

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

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ
МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(Мурманск, 22–24 мая 2019 г.)

Текстовое электронное издание

Мурманск
Издательство МГТУ
2019

УДК 001+378(985)
ББК 72+74.48(211)
Н34

Редакционная коллегия:

Л. С. Баева, канд. техн. наук, профессор;
Л. Ф. Борисова канд. техн. наук, доцент;
С. В. Власова, д-р филос. наук, доцент;
М. А. Волков, канд. физ.-мат. наук, доцент;
С. Ю. Буряченко, зав. кафедрой;
А. В. Власов, канд. техн. наук;
Ю. В. Романовская, канд. физ.-мат. наук;
Л. И. Хохлова, канд. филос. наук;
Ж. В. Васильева, канд. техн. наук, доцент

Н 34 Наука и образование в Арктическом регионе [Электронный ресурс] :
материалы междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 22–24 мая 2019 г. /
Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. образования "Мурм.
гос. техн. ун-т". – Электрон. текст. дан. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2019. –
1 опт. компакт-диск (CD-ROM). – Систем. требования: РС не ниже класса
Pentium II 128, Windows 9x – Windows 10; свободное место на HDD 131 Мб ;
привод для компакт дисков CD-ROM 2-х и выше.

ISBN 978-5-86185-993-6

В сборнике опубликованы доклады участников Международной научно-практической конференции "Наука и образование в Арктическом регионе", которая состоялась 22–24 мая 2019 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 Pentium II 128 MbRAM ; свободное место на HDD 131 Мб ;
привод для компакт дисков CD-Rom 2-х и выше

УДК 001+378(985)
ББК 72+74.48(211)

© Мурманский государственный
технический университет, 2019

ISBN 978-5-86185-993-6

Текстовое электронное издание

Научное издание

Минимальные системные требования:
PC не ниже класса Pentium II 128 Mb RAM ;
свободное место на HDD 131 Мб ;
Windows 9x–Windows 10 ;
привод для компакт дисков CD-ROM 2-х и выше

Редакционная коллегия:

Л. С. Баева, канд. техн. наук, профессор;
Л. Ф. Борисова канд. техн. наук, доцент;
С. В. Власова, д-р филос. наук, доцент;
М. А. Волков, канд. физ.-мат. наук, доцент;
С. Ю. Буряченко, зав. кафедрой;
А. В. Власов, канд. техн. наук;
Ю. В. Романовская, канд. физ.-мат. наук;
Л. И. Хохлова, канд. филос. наук;
Ж. В. Васильева, канд. техн. наук, доцент

Компьютерная верстка Г. М. Плишко

Подписано к использованию 27.09.2019

Объем издания 6,35 Мб

Тираж 30 экз.

ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет"

183010, г. Мурманск, ул. Спортивная, 13.

Телефон: (8152) 25–40–72 Факс: (8152) 40–35–56

E-mail: office@mstu.edu.ru

<http://www.mstu.edu.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ	10
РАЗРАБОТКА СПОСОБА КОМПЕНСАЦИИ ДЕФОРМАЦИИ ПРИВОДНЫХ РЕМНЕЙ FDM/FFF 3D-ПРИНТЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОГО ПО	11
<i>Власов А. В.</i>	
РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ХОДЕ ОБУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЮ НА ЯЗЫКАХ СТАНДАРТА МЭК 61131-3	15
<i>Власов А. В.</i>	
МОДЕРНИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ОТЛАДКИ ПРОЕКТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ	20
<i>Жук А. А.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЛАЧНОГО СЕРВИСА "ОВЕН" В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ И НАУЧНОЙ РАБОТЕ КАФЕДРЫ АВТОМАТИКИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ.....	26
<i>Кайченев А. В., Маслов А. А., Яценко В. В., Висков А. Ю., Кайченева А. И.</i>	
ПОСТРОЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ В ПРОГРАММЕ MICROSOFT EXCEL	30
<i>Селяков И. Ю.</i>	
МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ. РЕАЛИЗАЦИЯ МИКРОПРОЦЕССОРА KP580BM80A НА ЯЗЫКЕ ОПИСАНИЯ АППАРАТУРЫ И ЕГО ПРОГРАММНОЙ МОДЕЛИ.....	36
<i>Столянов А. В., Ерещенко В. В.</i>	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПРОГРАММНЫЕ РАЗРАБОТКИ	43
РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ТУРИСТИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА	44
<i>Горский Е. Н.</i>	
О МОДЕЛИРОВАНИИ ГРАНИЦ АВРОРАЛЬНОГО ОВАЛА	48
<i>Золотов О. В., Романовская Ю. В., Ромахова О. А.</i>	
РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОТЧЕТНОСТИ ПО ПОТРЕБИТЕЛЯМ, ИМЕЮЩИМ ЗАДОЛЖЕННОСТЬ ПО ОПЛАТЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....	54
<i>Кузнецова О. Б., Татарникова Е. А.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА В ШКОЛЕ.....	59
<i>Малышкин Н. М.</i>	
ИНТЕГРИРУЕМЫЙ СЛУЧАЙ СИСТЕМЫ ХИНДМАРШ – РОЗЕ	65
<i>Мусафиров Э. В.</i>	
АЛГОРИТМ ДЕЙКСТРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О КРАТЧАЙШЕМ ПУТИ.....	70
<i>Неделько Н. С., Солодовник Ю. А.</i>	

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИЛУЧШЕГО АНАЛИТИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ СВЯЗИ МЕЖДУ ПЛОТНОСТЬЮ И АКУСТИЧЕСКОЙ ЖЕСТКОСТЬЮ	74
<i>Рожков А. С.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОМБИНИРОВАННЫХ БИОИНСПИРИРОВАННЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КРИПТОАНАЛИЗА АСИММЕТРИЧНЫХ И БЛОЧНЫХ СИСТЕМ ШИФРОВАНИЯ	79
<i>Сергеев А. С.</i>	
ПРЕДВЫЧИСЛЕНИЕ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ ГОДОВОГО СТОКА РЕКИ АНАДЫРЬ	85
<i>Ушаков М. В.</i>	
ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ	90
ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПАКЕТОВ	91
<i>Авдеева Е. Н., Кацуба В. С.</i>	
РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ НАВЫКОВ	98
<i>Кацуба В. С.</i>	
ФОРМИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРА: КОГДА НАЧИНАТЬ?	105
<i>Ромахова О. А.</i>	
СИСТЕМА ПРОЕКТОВ В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРА	110
<i>Хохлова Л. И.</i>	
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	113
ИДЕОЛОГИЯ КУРСА "ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ"	114
<i>Власова С. В.</i>	
РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА ПРИ ОСВОЕНИИ АРКТИКИ: ОПЫТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОРЕННЫХ НАРОДОВ И БИЗНЕСА	120
<i>Гассий В. В.</i>	
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ АКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ В ПРЕПОДАВАНИИ ИНОСТРАННЫХ ЯЗЫКОВ В РАМКАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	125
<i>Глухих Я. А.</i>	
ПЕДАГОГИКО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРЕПОДАВАНИЮ ДИСЦИПЛИН "НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА", "ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА", "ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА"	130
<i>Григорьева О. П.</i>	

САПР КОМПАС-3D в преподавании информатики	135
<i>Лейко Н. Н., Бучкова З. А., Майорова О. В.</i>	
СЕТЕВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КАК РЕСУРС РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ	141
<i>Пашеева Т. Ю.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОГО ПРИЕМА INSERT В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ	147
<i>Рунова А. А.</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА АНАЛИТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ	153
<i>Челтыбашев А. А. Панкратов А. А. Прежгин С. Д. Каиров Т. В.</i>	
ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В СОВРЕМЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ	160
<i>Червоняк Т. Ф.</i>	
ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОБЛЕМЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ НА ПРИМЕРЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН	166
<i>Шамрина О. П.</i>	
РАДИОЛОКАЦИЯ, РАДИОНАВИГАЦИЯ И РАДИОСВЯЗЬ	173
ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПЛОТИННЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОСВЯЗИ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ РАЙОНАХ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ	174
<i>Борисова Л. Ф., Коробко А. Н.</i>	
ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СУДОХОДСТВА В АРКТИКЕ	180
<i>Кузнецова О. Б.</i>	
РАЗРАБОТКА БЕСПРОВОДНОГО КАНАЛА СВЯЗИ ДАТЧИКА ВЕТРА ДЛЯ СУДОВ ЛЕДОВОГО КЛАССА	185
<i>Холодов Г. Г.</i>	
БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ	199
ОПТИМИЗАЦИЯ ОБЪЕМА КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ГОТОВНОСТИ СУДНА К ПЛАВАНИЮ В ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ	200
<i>Боев Н. В., Рудич А. С., Меньшиков В. И.</i>	
МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ПЛАНОВ СУДОВЫХ ОПЕРАЦИЙ	204
<i>Лапин М. Г., Макаровский Е. А., Матонин А. В., Меньшиков В. И.</i>	
ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ МЕЖДУ ПОДГОТОВКОЙ МОРСКОГО СПЕЦИАЛИСТА И ТРЕБОВАНИЯМИ ЕГО РАБОЧЕГО МЕСТА	208
<i>Мезенцев И. В., Рыжов С. И., Карташов С. В., Пеньковская К. В.</i>	
МЕХАНИЗМ СЕРТИФИКАЦИИ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ	213
<i>Тагиев Т. Г., Попович В. А., Пеньковский Д. В.</i>	

ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	218
ОЧИСТКА ШАХТНЫХ ВОД ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКОВ КИРОВСКОГО ФИЛИАЛА АО "АПАТИТ" ОТ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ.....	219
<i>Вергелес Ю. В.</i>	
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РОДНИКОВ Г. МУРМАНСКА И ЕГО ПРИГОРОДА	225
<i>Глазова В. А., Гапоненков И. А., Федорова О. А.</i>	
ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОЛЬСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА ИМАНДРА	230
<i>Даувальтер В. А.</i>	
АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ РОДНИКОВ ГОРОДА МУРМАНСКА	237
<i>Кобец А. Ю., Широнова А. Ю.</i>	
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА НА ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДА МУРМАНСКА.....	240
<i>Кузнецова М. О., Козелов Б. В.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА МОРСКОЙ АКВАТОРИИ.....	246
<i>Павлов А. В., Васильева Ж. В.</i>	
АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ВОДЫ РОДНИКА В СЕЛЕ МИНЬКИНО (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	252
<i>Синицына К. И., Гапоненков И. А.</i>	
ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ПРИ ОСВОЕНИИ ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ. ОЦЕНКА ОБЩЕЙ УЯЗВИМОСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ И КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА.....	257
<i>Судак С. Н.</i>	
СПЕЦИФИКА ОБРАЗОВАНИЯ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	264
<i>Тарановская Е. В., Широнова А. Ю.</i>	
СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЯ N НА ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ.....	269
<i>Фомина Е. А.</i>	
ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА	275
ПРОЕКТ "СУДОМЕТРИКА" КАК ГАРАНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЗАЯВЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ.....	276
<i>Пашеева Т. Ю.</i>	
ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ, МЕТОДОВ И ИНСТРУМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ	281
<i>Семенов В. П.</i>	
МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ЗУБЧАТОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ СУДОВЫХ РЕДУКТОРОВ	286
<i>Сергеев К. О.</i>	

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА КАК СРЕДСТВО СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	292
<i>Сергеев К. О., Малов Д. А.</i>	
ИЗУЧЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АРКТИКЕ	299
ЗАВИСИМОСТЬ ШИРИНЫ ЗАПРЕЩЁННОЙ ЗОНЫ ЧЕТВЕРНОГО ТВЁРДОГО РАСТВОРА $AlGaInP$ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ	300
<i>Власова С. В., Власов А. Б.</i>	
НЕРЕЗОНАНСНОЕ УСКОРЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ.....	307
<i>Волков М. А.</i>	
ДИАГНОСТИКА МАГНИТОСФЕРЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИНАМИЧЕСКОГО СПЕКТРА АТМОСФЕРИКОВ.....	313
<i>Волков М. А., Смирнов Д. Е.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ КВ-РАДИОСВЯЗИ В АРКТИКЕ	317
<i>Гурин А. В.</i>	
НАБЛЮДЕНИЯ СИГНАЛОВ ПЕРЕДАТЧИКОВ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ "АЛЬФА" В АВРОРАЛЬНОЙ ЗОНЕ И В ОБЛАСТИ ПОЛЯРНОЙ ШАПКИ	326
<i>Никитенко А. С., Пильгаев С. В., Ларченко А. В., Лебедь О. М., Филатов М. В., Федоренко Ю. В.</i>	
СХОДСТВО И РАЗЛИЧИЕ МЕЖДУ ОРИЕНТАЦИЕЙ ПОПЕРЕЧНОЙ АНИЗОТРОПИИ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ И НАПРАВЛЕНИЕМ ДРЕЙФА В F-СЛОЕ В ЗАВИСИМОСТИ ВЫБОРА ОБЛАСТИ НАБЛЮДЕНИЯ ДРЕЙФА (МОСКОВСКИЙ РЕГИОН, ЯНВАРЬ 2014 Г.).....	331
<i>Романова Н. Ю., Телегин В. А., Панченко В. А., Жбанков Г. А.</i>	
ВАРИАЦИИ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ В НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЕ ВЫСОКИХ ШИРОТ ВО ВРЕМЯ СОЛНЕЧНЫХ ЗАТМЕНИЙ	337
<i>Черняков С. М.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЧАСТИЧНЫХ ОТРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В D-ОБЛАСТИ ИОНОСФЕРЫ	342
<i>Черняков С. М., Турянский В. А.</i>	
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА.....	348
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА США В СВЯЗИ С АМЕРИКАНСКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТЬЮ	349
<i>Ставропольский Ю. В.</i>	
СТРОИТЕЛЬСТВО, ЭНЕРГЕТИКА И ТРАНСПОРТ	354
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОНОМНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА.....	355
<i>Баринов А. С.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ УРТИТОВ В ЖИДКИХ СРЕДАХ.....	360
<i>Белогурова Т. П.</i>	

