программы. К 2024 году планируется обеспечить доступ к цифровым образовательным ресурсам всем школам и колледжам страны, 150 вузов должны внедрить новые типовые цифровые сервисы, не менее 189 000 человек смогут получить дополнительное образование в сфере цифровой экономики [5].

В связи с пандемией в 2020 году произошло ускорение процесса цифровизации общественной жизни, 85 % компаний в России и 80 % компаний в мире ускорили внедрение программ цифровой трансформации. [1].

Согласно прогнозам, в 2021 году процент цифровой экономики в ВВП России может увеличиться до 5,6 %, преимущественно за счет процесса цифровизации отраслей [7].

В 2020 году мировыми лидерами в области цифровизации остаются Финляндия, Соединенные Штаты, Швейцария, Норвегия и Исландия. Таким образом, можно констатировать, что лидерами цифровой экономики становятся государства, реализующие системные планы в этой сфере.

Для достижения целей и задач, обозначенных в национальном проекте "Цифровая экономика", государству необходимо обеспечить модернизацию системы государственного управления, разработать новые механизмы и инструменты управления, обеспечить взаимодействие государства, научного сообщества и бизнес-структур.

Библиографический список

1. Азбука цифровизации от нейрона до умного города. URL: <https://skillbox.ru/media/business/azbuka-tsifrovizatsii-ot-neyrona-do-umnogo-goroda/>.
2. Блейман Н., Лаврова И. Страны соревнуются в стратегиях. URL: <https://plus.rbc.ru/news/5caf3b5f7a8aa950fa85b67b>.
3. Горскина Л. С., Пропп О. В. Развитие цифровой экономики в России // Вопросы инновационной экономики. 2019. Т. 9. № 2. С. 275–286. DOI: <https://doi.org/10.18334/vinec.9.2.40778>. EDN: PMNIMM.
4. Абдрахманова Г. И., Вишневский К. О., Гохберг Л. М. [и др.]. Индикаторы цифровой экономики: 2020 : статистический сб. М. : НИУ ВШЭ, 2020. 360 с. DOI: <https://doi.org/10.17323/978-5-7598-2194-6>. EDN: RAKZLK.
5. Программа "Цифровая экономика Российской Федерации", утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>.
6. Абашкин В. Л., Абдрахманова Г. И., Бредихин С. В. [и др.]. Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации. Вып. 7. М. : НИУ ВШЭ, 2021. 274 с.
7. Скокова Ю., Корнеева И., Краснопольская И. [и др.]. Цифровизация не-коммерческого сектора: готовность, барьеры и эффекты. 2021. URL: <https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/482698930>.

8. О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы. Указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/41919>.
9. Халин В. Г., Чернова Г. В. Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски // Управленческое консультирование. 2018. № 10(118). С. 46–63. DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2018-10-46-63>. EDN: YNFXNZ.
10. Цифровизация от простого к сложному. URL: <https://vc.ru/u/501128-ctrl2go/130609-cifrovizaciya-ot-prostogo-k-slozhnomu>.
11. Абдрахманова Г. И., Вишневский К. О., Гохберг Л. М., Демьянова А. В. [и др.]. Цифровая экономика: 2020 : краткий статистический сб. М. : НИУ ВШЭ, 2020. 112 с. EDN: CJKUGI.

Экономическая теория и ее место в формировании экономической грамотности студентов технических вузов в условиях цифровизации

Савельева С. Б. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра цифровых технологий, математики и экономики, e-mail: Savelevasb@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы экономической подготовки обучающихся технических вузов; отмечена важность и значимость этой подготовки в современных условиях; определена роль экономической теории как интегратора системы экономических наук.

Abstract. The issues of economic training of students of technical universities are discussed; the importance and significance of this training in modern conditions is noted; the role of economic theory as an integrator of the system of economic sciences is determined.

Ключевые слова: развитие экономической науки, экономическая теория, высшее техническое образование, экономическое мышление

Key words: development of economics, economic theory, higher technical education, economic thinking

Для социально-экономического развития России в современных условиях крайне важной является реализация политики ускоренного экономического роста, перехода от экспортно-ориентированного экономического развития к инновационному социально-ориентированному типу.

Высокотехнологичные, наукоемкие производства предъявляют новые требования к рабочей силе. Совершенствование технологических процессов, широкое распространение компьютерной и информационной техники, цифровизация экономики предполагают выполнение человеком новой роли: роли интеллектуального, творческого, свободного в выборе и принятии решений работника. Это свидетельствует о том, что предъявляются новые требования к человеку как носителю человеческого капитала, что, в свою очередь, приводит к тому, что человек становится главным в воспроизводственном процессе.

В качестве одного из путей ускорения экономического роста и повышения конкурентоспособности экономики выступает инвестирование в знания, инновации и человеческий капитал [1; 2]. Именно человеческий капитал определяет темпы и уровень развития и отдельной фирмы, и общества в целом. Имеет место положительная связь экономического роста и человеческого капитала, при этом образование рассматривается как важнейший элемент последнего.

Значимость технологических и научных знаний для экономического роста признается всеми исследователями, которые занимаются изучением данных проблем. Кадры ученых и инженеров готовит система образования. От способностей и знаний последних зависит возможность появления новых знаний и инноваций, а возможность их практического применения определяется наличием высококвалифицированных рабочих. Инвестиции в человека имеют экстернальный эффект, так как результатами в виде прироста знаний может пользоваться все общество. Таким образом, человеческий капитал также может воздействовать на экономический рост через влияние на научные исследования и разработки.

Многие ученые в России и за рубежом рассматривают инвестиции в сферу образования как важнейший вид капиталовложений и считают его одним из главных источников умножения национального богатства [3].

Сегодняшние затраты на образование и профессиональную подготовку рабочей силы завтра приведут к их максимальному вкладу в ВВП страны. Новые прогрессивные технологии следуют за новыми знаниями и рождают инновационные и успешно реализуемые товары.

Таким образом, вопросы формирования и развития человеческого капитала решаются прежде всего в системе высшего образования. В настоящее время роль образования усиливается. Оно становится основным ресурсом и источником формирования высокоразвитой рабочей силы.

Начало собственно техническому образованию в России было положено еще в эпоху Петра 1 открытием Инженерной (1700 год) и Навигацкой (1701 год) школ, в которых преподавание научных дисциплин носило исключительно прикладной характер и, как правило, не опиралось на научные достижения того периода времени [4].

Затем появляется первое Горное училище (1773 год), что было вызвано необходимостью подготовки инженерных кадров для развития горнозаводского дела. 21 октября (1 ноября) 1773 года стало днем рождения не только Горного университета, но и всего высшего технического образования в России.

Методика преподавания прошла длительный путь от скорее ремесленного до изначально ориентированного на высокую теоретическую подготовку студентов. То есть такую организацию подготовки, которая была наиболее способна развивать молодых людей и давать им общечеловеческие знания [5].

Высокое качество подготовки отличало российские инженерные школы во все времена. И в настоящее время лучшие российские технические уни-

верситеты находятся на уровне ведущих инженерных центров мира [6]. При формировании учебных планов и образовательных программ в российском высшем техническом образовании применялся университетский подход с учетом специфики каждого вуза, что является его отличительной особенностью. Несмотря на то что советская система высшего образования периодически подвергалась реформированию, успехи советских инженеров ценятся во всем мире и являются неоспоримыми.

Отечественное высшее техническое образование во все времена всегда отличало не только высокий уровень технической подготовки, востребованность выпускников на рынке труда, но и наличие в образовательных программах достаточно глубокой гуманитарной составляющей. Но в последнее время прослеживается тенденция к сокращению гуманитарного, социально-экономического цикла. Непрофильность дисциплин данного цикла, на что нередко акцентируется внимание обучающихся, не вызывает заинтересованности у последних в получении гуманитарного знания ради повышения собственного уровня культуры и духовного развития [7]. При этом следует иметь в виду, что данные знания имеют самое непосредственное отношение к воспитательному процессу, которому уделяется большое внимание. И то, что происходит, вступает в противоречие с требованиями, которые предъявляются к высшей школе в этой области. Отсутствие достаточного уровня гуманитарной культуры способствует формированию человека-потребителя, для которого главное – это материальные блага.

Никто не подвергает сомнению необходимость углубления естественно-научной и математической составляющих в подготовке научных инженерных кадров в вузах. Вместе с тем никто не снимает с повестки дня необходимость разработки и продвижения наукоемкой продукции, для чего необходимо обеспечить наличие знаний, умений и навыков в области предпринимательства, коммерциализации разработок, умения оценить риски и экономическую эффективность и т. п.

Иными словами, новые вызовы в профессиональной подготовке инженеров-исследователей, инженеров-конструкторов, инженеров-технологов и т. д. требуют формирования качественно новых компетенций, которые позволят анализировать востребованность инновационных идей и проектов с точки зрения социально-экономических и организационно-экономических возможностей их реализации. А это, в свою очередь, требует усиления роли экономического образования в формировании будущего специалиста.

Управление инновационными проектами, развитие навыков предпринимательства и командной работы, способность к межличностным коммуникациям, воспитание лидерских качеств и ответственности и т. п. – компетенции в этих областях формируются в рамках экономической подготовки, которая должна помогать формированию компетентной личности, способной не только к эффективной деятельности по специальности, комфортно чувствующей себя на рынке труда, но и обладающей экономически значимыми качествами, мобильностью, способствующими оптимально быстрому включению в систему социально-экономических отношений и успешной адаптации к изменяющимся под влиянием научно-технического прогресса производственно-экономическим условиям и интеграции в динамичную рыночную среду.

Экономическое образование как часть образования современного инженера способствует формированию экономической грамотности и экономических качеств личности, экономической компетентности, обеспечивающих успешность профессиональной деятельности в рыночных условиях.

Профессионально мобильный, конкурентоспособный, компетентный специалист, адаптированный к экономической жизни общества, обладающий системными экономическими знаниями, умениями, позволяющими эффективно решать частные и общественные экономические проблемы, всегда будет востребован на рынке труда.

Технические вузы, осуществляя подготовку инженерных кадров, должны стремиться, с одной стороны, к сохранению уникальности предметно-отраслевой подготовки студентов, с другой – к обеспечению их конкурентоспособности на рынке труда. Первая задача решается в рамках базовых и прикладных профильных дисциплин, а решение второй задачи обеспечивают непрофильные экономические дисциплины, формирующие экономические компетенции. Учитывая значение, которое придается в стране цифровой, финансовой и экономической грамотности, уверенное владение последними становится необходимостью на данном этапе общественного развития.

Среди экономических дисциплин, способствующих формированию экономических компетенций, экономическая теория занимает особое место. В рамках этой дисциплины изучаются экономические законы развития общества, формы их проявления, исследуются способы учета действия экономических законов в общественной практике на всех уровнях управления эко-

номикой, выявляются объективно существующие экономические отношения между экономическими субъектами, экономические взаимосвязи и взаимозависимости.

Познавая экономическую действительность, у исследователя формируется и развивается экономическое мышление, позволяющее анализировать экономические процессы и явления, принимать оптимальные для себя решения, включая и стратегические, с учетом конкретной экономической ситуации.

Экономическая теория является общеобразовательной учебной дисциплиной, ее нельзя подменять конкретной экономикой. В преподавании этой дисциплины обязательно следует уделять внимание таким важнейшим вопросам как экономическая система, экономические интересы, собственность, общественный выбор, общественное воспроизводство и многие другие.

Общеизвестно, что не все выпускники технических вузов работают по своей специальности и квалификации. И часто их успешной адаптации в изменяющейся рыночной среде мешает отсутствие экономического мышления, экономической культуры и неспособность ориентироваться в экономической среде (а не только в хозяйствующем субъекте, который соответствует содержанию профиля подготовки) [4].

Вместе с тем в преподавании экономической теории есть определенные сложности и, прежде всего, организационного характера. Это и укрупнение лекционных потоков, и сокращение часов, выделяемых на контактную работу и т. п. Разнородный по своему составу и уровню подготовки контингент, восприятие дисциплины как непрофильной также осложняет процесс изучения дисциплины и выбор методики преподавания. Следует также учитывать и мультikonцептуальность экономической теории [4], что накладывает определенные особенности на изучение отдельных тем курса. На наш взгляд, это свидетельствует о том, что экономическая наука находится не в застывшем состоянии, а в постоянном движении и развитии. Это позволяет более многогранно, многоаспектно рассматривать экономическую сторону жизни общества, ее природу на разных уровнях экономики. Меняются конкретные формы проявления действия экономических законов развития общества в результате появления новых или трансформации уже существующих характеристик, но сущностная природа сохраняется. Отражая сущностные стороны функционирования экономических систем и их структурных элемен-

тов, формулируя внутреннюю природу экономических явлений и процессов, а не их поверхностные характеристики, экономическая теория способствует формированию экономического мышления, умению подходить к оценке и решению технико-экономических и социально-экономических проблем системно с учетом их многоаспектности.

Экономическая теория призвана интегрировать систему экономических наук. Функция экономической теории заключается в том, чтобы дать общее экономическое мировоззрение обучаемым, на основе которого только и возможна профессиональная эрудиция в сфере экономики. И это, на наш взгляд, представляется важным и необходимым в инновационном инженерном образовании сегодня.

Библиографический список

1. Гребенюк А. Ю., Кайво-ойя Я., Пикалова А. Г., Соколов А. В. [и др.]. Выбор приоритетов в сфере науки и инноваций в странах ЕС и Российской Федерации: лучшая практика. М. : НИУ ВШЭ, 2016. 80 с.
2. Садовничий В. А. Университеты, общество и будущее человечества // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Проблемы высшего образования. 2019 . № 2. С. 5–14. EDN: FNUCHX.
3. Щетинин В. Человеческий капитал и неоднозначность его трактовки // Мировая экономика и международные отношения. 2001. № 12. С. 42–49.
4. Хайкин М. М., Базжина В. А. Проблемы преподавания экономической теории в техническом вузе // Научный журнал НИУ ИТМО. Сер. Экономика и экологический менеджмент. 2014. № 2. С. 33. EDN: THTWYX.
5. Официальный сайт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ). URL: <https://www.spbstu.ru>.
6. Александров А. А., Федоров И. Б., Медведев В. Е. Инженерное образование сегодня: проблемы и решения // Высшее образование в России. 2013. № 12. С. 3–8. EDN: RPQSUN.
7. Фомина О. И. Проблема преподавания гуманитарных дисциплин в техническом вузе в условиях современной модернизации образования // Педагогика высшей школы: диалог эпох : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 22–27 апреля 2013 г. СПб. : СПбГАСУ, 2013. С. 124–128.

Оценка устойчивости проекта при формировании системы управления рисками

Царева С. В. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра цифровых технологий, математики и экономики, e-mail: tsarevasv@mstu.edu.ru)

Аннотация. Для принятия управленческих решений при осуществлении инвестиционной деятельности особую роль в современных условиях приобретает система управления, создаваемая в рамках реализации каждого проекта, при этом наиболее актуальной становится оценка его устойчивости по отношению к возможным рискам.

Abstract. For making managerial decisions in the implementation of investment activities, a special role in modern conditions is acquired by the management system created as part of the implementation of each project, while the most relevant is the assessment of its stability in relation to possible risks.

Ключевые слова: инвестиционный проект, риск, устойчивость

Key words: investment project, risk, consequences

Современное высшее техническое образование должно не только готовить специалистов, которые обладают профессиональными знаниями, умениями и навыками, соответствующими выбранной специальности или направлению подготовки, но и предоставлять им возможность овладевать так необходимыми сегодня управленческими компетенциями.

Развитие цифровой экономики выдвигает новые требования к уровню подготовки инженерных кадров. Это, прежде всего, возможность использовать проектный подход в профессиональной деятельности, который сегодня применяется во всех сферах современной жизни – социальной, политической, экономической. Такую возможность дают цифровые технологии и управленческие компетенции, приобретаемые при изучении большинства учебных дисциплин экономической направленности.

Инвестиционный проект (или бизнес-план) сегодня является универсальным инструментом для осуществления эффективной инвестиционной и инновационной деятельности всеми субъектами экономики. Управленческие компетенции дают возможность управлять проектом на всех стадиях его жизненного цикла, работать в команде, анализировать проблемные ситуации на основе системного подхода, вырабатывать стратегию для достижения поставленной цели. Умение эффективно использовать этот инструмент дает конкурентные преимущества на рынке предприятиям, предпринимателям, специалистам.

Формирование системы управления рисками проекта необходимо для успешной и эффективной его реализации. Еще на стадии инвестиционного проектирования рассматриваются различные варианты параметров проекта, влияющие на его конечные результаты, что позволяет применить методы количественного анализа рисков и оценить устойчивость проекта по отношению к ним [1].

В общем случае проект считается устойчивым, если при всех сценариях он оказывается эффективным и финансово реализуемым, а негативные последствия могут быть скорректированы мерами, предусмотренными проектом. Оценить устойчивость проекта можно различными методами.

Углубленная оценка устойчивости проводится при использовании умеренно пессимистических значений параметров проекта. При этом рассчитываются такие показатели финансовой эффективности, как чистая текущая стоимость (NPV), индекс рентабельности (PI), внутренняя норма рентабельности (IRR) и дисконтированный срок окупаемости (DPP). Расчет этих показателей базируется на применении операции дисконтирования, позволяющей учитывать временную стоимость денежной единицы, т. е. определять ее текущую, современную стоимость.

При соблюдении этих условий проект считается устойчивым в целом, если NPV имеет высокое значение и больше нуля; IRR не менее 25–30 %; $PI > 1,2$. Кроме того, сальдо реальных денег, характеризующее разницу между притоками и оттоками денежных средств от операционной, инвестиционной и финансовой деятельности, на каждом шаге расчета должно быть больше нуля и не менее 5 % суммы операционных издержек и осуществляемых на этом шаге инвестиций. Конечно, рекомендуемые значения показателей эффективности проекта при оценке его устойчивости будут зависеть от предполагаемых условий его реализации. И прежде всего, от региональной, отраслевой, инновационных составляющих.

Кроме того, на значение этих показателей огромное влияние будет оказывать проектная ставка дисконтирования, поэтому при расчете рекомендуется учитывать рисковую надбавку или премию в ее составе. В проектах с низким уровнем риска размер рискованной премии может составлять от 3 до 5 %. Это проекты, связанные с реконструкцией производства. Чем рискованнее цели проекта, например, расширение производства или выпуск новой продукции, тем размер рискованной премии должен быть выше. В проек-

тах с высокой долей инновационной составляющей рискованная премия может достигать до 20 % и выше.

Если в ходе укрупненной оценки устойчивости значения указанных показателей не удовлетворяют интересам собственника или участников проекта, рекомендуется произвести корректировку денежных потоков от инвестиционной, операционной и финансовой деятельности.

Также при оценке устойчивости проекта по отношению к рискам применяется метод вариации параметров. В количественном анализе рисков проекта он получил название анализ чувствительности. Его цель – выявить наиболее рискованные параметры проекта, изменение которых более всего оказывает негативное влияние на результирующие показатели проекта, ухудшая их. При этом рекомендуется рассчитывать такой показатель, как эластичность (E). Эластичность показывает, как изменятся результирующие показатели проекта, прежде всего NPV, при изменении его параметров. Расчет эластичности осуществляется по формуле [2]

$$E = \frac{NPV_2 - NPV_1}{NPV_1} / \frac{X_2 - X_1}{X_1}, \quad (1)$$

где NPV_1 и NPV_2 – базовое и измененное значение чистой текущей стоимости проекта; X_1 и X_2 – базовое и измененное значение параметра проекта.

По показателям эластичности можно построить вектор чувствительности для конкретного параметра, изменяя его на определенный уровень. Чем больше эластичность, тем большее влияние оказывает параметр на конечные результаты проекта. Таким образом, выявив наиболее значимые параметры проекта, уже на стадии проектирования можно подобрать инструменты управления, которые позволят при реализации проекта сократить риски до приемлемого для инвестора уровня.

Как показывает практика реализации большинства проектов, наиболее значимыми параметрами являются физический объем производства или продаж, цена за единицу выпускаемой продукции или предоставляемой услуги и объем первоначальных инвестиционных затрат, а также их структура. Таким образом, еще на стадии разработки проекта необходимо выбрать наиболее эффективные способы защиты от изменения перечисленных параметров в худшую для инвестора сторону. Это могут быть методы компенсации локализации, страхования или самострахования инвестиционных рисков.

Развитие и активное внедрение цифровых технологий позволяет сегодня все чаще применять на практике и сценарный подход при оценке устойчи-

ности проекта. Большой объем доступной информации дает возможность не только разрабатывать наиболее оптимальные сценарии реализации проекта, но и достаточно достоверно определять вероятность их наступления при изменении условий его реализации. При ограниченном числе сценариев для оценки устойчивости проекта рассчитывается интегральная чистая текущая стоимость ($NPV_{\text{интег}}$) по формуле

$$NPV_{\text{интег}} = \sum_{k=1}^N NPV_k \times p_k, \quad (2)$$

где NPV_k – чистая текущая стоимость k -го сценария; P_k – вероятность наступления k -го сценария.

Положительное значение интегральной чистой текущей стоимости свидетельствует о достаточной устойчивости проекта по отношению к рискам, так как даже с учетом всех пессимистических сценариев и вероятности их наступления, проект будет приносить инвестору прибыль.

В заключение хотелось бы отметить, что во всех рассмотренных методах оценки устойчивости проекта учитывается ценность денег во времени, поэтому выбор и расчет ставки дисконтирования становится важным этапом при формировании системы управления рисками.

Библиографический список

1. Кибиткин А. И., Рапницкая Н. М., Царева С. В. Управление финансовыми рисками в рыбохозяйственном комплексе. М. : Моркнига, 2011. 318 с.
2. Рапницкая Н. М., Кибиткин А. И., Смирнов А. В., Скотаренко О. В. [и др.]. Финансовый анализ: риски, кредитоспособность, инвестиции. М. : Академия естествознания, 2013. 366 с. EDN: UIEVZL.

Особенности международного трансфера технологий: мировая практика в период пандемии

Чечурина М. Н. (*г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра цифровых технологий, математики и экономики, e-mail: Chechurinamn@mstu.edu.ru*)

Аннотация. Развитие рынка высоких технологий – фактор роста как мировой, так и отечественной экономики. Объем мирового экспорта высокотехнологичной продукции удвоился и составил 2,3 трлн долларов за последние 10 лет. В связи с пандемией COVID-19 с 2020 года в мировой торговле наблюдалось замедление, основной причиной которого стал экономический спад. Однако динамика в секторе торговли высокотехнологичными товарами была более позитивной, нежели в сфере торговли в целом, что объяснялось бумом в области торговли аппаратурой связи, электронно-вычислительной техникой, а также оборудованием для обработки и хранения данных в связи с переходом на удаленную и дистанционную работу. Данная тенденция сохранилась и в начале 2021 года.

Abstract. The development of the high-tech market is a growth factor for both the global and domestic economies. The volume of world exports of high-tech products doubled and amounted to 2.3 trillion dollars for the last 10 years. Due to the COVID-19 pandemic, global trade has experienced a slowdown since 2020, the main reason for which was the economic downturn. However, dynamics in the sector of trade in high-tech goods was more positive than in trade in general, which was explained by the boom in trade in communication equipment, electronic computers, and equipment for processing and storing data in connection with the transition to remote and remote work. This trend continued into 2021 as well.

Ключевые слова: рынок высоких технологий, пандемия COVID-19

Key words: high technology market, COVID-19 pandemic

Рынок высоких технологий является важнейшим фактором роста мировой экономики и экономик отдельных стран. Развитие этого рынка сейчас становится особенно важным для России, для ее выхода на новый этап развития и преодоления нынешних экономических трудностей.

Начиная со второй половины XX века развитие наукоемких отраслей промышленности, производство и продажа высокотехнологичных товаров, разработка и внедрение новых технологий является одним из факторов экономического роста страны. Научно-техническое развитие определяет положение страны на мировом рынке, а обладание современными технологиями позволяет достичь преимуществ в конкурентной борьбе и является эволюцией технологического развития, приводящего к появлению высокотехнологичной продукции [2; 5].

Высокотехнологичная продукция – продукция, выпускаемая предприятиями наукоемких отраслей, произведенная с использованием новейших

образцов техники и технологий, с участием высококвалифицированного, специально подготовленного персонала, воплощающая современные научные достижения, передовой опыт и обладающая высокой социально-экономической эффективностью [6].

Трансфер технологий – это организованный процесс реализации и/или привлечения новых систематизированных знаний, опыта, инструментов и методов, разработанных одной стороной технологического соглашения, другой – с целью их коммерциализации/внедрения и повышения уровня технологического развития участников [3]. Под международным трансфером технологий понимают их передачу, т. е. совокупность экономических отношений между партнерами, связанных с использованием (зарубежных) научно-технических достижений (НТД).

За последнее десятилетие объем мирового экспорта высокотехнологичной продукции удвоился и составил 2,3 трлн долл. К высоким технологиям относятся различные средства телекоммуникации, компьютерное и офисное оборудование, компьютерные составляющие, фармацевтическая продукция, научное оборудование и продукция аэрокосмической отрасли.

Важно четко осознавать, что технология становится товаром, то есть продуктом, который может быть продан лишь в определенных условиях. Достаточно сказать, что даже запатентованные новшества используются во всем мире едва ли на 3,5 %. А в процессе прохождения голей идеи на пути своего превращения в товар отсеивается еще больше. Из каждой ста идей разрабатываются не больше одной. Из каждой ста новых товаров, в которых воплощены новые идеи, рынок отвергает свыше 90 %.

В настоящее время Россия подавляющую часть технологий импортирует в виде машин и оборудования. Между тем, как показывает мировой опыт, в отдельных случаях, импорт технологий в "чистом" виде, прежде всего в форме патентов, лицензий и ноу-хау, имеет ряд преимуществ по сравнению с импортом "овеществленной" технологии. Лицензионные соглашения, помимо экономии валютных средств, позволяют, как правило, получать от продавца ценные ноу-хау и содействие в совершенствовании лицензионной продукции, а иногда в ее реализации на зарубежных рынках. Кроме того, подобное соглашение может стать исходной базой для новых отечественных разработок. По оценкам экспертов, в середине прошлого десятилетия на базе лицензионных соглашений производилось свыше половины выпус-

каемой в мире продукции машиностроения. Стоит напомнить также, что именно за счет лицензий и ноу-хау Япония, Южная Корея и Сингапур преодолели технико-экономическое отставание от развитых стран [8].

Практика международной торговли лицензиями свидетельствует о том, что закупка иностранных лицензий позволяет получать значительную экономию на собственных НИОКР. Так, японская фирма "Тойо-рейон", закупив лицензию на производство нейлона у американской фирмы "Дюпон", затратила 10 млн долларов, в то время как разработка этого процесса фирме "Дюпон" обошлась в 27 млн долларов. Таким образом, фирма "Тойо-рейон" добилась экономии на собственных НИОКР, как минимум, в 17 млн долларов, и вышла на рынок с новой продукцией в кратчайший срок [1].

Значимым центром, специализирующемся в сфере трансфера технологий, является Российская сеть трансфера технологий (RTTN), созданная в 2002 г. В настоящее время она объединяет более 90 инновационных центров из 40 регионов России и стран СНГ и является инструментом национальной и региональной инновационной инфраструктуры, которая позволяет эффективно распространять технологическую информацию и осуществлять поиск партнеров для реализации инновационных проектов. С 2008 г. RTTN является официальным участником самой крупной в мире Европейской сети поддержки предпринимательства Enterprise Europe Network (EEN).

Среди рыночных каналов трансфера технологий из России в зарубежные страны, наиболее распространенными являются инжиниринговые услуги, создание совместных предприятий и организация научно-исследовательских проектов. В меньшей степени трансфер технологий осуществляется через торговлю лицензиями и патентами. Главными центрами по созданию российских инноваций являются госкорпорации "Ростех", "Роснано", а также инновационный центр "Сколково".

Стоит отметить незначительный объем экспорта и импорта не овеществленных технологий в России в виде патентов, лицензий, ноу-хау и т. д. В настоящее время российские производители для повышения технологического уровня своих производств предпочитают закупать технологию в овеществленном виде, в форме машин и оборудования. Между тем, как показывает мировой опыт, в отдельных случаях импорт лицензий и ноу-хау оказывается гораздо более выгодным. Лицензионные соглашения, помимо экономии валютных средств, позволяют, как правило, получать от продавца но-

вые ноу-хау и содействие в совершенствовании лицензионной продукции. Кроме того, подобное соглашение может стать исходной базой для новых отечественных разработок.

В 2020 г. в мировой торговле наблюдалось замедление, основной причиной которого стал экономический спад, связанный с пандемией COVID-19. В сентябре 2020 г. в докладе о Глобальном инновационном индексе был отмечен потенциальный риск резко негативного влияния кризиса, обусловленного пандемией, на инвестиции и торговлю в сфере высоких технологий. Казалось, возникла угроза самому существованию глобальной коммерции.

Вместе с тем динамика в секторе торговли высокотехнологичными товарами была более позитивной, нежели в сфере торговли в целом, что объяснялось бумом в области торговли аппаратурой связи, электронно-вычислительной техникой, а также оборудованием для обработки и хранения данных в связи с переходом на удаленную и дистанционную работу. Данная тенденция сохранилась и в начале 2021 г. [4; 7].

Для сравнения можно указать, что общий объем мировой торговли товарами упал в 2020 г. на 9,2 % (до 17,1 трлн долларов США) по сравнению с 2019 г., когда он составлял 18,9 трлн долларов США; это объяснялось наступившим мировым экономическим спадом, особенно в сферах транспорта и строительства.

В 2020 г. по сравнению с предыдущим годом в России объем ассигнований на гражданскую науку из средств федерального бюджета увеличился на 11,4 % в постоянных ценах, в основном по прикладным научным исследованиям (+15,7 %). Наибольший рост отмечается в сфере здравоохранения (+51,9 %), что во многом вызвано пандемией COVID-19, потребовавшей перераспределения расходов на науку.