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	365
<i>Билоус Д. В.</i>	
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ.....	368
<i>Дзюба А. М., Забодаев Д. П.</i>	
ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ, МОНТАЖ, РЕМОНТ И ОБСЛУЖИВАНИЕ (ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ) ТРАНСФОРМАТОРОВ. ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ДВУХТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ	372
<i>Васильева Е. В.</i>	
РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИЯМИ И ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	390
<i>Горбатенко Н. А., Севастьянов В. В.</i>	
АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ТИПОВЫХ СХЕМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ 110 КВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	395
<i>Забодаев Д. П., Дзюба А. М.</i>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	401
<i>Иванникова Н. Ю., Сазыкин В. Г., Багметов А. А.</i>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ.....	406
<i>Иванникова Н. Ю., Сазыкин В. Г., Багметов А. А.</i>	
АНАЛИЗ ТИПОВ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ, СТРОЯЩИХСЯ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ	411
<i>Караченцева Я. М.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА.....	415
<i>Моисеенко К. А.</i>	
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ИНТЕГРАЛЬНАЯ ЖЕСТКОСТЬ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ТРЕЩИНАМИ.....	421
<i>Овсянникова Ю. А., Котов А. А.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМОВОЙ ОСНАСТКИ НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ГАЗОБЕТОНА	428
<i>Пак А. А., Сухорукова Р. Н.</i>	
АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ И УСЛОВИЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ ГОРОДА МУРМАНСКА	434
<i>Рожок О. А., Степанова Н. Л., Васильева Ж. В.</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	438
<i>Юзвенко А. Ю.</i>	

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Разработка способа компенсации деформации приводных ремней FDM/FFF 3D-принтера с использованием свободно распространяемого ПО

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

Аннотация. В статье приводится способ компенсации растяжения приводных ремней FDM/FFF 3D-принтера, основанный на изменении положения вершин распечатываемой модели в STL-файле по данным полиномиальной модели деформаций, полученной экспериментально с использованием свободно распространяемого ПО.

Abstract. The article describes a method for correcting of the FDM/FFF 3D-printer's belt's extension based on the recalculation of the vertices' coordinates from STL-file of the model being printed using empirical polynomial deformities model obtained with free software.

Ключевые слова: 3D-печать, ремень, коррекция, растяжение, свободно распространяемое ПО

Key words: 3D-printing, FDM, FFF, belt, extension, correction, free software

Одной из наиболее популярных технологий 3D-печати является FDM/FFF ввиду относительно невысокой стоимости принтеров данной конструкции и доступных расходных материалов. В практике сотрудников кафедры Автоматики и вычислительной техники ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет" встречались несколько проблем, присущих данной технологии 3D-печати. Наиболее критичной является растяжение ремней, приводящих в движение экструдер 3D-принтера, что приводит к искажению размеров и формы распечатанной модели.

Для решения данной проблемы без замены ремней был разработан способ оценки состояния приводов 3D-принтера, заключающийся в печати на диагностируемом устройстве шаблона, состоящего из сетки, равномерно закрывающей большую часть рабочего стола принтера [1]. Шаблон разрабатывался в свободно распространяемом ПО для 3D-моделирования OpenSCAD. Для удобства определения характеристик искажений в автоматическом режиме, в узлах сетки были добавлены отверстия, а также сетка была снабжена подложкой (рис. 1).

Данный шаблон был напечатан на исследуемом 3D-принтере и отсканирован при помощи обычного сканера для документов (рис. 2). В рамках выпускной квалификационной работы студентом Института Морская Академия ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет"

в свободно распространяемой среде программирования Lazarus IDE было разработано приложение, позволяющее открыть результат сканирования и оценить искажения в автоматизированном режиме (рис. 3).

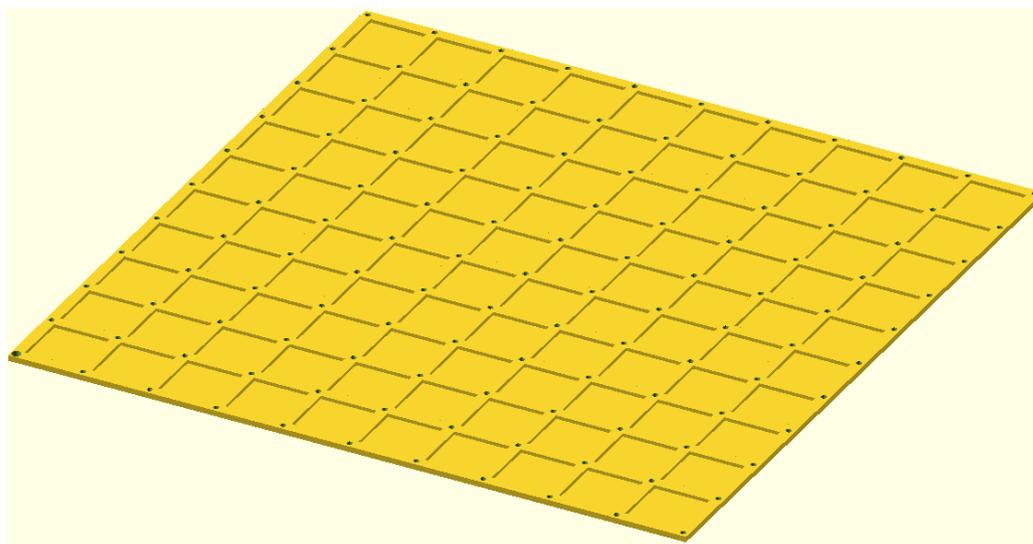


Рисунок 1 – Тестовый шаблон

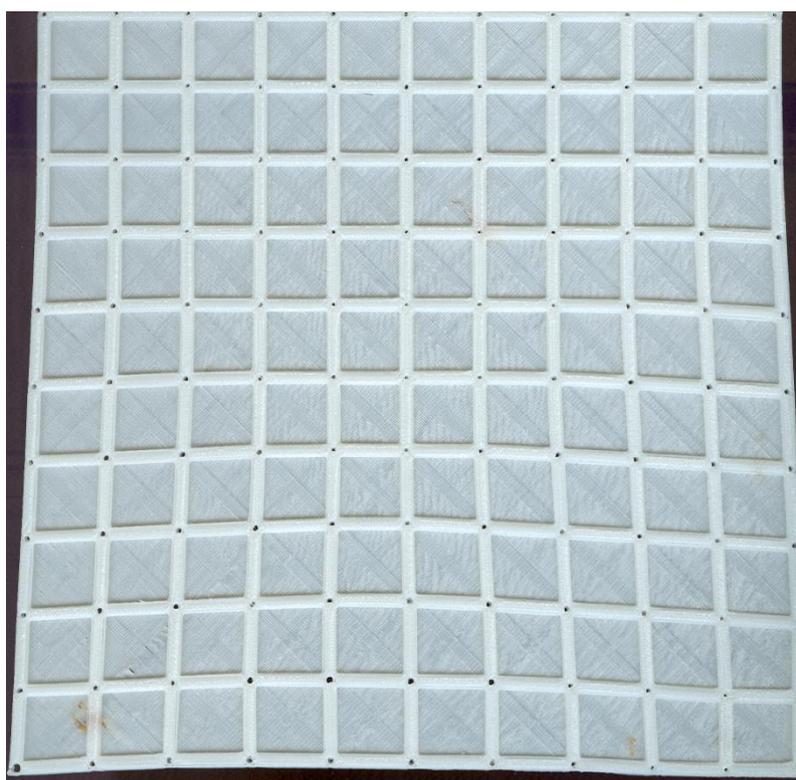


Рисунок 2 – Фото распечатанного тестового шаблона

Перед использованием разработанной программы необходимо внешними средствами (графическим редактором) удалить из отсканированного изображения темные поля по периферии.

После этого роль оператора в ходе работы с программой сводится к открытию файла изображения отсканированного шаблона, выбора порога яркости для бинаризации, при котором на изображении остаются видны только отверстия в узлах сетки, и запуске расчетов.

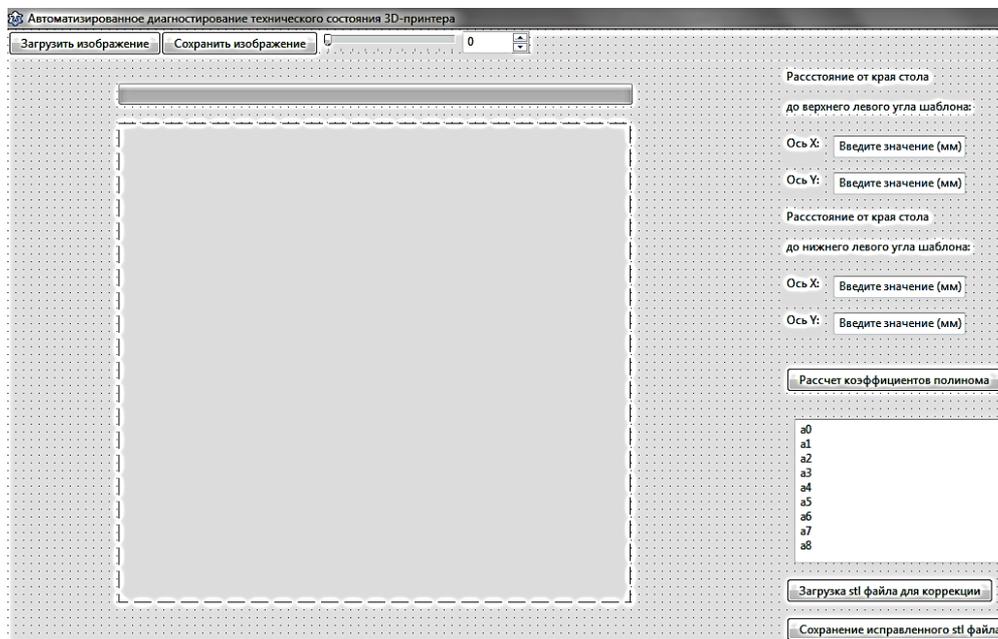


Рисунок 3 – Основное окно программы анализа искажений

Реализованный в программе алгоритм ищет темные пиксели на бинаризованном изображении, группируя их по принципу близости к центру группы и отсеивая шумы (рис. 4).

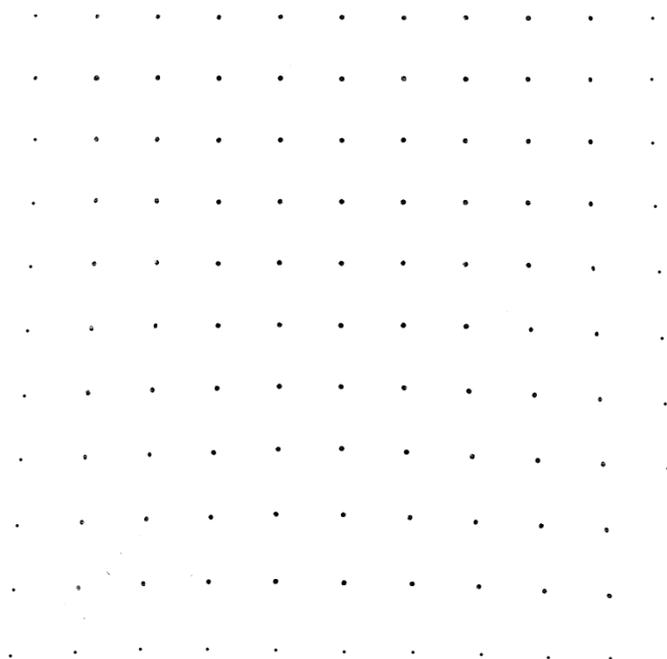


Рисунок 4 – Бинаризованное изображение шаблона

Далее для 121 пары координат центров групп осуществляется расчет коэффициентов полиномиальной модели искажений при помощи метода наименьших квадратов. В ходе расчетов было установлено, что удовлетворительную точность (соизмеримую с погрешностью позиционирования 3D-принтера) дает порядок полинома не ниже восьмого.

Полученная полиномиальная модель искажений позволяет пересчитать координаты STL-файла печатаемой 3D-модели перед открытием ее в слайсере таким образом, чтобы минимизировать влияние растяжения приводных ремней. Модель "сужается" в той области, которая будет "расширена" в ходе печати. Применение данного способа позволило уменьшить максимальные искажения с 8 мм до величин, меньших 0,5 мм:

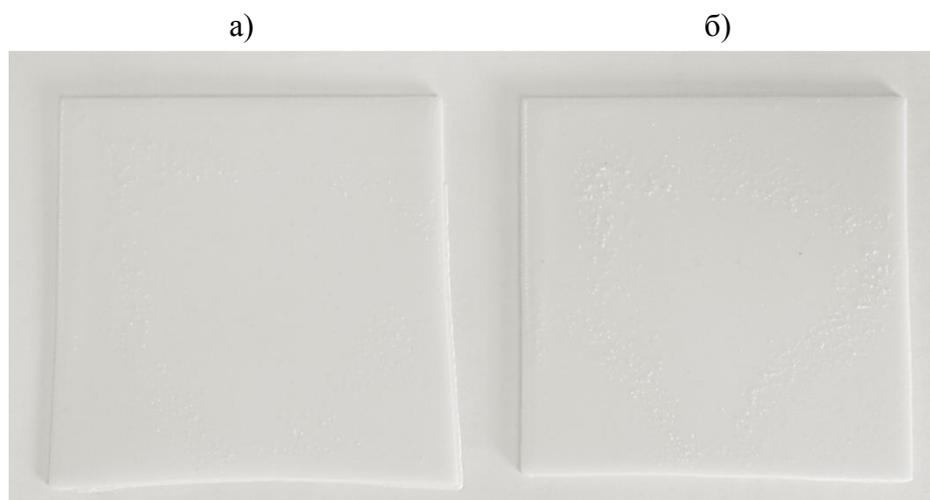


Рисунок 5 – Результаты печати квадратной пластины, без коррекции (а) и с коррекцией (б)

В дальнейшем планируется доработка программы коррекции в направлении автоматического пересчета координат STL-файла (на настоящем этапе работ это выполняется вручную).