Вспышка коронавируса резко изменила экономическую обстановку и условия ведения бизнеса в стране и в мире. Это оказало существенное влияние на российский рынок ИТ-услуг. Так, потребители стали проявлять все большую осторожность, что сказывается на их расходах на технологии и услуги. Некоторые компании приостановили крупные проекты по модернизации ИТ-инфраструктуры и вместо них переключились на улучшение существующих систем и стали больше пользоваться облачными сервисами.

Компании во всем мире приспособились к работе в условиях COVID-19. Весной 2020 г. охватившая мир пандемия COVID-19 привела к закрытию

заводов, замедлению морских перевозок и снижению уровня потребительского спроса, что, в свою очередь, повлекло за собой нарушение производственно-сбытовых цепочек в области торговли высокотехнологичными товарами. Казалось, возникла угроза самому существованию глобальной коммерции. Однако год продолжался, и со временем производственные и логистические компании поняли, что нужно делать для того, чтобы их бизнес вновь заработал. По мере восстановления спроса летом и осенью продажи тоже пошли вверх, чему также способствовал рост популярности технологий, связанных с дистанционной работой.

Главной причиной устойчивости мировой торговли высокотехнологичными товарами стали значительные изменения в поведении потребителей в наиболее экономически развитых странах мира. В целом тенденции в этом секторе торговли были аналогичны тенденциям в торговле всеми другими видами товаров и главным образом определялись переходом все большего числа людей на работу из дома. Именно на этом фоне в торговле обувью, предметами багажа и нефтью в 2020 г. наблюдался спад, тогда как объемы поставок мебели, тренажерного оборудования и игрушек быстро восстановились.

Так, например, объем импорта планшетов и портативных компьютеров в Соединенные Штаты Америки (США) за первые 11 месяцев 2020 г. увеличился на 20,9 % и составил 45,2 млрд долларов США. Импорт в США полупроводниковых устройств для хранения данных, используемых для облачных вычислений, увеличился на 38,4 %, составив 12,3 млрд долларов США.

Первое место в списке экспортеров высокотехнологичных товаров за первые 10 месяцев 2020 г. занял Китай, за которым расположились Европейский союз (ЕС) (316,1 млрд долларов США), США (207,4 млрд долларов США) и Республика Корея (137,8 млрд долларов США).

Китай стал первой страной, которой удалось преодолеть последствия COVID-19 и вновь нарастить объемы экспорта высокотехнологичных товаров.

К апрелю 2020 г. объем экспорта высокотехнологичной продукции из Китая вырос по сравнению с аналогичными показателями за предшествующий год на 10,1 % и достиг 59,7 млрд долларов США. Этот рост продолжился и в дальнейшем: в ноябре объем высокотехнологичного экспорта из Китая

превысил аналогичный показатель за 2019 г. на 21,1 %, составив 86,1 млрд долларов США и еще более укрепив лидерство Китая в сфере торговли высокотехнологичными товарами.

В 2021 году на научные исследования и разработки гражданского назначения в России будет направлено 486,1 млрд рублей, что следует из пояснительной записки к проекту федерального бюджета на ближайшие три года. Это на 6,3 % (или 32,8 млрд рублей) меньше, чем планировалось в конце 2019 года при утверждении предыдущего бюджета. На 2022 год запланировано сокращение ассигнований на гражданские исследования и разработки на 4,8 % относительно докризисных проектировок, до 514,4 млрд рублей. Государство экономит на науке и исследованиях на фоне общего роста бюджетных расходов на 1,6 % в 2021 году относительно прошлогоднего закона о бюджете и сокращения на 2,5 % в 2022-м. После рекордных затрат 2020 года на борьбу с коронавирусом и его экономическими последствиями Минфин объявил вынужденный секвестр бюджета: за счет "оптимизации расходов", бремя которой разделили и госаппарат, и даже армия, удастся высвободить почти 1 трлн рублей в 2021 году для перенаправления на цели "восстановления занятости и доходов населения, роста экономики и долгосрочных структурных изменений".

Известно, что уровень наукоемкости менее 1 % наносит ущерб всей экономике страны. Вместе с тем расширение затрат на науку за пределы 3 % ВВП не является экономически целесообразным. Дальнейшее развитие этой сферы должно осуществляться за счет повышения ее эффективности.

Важной задачей является проникновение российского инновационного бизнеса на европейские рынки. Однако в современных международных условиях, характерной чертой которых является недружественная политика некоторых стран Запада, Российской Федерации приходится переориентироваться на рынки азиатских стран и развивать сотрудничество со странами АТР, в первую очередь, с Китаем. В то же время надо понимать, что без налаживания взаимодействия с западными странами в сфере технологического обмена России трудно будет подняться вверх в мировой технологической пирамиде стран мира.

Библиографический список

1. Волынец-Руссет Э. Я. Пути модернизации экономики России // Российский внешнеэкономический вестник. 2011. № 4. С. 10–17. EDN: PCEZCV.
2. Долгова М. В. Рынки наукоемких и высокотехнологичных отраслей: российский и международный // Фундаментальные исследования. 2014. № 8-4. С. 909–913. EDN: SJMNLL.
3. Зараменских Е. П. Трансфер технологий: сущность и значение в развитии экономики Российской федерации // Вестник Тамбовского университета. Сер.: Гуманитарные науки. 2013. № 9(125). С. 44–49. EDN: REYTCN.
4. Мировой рынок высокотехнологичной продукции. URL:
https://spravochnick.ru/mirovaya_ekonomika/mirovoy_rynok_vysokotekhnologichnoy_produkcii/.
5. Основные законы и главный феномен развития высокотехнологичных рынков. URL:
https://studme.org/78109/marketing/osnovnye_zakony_glavnyy_fenomen_razvitiya_vysokotekhnologichnyh_rynkov.
6. Экономия пошла по науке. URL:
<https://www.rbc.ru/newspaper/2020/10/06/5f7b372b9a7947fe8e8d644f>.
7. Рынок современных технологий: основные черты и особенности. URL:
<https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=602066>.
8. Шуйский В. П. Реиндустриализация России: возможности импорта // Российский внешнеэкономический вестник. 2014. № 3. С. 28–37. EDN: SBJIHV.

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ**

Влияние антропогенного воздушного шума от источников в море на морских обитателей

Борисенкова Т. В., Егорова Э. С., Кузнецова А. Д. (г. Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный морской технический университет", кафедра гидрофизических средств поиска, e-mail: yanit.rr@gmail.com)

Аннотация. Для разработки природоохранных мероприятий необходимы данные по шумовому загрязнению от объектов промышленной деятельности человека. В статье представлена оценка воздушного шума при эксплуатации нефтегазовой платформы на подводный шум в условиях мелкого моря. Проведено сравнение полученных уровней шума с уровнями слуховой чувствительности морских обитателей.

Abstract. For the development of environmental protection measures, data on noise pollution from human industrial activities are needed. The article presents an assessment of air noise during the operation of an oil and gas platform for underwater noise in shallow sea conditions. The obtained noise levels were compared with the levels of auditory sensitivity of marine life.

Ключевые слова: подводный шум, природоохранные мероприятия, мелкое море, антропогенный шум

Key words: underwater noise, environmental measures, shallow sea, anthropogenic noise

Из-за активного развития промышленной деятельности человека значения фонового шума в океане с каждым годом только увеличиваются, соответственно отрицательное воздействие от антропогенного шума на морскую биоту растёт. Рыбы и морские млекопитающие для общения друг с другом, перемещения под водой, для нахождения пищи полагаются на звук, поэтому ученые всё чаще говорят, что шумовое загрязнение в море сравнимо с изменениями климата и химическим загрязнением.

Для решения рассмотренных выше проблем компания DNV GL в 2010 году разработала первую в мире систему обозначений подводного шума (ПШ) класса SILENT. Целью обозначений является предоставить владельцам акустически чувствительных судов краткие и реалистичные критерии для оценки излучения ПШ. В соответствии с Регистром DNV [1] требования по уровням излучаемых судами шумов подразделяются на 5 классов, которые предусматривают четыре вида типовых операций: акустика, сейсмика, рыболовство, научные исследования, а также нетиповые операции.

Работа нефтегазовых платформ связана с большим шумовым воздействием на окружающую среду как в режиме штатной эксплуатации при до-

быче нефти и газа, так и при бурении новых боковых скважин, что приводит к увеличению уровней воздушного шума (ВШ) и вибрации. Поэтому в перспективе важно разработать нормы по воздушному и структурному шумам по аналогии с нормами DNV для судов, но для оборудования нефтегазовых платформ, факельных установок, воздушных судов и др., и проводить комплексную оценку воздействия антропогенного шума на морскую биоту.

В статье произведен расчет ПШ от вертолета Ми-8, совершающего посадку на вертолетную площадку нефтегазовой платформы. Данное воздействие является кратковременным, но его оценка важна для составления полной картины шумового воздействия от платформ при активной их эксплуатации на морских существ, особенно если рядом расположены сразу несколько платформ и при увеличении количества рейсов воздушных судов.

В соответствии с измеренными значениями [2] уровней звукового давления (УЗД) вертолета на земле (или поверхности воды) при высоте полета 120 м были определены УЗД в октавной полосе частот с учетом звукоизоляции (ЗИ) границы двух сред воздух – вода и принятых пороговых значений по ПШ. При малых углах падения звуковой волны на поверхность воды (приблизительно в пределах 13°) происходит частичное отражение волны, а часть энергии проходит в водную среду [3]. ЗИ преграды зависит от разности импедансов сред и не зависит от частоты падающей волны

$$\text{УЗИ} = 20 * \lg \left[\sqrt{\frac{z_1}{z_2}} + \sqrt{\frac{z_2}{z_1}} \right] - 6 \text{ дБ}, \quad (1)$$

где $z_1 = z_{\text{возд}} = (\rho c)_{\text{возд}}$, $z_2 = z_{\text{воды}} = (\rho c)_{\text{воды}}$.

ЗИ границы воздух вода при вертикальном падении звука будет равна 30 дБ. При этом давление в звуковой волне, прошедшей из воздуха в воду, будет в два раза больше, чем в падающей волне.

Море и его границы образуют весьма сложную среду для распространения звука [4], потери в которой можно рассматривать как сумму потерь на расширение фронта волны и потерь вследствие затухания. Потери на расширение фронта волны характеризуют эффект ослабления звука по мере удаления фронта волны от источника. Потери на затухание определяются эффектами поглощения, рассеяния и утечки энергии.

По формуле (2) были определены значения уровней звуковой мощности (УЗМ) от акустического пятна под водой после прохождения границы раздела двух сред, размеры пятна зависят от высоты полета вертолета и кри-

тического угла падения звуковой волны на границу раздела сред воздух–вода при котором наблюдается эффект полного внутреннего отражения.

$$L_w = L_p^{\text{поверх}} + 10 \lg \pi + 20 \lg(H * \operatorname{tg} \alpha), \quad (2)$$

где $L_p^{\text{поверх}}$ – УЗД вертолета у поверхности воды, дБ; H – высота полета вертолета, м; $\alpha = 13^\circ 42''$ – критический угол падения звуковой волны на границу раздела сред воздух – вода, град.

Многие нефтегазовые платформы стоят на мелководье, соответственно, данная водная среда будет представлять собой среду с плоскопараллельными верхней и нижней границами, поэтому мощность, излучаемая источником, будет распределяться по поверхности цилиндра [4]. Такое распространение звуковой волны характеризуется цилиндрическим расширением ее фронта. В этом случае цилиндр будет иметь радиус, равный пройденному расстоянию, и высоту, соответствующую глубине моря. УЗД при цилиндрическом расширении фронта волны определяется следующим выражением

$$L_p = L_w - 10 \lg(2\pi r h_{\text{моря}}), \quad (3)$$

где r – расстояние до расчетной точки (РТ) (не более 50 м от источника), м; $h_{\text{моря}}$ – глубина моря, м.

На рисунке 1 представлена схема для расчета ПШ от вертолета. Результаты расчета представлены в таблице 1.

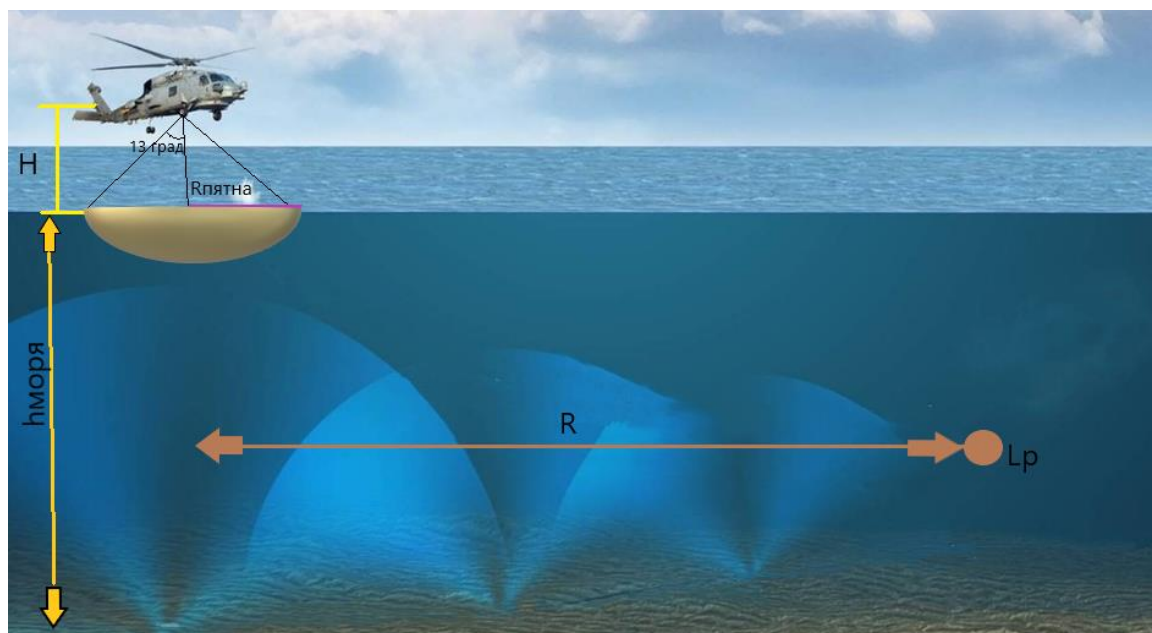


Рисунок 1– Схема образования акустического пятна под водой от падающей звуковой волны на границу раздела двух сред воздух – вода и дальнейшего распространения фронта волны в условиях мелкого моря

Таблица 1 – Расчет шума от акустического пятна под водой. Определение ПШ от вертолета на разном удалении от платформы

Частота, Гц	31,5	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
<i>L_p</i> вертолета Ми-8 (над водой)	94	89	92	95	88	84	77	71	64
УЗИ, дБ (звукоизоляция границы 2-х сред воздух – вода)	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Пересчет на порог по ПШ, дБ	26								
<i>L_p</i> , дБ (граница раздела 2-х сред + порог по ПШ)	90	85	88	91	84	80	73	67	60
<i>L_w</i> , дБ (пятна под водой)	125	120	123	126	119	115	108	102	95
<i>L_p</i> , дБ при удалении от платформы на $r = 50$ м (цилиндр. волна в мелком море)	84	79	82	85	78	74	67	61	54
<i>L_p</i> , дБ при удалении от платформы на $r = 100$ м (цилиндр. волна)	81	76	79	82	75	71	64	58	51
<i>L_p</i> , дБ при удалении от платформы на $r = 1000$ м (цилиндр. волна в мелком море)	71	66	69	72	65	61	52	38	0
<i>L_p</i> , дБ при удалении от платформы на $r = 3000$ м (цилиндр. волна в мелком море)	67	62	65	67	60	55	42	12	-88

УЗД ПШ от вертолета на удалении 1 000 м и 3 000 м были определены по формуле из пособия Урика [4], в которой дополнительно учтены потери на поглощение в зависимости от солености и температуры морской воды (в качестве исходных данных использовались значения для Охотского моря (соленость равна 32 ‰, а температура – 4 °С).

$$\beta = A \frac{S f_T^2 f^2}{f_T^2 + f^2} + B \frac{f^2}{f_T^2} \text{ дБ/км}, \quad (4)$$

где S – соленость, ‰, A и B – эмпирические постоянные, равные соответственно $2,05 \times 10^{-2}$ и $2,95 \times 10^{-3}$, f – частота, кГц, f_T – зависящая от температуры частота релаксации, определяемая по формуле $f_T = 21,9 * 10^{6-1520/(T+273)}$, кГц, где T – температура воды, °С.

При анализе данных из таблицы 1 можно сделать вывод, что на расстоянии 1 км от нефтегазовой платформы уровни ПШ составляют около 70 дБ на частотах 31,5–500 Гц, 60 дБ и 52 дБ на частотах 1 000 Гц и 2000 Гц соответственно. Следует отметить, что эти значения меньше на 10 дБ по сравнению со значениями УЗД, полученными для удаления от платформы на 100 м.

На расстоянии в 3 км наибольшие значения для ПШ характерны для частот 31,5 Гц и 250 Гц, которые составляют 67 дБ. Для частот 63–125 Гц и 500 Гц эти значения примерно равны 60 дБ.

Аналогичный расчет был произведен для факельной установки [5], расположенной на высоте 89 м над уровнем моря, результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Определение ПШ от факельной установки на разном удалении от платформы

Частота, Гц	31,5	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
Факельная установка	127	127	128	137	145	154	154	151	149
УЗИ, дБ (звукоизоляция границы двух сред воздух–вода)	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Пересчет на порог по ПШ, дБ	26								
L_p , дБ (над водой)	88	88	89	98	106	115	115	112	110
L_p , дБ (граница раздела двух сред + порог по ПШ)	84	84	85	94	102	111	111	108	106
L_w , дБ (пятна под водой)	116	116	117	126	134	143	143	140	138
L_p , дБ при удалении от платформы на $r = 50$ м (цилиндр. волна в мелком море)	76	76	77	86	94	103	103	100	98
L_p , дБ при удалении от платформы на $r = 100$ м (цилиндр. волна)	73	73	74	83	91	100	100	97	95
L_p , дБ при удалении от платформы на $r = 1000$ м (цилиндр. волна в мелком море)	63	63	64	73	81	89	87	76	43
L_p , дБ при удалении от платформы на $r = 3000$ м (цил. волна в мелком море)	58	58	59	68	76	83	77	51	-44

Из таблицы 2 видно, что уровни ПШ от факельной установки сохраняются достаточно высокими на частотах 500–2000 Гц и при удалении на 3000 м от платформы. На расстоянии 1 км УЗД составляют около 60 дБ на частотах 31,5–125 Гц, 70–80 дБ на частотах 250–500 Гц, наибольшие значения, равные почти 90 дБ, характерны для частот 1 000–2 000 Гц. На расстоянии 3 км от платформы уровни ПШ составили около 60 дБ и 70 дБ на низких частотах и 250–500 Гц соответственно, наибольшее значение характерно для частоты 1 000 Гц, где УЗД составило 83 дБ.

Самый большой вклад в уровень ПШ вносит факельная установка, значения УЗМ от акустического пятна которой составляют около 130 дБ на ча-

стотах 250–500 Гц и 140 дБ на частотах выше 1 кГц. Высокими УЗД от факельной установки остаются и на расстоянии 1 км от платформы, и на расстоянии 3 км, значения ПШ здесь около 80 дБ и больше на частотах 500–2000 Гц.

Уровни ПШ от пролетающего вертолета больше на частотах 31,5–500 Гц, где они составляют около 70 дБ на расстоянии 1 км, значения больше 60 дБ сохраняются на расстоянии в 3 км на частотах 31,5–125 Гц.

На рисунке 2 представлены уровни слуховой чувствительности рыб и морских млекопитающих, УЗД ПШ вертолета и факельной установки вблизи платформы, а также рекомендации ИСЕК № 209 [1; 5; 6], которые были сформированы с учетом "слуховых" особенностей морских обитателей и их реакции на окружающий шум.

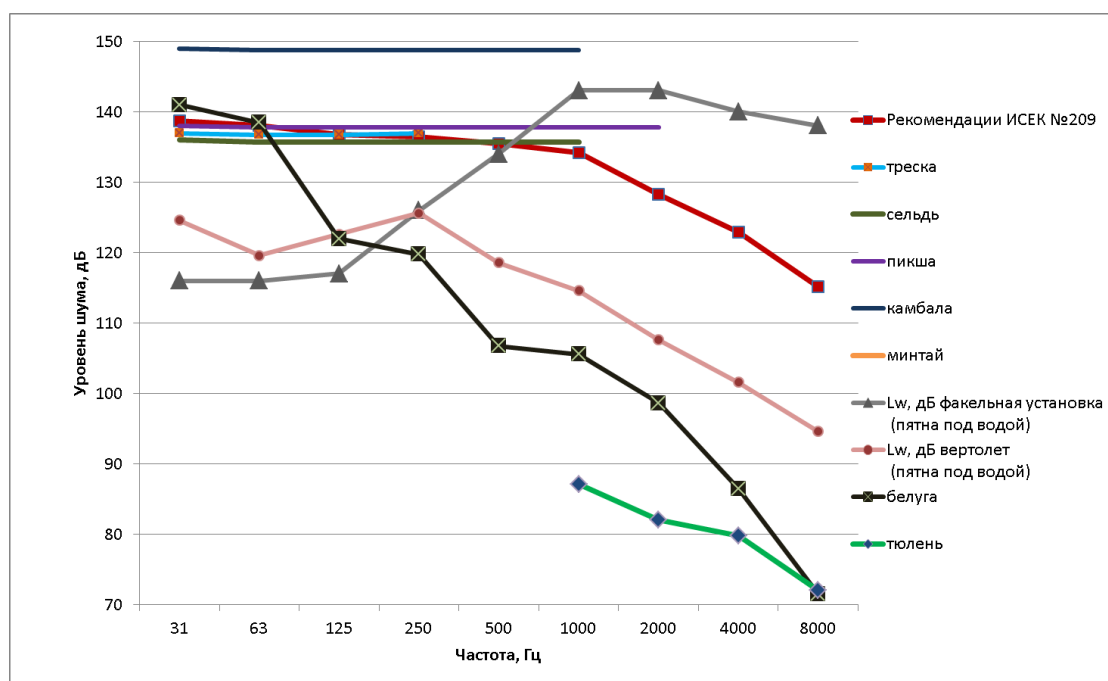


Рисунок 2 – Уровни слуховой чувствительности промысловых видов рыб и морских млекопитающих на фоне уровней ПШ (вертолета и факельной установки) и рекомендаций ИСЕК № 209

По графику видно, что для большинства представленной для сравнения фауны вредное воздействие будет оказывать ПШ, возникающий в результате работы факельной установки на частотах более 250 Гц для млекопитающих и более 1 000 Гц для промысловых рыб. УЗД вертолета вблизи нефтегазовой платформы не будут оказывать влияние на приведенные виды рыб. Для белуг и тюленей, в соответствии с определенными для них порогами слышимости [6], данное воздействие будет носить отрицательный характер на частотах свыше 250 Гц, где превышение составит около 10 дБ.

На основании выполненных расчетных оценок можно сделать вывод, что рассмотренные объекты, связанные с эксплуатацией нефтегазовых платформ, вносят существенный вклад в ПШ как на низких, так и на высоких частотах, что следует учитывать при разработке природоохранных мероприятий.

Библиографический список

1. Левашов Д. Е. Нормирование характеристик шумового поля рыбохозяйственных НИС с целью минимизации его влияния на поведение рыб при промыслово-акустической съёмке // Труды ВНИРО. 2016. Т. 159. С. 157–166. EDN: WDJRZD.
2. Матвеев Ю. Г., Мельников В. Н. Характеристика шума, создаваемого пассажирскими вертолетами Ми-8 и Ми-4 // Акустический журнал. 1968. Т. 14, № 2. С. 246–249.
3. Шаров Я. Ф. Воздушный шум в судовых помещениях. Л. : ЛКИ, 1989. 88 с.
4. Урик Р. Д. Основы гидроакустики. Л. : Судостроение, 1978. 442 с.
5. Неинвазивный сбор данных для определения шума (разработка режимных параметров факельной трубы для создания безопасной среды). URL: https://vmasshtabe.ru/promzona/neft_gaz/neinvazivnyiy-sbor-dannyih-dlya-opredeleniya-shuma-razrabotka-rezhimnyih-parametrov-fakelnoy-trubyi-dlya-sozdaniya-bezopasnoy-sredyi.html.
6. URL: <https://dosits.org/animals/effects-of-sound/measure-marine-mammals-reaction-to-sound/hearing-sensitivity-studies/#:~:text=The%20Journal%20of%20the%20Acoustical%20Society%20of%20America%2C%20132>.

Гидрохимия редкоземельных элементов озер города Мурманска

Даувальтер В. А.¹, Слуковский З. И.^{1,2}, Постевая М. А.³, Денисов Д. Б.¹, Черепанов А. А.¹, Гузева А. В.^{1,4} (¹г. Апатиты, "Институт проблем промышленной экологии Севера" обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ "Кольский научный центр РАН", e-mail: v.dauvalteir@ksc.ru;

²г. Петрозаводск, "Институт геологии" ФИЦ "Карельский НЦ РАН";

³г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский арктический государственный университет";

⁴г. Санкт-Петербург, "Институт озераедения РАН")

Аннотация. В результате исследований гидрохимического состава городских озер Мурманска установлено, что содержание редкоземельных элементов (Sc, Y и лантаноидов) в воде озер г. Мурманска не превышает среднее содержание в озерах водосбора Баренцева моря и Северной Фенноскандии, за исключением Sc в оз. Ледовое, в котором концентрации редкоземельных элементов в 3–5 раз выше фонового значения.

Abstract. As a result of studies of the hydrochemical composition of the urban lakes of Murmansk, it has been found that the content of rare earth elements (Sc, Y and lanthanides) in the water of the lakes of Murmansk does not exceed the average content in the lakes of the catchment area of the Barents Sea and North Fennoscandia, with the exception of Sc in Lake Ledovoe, in which the rare earth elements content is 3–5 times higher than the background value.

Ключевые слова: гидрохимия, городские озера, редкоземельные элементы

Key words: hydrochemistry, urban lakes, rare earth elements

Результаты исследований гидрохимического состава (содержания главных ионов, биогенных элементов и микроэлементов) озер Мурманска были предоставлены ранее в публикациях [1–4]. В данной статье представлены результаты исследований содержания и поведения редкоземельных элементов (РЗЭ) в воде озер Мурманска, проведенные в 2019–2020 гг. Пробы воды были отобраны в 8 озерах, расположенных в разных частях г. Мурманска и имеющих большую рекреационную значимость для жителей и гостей города. Список озер и результаты определения РЗЭ представлены в таблице 1, расположение озер, а также методика отбора и проведения химического анализа – в публикациях [1–4]. Концентрации РЗЭ устанавливались масс-спектрометрией с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) на приборе XSeries-2 ICP-MS.

В наших исследованиях РЗЭ представлены Sc, Y и группой лантаноидов (табл. 1). К РЗЭ относятся скандий (Sc) и иттрий (Y) и здесь они рассматриваются совместно с лантаноидами (лантан La, церий Ce, празеодим Pr, неодим Nd, самарий Sm, европий Eu, гадолиний Gd, тербий Tb, диспрозий Dy, гольмий Ho, эрбий Er, тулий Tm, иттербий Yb, лютеций Lu).

Таблица 1 – Медианные значения концентраций (мкг/л) редкоземельных элементов в воде озер Мурманска, озер северо-восточной части водосбора Баренцева моря [5] и Северной Фенноскандии [6] и пределы содержаний в воде пресноводных экосистем [7]

Элемент	Озеро							[5]	[6]	[7]
	Северное	Семеновское	Среднее	Окуновое	Ледовое	Треугольное	Южное			
Sc	0.191	$\frac{0.0094}{<0.01}$	$\frac{<0.01}{<0.01}$	<0.01	$\frac{1.33}{2.12}$	$\frac{0.125}{0.346}$	$\frac{<0.01}{<0.01}$	0.41	–	–
Y	0.080	$\frac{0.015}{0.018}$	$\frac{0.0102}{0.0094}$	0.067	$\frac{0.088}{0.174}$	$\frac{0.083}{0.130}$	$\frac{0.011}{0.011}$	0.43	–	0.03–0.7
La	0.141	$\frac{0.084}{0.074}$	$\frac{0.063}{0.023}$	0.173	$\frac{0.236}{0.337}$	$\frac{0.252}{0.469}$	$\frac{0.036}{0.011}$	1.36	–	0.06–0.2
Ce	0.119	$\frac{0.015}{0.036}$	$\frac{0.025}{0.013}$	0.202	$\frac{0.326}{0.485}$	$\frac{0.320}{0.643}$	$\frac{0.0107}{0.0110}$	1.63	0.212	0.08–2
Pr	0.025	$\frac{0.0041}{0.0056}$	$\frac{0.0041}{0.0035}$	0.032	$\frac{0.043}{0.069}$	$\frac{0.043}{0.079}$	$\frac{0.0028}{0.0026}$	1.21	–	0.007
Nd	0.096	$\frac{0.016}{0.020}$	$\frac{0.013}{0.012}$	0.114	$\frac{0.160}{0.270}$	$\frac{0.164}{0.271}$	$\frac{0.010}{0.010}$	0.54	0.15	0.04
Sm	0.017	$\frac{0.0036}{0.0040}$	$\frac{0.0017}{0.0016}$	0.020	$\frac{0.024}{0.044}$	$\frac{0.028}{0.047}$	$\frac{0.0014}{0.0023}$	0.83	<0.03	0.008–1
Eu	0.0088	$\frac{0.0026}{0.0030}$	$\frac{0.0024}{0.0020}$	0.0069	$\frac{0.011}{0.019}$	$\frac{0.0072}{0.0110}$	$\frac{0.0071}{0.0078}$	–	–	0.001–0.03
Gd	0.017	$\frac{0.0032}{0.0041}$	$\frac{0.0023}{0.0018}$	0.018	$\frac{0.022}{0.042}$	$\frac{0.023}{0.038}$	$\frac{0.0018}{0.0021}$	0.46	–	0.008
Tb	0.0022	$\frac{0.0004}{0.0005}$	$\frac{0.0003}{0.0003}$	0.0020	$\frac{0.0026}{0.0046}$	$\frac{0.0027}{0.0045}$	$\frac{0.0003}{0.0004}$	–	–	0.001
Dy	0.011	$\frac{0.0020}{0.0024}$	$\frac{0.0013}{0.0012}$	0.010	$\frac{0.014}{0.027}$	$\frac{0.015}{0.027}$	$\frac{0.0014}{0.0015}$	–	–	–
Ho	0.0027	$\frac{0.0006}{0.0006}$	$\frac{0.0004}{0.0002}$	0.0024	$\frac{0.0038}{0.0071}$	$\frac{0.0031}{0.0051}$	$\frac{0.0004}{0.0004}$	–	–	0.001
Er	0.0075	$\frac{0.0014}{0.0014}$	$\frac{0.0011}{0.0008}$	0.0076	$\frac{0.013}{0.026}$	$\frac{0.0083}{0.0136}$	$\frac{0.0012}{0.0011}$	–	–	0.004
Tm	0.0014	$\frac{0.0002}{0.0002}$	$\frac{0.0002}{0.0001}$	0.0013	$\frac{0.0027}{0.0048}$	$\frac{0.0013}{0.0017}$	$\frac{0.0003}{0.0002}$	–	–	0.001
Yb	0.0084	$\frac{0.0011}{0.0011}$	$\frac{0.0011}{0.0011}$	0.0102	$\frac{0.021}{0.038}$	$\frac{0.0076}{0.0111}$	$\frac{0.0021}{0.0020}$	–	–	0.004–0.085
Lu	0.0015	$\frac{0.0002}{0.0002}$	$\frac{0.0002}{0.0003}$	0.0020	$\frac{0.0048}{0.0079}$	$\frac{0.0011}{0.0017}$	$\frac{0.0005}{0.0003}$	–	–	0.001
Σ РЗЭ	0.651	$\frac{0.0624}{0.0913}$	$\frac{0.0628}{0.0472}$	0.506	$\frac{1.401}{3.336}$	$\frac{0.832}{1.630}$	$\frac{0.0453}{0.0534}$	–	–	–

Примечание. В числителе указано значение в поверхностном слое, в знаменателе – в придонном слое; если значение одно, то оно указано для поверхностного слоя. Σ РЗЭ – сумма содержания РЗЭ.