Результаты данного исследования лягут в основу разработки системы автоматического контроля и управления процессом FDM/FFF-печати.

Библиографический список

1. Власов А. В. Разработка способа определения состояния приводных ремней FDM/FFF3D-принтера [Электронный ресурс] // Наука-производству : материалы междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 18–20 апреля 2018 г. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2018. С. 12–16.

Результаты применения имитационного моделирования в ходе обучения программированию на языках стандарта МЭК 61131-3

Власов А. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматике и вычислительной техники, e-mail: vlasovav@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье описывается реализация имитационных моделей объектов технологических процессов при помощи языков стандарта МЭК 61131-3 в среде 3S CoDeSys с целью применения в дисциплине "Программирование и алгоритмизация".

Abstract. The article describes creation of the simulation models for objects of the technological processes using IEC 61131-3 programming languages in the 3S CoDeSys development environment for "Programming and algorithmization" subject.

Ключевые слова: МЭК 61131-3, имитационная модель, технологический процесс

Key words: IEC 61131-3, simulation model, technological process

Современные системы автоматизации часто имеют в своем составе программируемые логические контроллеры (ПЛК). Данные технические средства выпускаются большим числом производителей. На рынке присутствует широкий ассортимент моделей, отличающихся вычислительной мощностью, исполнением и периферийными модулями.

С целью унификации процесса разработки программ для ПЛК был разработан стандарт IEC (МЭК) 61131-3. Полной совместимости и переносимости программ между различными ПЛК в настоящий момент не существует, однако наличие стандарта снижает затраты на обучение при переходе к новой платформе.

Каждый производитель ПЛК предусматривает программирование устройств собственного производства в специальной среде разработки (собственного производства или стороннюю). Примером может служить отечественный производитель средств автоматизации – фирма ОВЕН, которая для программирования ПЛК собственного производства предлагает бесплатно распространяемую среду разработки 3S CoDeSys.

Фирма ОВЕН в течение длительного времени осуществляла программу поддержки ВУЗов, предлагая ПЛК собственной разработки в качестве основы для учебно-лабораторных стендов. Однако не все технологические процессы могут быть воплощены в виде стендов в реалиях учебного заведения. Оснащение достаточного количества рабочих мест в лаборатории является

достаточно затратным. Кроме того, ограниченное число лабораторных занятий с реальным оборудованием может негативно сказаться на качестве подготовки обучающихся по заочной форме обучения или с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ).

Одним из способов решения упомянутых проблем является применение имитационного численного моделирования. Имитационные модели технологических процессов могут быть разработаны при помощи средств, используемых в изучаемой среде проектирования. Например, в CoDeSys можно создавать библиотеки FBD-блоков на любом языке МЭК (SFC, ST, IL, FBD, LD). Далее эти библиотеки могут быть подключены к другому проекту, где будут представлены уже в виде "черного ящика" с набором входов и выходов. В случае с имитационной моделью технологического процесса входами будут являться управляющие сигналы на заслонки, клапаны, сервоприводы и т. п., а выходами – сигналы с датчиков и сигнализаторов.

В рамках изучения дисциплины "Программирование и алгоритмизация" студенты направления подготовки 15.03.04 "Автоматизация технологических процессов и производств" изучают среду разработки 3S CoDeSys и язык стандарта МЭК 6131-3. Дисциплина предусматривает выполнение шести практических работ. Первые две посвящены изучению особенностей языков программирования МЭК 6131-3 и работе с визуализацией (экранными формами проекта). Остальные работы предназначены для закрепления полученных навыков.

В практической работе "Разработка системы управления положением заслонки с сервоприводом" обучаемый подключает к проекту библиотеку с имитационной моделью заслонки с сервоприводом (рис. 1). Сама модель реализована на FBD в среде CoDeSys.

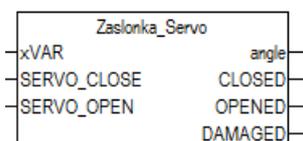


Рисунок 1 – FBD-блок имитационной модели заслонки с сервоприводом

На вход xVar подается номер варианта. Он изменяет динамические характеристики модели заслонки. Входные сигналы SERVO_OPEN и SERVO_CLOSE управляют сервоприводом заслонки, открывая или закрывая ее соответственно. Если оба сигнала одновременно примут значения

TRUE, заслонка перейдет в состояние поломки DAMAGED=TRUE, из которого ее можно вывести только перезапуском.

Текущее положение заслонки показывается в градусах при помощи вещественной переменной angle. Когда угол становится меньше 0° , в модели срабатывает концевой выключатель SERVO_OPEN (переходит в TRUE), а когда угол больше 75° , SERVO_CLOSE переходит в TRUE. Если после срабатывания концевых выключателей сигнал на сервоприводе остается активным в течение некоторого времени, также происходит поломка.

В ходе выполнения данной практической работы обучаемые закрепляют навыки работы с языками программирования, решая несложные алгоритмические задачи по реализации управления заслонкой, а также учатся создавать анимированные элементы визуализации:

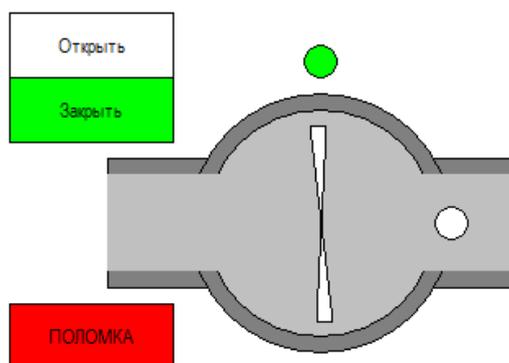


Рисунок 2 – Визуализация заслонки с сервоприводом

В практической работе "Разработка и настройка системы управления с ПИ-регулятором" модель представляет собой инерционное звено 1-го порядка (на языке ST), коэффициенты которого зависят от номера варианта xVar (рис. 3). Данное звено при помощи входного (U) и выходного сигнала (Y) может сопрягаться с ПИД-регулятором библиотеки Util.lib CoDeSys. Наличие простой модели объекта позволяет изучить особенности использования и настройки стандартного регулятора в данной среде разработки. В ходе работы с данной моделью было отмечено, что применяемый способ реализации шага численного метода на таймере TON дает некоторую погрешность по времени на каждом шаге. Это не сказывается на ходе выполнения работы.

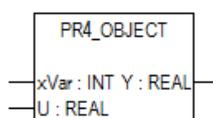


Рисунок 3 – FBD-блок модели инерционного звена 1-го порядка

В практической работе "Разработка системы управления для технологического процесса водоснабжения загородного дома" обучаемый решает задачу управления сравнительно сложной системой, состоящей из нескольких элементов:

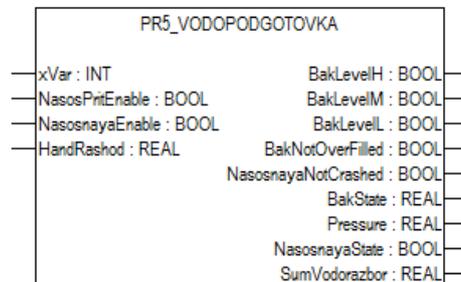


Рисунок 4 – Блок модели системы водоснабжения

Основной частью является бак для воды. Уровень воды в баке показывается переменной BakState. В баке установлены три сигнализатора (BakLevelH, BakLevelM, BakLevelL – соответственно, верхний, средний и нижний уровни). Как только уровень воды достигает сигнализатора, его выход принимает значение TRUE. Если уровень воды в баке превысит критический (перельется через край), выход BakNotOverfilled примет значение FALSE.

Повысить уровень воды в баке можно при помощи приточного насоса, подающего воду из скважины. За включение насоса отвечает вход NasosPritEnable. Отбирает воду из бака насосная станция. Насосная станция состоит из своего небольшого бака (гидроаккумулятора), насоса и реле давления. Как только давление Pressure на выходе насосной станции (в трубах потребителей) падает из-за расхода воды ниже порога срабатывания реле, оно включает насос, забирающий воду из основного бака в гидроаккумулятор. При этом падает уровень воды в основном баке, а в гидроаккумуляторе и на выходе насосной станции давление растет. Как только давление на выходе становится выше порога срабатывания, реле отключает насос. Таким образом, в насосной станции реализована система автоматического позиционного регулирования давления на выходе насосной станции.

Расход воды из насосной станции рассчитывается случайным образом. Для ускорения процесса опорожнения гидроаккумулятора (и основного бака) предусмотрен параметр HandRashod. Его значение прибавляется к случайно рассчитываемому расходу. Сумма случайно рассчитанного расхода и HandRashod выводится через SumVodorazbor.

Разрешением работы насосной станции управляет вход `NasosnayaEnable`. Если на него приходит `FALSE`, то реле давления в насосной станции не включается и не включает подающий насос. При помощи этого сигнала можно защитить насосную станцию от включения при чрезмерно малом уровне воды в основном баке (от так называемого "сухого хода"). Если же насосная станция была включена при слишком низком уровне воды (захватила воздух), происходит ее поломка, показываемая в виде `FALSE` на выходе `NasosnayaNotCrashed`.

Данная модель также реализована на ST.

В практической работе "Разработка системы управления транспортным конвейером" закрепляются вопросы работы с массивами и гистограммами при помощи имитационной модели, осуществляющей расчет веса нового груза на конвейере.

Работа с подобными моделями формирует у обучающегося необходимые навыки разработки управляющих алгоритмов для различных технологических процессов, а также смещает акценты с собственно кодирования на решение поставленной задачи автоматизации.

Важным моментом является то, что для выполнения данных работ не требуется дополнительного оборудования – достаточно персонального компьютера с характеристиками, удовлетворяющими системным требованиям CoDeSys. Таким образом, настоящие работы можно выполнять и удаленно, с применением ДОТ.

В дальнейшем планируется расширить количество моделей, а также изучить вопрос повышения стабильности величины шага численного интегрирования.

Модернизация учебных программно-аппаратных комплексов для разработки и отладки проектов автоматизированных систем управления технологическими процессами

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

Аннотация. В статье приводится описание учебных программно-аппаратных комплексов для разработки и отладки проектов автоматизированных систем управления технологическими процессами. Рассматриваются проблемы модернизации лабораторного оборудования, предлагаются решения и рекомендации.

Abstract. The article describes the educational software and hardware complexes for developing and debugging projects of automated process control systems. The laboratory equipment modernization problems are considered, solutions and recommendations are proposed.

Ключевые слова: компьютерные системы управления, программно-аппаратный комплекс, разработка, автоматизация, учебный процесс, модернизация

Key words: computer control systems, software and hardware complex, developing, automation, educational process, modernization

В настоящее время на кафедре Автоматики и вычислительной техники (А и ВТ) Мурманского государственного технического университета (МГТУ) в лаборатории "Компьютерных систем управления" по ряду дисциплин, входящих в состав основных профессиональных образовательных программ высшего образования (ОПОП ВО) различных направлений подготовки и специальностей МГТУ, осуществляется образовательный процесс с использованием универсального лабораторного оборудования оригинальной конструкции.

Для изучения сосредоточенных систем управления применяются лабораторные стенды "Программно-аппаратный комплекс для разработки и отладки проектов автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП)". Эскиз структурной схемы программно-аппаратного комплекса представлен на рис. 1.

Комплекс построен на основе модульного промышленного компьютера MIC2000 фирмы Advantech, на котором установлено программное обеспечение: системы сбора данных и диспетчерского управления (SCADA-системы) различных производителей. К промышленному компьютеру подключён персональный компьютер (ПК) посредством универсальных адаптеров ввода /

вывода, как показано на рис. 1. На базе персонального компьютера реализован имитатор объекта управления (ОУ), позволяющий моделировать динамические системы в реальном времени при помощи разработанного на кафедре А и ВТ пакета "AutoCont".

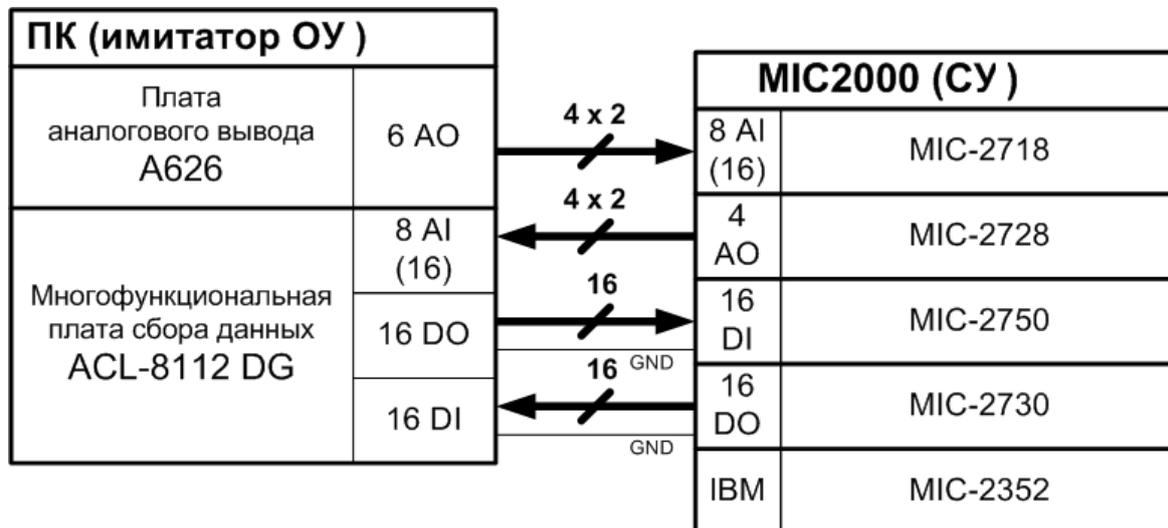


Рисунок 1 – Эскиз структурной схемы программно-аппаратного комплекса

На персональном компьютере (имитаторе) в пакете "AutoCont" обучающиеся в соответствии с заданием составляют модель объекта управления, входы и выходы которой связывают с каналами адаптеров ввода / вывода. На компьютере MIC2000 разрабатывают проект управляющего программного обеспечения в SCADA-системе, после чего запускают его для тестирования и отладки. Разработка и исполнение проекта выполняются на одном компьютере, поэтому дополнительное аппаратное обеспечение не требуется. Универсальность такого подхода заключается в возможности реализовать разнообразные алгоритмы позиционного, непрерывного, импульсного управления для произвольного технологического процесса или объекта, применяя SCADA-системы разных производителей. Данный подход позволяет приобрести компетенции, необходимые для проведения работ, связанных с разработкой, наладкой и эксплуатацией компьютерных систем управления в автоматизированном производстве.

Однако, рассмотренный выше программно-аппаратный комплекс имеет ключевой недостаток – устаревшее аппаратное и программное обеспечение. Такой недостаток оказывает влияние на производительность и быстродействие оборудования, на удобство и качество работы пользователя, на возможность изучать и применять современные методы и средства разработки

проектов автоматизации. Также следует учитывать регулярное обновление рынка промышленной автоматизации, которое приводит к необходимости периодической актуализации знаний и замены лабораторной базы.

Наиболее простым решением вышеуказанной проблемы является приобретение современного оборудования, но это приводит к значительным финансовым издержкам. Современный промышленный компьютер, имеющий средние технические характеристики, стоит около 50 тыс. рублей и более, а персональный компьютер – от 25 тыс. рублей. Кроме компьютера, требуется приобрести несколько устройств связи с объектом (УСО), к которым относятся платы ввода / вывода, имеющие стоимость от 10 тыс. рублей за штуку. Таким образом, на приобретение оборудования для одного лабораторного стенда потребуется сумма в размере около 150 тыс. рублей, а для оснащения целой лаборатории потребуется потратить около одного миллиона рублей (только на закупку основного оборудования).

Следует отметить, что при постановке задачи приобретения нового оборудования, возникает проблема недоиспользования средств, ранее вложенных в лабораторное оборудование, и необходимости приобретения УСО с современными шинными интерфейсами. Особое внимание следует обратить на дорогостоящие (от 15 тыс. рублей) адаптеры ввода / вывода ACL-8112 и А-626, которые имеют устаревший интерфейс ISA (Industrial Standard Architecture), отсутствующий у современных компьютеров, что делает невозможным непосредственное применение этих плат в составе современных комплексов. Таким образом сформулирована главная проблема модернизации программно-аппаратного комплекса.

В связи с вышеизложенным предлагается разработать преобразователь интерфейса ISA в USB (Universal Serial Bus). Эскиз структурной схемы разрабатываемого преобразователя и его подключения представлен на рис. 2. За основу был взят интерфейс USB, оптимальный с точки зрения его распространённости, удобства подключения и технических характеристик (скорости передачи данных).

Обзор аналогичных устройств показал, что на российском рынке подобных преобразователей нет, а на зарубежном рынке такие устройства производит только американская компания ARS Technologies, которая продает их по цене 150\$ за штуку без учёта стоимости доставки и вспомогательных комплектующих. Покупка таких устройств нецелесообразна, поскольку при самостоятельном изготовлении преобразователей можно снизить их себе-

стоимость более чем в три раза. Учитывая, что преобразователь интерфейса ISA в USB позволит использовать адаптеры, удовлетворяющие решаемым задачам по производительности и параметрам каналов ввода /вывода, на современных компьютерах, в том числе в качестве самостоятельных портативных устройств, а также практически полное отсутствие аналогичных устройств на рынке, можно сделать однозначный вывод об актуальности работы.

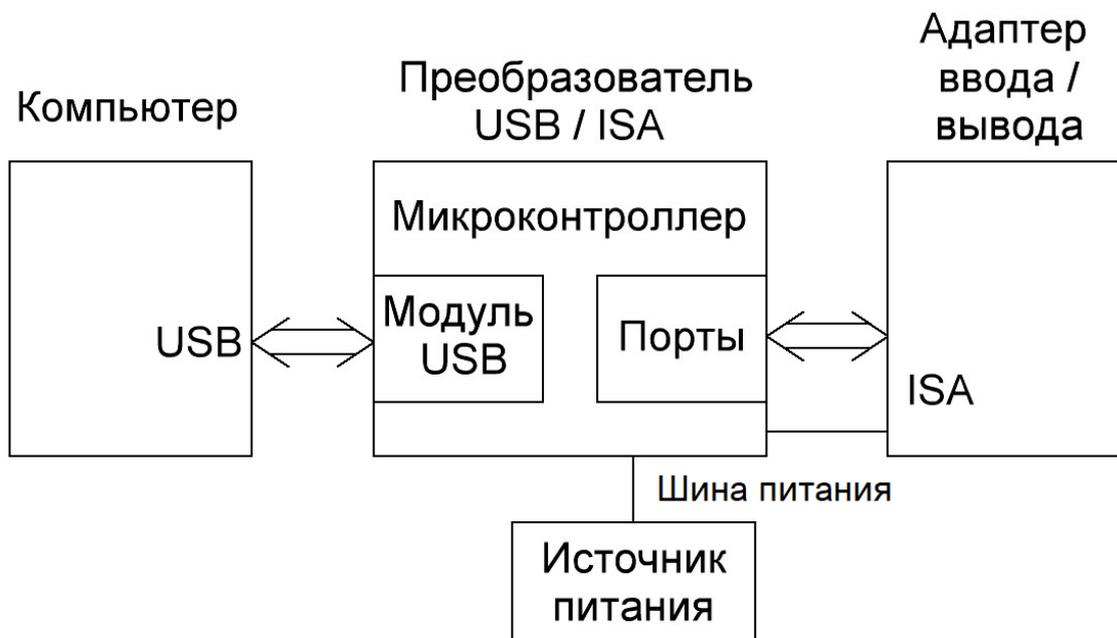


Рисунок 2 – Эскиз структурной схемы преобразователя ISA в USB

Для изучения распределённых компьютерных систем управления на кафедре А и ВТ используются лабораторные стенды "Комплекс для разработки и отладки проектов АСУ ТП на базе модулей удалённого ввода / вывода". Эскиз структурной схемы комплекса представлен на рис. 3.

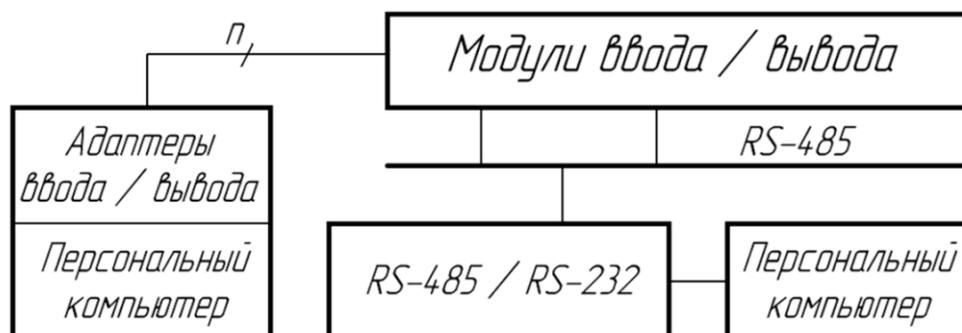


Рисунок 3 – Комплекс на базе модулей удалённого ввода / вывода

Комплекс представляет собой автоматизированное рабочее место (АРМ), построенное на основе ПК, к которому подключён набор модулей удалён-

ного ввода / вывода ADAM4000 фирмы "Advantech" или I7000 фирмы "ICP DAS". В качестве моделей объектов управления используются имитаторы технологических процессов на базе ПК с универсальными адаптерами ввода / вывода, работающие с пакетом моделирования в реальном времени "AutoCont".

К недостаткам комплекса на базе модулей удалённого ввода / вывода относятся следующие: устаревание имитатора объекта управления, высокая стоимость создания одного автоматизированного рабочего места (в среднем требуется 5 модулей стоимостью от 5 до 15 тыс. рублей). В связи с этим предлагается новая структура комплекса, представленная на рис. 4.

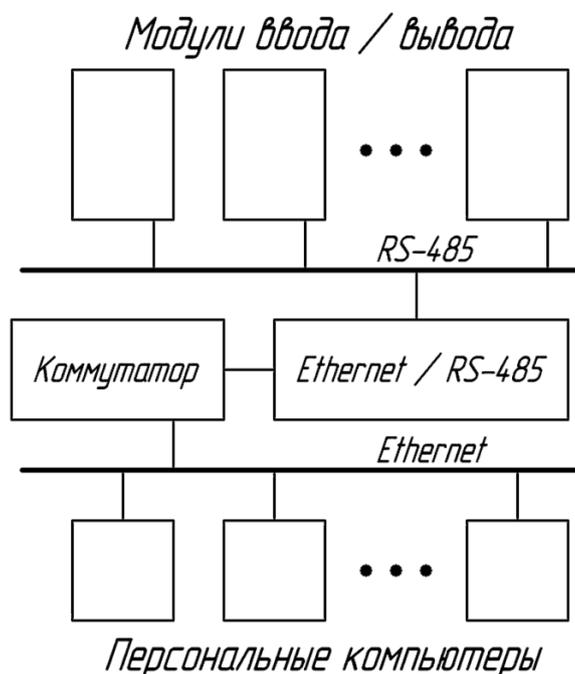


Рисунок 4 – Эскиз структурной схемы модернизированного комплекса

Архитектура модернизированного комплекса предполагает применение шлюза RS-485 / Ethernet, который позволяет нескольким компьютерам получить доступ к набору модулей ввода / вывода по сети.

В заключении можно отметить, что рассмотренные в статье программно-аппаратные комплексы, по ряду критериев (универсальность, наглядность, удобство использования), проверенных в ходе многолетней преподавательской практики профессорско-преподавательского состава кафедры А и ВТ, идеально подходит для учебного процесса, но требует модернизации.

В качестве рекомендаций по модернизации лабораторных стендов, с учётом экономической эффективности, предлагается следующее:

– разработать преобразователь интерфейсов ISA в USB для подключения универсальных адаптеров ввода / вывода к компьютерам;

- реализовать распределённую компьютерную систему с применением шлюза RS-485 / Ethernet;
- рассмотреть возможность реализации имитатора объекта управления без использования персонального компьютера, например, на основе одно-платных / встраиваемых компьютеров или контроллеров, оснащённых внутренними или внешними средствами ввода / вывода аналоговых и дискретных сигналов;
- разработать современный аналог пакета "AutoCont" [1], позволяющий взаимодействовать с аппаратным обеспечением ввода / вывода;
- для демонстрационных целей использовать стенд с промышленным компьютером, а для учебного процесса – стенды с персональными компьютерами в качестве автоматизированных рабочих мест для разработки и отладки программного обеспечения систем управления.

Библиографический список

1. 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.

Использование облачного сервиса "ОВЕН" в учебном процессе и научной работе кафедры автоматики и вычислительной техники

Кайченов А. В., Маслов А. А., Яценко В. В., Висков А. Ю., Кайченова А. И.
(г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники,
e-mail: kaychenovav@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье описываются примеры использования облачного сервиса OwenCloud в учебном процессе и научной работе студентов, обучающихся по направлению подготовки "Автоматизация технологических процессов и производств".

Abstract. This article describes OwenCloud Service examples of using in the educational process and the scientific work of students enrolled in the direction of training "Automation of technological processes and production".

Ключевые слова: АСУ ТП, облачный сервис ОВЕН, Интернет вещей

Key words: ACS TP, OwenCloud, internet of things

Современные автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) позволяют реализовывать алгоритмы управления практически любой сложности. Вопросы создания подобных систем решаются с применением SCADA (Supervisory control and data acquisition system). На протяжении многих лет создание на предприятии АСУ ТП и подключение ее к автоматизированной системе управления предприятием (АСУП) считалось высшей степенью иерархии аппаратно-программных средств.

В настоящее время с развитием национальной программы "Цифровая экономика России 2024" предприятиям предлагается пройти цифровую трансформацию и активнее использовать возможности "Индустрии 4.0". В рамках этих программ, предприятиям предлагается активное использование облачных возможностей, "Интернета вещей", робототехники.