Все эти элементы относятся к побочной подгруппе III группы периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Все РЗЭ характеризуются чрезвычайной близостью химических и геохимических свойств благодаря специфическому строению их электронных оболочек. По химической активности РЗЭ уступают лишь щелочным и щелочноземельным металлам, причем она возрастает с увеличением порядкового номера элементов [8].

В минералах для РЗЭ, главным образом, характерна валентность, равная трем. В дополнение Се встречается в четырехвалентной форме в окислительных условиях, а Eu^{3+} может восстанавливаться до Eu^{2+} . Лантаноиды характеризуются прогрессивным снижением радиуса иона от 0.103 нм для La^{3+} до 0.0861 нм для Lu^{3+} [9]. Часто РЗЭ подразделяются на две группы: 1) легкие редкие земли (ЛРЗЭ) – от La до Gd; и 2) тяжелые редкие земли (ТРЗЭ) – от Tb до Lu. Хотя вся группа имеет сходное поведение, ЛРЗЭ характеризуются более высокими содержаниями, чем ТРЗЭ, в минералах (например, в таких как апатит, сфен, циркон, монацит и др.). По геохимической классификации элементов [10] РЗЭ относятся к III группе к классу литофильных элементов с постоянной валентностью, способных образовывать как катионы, так и анионы.

РЗЭ относятся к типоморфным элементам не только Хибинских гор и апатитовой индустрии [11], но и коренных горных пород Скандинавского кристаллического щита, в том числе и Мурманской области. Y, La, Ce, Pr и Nd обнаружены в оз. Имандра в растворенной и взвешенной фракциях, остальные главным образом в составе взвесей в количествах, не превышающих 4 нг/л [12]. Высокие значения коэффициентов корреляции между содержанием всех РЗЭ в воде озер г. Мурманска подтверждает чрезвычайную близость химических и геохимических свойств и поведение этих элементов в исследуемых водных системах (таблица 2).

Содержание РЗЭ в воде озер г. Мурманска не превышает среднее содержание в озерах водосбора Баренцева моря [5] и Северной Фенноскандии [6], за исключением Sc в озере Ледовое (табл. 1), концентрации которого в 3–5 раз выше фонового значения. Содержания РЗЭ в озерах Ледовое, Треугольное, Северное и Окуновое превышают пределы содержаний в воде пресноводных экосистем, указанные в монографии [7], особенно в первых двух озерах.

Несмотря на высокую корреляцию между содержаниями РЗЭ (таблица 2), сезонное распределение концентраций отдельных элементов этой группы отличается (рисунок), но отмечается характерное снижение содержания в лет-

нее время и увеличение в зимнее, также как и для практически всех компонентов химического состава исследуемых озер. Увеличение содержания РЗЭ в зимнее время связано с сезонными особенностями питания водоемов – в зимнее время основным источником питания служат подземные воды с повышенной минерализацией и содержанием отдельных элементов, а в летнее время основным источником является поступление атмосферных осадков с низким содержанием элементов. В оз. Семеновское не отмечено существенной разницы содержания РЗЭ между поверхностным и придонным слоем воды, но, как правило, концентрации РЗЭ в придонном слое несколько выше (таблица 1, рисунок), за исключением La.

Таблица 2 – Значения коэффициентов корреляции между содержанием редкоземельных элементов в воде озер г. Мурманска (критическое значение $r = 0.48$ при $p > 0.99$, $n = 28$)

РЗЭ	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Y	1.00														
La	0.90	1.00													
Ce	0.91	0.97	1.00												
Pr	0.96	0.97	0.99	1.00											
Nd	0.97	0.96	0.98	1.00	1.00										
Sm	0.97	0.96	0.97	1.00	1.00	1.00									
Eu	0.92	0.77	0.81	0.86	0.88	0.87	1.00								
Gd	0.99	0.94	0.96	0.99	0.99	0.99	0.89	1.00							
Tb	0.99	0.94	0.95	0.99	0.99	0.99	0.88	1.00	1.00						
Dy	0.99	0.93	0.95	0.98	0.99	0.99	0.88	0.99	1.00	1.00					
Ho	1.00	0.90	0.92	0.96	0.98	0.97	0.93	0.99	0.98	0.98	1.00				
Er	0.98	0.86	0.89	0.93	0.95	0.94	0.94	0.96	0.95	0.95	0.99	1.00			
Tm	0.95	0.80	0.84	0.88	0.91	0.89	0.94	0.92	0.91	0.90	0.96	0.99	1.00		
Yb	0.92	0.77	0.82	0.85	0.89	0.86	0.93	0.90	0.88	0.87	0.94	0.98	1.00	1.00	
Lu	0.88	0.73	0.78	0.81	0.85	0.82	0.91	0.86	0.83	0.83	0.91	0.96	0.99	1.00	1.00

В озерах Ледовое и Треугольное в придонном слое содержание РЗЭ выше, чем в поверхностном (таблица 1), что связано с влиянием изменения окислительно-восстановительных условий, отмеченным ранее в распределении РЗЭ в толще воды оз. Имандра [12]. Редкоземельные элементы, как и все микроэлементы, поступают в озера как во взвешенном, так и в растворенном состоянии, и в результате сложных процессов, протекающих в водной толще, захораниваются в донных отложениях. Среди этих процессов выделяются главные: 1) седиментация в составе минеральных и органических твердых взвешенных частиц; 2) вовлечение элементов в редокс-цикл, свя-

занный, в первую очередь, с изменениями восстановительно-окислительных условий в водной толще и донных отложениях. Известно, что РЗЭ являются элементами-комплексобразователями [10].

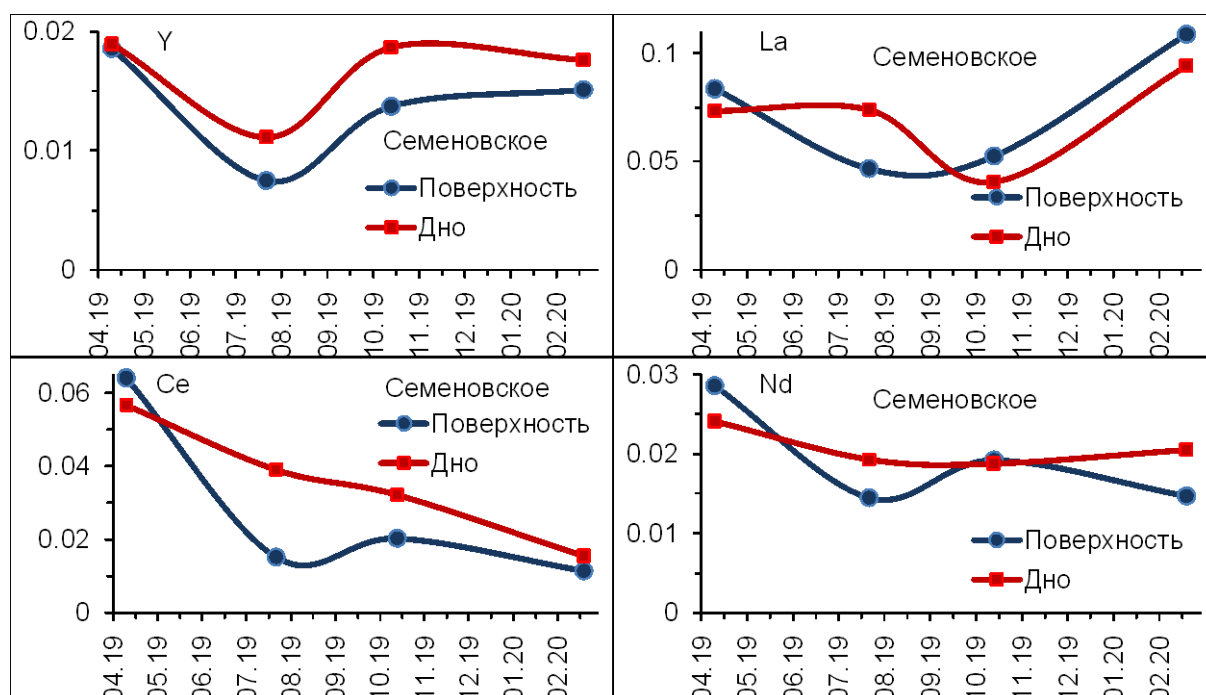


Рисунок – Сезонное распределение содержания редкоземельных элементов (мкг/л) в поверхностных и придонных слоях воды оз. Семеновское в 2019–2020 гг.

Тяжелые РЗЭ (иттриевая группа по [10]) способны образовывать карбонатные комплексы. С. Р. Крайнов [13] публикует следующий ряд по способности РЗЭ к комплексообразованию: $\text{La}^{3+} < \text{Ce}^{3+} < \text{Y}^{3+} < \text{Yb}^{3+} < \text{Ce}^{4+}$. В озерах Ледовое и Треугольное обозначилась стратификация окислительно-восстановительных условий в водной толще в зимний период в результате окисления накопленного на дне органического материала [1]. Хорошо известно, что редокс-механизмы Mn и Fe в водных объектах играют центральную роль в геохимическом круговороте некоторых элементов [12; 14–16], в том числе и РЗЭ. Данные исследования также подтверждают вовлечение РЗЭ в эти циклы. Эти исследования позволили оценить комплексообразование соединений Mn и Fe с РЗЭ, что подтверждают также высокие значения коэффициента корреляции между этими элементами, которые лежат в пределах $r = 0.68\text{--}0.82$ (критическое значение $r = 0.48$ при $p > 0.99$, $n = 28$). Из всех исследуемых микроэлементов подобные высокие значения коэффициента корреляции ($r = 0.68\text{--}0.80$) содержания Mn и Fe обнаружены с Cr и Co, которые способны реагировать меняющейся степенью окисления в зависимости от окислительно-восстановительных условий.

Таким образом, в результате исследований гидрохимического состава городских озер Мурманска установлено, что содержание редкоземельных элементов в воде озер г. Мурманска не превышает среднее содержание в озерах водосбора Баренцева моря и Северной Фенноскандии, за исключением Sc в озере Ледовое, концентрации которого в 3–5 раз выше фонового значения. Содержания РЗЭ в озерах Ледовое, Треугольное, Северное и Окуновое превышают пределы содержаний в воде пресноводных экосистем, указанные в монографии [7], особенно в первых двух озерах. Исследования химического состава воды озер г. Мурманска позволили оценить комплексобразование соединений Mn и Fe с редкоземельными элементами, а также Cr и Co, которые способны реагировать меняющейся степенью окисления в зависимости от изменения окислительно-восстановительных условий в толще воды и донных отложений.

Исследование выполнено в рамках темы НИР № 0226-2019-0045 и госзадания ИППЭС КНЦ РАН (полевые работы) и при поддержке гранта № 19-77-10007 Российского научного фонда (химический анализ).

Библиографический список

1. Даувальтер В. А., Слуковский З. И., Денисов Д. Б., Черепанов А. А. Особенности химического состава воды городских озер Мурманска // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2021. Т. 66, № 2. С. 252–266. DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu07.2021.204>. EDN: OTLWFF.
2. Даувальтер В. А., Слуковский З. И., Денисов Д. Б., Черепанов А. А. Геоэкология городских озер Мурманска // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2020. № 17. С. 153–157. DOI: <https://doi.org/10.31241/FNS.2020.17.028>.
3. Slukovskii Z., Dauvalter V., Guzeva A., Denisov D. [et al.]. The Hydrochemistry and Recent Sediment Geochemistry of Small Lakes of Murmansk, Arctic Zone of Russia // Water. 2020. Vol. 12, Iss. 4. Article number: 1130. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12041130>. EDN: SCEKUV.
4. Даувальтер В. А., Слуковский З. И., Денисов Д. Б., Черепанов А. А., Мицуков А. С. Гидрохимия урбанизированных озер города Мурманска // Наука и образование – 2019 : материалы Всерос. науч.-практ. конф., Мурманск, 15 ноября 2019 г. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2020. С. 230–236. EDN: BGC FIR.
5. Базова М. М. Особенности формирования элементного состава вод Кольского Севера в условиях функционирования горнорудных производств // Геохимия. 2017. № 1. С. 92–106. EDN: ХНММКФ.

6. Skjelkvåle B. L., Andersen T., Fjeld E., Mannio J. [et al.]. Heavy Metal Surveys in Nordic Lakes: Concentrations, Geographic Patterns and Relation to Critical Limits // *AMBIO: A Journal of the Human Environment*. 2001. Vol. 30, Iss. 1. P. 2–10. DOI: <https://doi.org/10.1579/0044-7447-30.1.2>. EDN: LUSUZP.
7. Никаноров А. М., Жулидов А. В. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. Л. : Гидрометеиздат, 1991. 312 с.
8. Jarvis K. E. Inductively coupled plasma mass spectrometry: a new technique for the rapid or ultra-trace level determination of the rare-earth elements in geological materials // *Chemical Geology*. 1988. Vol. 68, Iss. 1–2 P. 31–39. DOI: [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(88\)90084-8](https://doi.org/10.1016/0009-2541(88)90084-8).
9. Shannon R. D. Revised effective ionic radii and systematic studies of interatomic distances in halides and chalcogenides // *Acta Crystallographica Section A: Foundations and Advances*. 1976. Vol. A32, Part 5. P. 751–767. DOI: <https://doi.org/10.1107/S0567739476001551>.
10. Перельман А. И. Атомы-спутники. М. : Наука, 1990. 176 с.
11. Галахов А. В. Петрология Хибинского щелочного массива. Л. : Наука, 1975. 256 с.
12. Даувальтер В. А., Моисеенко Т. И., Родюшкин И. В. Геохимия редкоземельных элементов в озере Имандра, Мурманская область // *Геохимия*. 1999. Т. 37, № 4. С. 376–383.
13. Крайнов С. Р. Геохимия редких элементов в подземных водах (в связи с геохимическими поисками месторождений). М. : Недра, 1973. 296 с.
14. Davison W. Conceptual models for transport at a redox boundary // *Chemical processes in lakes* / ed.: W. Stumm. Wiley Interscience Publication, 1985. P. 31–53.
15. Даувальтер В. А., Ильяшук Б. П. Условия образования железо-марганцевых конкреций в донных отложениях озер в пределах Балтийского кристаллического щита // *Геохимия*. 2007. № 6. С. 680–684. EDN: IAQMGN.
16. Даувальтер В. А. Геохимия озер в зоне влияния Арктического железорудного предприятия // *Геохимия*. 2020. Т. 65, № 8. С. 797–810. DOI: <https://doi.org/10.31857/S001675252008004X>. EDN: WWIQVK.

Качество воды водного объекта, находящегося в городской среде

Смышляева Т. А. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра техносферной безопасности, e-mail: tatyana.k86@mail.ru)

Аннотация. Статья посвящена исследованию качества воды водного объекта, находящегося в черте города, на примере Кольского залива. Приведено сравнение показателей качества, полученных в 2021 году с архивными данными за 2020 и 2005 годы.

Abstract. The article is devoted to the study of the water quality of the Kola Bay, which located within the city. The comparison of quality indicators obtained in 2021 with archived data for 2020 and 2005 is presented.

Ключевые слова: загрязнение водной среды, качество природных вод, Кольский залив
Key words: water pollution, water quality, Kola Bay

Вода оказывает огромное влияние на здоровье человека. По данным Всемирной организации здравоохранения около 90 % болезней человека вызывается употреблением для питьевых нужд некачественной воды, а также использования неподготовленной воды в бытовых целях (душ, ванна, бассейн, мытье посуды, стирка белья и т. д.). Природная вода содержит большое количество растворенных в воде веществ – соли, кислоты, щелочи, газы (углекислый газ, азот, кислород сероводород), отходы промышленных предприятий и нерастворимые частицы минерального и органического происхождения [1].

Проблемы загрязнения водной среды обусловлены не только природными факторами, но и хозяйственной деятельностью человека, в результате которой в водные объекты попадают различные загрязняющие вещества.

Цель работы состояла в исследовании качества воды водного объекта, находящегося в городской среде на основе анализа и сравнения гидрохимических показателей. Объектом исследования послужила вода Кольского залива, взятая в районе моста в Первомайском районе города Мурманск.

Кольский залив относится к водоему рыбохозяйственного назначения. Основным критерием качества воды для рыбохозяйственных водоемов является ее пригодность для обитания водных организмов, их нормального воспроизводства, а также протекания всех биологических процессов, обеспечивающих ход круговорота веществ в водоеме, включая его самоочищение.

На кафедре техносферной безопасности МГТУ проведены гидрохимические исследования вод Кольского залива, рассмотрены основные тенденции изменения гидрохимических показателей в зависимости от периода, сезона, места отбора проб и других факторов, проанализированы данные по изме-

нению содержания фосфат-ионов, нитрит-ионов, нитрат-ионов, аммонийного иона в водах Кольского залива.

Содержание биогенных веществ является важным показателем качества воды водоема и влияет на состояние его биоты и степень трофности. Режим биогенных соединений подвержен закономерной внутригодовой изменчивости, согласуясь с динамикой фитопланктона.

При анализе проб воды на содержание того или иного вещества было выполнено три параллельных измерения с целью исключения случайных результатов и обеспечения точности.

Содержание фосфат-ионов (PO_4^{3-}) составило $0,003 \text{ мг/дм}^3$, нитрат-ионов составило $1,10 \text{ мг/дм}^3$, нитрит-ионов составило $0,05 \text{ мг/дм}^3$. Массовая концентрация ионов аммония (NH_4^+) в пробах воды составила $0,003 \text{ мг/дм}^3$ [4–7].

Сравнивая полученные результаты гидрохимического анализа воды Кольского залива с значениями ПДК для рыбохозяйственных водоемов, делаем вывод, что значения показателей находятся в пределах нормы.

Также для сравнительного гидрохимического анализа воды использовали архивные данные кафедры по результатам анализа воды за 2020 и 2005 годы.

Концентрация фосфат-иона к 2021 году значительно уменьшается, при этом в 2005 и 2020 годах значения показателя превышали ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. Результаты исследований в 2021 году свидетельствуют о том, что снизилось антропогенное загрязнение, т. е. в морских водах практически нет (в 2021 году) суперфосфатов и полифосфатов (рисунок 1).

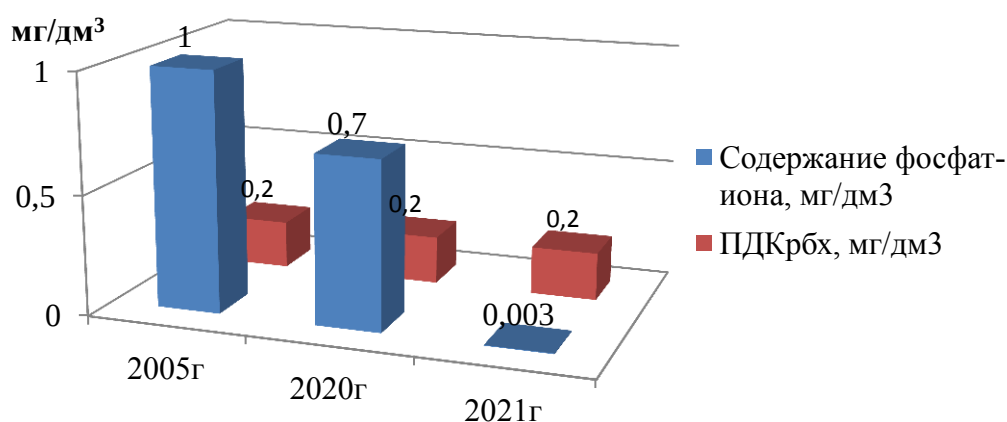


Рисунок 1 – Динамика массовой концентрации фосфат-иона

Концентрация нитрат-иона к 2021 году незначительно увеличивается, при этом во всех годах значения показателя не превышают ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. В целом, концентрация нитратов в поверхностных водах подвержена сезонным колебаниям. Весеннее развитие фитопланктона приводит к уменьшению содержания нитратов в поверхностном слое (рисунок 2).

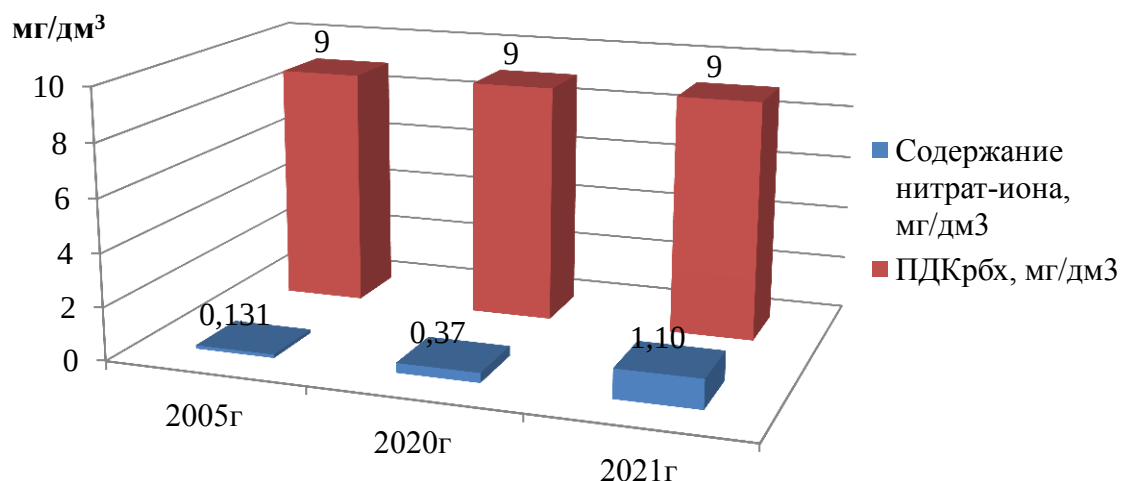


Рисунок 2 – Динамика массовой концентрации нитрат-иона

Концентрация нитрит-иона к 2021 году уменьшается, при этом в 2020 и 2021 годах значения показателя не превышают ПДК, а в 2005 году показатель имеет критическое значение (рисунок 3). Наличие в воде нитритов в значительном количестве свидетельствует об интенсивности окислительных процессов в результате активной деятельности микроорганизмов и может использоваться в качестве косвенного критерия загрязнения. Увеличение концентрации в поверхностном слое связано с поступлением нитритов из донных осадков, где происходит накопление органических веществ, подвергающихся окислению. Весной и летом с развитием фитопланктона содержание нитритов снижается. Возможно, это стало причиной низкого значения показателя в 2021 году (отбор проб производили в марте 2021 года).

Концентрация иона аммония к 2021 году значительно уменьшается, при этом в 2021 годах значение показателя не превышает ПДК, в 2020 году имеет небольшое превышение, а в 2005 году показатель имел высокое превышение ПДК (рисунок 4). Что может быть использовано в качестве индикатор-

ного показателя, отражающего ухудшение санитарного состояния водного объекта, процесса загрязнения поверхностных и подземных вод, в первую очередь, бытовыми и сельскохозяйственными стоками. Данный показатель может изменяться в зависимости от времени года.

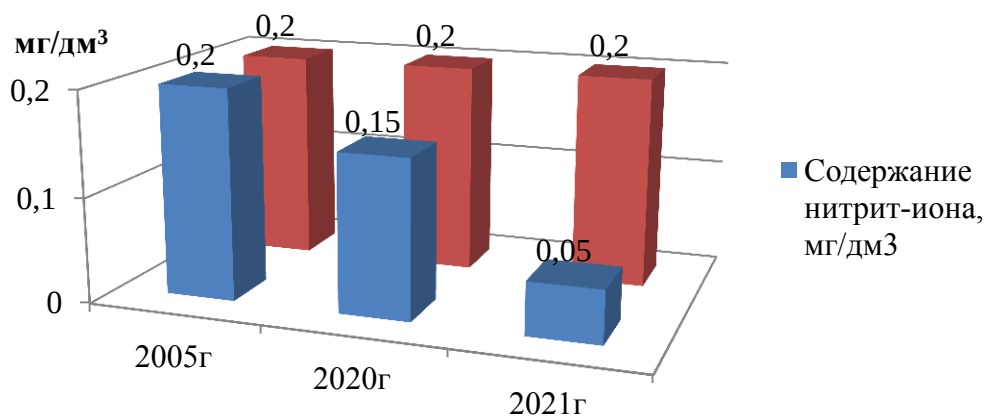


Рисунок 3 – Динамика массовой концентрации нитрит-иона

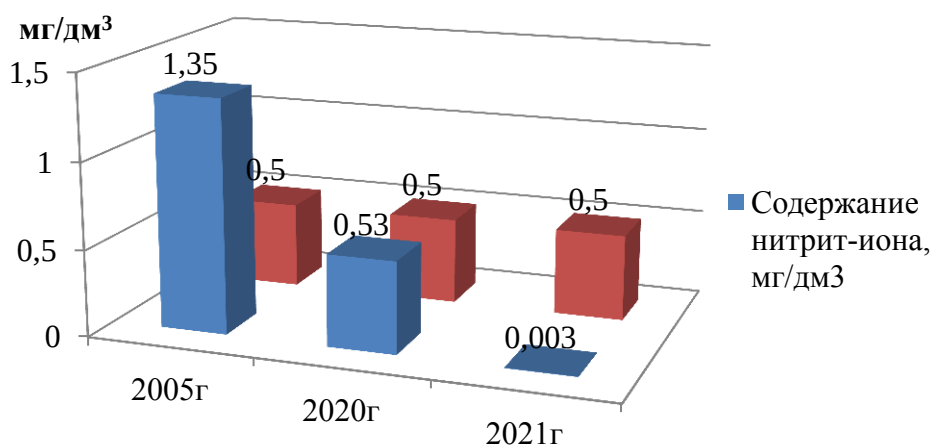


Рисунок 4 – Динамика массовой концентрации иона аммония

Результаты проведенного анализа позволяют сделать вывод, что состояние вод Кольского залива в 2021 году оценивается как удовлетворительное. В результате проделанной работы превышение показателей качественных характеристик проб воды в 2021 году надустановленными ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения, к которой относится Кольский залив, не выявлено.

Библиографический список

1. Алексеев Л. С. Контроль качества воды. М. : ИНФРА-М, 2004. 154 с.
2. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2019 году. URL: <https://gov-murman.ru/region/environmentstate/>.
3. Макаревич Е. В., Новикова А. Н., Богданова О. Ю., Мищенко Е. С. Влияние температуры воды на распределение евтрофных и олиготрофных микроорганизмов Кольского залива // Современные проблемы экологии : Современные проблемы экологии: докл. Всерос. НТК. Тула : Изд-во "Инновационные технологии", 2009. 120 с.
4. ПНД Ф 14.1:2.112-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации фосфат-ионов в пробах природных и очищенных сточных вод фотометрическим методом восстановлением аскорбиновой кислотой. М. : Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ, 2004. 18 с.
5. ПНД Ф 14.1:2.4-95. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нитрат-ионов в природных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой. М. : Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ, 2004. 18 с.
6. ПНД Ф 14.1:2.4.3-95. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нитрит-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса. М. : Федеральная служба по надзору в сфере природопользования, 2011. 22 с.
7. ПНД Ф 14.1:2.1-95. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера. М. : Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ, 2004. 13 с.
8. РД 52.10.773–2013. Массовая концентрация азота аммонийного в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Несслера. М. : Министерство природных ресурсов и экологии РФ, 2014. 25 с.
9. Стратегия защиты окружающей среды Арктики. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1902061>.

Сезонные изменения концентрации загрязняющих веществ на территории парковок у крупных торгово-развлекательных центров г. Мурманска

Широнина А. Ю., Тришина А. С. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра техносферной безопасности, e-mail: shironinaayu@mstu.edu.ru)

Аннотация. Статья посвящена исследованию сезонного изменения концентраций загрязняющих веществ на территории автопарковок у крупных торгово-развлекательных центров г. Мурманска, на которое в значительной степени повлиял локдаун, введенный на территории города в период пандемии Covid-19.

Abstract. The article is devoted to the study of seasonal changes in the concentration of pollutants in the car parks territory near large shopping and entertainment centers in Murmansk, which was largely influenced by the lockdown introduced in the city during the Covid-19 pandemic.