Интеграция нескольких АСУ ТП через сетевые протоколы возможна с применением концепции "Интернет вещей", когда каждая система управления является одним из элементов общей сети. На первый план при такой интеграции выходит информационная безопасность (ИБ) АСУ ТП.

Современные тенденции создания взаимосвязанных систем управления находят свое отражение в учебном процессе и научной работе кафедры автоматики и вычислительной техники МГТУ. На протяжении многих лет кафедра занимается исследованиями систем управления, контроля, а также внедрением их в учебный процесс.

На протяжении двух лет на кафедре ведется научно-исследовательская работа "Исследование и разработка информационно-управляющих систем

в концепции промышленного интернета вещей", в рамках которой предполагается:

- изучение особенностей построения систем промышленного интернета вещей;
- изучение модулей для построения систем промышленного интернета вещей фирмы ОВЕН;
- разработка учебно-лабораторного стенда по изучению промышленного интернета вещей.

Работа по изучению возможностей построения систем промышленного интернета вещей ведется в рамках дипломного проектирования студентов направления подготовки "Автоматизация технологических процессов и производств" уровней бакалавриата и магистратуры. В ходе выполнения выпускных квалификационных работ студентами изучены способы контроля и удаленного управления данными посредством беспроводной передачи данных по Wi-Fi интерфейсу; разработаны программы для изучения концепции "Интернет вещей"; разработана визуализация для удаленного контроля и управления данными, передаваемыми посредством Wi-Fi.

В настоящее время ведутся активные работы по изучению модулей компании "ОВЕН" для построения систем промышленного интернета вещей. В лаборатории компьютерных систем управления проведена работа по обновлению целевой платформы (таргет-файлов) на программируемых логических контроллерах ПЛК154. Эти контроллеры являются базой "Комплекса для разработки и отладки проектов АСУ ТП" [1]. После обновления таргет-файлов у комплекса значительно расширился функционал (рис. 1). Появилась возможность использовать удобный и мощный инструмент по созданию систем удаленного контроля и управления облачный сервис "OwenCloud" [2].

Расширение функционала стенда позволило существенно расширить перечень лабораторных работ, выполняемых на комплексе. В связи с этих значительно обновилась методическая база для проведения лабораторных и практических работ, связанных с облачным сервисом.

Научная работа магистров по направлению подготовки "Автоматизация технологических процессов и производств" в значительной степени связана с использованием облачного сервиса "ОВЕН". В настоящее время завершаются работы по модернизации автоматической системы управления процессом обезвоживания гидробионтов, а также системы автоматизированной системы контроля процесса стерилизации в промышленном автоклаве (рис. 2). В обеих системах в качестве базового элемента используется сен-

сорный панельный контроллер СПК 107. Возможности контроллера позволяют использовать в проектах WEB-визуализацию, сервис "OwenCloud", архивирование данных и др. Дополнительные функции модернизируемых АСУ ТП в значительной степени приближают их к системам промышленного интернета вещей.

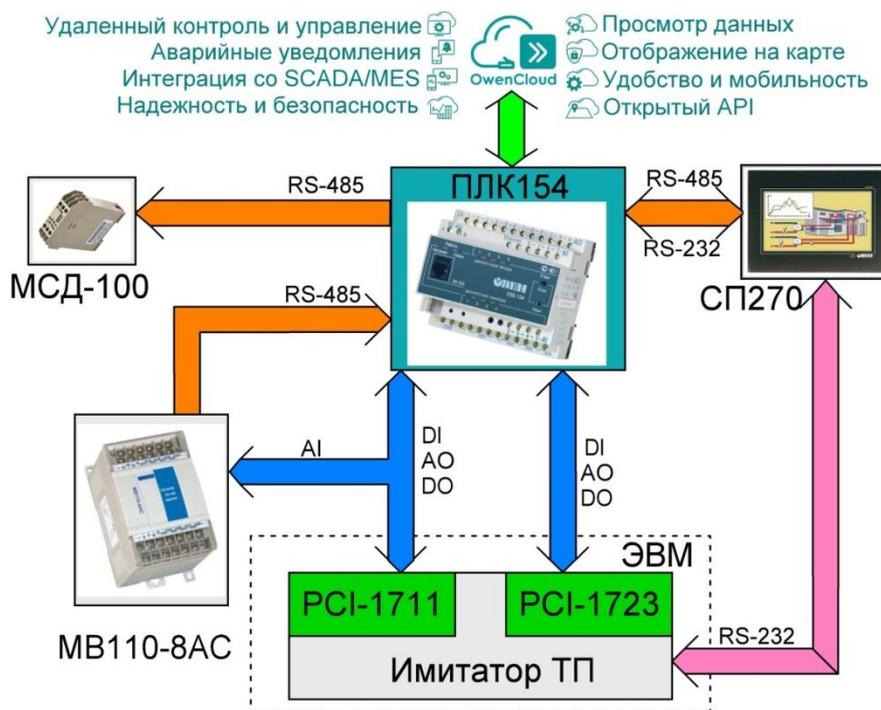


Рисунок 1 – Комплекс для разработки и отладки проектов АСУ ТП после модернизации



Рисунок 2 – Система автоматического процесса управления процессом стерилизации в промышленном автоклаве

Совершенствование лабораторной базы кафедры по изучению промышленного интернета вещей будет продолжено. Ведутся работы по созданию лабораторного стенда с использованием сетевого шлюз ОВЕН ПЕ210 и OPC-сервера.

Библиографический список

1. Кайченев А. В., Маслов А. А., Жук А. А. [и др.]. Технические и программные средства "ОВЕН" в научной работе кафедры автоматике и вычислительной техники // Наука и образование : материалы всерос. науч.-практ. конф., Мурманск, 1 ноября 2016 г. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2016. С. 74–80.

2. Разаренов Ф. Облачный сервис OwenCloud для удаленного управления приборами [Электронный ресурс]. URL: <http://controleng.ru/wp-content/uploads/7364.pdf>.

Построение эквивалентных статических характеристик системы в программе Microsoft Excel

Селяков И. Ю. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: selyakov@list.ru)

Аннотация. Статья посвящена построению эквивалентных статических характеристик систем автоматического управления в программе MS Excel. Описываются алгоритмы построения характеристик параллельного, последовательного и встречно-параллельного соединения звеньев. Представлен порядок процесса обработки данных.

Abstract. The article is devoted to the construction of equivalent static characteristics of automatic control systems in MS Excel. Algorithms for the construction of characteristics of parallel, serial, and counter-parallel connection of links are described. The order of data processing is being given.

Ключевые слова: статический режим работы, эквивалентные статические характеристики автоматических систем управления

Key words: static operation mode, equivalent static characteristics of automatic control systems

В автоматических системах управления применяются три основных вида соединения звеньев: последовательное, параллельное и охват звена обратной связью.

В учебной литературе имеются подробные описания построения эквивалентных статических характеристик звеньев, но на практике не все обучающиеся справляются с поставленной перед ними задачей – построить эквивалентную статическую характеристику АСР. В данной статье предлагается рассмотреть, как будут строиться эквивалентные характеристики, звеньев в программе MS Excel.

Параллельное соединение

При параллельном соединении звенья имеют общий вход. Выходные величины звеньев необходимо просуммировать. Процесс построения эквивалентной статической характеристика выглядит следующим образом: необходимо с определенных шагом по оси абсцисс определить выходные ординаты у каждого из элементов, которые впоследствии необходимо будет сложить.

На рис. 1 представлены исходные статические характеристики звеньев, по которым составлена табл. 1. Как видно из таблицы: первая строка – шаг, с которым делятся статические характеристики, вторая – выходная ордината первого элемента, третья – выходная ордината второго элемента, четвёртая – выходная ордината параллельного соединения. Статическая характеристика

параллельного соединения, представленная на рис. 2 строится по строкам 1 и 4 табл. 1.

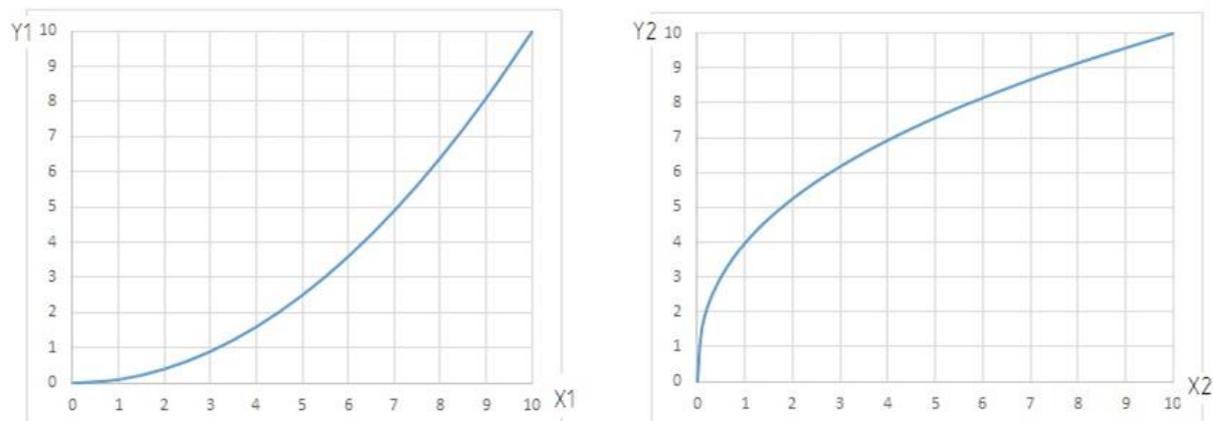


Рисунок 1 – Исходные статические характеристики элементов

Таблица 1 – Данные для построения эквивалентной статической характеристики параллельного соединения звеньев

$X1 = X2$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Y1$	0	0,1	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	4,9	6,4	8,1	10
$Y2$	0,00	3,98	5,25	6,18	6,93	7,58	8,15	8,67	9,15	9,59	10,00
$Y_{ЭКВ}$	0,00	4,08	5,65	7,08	8,53	10,08	11,75	13,57	15,55	17,69	20,00

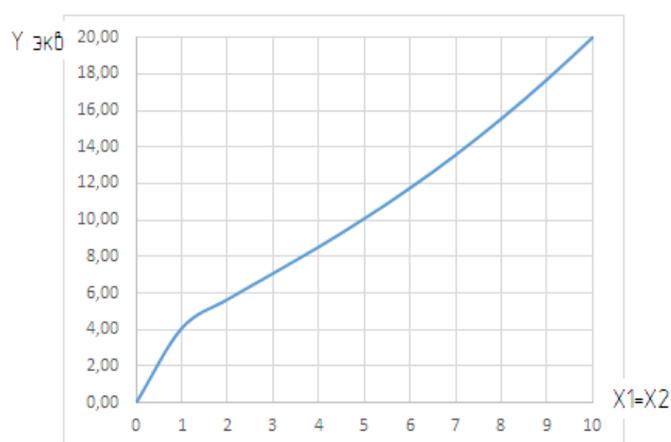


Рисунок 2 – Эквивалентная статическая характеристика параллельного соединения звеньев

Последовательное соединение

При последовательном соединении звенья образуют цепь, в которой выходная величина первого элемента, является входной величиной второго.

Процесс построения эквивалентной статической характеристика выглядит следующим образом: необходимо с определенных шагом по оси абсцисс

определить выходные ординаты у первого в цепи элемента, которые будут являться входными величинами по оси абсцисс у второго элемента, по этим данным необходимо определить значение выходных величин по оси ординат у второго элемента.

На рис. 3 представлены исходные статические характеристики звеньев, по которым составлена табл. 2. Как видно из таблицы: первая строка – шаг, с которым делятся статическая характеристика первого элемента, вторая – выходная ордината первого элемента и входные данные по оси абсцисс второго, третья – выходная ордината второго элемента. Статическая характеристика последовательного соединения, представленная на рис. 4 строится по строкам 1 и 3 табл. 2.