Ключевые слова: качество атмосферного воздуха, автомобильные парковки, сезонные изменения

Key words: air quality, car parks, seasonal changes

Важной частью досуга жителей г. Мурманска являются торгово-развлекательные центры (ТРЦ), на территории которых расположено множество магазинов, кафе, а также продуктовые гипермаркеты, кинотеатры, развлекательные зоны и т. д. Многие приезжают в ТРЦ на личном автотранспорте, и для удобства посетителей в непосредственной близости оборудованы парковки, чаще всего открытые. В результате этого на прилегающей территории постоянно находится множество единиц автотранспорта, который является источником загрязнения атмосферы, и посетители, которые вынужденно подвергаются вредному воздействию загрязняющих веществ.

При этом из-за форм рельефа местности на территории г. Мурманска возникают особые микроклиматические зоны по температуре, направлению и скорости ветра, что формирует особые условия для рассеивания загрязняющих веществ [1].

Целью работы является исследование сезонного изменения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на территории автопарковок около крупных ТРЦ и многофункциональных комплексов (МФК).

Объектами исследования выбраны крупнейшие комплексы города ТРЦ "Мурманск Молл" с открытой парковкой на 870 мест [2] и МФК "Северное Нагорное" с парковкой на 450 мест [3].

Для определения качества воздуха на парковках у торгово-развлекательных центров были проведены замеры концентраций вредных веществ в приземном слое атмосферы на высоте до 2 метров. Для замеров использовали газоанализатор "Эколаб".

Схема расположения точек, в которых проводились замеры, приведена на рисунке 1.

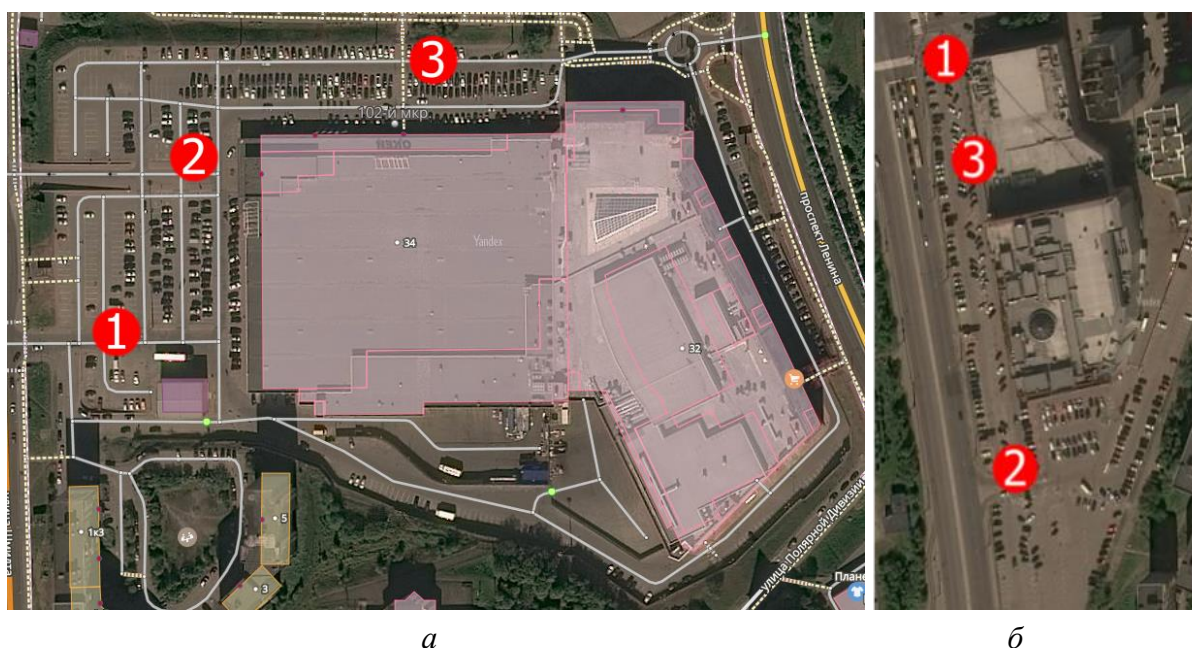


Рисунок 1 – Места замеров на автопарковках:
а – ТРЦ "Мурманск Молл"; *б* – МФК "Северное Нагорное"

Для замеров выбран дневной час пик с 13 до 14 часов в схожих условиях (облачная сухая погода, сила ветра 2–3 м/с). Замеры проводились в августе, октябре и декабре 2020 года и в апреле 2021 года, в течение 10 дней каждый.

В ходе исследования замеряли концентрации в атмосферном воздухе двух веществ: диоксида азота (NO_2) и оксида углерода (CO). Полученные результаты, сравнивали с максимально разовыми ПДК (ПДК_{м.р.}). В атмосферном воздухе городских поселений она составляет для диоксида азота 0,2 мг/м³, для оксида углерода – 5 мг/м³.

Месяц с наиболее неблагоприятной обстановкой по содержанию загрязняющих веществ в воздухе на территории парковки у ТРЦ "Мурманск Молл" – октябрь и апрель. В этот период максимально разовая концентрация NO_2 отмечена в точке № 3 и составила 0,156 мг/м³ (0,78 ПДК_{м.р.}) в октябре и 0,261 мг/м³ (1,3 ПДК_{м.р.}). Наибольшая максимально-разовая концентрация

оксида углерода выявлена также в точке № 3 в апреле и составляет $4,394 \text{ мг/м}^3$ (0,87 ПДКм.р.).

В точке № 3 заторы образуются чаще, чем в точках № 1 и 2, что обусловлено наличием "лежачего полицейского" и пешеходного перехода в непосредственной близости от них.

На парковке у МФК "Северное Нагорное" количество диоксида азота превышало нормативные значения во всех точках за весь период наблюдения. Максимальные значения наблюдались в апреле и составили $0,541 \text{ мг/м}^3$ (2,7 ПДК), при этом в воздухе ощущался устойчивый неприятный запах. Это может быть связано с непосредственной близостью точки № 1 к главному проспекту и крупному перекрестку.

При определении содержания СО в атмосферном воздухе в точке № 1 максимально разовая концентрация СО в приземном слое атмосферного воздуха в апреле 2021 составила $5,844 \text{ мг/м}^3$ (1,16 ПДКм.р.). При проведении замеров несколько раз было зафиксировано превышение ПДК максимально разовой почти в 2 раза. В данном случае существенное влияние на состав атмосферного воздуха на парковке оказывают находящиеся рядом проспект и перекресток. Концентрации диоксида азота в приземном слое атмосферы практически все время превышали значения ПДКм.р., что делает данную точку опасной для посетителей, но именно здесь проходит наибольший поток людей, направляющихся в МФК.

В точках № 2 и 3 наибольшие значения максимально разовой концентрации СО приземном слое атмосферы наблюдались в апреле 2021 года и превышали ПДКм.р. или были близко к этому ($5,261 \text{ мг/м}^3$ и $4,983 \text{ мг/м}^3$ соответственно). За весь период наблюдения рассчитанные максимально разовые концентрации оксида углерода не опускались ниже значения в 0,6 ПДК.

По результатам исследования определено, что наиболее неблагоприятный месяц в отношении содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на территории парковок у торгово-развлекательных комплексов – апрель. Именно в этом месяце в воздухе наблюдались наиболее высокие концентрации СО и NO₂. Это может быть связано с тем, что, во-первых, в летние месяцы на дорогах в г. Мурманске исторически значительно меньше автотранспорта, чем в остальные времена года, так как большая часть отпусков горожан приходится на период с июня по август. Во-вторых, на ситуацию повлиял введенный еще весной локдаун, в результате чего автомобилей на дорогах стало еще меньше.

В октябре часть ограничений была снята, и нагрузка на дороги, а также на атмосферный воздух усилилась вместе с возросшим количеством машин.

В декабре ограничения вновь были введены из-за начавшейся второй волны коронавируса, что отразилось и на содержании загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на парковках у ТРЦ.

Весной 2021 года часть ограничений вновь была снята, при этом в результате продолжительного периода изоляции большинство жителей города стало игнорировать рекомендации по возможности не выходить из дома и не посещать людные места. Количество автотранспорта на дорогах, а, следовательно, и на парковках у ТРЦ значительно возросло. Следствием этого и стало увеличение концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Библиографический список

1. Hardikova R. I., Fedorova O. A., Shironina A. Y., Malaeva A. V. The prevention of pollution of the Arctic zone of the Russian Federation // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2019. Vol. 11, Special Iss. 01. P. 438–445. EDN: VVFXVJ.
2. Торгово-развлекательный центр "Мурманск Молл". URL: <https://gotomall.ru/malls/murmansk-moll>.
3. Мультифункциональный комплекс "Северное Нагорное". URL: <https://snmall.ru/o-centre>.

Оценка состояния малых водоемов г. Мурманска

Шукшин Д. Н., Широнина А. Ю. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра техносферной безопасности, e-mail: shironinaayu@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье представлено исследование четырех малых озер, расположенных в черте города Мурманска. Полевые работы проводились в октябре 2021 года. Исследуемые озера можно отнести к категории озер с высоким уровнем загрязнения.

Abstract. The article presents a study of four small lakes located at the territory of Murmansk city. Field work was carried out during October 2021. The lakes under study can be classified as lakes with high levels of pollution.

Ключевые слова: малые озера, загрязнение водных объектов, городские водоемы

Key words: small lakes, water pollution, city water bodies

Естественные водные объекты, расположенные в черте города, чрезвычайно чувствительны к воздействию антропогенных факторов, особенно при небольших объемах водной массы и отсутствии проточности, из-за чего их самоочищающая способность относительно невысока. Особенно опасно антропогенное воздействие для северных водоемов, в которых благодаря низкой температуре воды сильно замедлены процессы круговорота веществ и трансформации энергии.

Основными источниками загрязнения таких водоемов могут служить сточные и ливневые воды с территории предприятий, расположенных в непосредственной близости, а также поверхностный сток с городских улиц и дорог. Пагубные последствия загрязнения водоемов проявляются на организменном, популяционном и биоценотическом уровнях, нарушая физиологические функции организмов, затрудняя процесс их жизнедеятельности и в целом снижая численность, биомассу, видовое разнообразие сообщества и его общую резистентность к воздействию внешних факторов [1].

Находясь в черте города, такие водоемы нередко становятся центром притяжения для горожан и используются как места отдыха, купания и занятия спортом. При этом качество воды в них на постоянной основе не проверяется.

Целью работы является оценка состояния малых водоемов, расположенных в черте города Мурманска.

В качестве объектов исследования были выбраны 4 малых водоема (рисунок 1).

1. Озеро Семеновское – естественный водоем, расположенный в Ленинском районе города Мурманска. Берега озера каменистые. На озере ежегодно

проводится чемпионат мира по ледяному плаванию, а в летний период оно является одним из основных мест отдыха горожан. В непосредственной близости расположена четырехполосная автодорога, а также Мурманский океанариум и областной центр дополнительного образования "Лапландия".

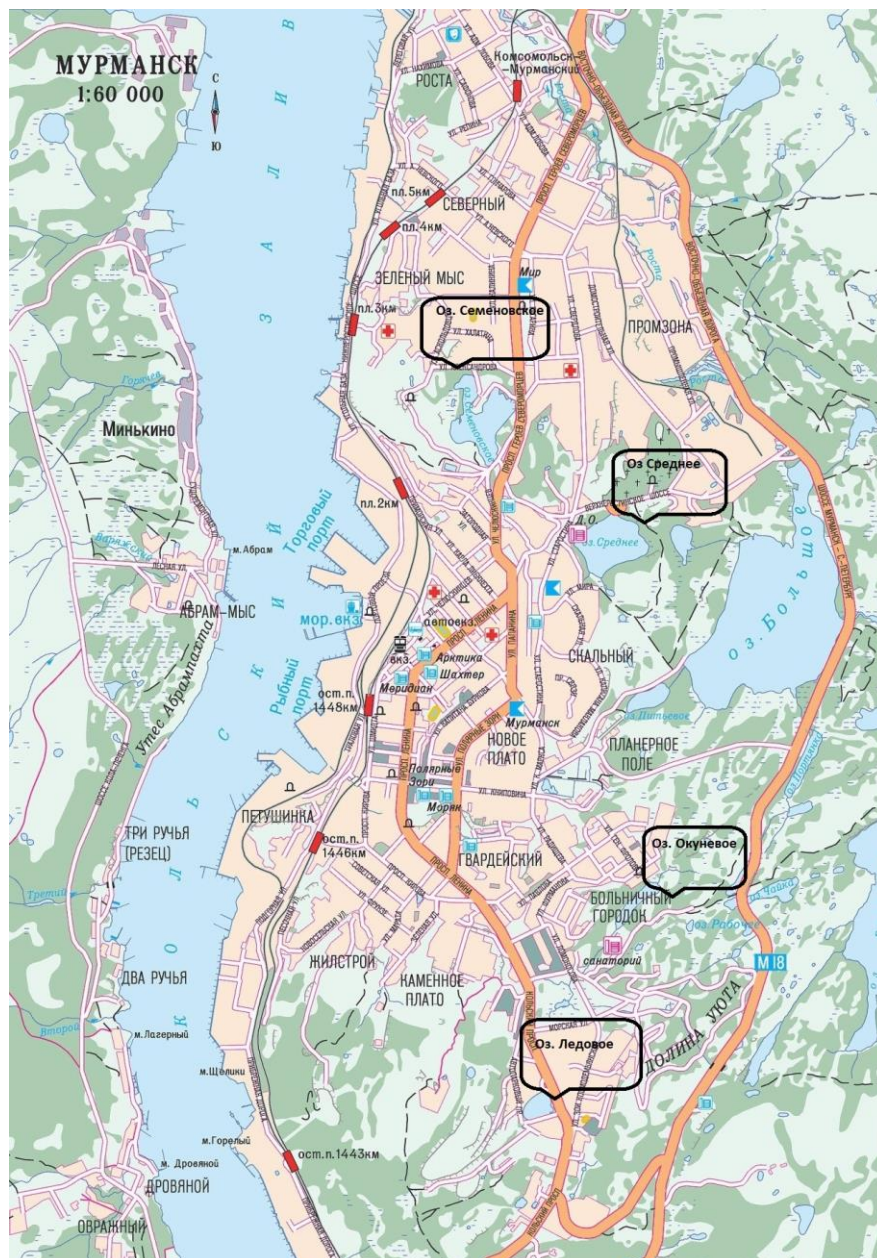


Рисунок 1 – Карта города Мурманска с указанием исследуемых озер

2. Озеро Среднее – естественный водоем, расположенный в центральной части города. Берега озера каменистые и песчаные. Озеро используется местными жителями для отдыха в летний период и для катаний на лыжах в зимний период. Рядом с озером проходит оживленная двухполосная автодорога, неподалеку располагается продуктовый магазин и мурманский дом-интернат для престарелых и инвалидов.

3. Озеро Окуновое – естественный водоем, расположенный в центре города. Северный и южный берег скалистые и высокие, западный и восточный – заболоченные. Озеро используется местными жителями в рекреационных целях и летом, и зимой. В непосредственной близости располагается база отдыха, областная больница "Севрыба" и Мурманская инфекционная больница.

4. Озеро Ледовое – естественный водоем, расположенный в центре Первомайского района города Мурманска. Озеро имеет каменисто-песчаные берега, которые максимально урбанизированы. В непосредственной близости расположены авторемонтные мастерские, автозаправка, автосалоны и Мурманское грузовое автотранспортное предприятие. В непосредственной близости проходит многополосная автодорога.

Основные морфологические характеристики озер представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные морфологические характеристики малых озер г. Мурманска

Озеро	Высота над уровнем моря, м	Площадь, км ²	Береговая линия, м	Длина, м	Глубина, м	
					Максимальная	Средняя
Семеновское	98	0,213	3 200	730	11,30	2,4
Среднее	111	0,248	1 990	700	23,5	7,7
Окуновое	119	0,048	1 270	550	5,6	2,3
Ледовое	80	0,04	780	270	15,7	7,8

Исследование проводили в октябре 2021 года. Пробы воды брались с поверхностного слоя.

Качество воды в водоемах определяли по следующим показателям: БПК₅ [2], содержание взвешенных веществ [3], нефтепродуктов [4], фосфорсодержащих веществ [5], аммиака и ионов аммония [6].

Результаты исследований качества воды представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Массовая концентрация нефтепродуктов в пробах воды

Озеро	Показатель	
	Фактическое значение	ПДК [7]
	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	
Семеновское	11,7	2
Среднее	10,3	
Окуновое	10,1	
Ледовое	10,5	

Окончание табл. 2

Озеро	Показатель	
	Фактическое значение	ПДК [7]
	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	
Массовая концентрация взвешенных веществ, мг/дм ³		
Семеновское	0,737	Не допускается*
Среднее	0,311	
Окуновое	0,607	
Ледовое	0,723	
Массовая концентрация нефтепродуктов, мг/дм ³		
Семеновское	0,0064	0,1
Среднее	0,0031	
Окуновое	0,0042	
Ледовое	0,0080	
Массовая концентрация фосфорсодержащих веществ, мг/дм ³		
Семеновское	0,034	0,1
Среднее	0,010	
Окуновое	0,026	
Ледовое	0,040	
Массовая концентрация аммонийного азота, мг/дм ³		
Семеновское	1,74	1,5
Среднее	2,41	
Окуновое	1,60	
Ледовое	3,55	

Примечание. Не допускается содержание в воде взвешенных веществ неприродного происхождения [7].

При сравнении значений БПК₅, полученных при исследовании, с ПДК, установленной для водных объектов, используемых для культурно-бытового водопользования, можно сделать вывод о том, что все исследуемые водоемы можно охарактеризовать как очень загрязненные. Повышенное значение БПК может указывать на возможное загрязнение водоемов органическими веществами.

Причины наличия в водных объектах взвешенных веществ могут носить как природный, так и антропогенный характер и существенно различаться и колебаться в водных объектах от единиц до тысяч миллиграммов в кубическом дециметре. Однако присутствие в воде взвешенных веществ неприродного происхождения не допускается.

В пробах воды отмечено малое содержание нефтепродуктов, однако утверждение об отсутствии загрязнения было бы не верным, поскольку нефть и нефтепродукты в природной среде способны разделяться на фракции и скапливаться в донных отложениях в значительных количествах [8].

Концентрации фосфатов в озерах значительно меньше установленных нормативных значений.

При сравнении концентрации аммонийного азота с ПДК можно сделать заключение о присутствии во всех исследуемых водных объектах загрязнения органического характера.

Таким образом, вода малых водоемов г. Мурманска по ряду гидрохимических показателей не отвечает требованиям, предъявляемым к водным объектам хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения.

Библиографический список

1. Алимов А. А., Амирханов А. М., Белоновская Е. А., Большаков В. Н. [и др.]. Состояние биоразнообразия природных экосистем России. М. : НИА-Природа, 2004. 116 с. EDN: WJCMXB.
2. РД 52.24.420–2006. Биохимическое потребление кислорода в водах. Методика выполнения измерений скляночным методом. Ростов н/Д : Росгидромет, 2006. 26 с.
3. РД 52.24.468–2019. Массовая концентрация взвешенных веществ и сухого остатка в водах. Методика измерений гравиметрическим методом. Ростов н/Д : Росгидромет, 2020. 32 с.
4. ПНД Ф 14.1:2:4.128-98. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости "Флюорат-02" (М 01-05-2012). М. : Федеральная служба по надзору в сфере природопользования, 2012. 25 с.
5. ГОСТ 18309–2014. Вода. Методы определения фосфорсодержащих веществ. М. : Стандартинформ, 2015. 22 с.
6. ГОСТ 33045–2014. Вода. Методы определения азотсодержащих веществ. М. : Стандартинформ, 2015. 23 с.
7. СанПиН 1.2.3685-21. Санитарные правила и нормы "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания". URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375839/.
8. Мязин В. А., Слуковский З. И. Нефтепродукты в донных отложениях озера г. Мурманска // География: развитие науки и образования. Т. II. Коллективная монография по материалам ежегодной междунар. науч.-практ. конф. LXXIII Герценовские чтения, Санкт-Петербург, 22–25 апреля 2020 года / отв. ред. С. И. Богданов, Д. А. Субетто, А. Н. Паранина. СПб. : Астерион, Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2020. С. 101–104.

Сравнение влияния гумусосодержащих удобрений на рост растений

Яшкина А. А. (г. Мурманск, ФГАОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра техносферной безопасности, e-mail: anna_yashkina@mail.ru)

Аннотация. В статье проведен анализ органических удобрений на содержание азота, фосфора и гуматов. Одно из удобрений было получено в лабораторных условиях. Также было проведено фитотестирование для сравнения влияния внесения удобрений в почву на рост и развитие растений.

Abstract. This article analyzes organic fertilizers for the content of nitrogen, phosphorus and humates. One of the fertilizers was obtained under laboratory conditions. Phytotesting was also carried out to compare the effect of fertilizing the soil on the growth and development of plants.

Ключевые слова: почва, удобрения, органические удобрения, гуматы, фитотестирование
Key words: soil, fertilizers, organic fertilizers, humates, phytotesting

В условиях современной экологической ситуации почва подвергается истощению, что препятствует получению растениями необходимых компонентов, способствующих их росту и развитию. Для решения этой проблемы широко используются удобрения как минеральные, так и органические.

Применение минеральных удобрений ограничивается содержанием металлов в них. Органические удобрения могут вноситься в больших дозах, благодаря их безопасности и более легкому усвоению почвой. Самой активной составляющей органических удобрений являются гуминовые соединения (гуматы). В естественных условиях гуматы возникают в результате процессов гумификации, гидролиза и жизнедеятельности почвенных микроорганизмов.

Действие гуматов на растение весьма различно. Улучшают ее структуру, увеличивают связность рыхлых грунтов, а у плотных увеличивают воздухопроницаемость и обменную влагоемкость. Способствуют созданию в грунте среды, благоприятной для полезных микроорганизмов и угнетающей для вредных. Избирательно воздействуя на гидрофильные и гидрофобные участки клеточных мембран, гуматы оптимизируют транспорт питательных веществ. Гуминовые вещества способны сами проникать в растения и действовать как "квазигормоны", усиливая окислительно-восстановительные процессы и синтез растительных гормонов, что препятствует отложению нитратов. Гуматы нейтрализуют ионы тяжелых металлов вплоть до радионуклидов и токсины как за счет собственной сорбционной способности (наподобие активированного угля), так и связывая из химически.

Целью данного исследования является анализ влияния гумусосодержащих удобрений на показатели роста растений.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- получить гумат натрия в лабораторных условиях;
- провести фитотестирование;
- сравнить влияние удобрений, полученных различным путем, на рост тест-растений.

Получение гумата натрия происходило по следующему алгоритму. Навеску просеянного компоста смешивают с пирофосфатом натрия. Далее, после 16 часов экстрагирования, смесь профильтровывают. Следующим этапом является осаждение жидкой части. После добавления концентрированной соляной кислоты образуются хлопья гуминовых веществ. Их отделяли от жидкой части методом центрифугирования. Далее полученную смесь нейтрализовали щелочью до pH 7 [1].

Далее было проведено сравнение потребительского и лабораторного удобрения по следующим показателям:

- определение органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО [2];
- определение содержания азота по методу Кьельдаля [3];
- определение содержания фосфора колориметрическим методом [4].

Проведение фитотестирования для оценки влияния удобрений на их морфофизиологические параметры проводилось по методике плоских контейнеров [5]. В качестве контейнеров для проведения фитотестирования в "вертикальном положении" были использованы боксы для электронных оптических компакт-дисков. Исследуемые семена растений овса и огурца (по 10 семян) помещались с интервалом в 1 см в контейнер с почвой, увлажненной водой и растворами гумусосодержащих удобрений.

Потребительское удобрение (жидкое удобрение "Пальма" на основе биогумуса разбавлялось в соотношении 1:100; лабораторное – 1:50. Спустя 7 дней с момента посева тест-культур были получены следующие показатели фитотеста:

- высота надземной части побега;
- масса надземной части побега.

В результате анализа удобрений по выбранным показателям были получены следующие данные (таблица 1). В лабораторном удобрении содержание биогенных элементов было меньше в среднем в 2 раза.

Таблица 1 – Содержание биогенных элементов в органических удобрениях

Показатель	Лабораторный	Потребительский
Общий азот, мг/мл	3,10	7,23
Общий фосфор, мг/мл	2,18	5,48
Гуминовые вещества, мг/мл	4,48	4,19

Результаты фитотестирования показали, что добавление удобрений улучшает вегетативные параметры выращиваемых тест-культур, но наибольшая интенсификация роста и массы наблюдается при внесении потребительского удобрения.

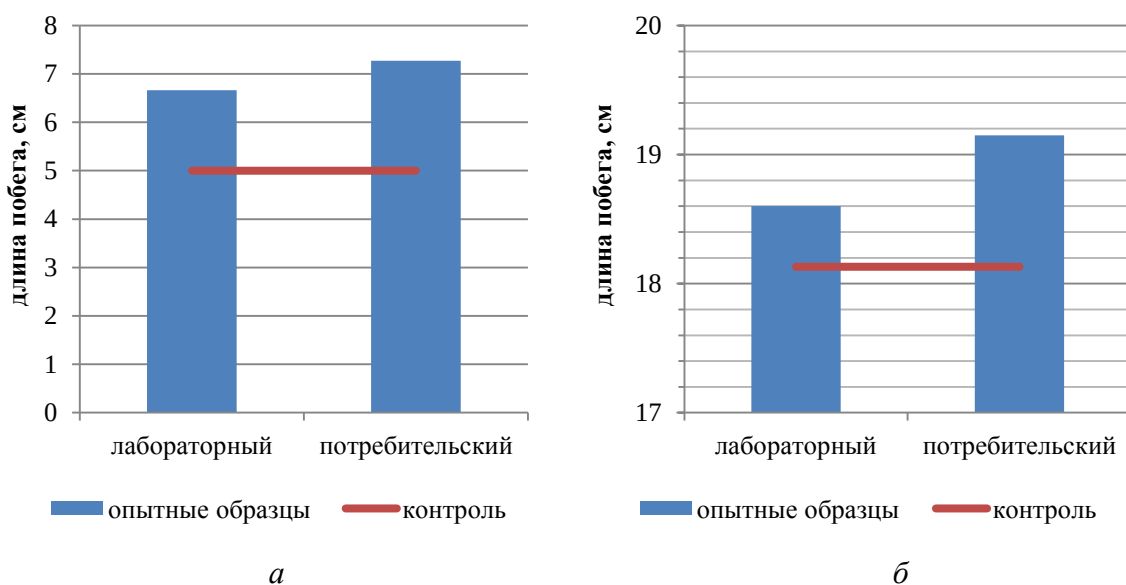


Рисунок 1 – Длина побега тест-культур: а – огурец; б – овес

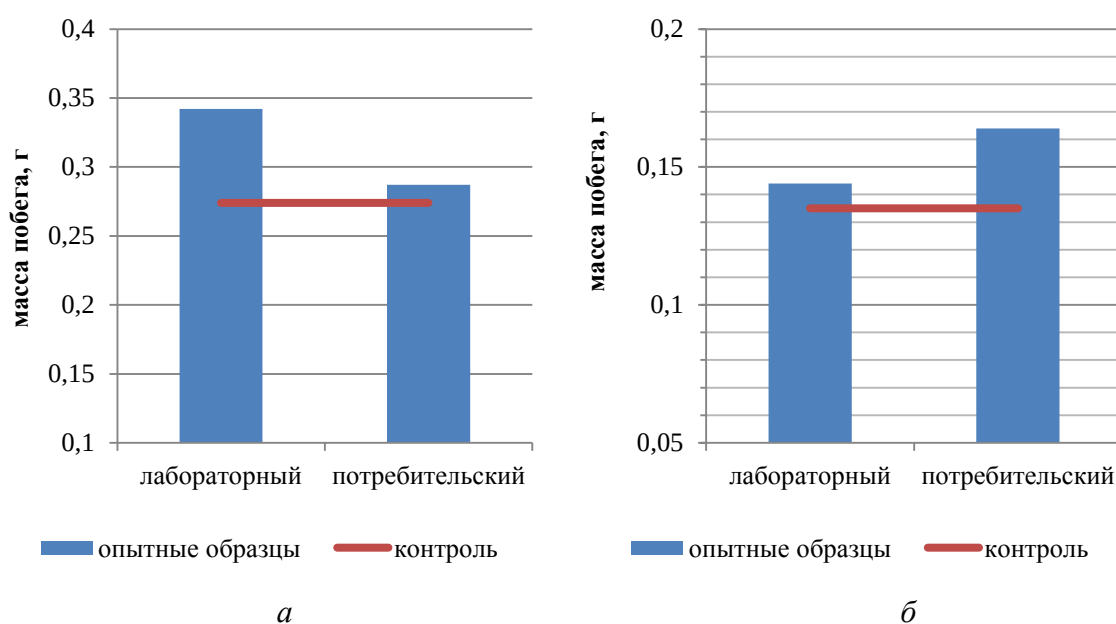


Рисунок 2 – Масса побега тест-культур: а – огурец; б – овес

В результате проведенного фитотестирования можно сделать вывод о том, что гумусосодержащие удобрения, полученные как лабораторным, так и промышленным путем, оказали положительное действие на рост растений. Тест-растения, которые использовались в качестве контроля, имели самые низкие показатели.

Библиографический список

1. Практикум по агрохимии / под ред. В. Г. Минеева. М. : Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
2. ГОСТ 27980–88. Удобрения органические. Метод определения органического вещества определения. М. : Изд-во стандартов, 1989. 11 с.
3. ГОСТ 26715–85. Удобрения органические. Методы определения общего азота. М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. 12 с.
4. ГОСТ 26717–85. Удобрения органические. Методы определения общего фосфора. М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. 6 с.
5. Яшкина А. А., Петранцова К. Ю. Способ биотестирования почв и почвенных вытяжек с помощью растительных тест-объектов // Теоретические и прикладные вопросы биохимии и микробиологии : материалы науч.-практ. конф., Мурманск, 20 мая 2014 г. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2014. С. 30–34. EDN: VLAAAH.