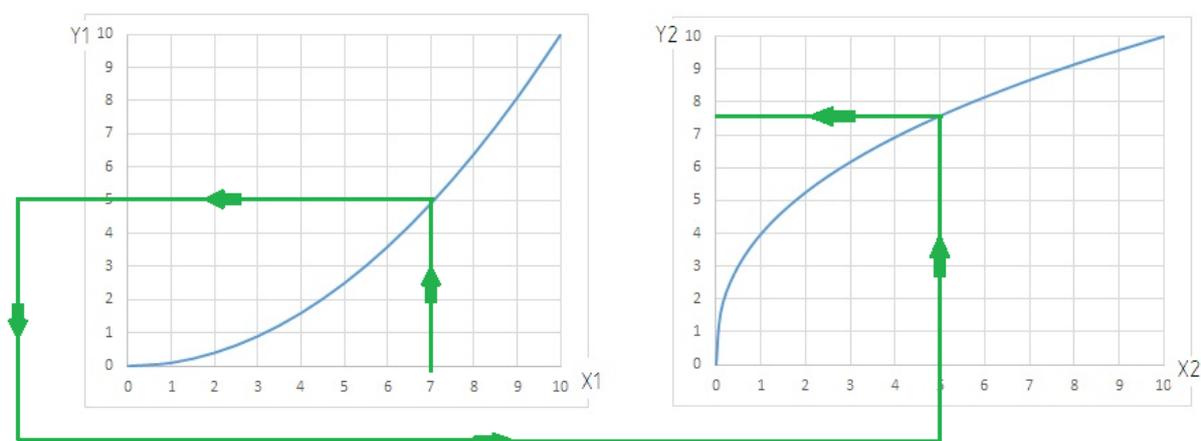


Рисунок 3 – Исходные статические характеристики элементов

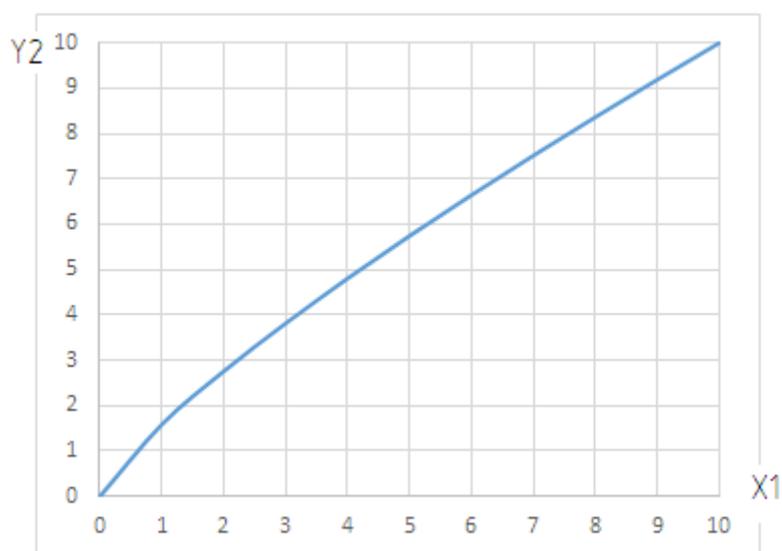


Рисунок 4 – Эквивалентная статическая характеристика последовательного соединения звеньев

Таблица 2 – Данные для построения эквивалентной статической характеристики последовательного соединения звеньев

X1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y1 = X2	0	0,1	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	4,9	6,4	8,1	10
Y2	0	1,58	2,76	3,82	4,80	5,74	6,65	7,52	8,37	9,19	10,00

Система с обратной связью

В этом случае звено подключают навстречу одному или нескольким звеньям. Часть величины с выхода звена подается на его вход. Звено, подключенное таким образом, называют звеном обратной связи, а всю схему – схемой с обратной связью.

Процесс построения эквивалентной статической характеристика похож на последовательное соединение: необходимо с определенных шагом по оси абсцисс определить выходные ординаты в цепи элемента охваченного обратной связью, которые будут являться входными величинами по оси абсцисс у элемента в обратной связи и выходными величинами всей системы. По этим данным необходимо определить значение выходных величин по оси ординат у элемента в обратной связи. Для получения данных о входной величине всей системы, при отрицательной обратной связи необходимо сложить значения входной величины элемента охваченного обратной связью и выходной находящегося в цепи обратной связи, на каждом из шагов. При положительной обратной связи – вычесть из значений входной величины элемента охваченного обратной связью значения выходной величины находящегося в цепи обратной связи элемента.

На рис. 4 представлены исходные статические характеристики звеньев, по которым составлена табл. 3. Как видно из таблицы: первая строка – шаг, с которым делятся статическая характеристика элемента охваченного обратной связью; вторая – выходная ордината этого элемента, входные данные по оси абсцисс для элемента в обратной связи и выходные данные всей системы; третья – входные данные по оси абсцисс всей системы при отрицательной обратной связи (сумма первой и второй строки); четвертая – входные данные по оси абсцисс всей системы при положительной обратной связи (разность первой и второй строки). Эквивалентная статическая характеристика системы при отрицательной обратной связи, представленная на рис. 5 строится по строкам 1 и 4 из табл. 3. Эквивалентная статическая характеристика системы при отрицательной обратной связи, представленная на рис. 6 строится по строкам 1 и 5 из табл. 3.

Таблица 3 – Данные для построения эквивалентной статической характеристики системы с обратной связью

X1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y1 = X2 = Y _{вых}	0	0,1	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	4,9	6,4	8,1	10
Y2	0	1,58	2,76	3,82	4,80	5,74	6,65	7,52	8,37	9,19	10,00
X _{вх} ООС	0,00	2,58	4,76	6,82	8,80	10,74	12,65	14,52	16,37	18,19	20,00
X _{вх} ПОС	0,00	-0,58	-0,76	-0,82	-0,80	-0,74	-0,65	-0,52	-0,37	-0,19	0,00

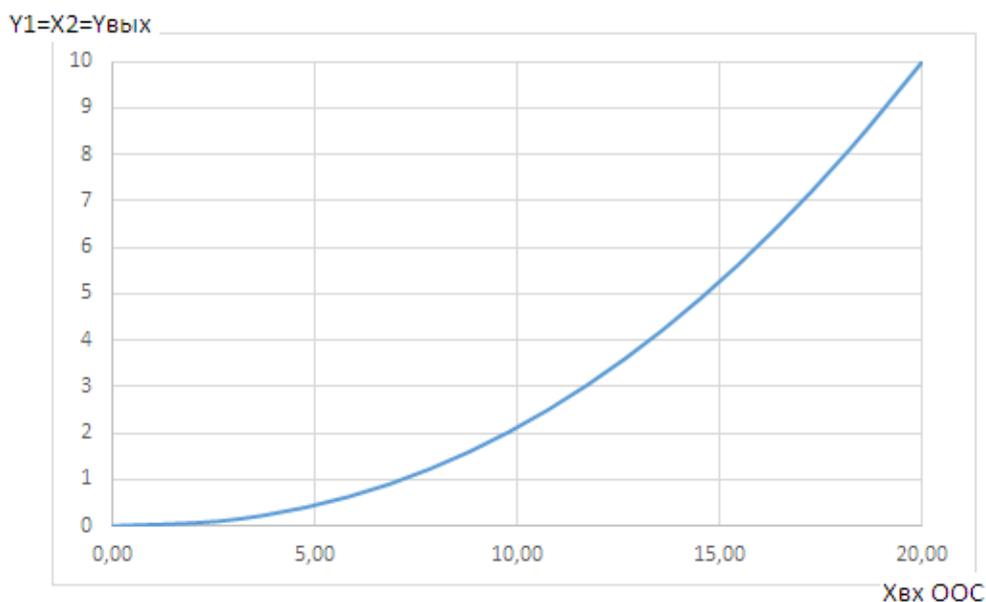


Рисунок 5 – Эквивалентная статическая характеристика системы с отрицательной обратной связью

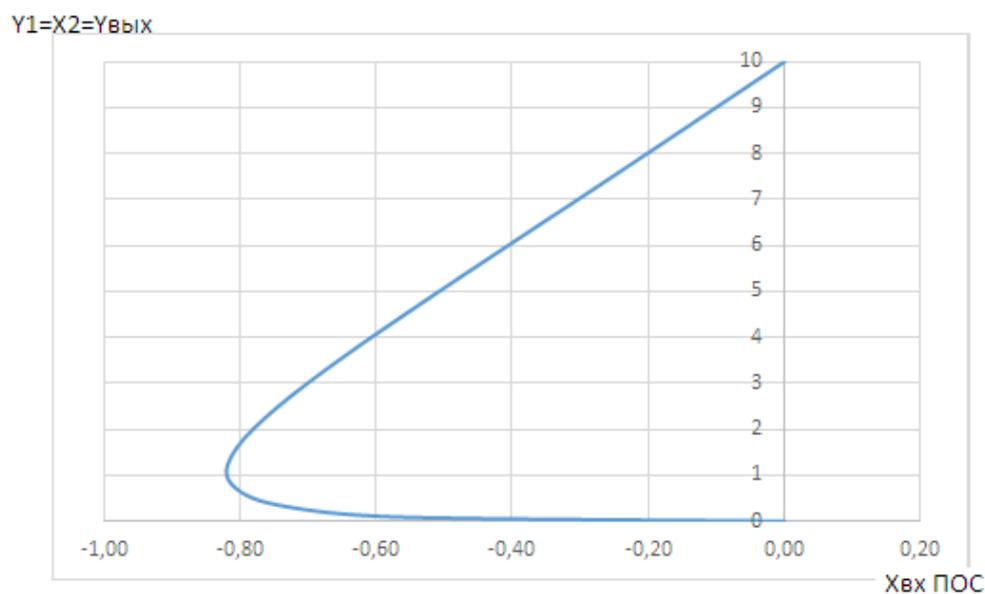


Рисунок 6 – Эквивалентная статическая характеристика системы с положительной обратной связью

Таким образом, в работе рассмотрено построение всех видов соединенных звеньев, применяемых в системах автоматического управления предложен способ построения эквивалентных статических в программе MS Excel, который позволяет сократить работу с вычислениями и быстро построить необходимые графики.

Библиографический список

1. Прохоренков А. М., Солодов В. С., Татьянченко Ю. Г. Судовая автоматика : учеб. пособие для вузов. М. : Колос, 1992. 448 с.
2. Кринецкий И. И. Судовая автоматика : учеб. для вузов. М. : Пищевая пром-сть, 1978. 438 с.
3. Кочетков В. П. Основы теории управления : учеб. пособие для вузов. Ростов-на-Дону : Феникс, 2012. 411 с.

**Модернизация лабораторной микропроцессорной системы.
Реализация микропроцессора КР580ВМ80А
на языке описания аппаратуры и его программной модели**

Столянов А. В., Ерещенко В. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматизации и вычислительной техники, e-mail: alendr14@gmail.com)

Аннотация. В статье рассмотрена лабораторная микропроцессорная система на базе серийного учебного микропроцессорного комплекта, которая используется в учебном процессе. Данный лабораторный комплекс не полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к современным микропроцессорным системам управления. Авторами статьи предложен вариант современного исполнения лабораторной микропроцессорной системы на базе микропроцессора КР580ВМ80А с сохранением основных элементов и добавлением новых функций.

Abstract. Article describes the laboratory microprocessor system, based on a serial microprocessor training kit, used in an educational process. This laboratory complex does not fully meet the requirements for modern microprocessor control systems. The authors propose the modern execution variant of the laboratory microprocessor system, based on the KR580BM80A microprocessor, with preservation of the main elements and addition of new functions.

Ключевые слова: лабораторная микропроцессорная система, учебный микропроцессорный комплект, микропроцессор КР580ВМ80А, современное исполнение

Key words: laboratory microprocessor system, microprocessor training kit, KR580BM80A microprocessor, modern execution

В рамках дисциплин, изучающих микропроцессорные системы управления, для изучения принципов построения и функционирования, а также получения навыков работы с микропроцессорной системой (МПС) в настоящее время используется лабораторная МПС. Данная система создана на базе серийного учебного микропроцессорного комплекта (УМК), который состоит из микроЭВМ, пульта оператора и блока питания, встроенного в корпус установки. Внешний вид и структурная схема УМК представлены на рис. 1 и 2 соответственно [1].

УМК были разработаны и широко начали выпускаться в период с 1983 по 1985 г. Разработки УМК были выполнены параллельно сотрудниками Института электронной техники (Россия, Москва) и сотрудниками Отдела автоматизации технологических процессов Производственного объединения "ВЭФ" (Латвия, Рига). Данные вычислительные средства послужили основой для перехода к качественно новой ступени образования в области применения вычислительной техники в промышленности 90-х гг. XX в. [2].

Однако в 2019 г., УМК не полностью отвечают современным требованиям, предъявляемым к микропроцессорным системам управления (мобильность, компактность, подключение и взаимодействие с персональным компьютером). В связи с этим авторами статьи предлагается решение данной проблемы в современном исполнении с сохранением основных элементов и функций лабораторной МПС на базе КР580ВМ80А.

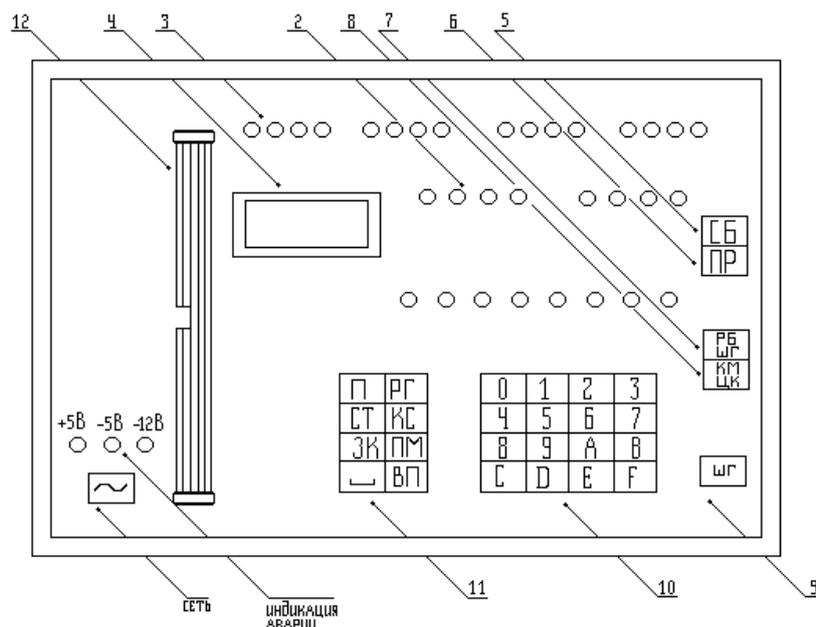


Рисунок 1 – Внешний вид УМК: 1 – индикация кода адреса, 2 – индикация кода данных, 3 – индикация слова состояния, 4 – дисплей, 5 – сброс (СБ), 6 – прерывание (ПР), 7 – работа/шаг (РБ/ШГ), 8 – команда/цикл (КМ/ЦК), 9 – шаг (ШГ), 10 – информационные клавиши, 11 – директивные (мониторные) клавиши, 12 – разъем для макетной панели

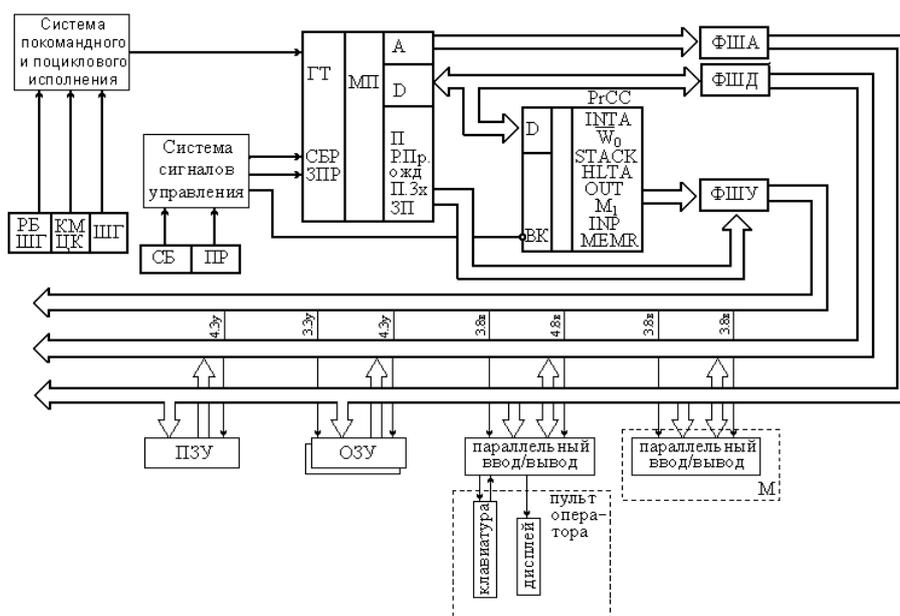


Рисунок 2 – Эскиз структуры УМК

В начале работы с помощью Verilog Hardware Description Language (Verilog HDL) была создана точная тактовая модель микропроцессора KP580BM80A. Работа данной модели была проверена на отладочной плате с ПЛИС (программируемая логическая интегральная схема) и в среде моделирования цифровых электрических схем Logisim Evolution (рис. 3). Следующим этапом стала разработка программной модели микропроцессора (рис. 4) в виде элемента библиотеки компонентов программы моделирования электронных схем Proteus 8 Demonstration.

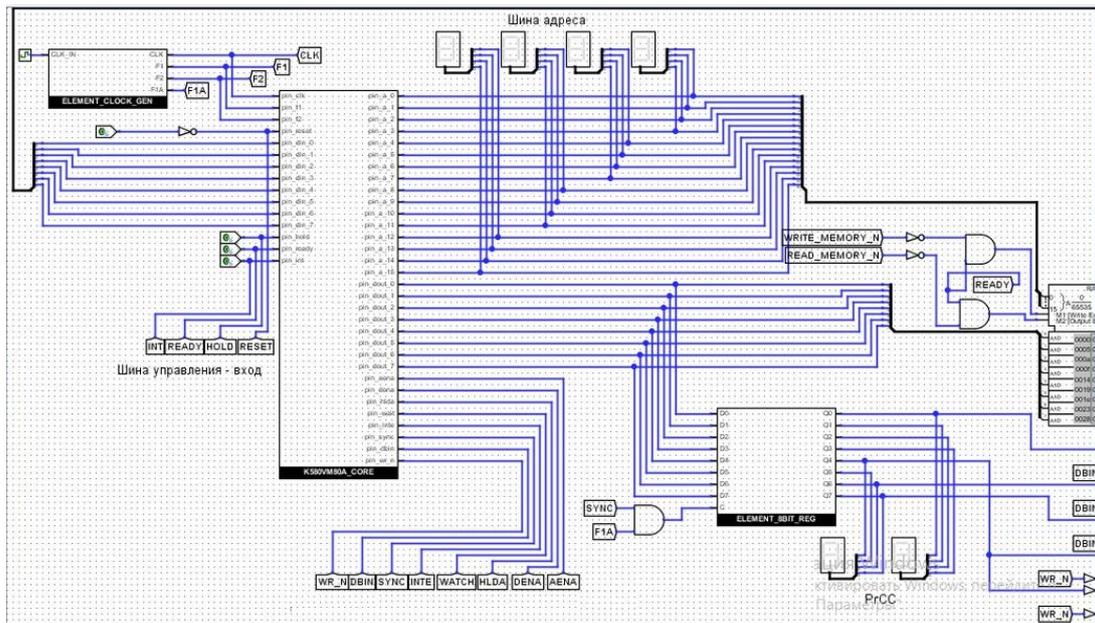


Рисунок 3 – Моделирование VHDL модели KP580BM80A

С использованием элемента K580BM80A в Proteus 8 Demonstration была собрана электрическая схема разрабатываемой лабораторной микропроцессорной системы (ЛМПС) [3], а также было разработано системное программное обеспечение (программа "Монитор"), которое размещается в ячейках памяти ПЗУ системы.

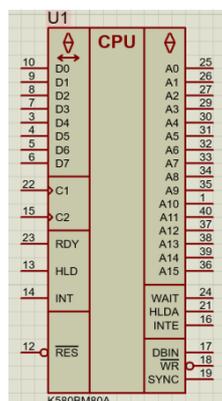


Рисунок 4 – Элемент K580BM80A библиотеки компонентов Proteus

В результате моделирования работы ЛМПС было проверено выполнение всех основных функций, предусмотренных программой "Монитор", а именно:

- запись значений с клавиатурного блока в ячейки памяти, в частности, в регистры и регистровые пары;
- переход между соседними ячейками памяти или по заданному адресу ячейки;
- отображение содержимого ячеек памяти и их адресов;
- вывод информации на жидкокристаллический экран;
- включение и выключение звукового сигнала;
- вывод информации на светодиодные индикаторы посредством записи данных в порт;
- работа приема/передачи информации по интерфейсу RS232;
- работа командной оболочки.

В состав разрабатываемой ЛМПС входят следующие элементы:

- системная плата (рис. 5): микропроцессор КР580ВМ80А, ОЗУ 32 Кбайт (62256), ПЗУ 32 Кбайт (27С256), 3 порта вывода (микросхемы 74НС573), порт ввода (микросхема 74LS541);

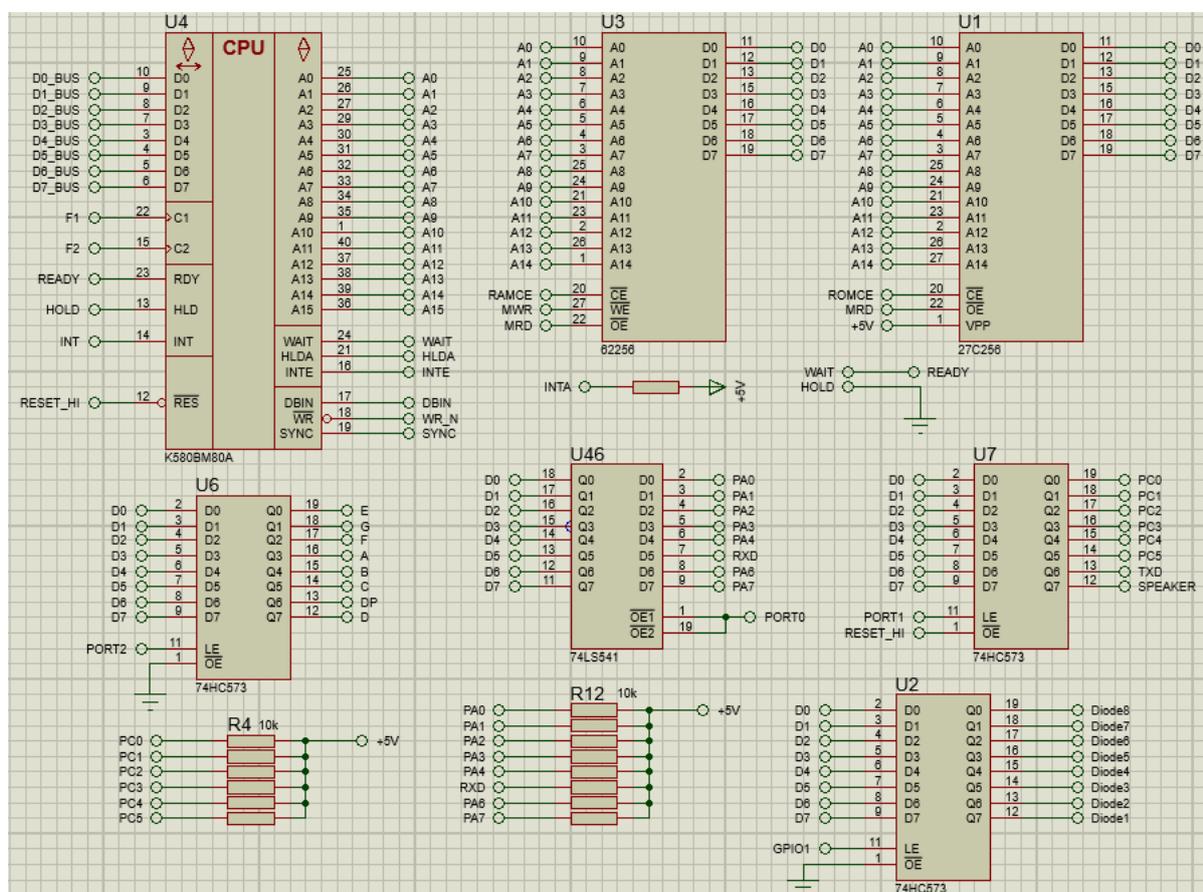


Рисунок 5 – Схема системной платы в Proteus

- генератор тактовых импульсов (рис. 6);
- системный контроллер (рис. 7);
- ПЛИС для выбора памяти или микросхемы порта ввода/вывода (рис. 8);
- клавиатурный блок (рис. 9);
- блок звуковой сигнализации (рис. 10);
- блок визуальной индикации (рис. 11);
- интерфейс подключения RS-232 (рис. 12).

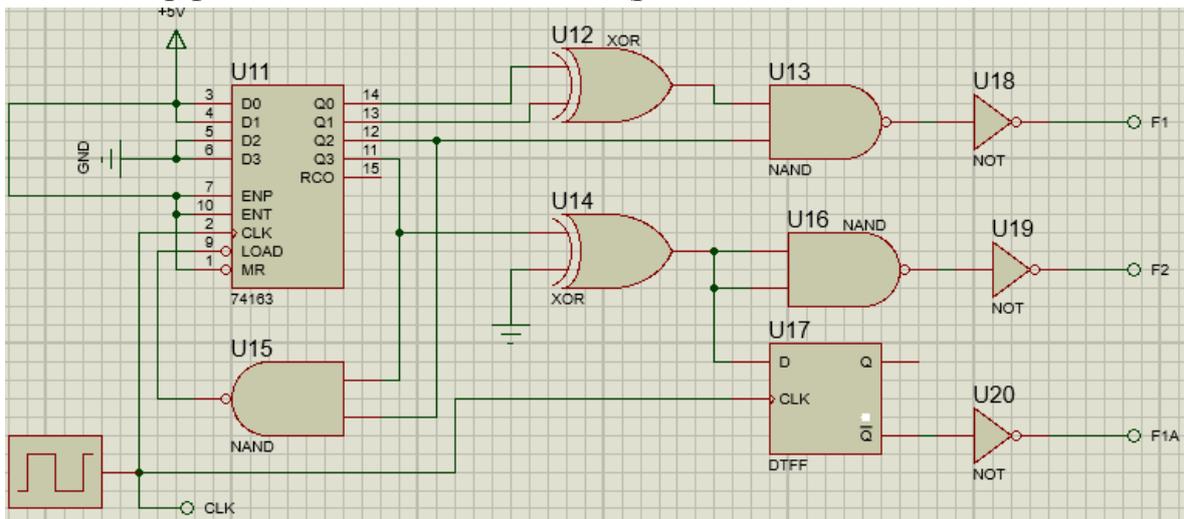


Рисунок 6 – Схема генератора тактовых импульсов в Proteus

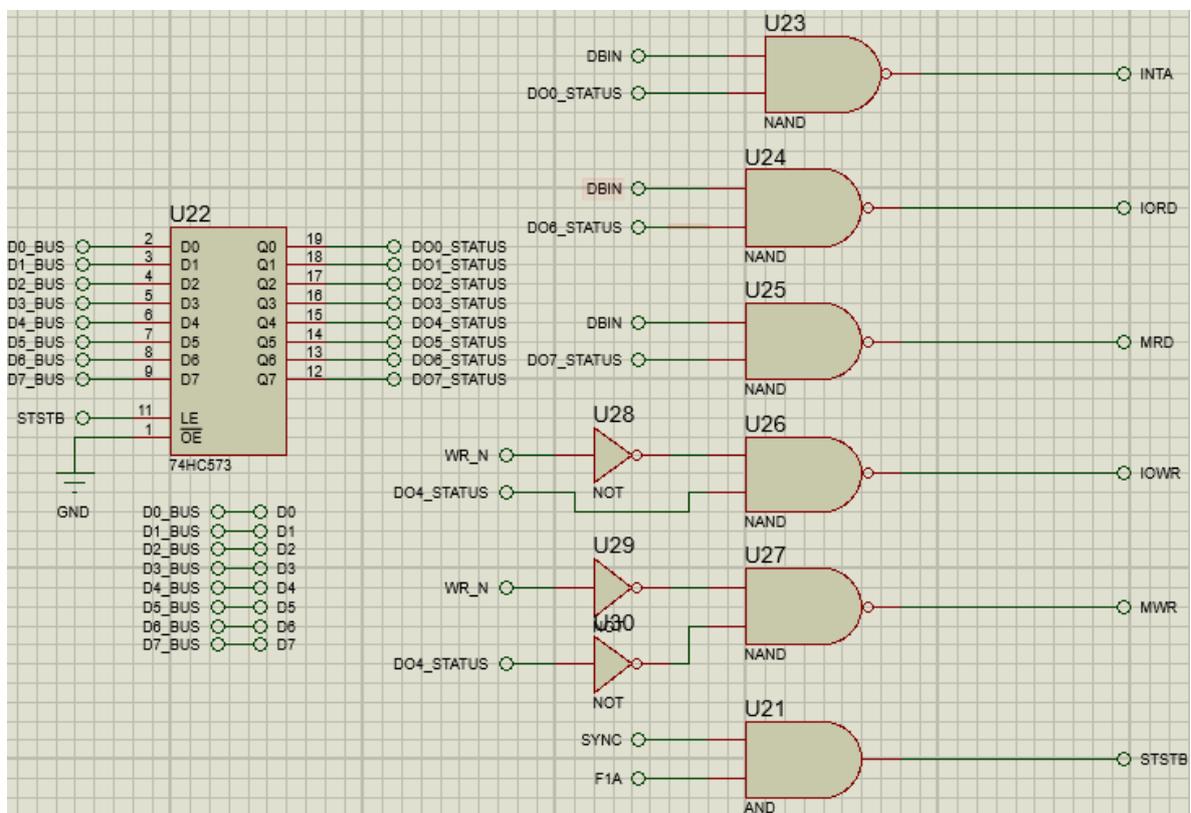


Рисунок 7 – Схема системного контроллера в Proteus

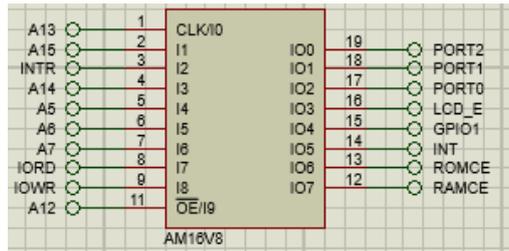


Рисунок 8 – Схема PLD для выбора чипа и портов в Proteus

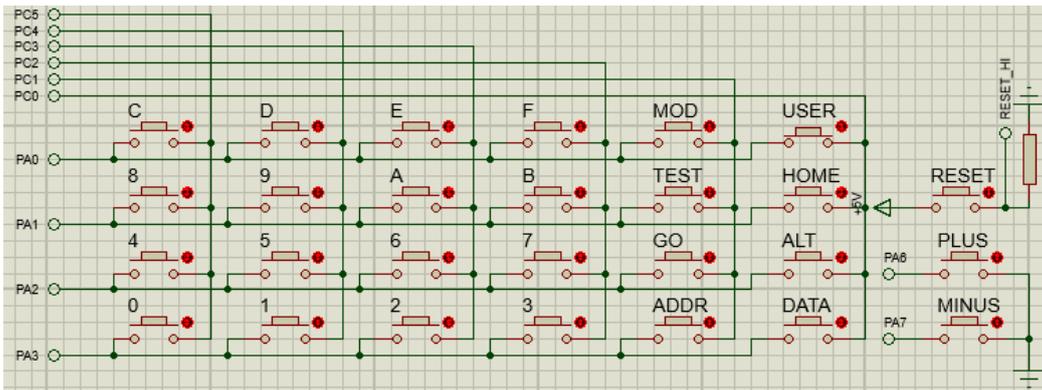


Рисунок 9 – Схема клавиатурного блока в Proteus

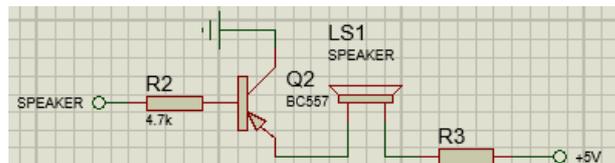


Рисунок 10 – Схема блока звуковой сигнализации в Proteus

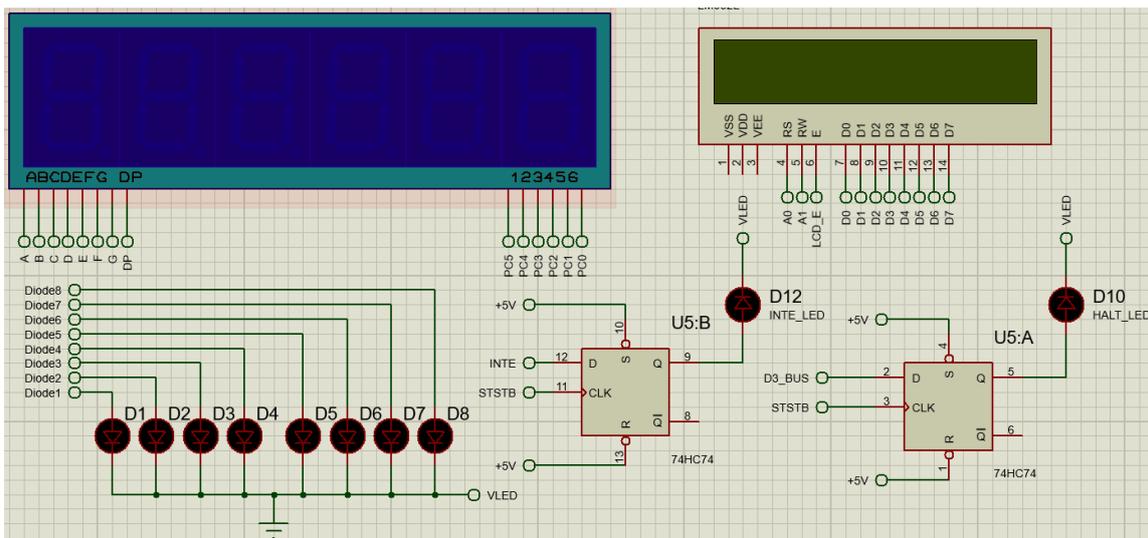


Рисунок 11 – Схема блока визуальной индикации в Proteus

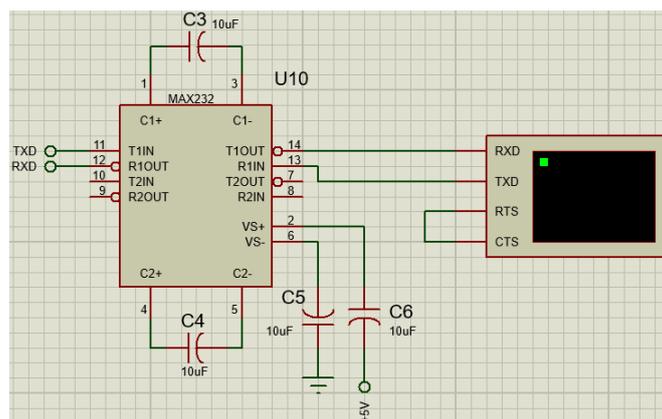


Рисунок 12 – Схема подключения по интерфейсу RS-232 к МПС в Proteus

В настоящее время осуществляется разработка печатных плат и корпуса устройства. В дальнейшем планируется поэтапное внедрение модернизированных ЛМПС в учебный процесс дисциплин, изучающих микропроцессорные системы управления.

Библиографический список

1. Калинин В. Л. Лабораторная вычислительная система : метод. указ. переизд. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2015. 58 с.
2. Учебный микропроцессорный комплект и его роль в развитии вычислительной техники [Электронный ресурс]. URL: http://www.computer-museum.ru/histussr/umk_sorucom_2011.htm.
3. 8080 Microprocessor Kit [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kswichit.com/8080kit/8080kit.htm>.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ
И ПРОГРАММНЫЕ РАЗРАБОТКИ**

Разработка геоинформационной системы для поддержки туристического направления Арктического региона

Горский Е. Н. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения, e-mail: gorskiy.egor@yandex.ru)

Аннотация. Разработана геоинформационная система для поддержки туристического направления Арктического региона, ГИС "Териберка". Определены концептуальные основы развития туризма в Арктической зоне. Определен концепт применения ГИС в туризме, определены проблемы туризма в населенном пункте Териберка.

Abstract. A geographic information system has been developed to support the tourist destination of the Arctic region, GIS "Teriberka". The conceptual framework for the development of tourism in the Arctic zone has been determined. The concept of the use of GIS in tourism is defined, the problems of tourism in the Teriberka village are identified.

Ключевые слова: туризм, арктическая зона, геоинформационная система, оцифровка геоданных, форматы геоданных, разработка, Териберка

Key words: tourism, arctic zone, geographic information system, digitization of geodata, geodata formats, development, Teriberka

ГИС тесно связана с рядом других типов информационных систем. Ее основное отличие заключается в способности манипулировать и проводить анализ пространственных данных.

Геоинформационные системы решают вопросы сбора хранения анализа и визуализации пространственных данных и связанной с ними информацией о нужных объектах. ГИС применяются в таких областях как: экология, управление транспортом, жилищно-коммунальное хозяйство и, самое важное, в туризме.

Большая часть туристов, посещающих арктическую зону, составляют туристы из Западной Европы и Азии. Высокоразвитый сухопутный, морской и воздушный транспорт и местоположение и доступность этих регионов определяет Мурманскую область, как одну из самой привлекательной арктической зоной для туристов.

Также туристов привлекает разнообразие туров по Мурманской области: приключения в Ловозерских тундрах, зимняя рыбалка, суровые земли, наблюдение Полярного сияния, огромное количество снега, снегоходные сафари, зимняя рыбалка, различные фестивале, кинофестиваль "Северный характер", Хибины [1].

В данное время туризм в Мурманской области развивается. Наблюдается высокий рост количества туристов. Но некоторые районы Мурманской

области имеют ряд проблемы, с которыми нужно бороться, чтобы количества туристов еще больше возросло.

Один из таких районов – населенный пункт Териберка. Интерес к Териберке у туристов растет с каждым днем. Сюда едут туристы, рыбаки и инвесторы, которые видят большой потенциал в населенном пункте и хотят его развивать, но Териберка сталкивается с большим количеством проблем в сфере туризма [2]:

1. Удаленность.
2. Плохо развитая транспортная сеть.
3. Низкая инфраструктура.
4. Суровые погодные условия.
5. Безопасность.
6. Низкий уровень организации досуговой деятельности.

Для знакомства молодежи и потенциальных туристов с населенным пунктом Териберка необходимо разработать ГИС для туризма в населенном пункте Териберка с актуальной, необходимой и востребованной информацией для молодого поколения и туристов. Рабочее название данной ГИС – ГИС "Териберка". ГИС "Териберка" минимизирует проблемы населенного пункта в сфере туризма.

Разработка ГИС "Териберка" включает четыре процесса: "Оцифровка топографической карты", "Добавление атрибутивной информации", "Добавление данных, изменяемых со временем", "Формирование ГИС".

Процесс "Оцифровки топографической карты" необходим для получения геопространственных данных содержащих актуальные и точные сведения о всей информации полезной информации для туристов.

В процессах "Добавление атрибутивной информации" и "Добавление данных, изменяемых со временем", специалист в ГИС-системах на основе требований ТЗ и исходных данных из свободных источников наносит на оцифрованную топографическую карту информацию о зданиях, местах общепита, гостиниц, мест досуга, атрибутивную информацию и информацию, изменяемую со временем.

Оцифровка населенного пункта Териберка и дороги Мурманск – Териберка происходит по растровой подложке. В этом случае, возможно, отобразить на экране топографическую карту местности в качестве базовой карты, а затем рисовать объекты поверх этого изображения. Оцифровка производится в ArcGIS. После оцифровки каждый объект содержит таблицу со списком координат границ полигона и атрибутивную информацию и представляется

в векторном формате геоданных – shp. С помощью встроенного функционала ArcGIS, shp конвертируется в GeoJSON.

Источниками данных для ГИС "Териберка" являются:

- топографические карты;
- данные с официального туристического портала Мурманской области;
- данные с открытых интернет источников (Booking, TripAdvisor, Google Maps).

Источниками данных, изменяемых со временем являются:

- открытые интернет источники;
- Google статистика посещения мест общественного питания.

Данные о посещениях Google определяет популярное время и среднюю продолжительность посещений на основании обобщенных анонимных данных от пользователей, на чьих устройствах включена история местоположений [3].

Для отображения данной статистики на карте, необходимо разбить столбец Google статистики на четыре деления (рис. 1). Таким же цветом в ГИС будут отображены здания общественного питания в разный период времени.



Рисунок 1 – Разбиение столбца Google статистики

В ГИС необходимо активировать свойства времени данных и визуализировать данные.

Данные о состоянии дороги взяты с интернет блогов и со слов водителей междугородних автобусов [4]:

- фиолетовый цвет – дорога в хорошем состоянии;
- синий цвет – дорога в нормальном состоянии;
- черный цвет – дорога в плохом состоянии.

После выполнения всех этапов оцифровки необходимо получить GeoJSON каждого здания, удовлетворяющий требованиям.

Процесс "Формирование ГИС" включает в себя выгрузку всей оцифрованных данных в формате GeoJSON, атрибутивную базу, картинки, под-

ложку для использования на веб-ресурс или в ArcGIS для последующего использования туристами Арктического региона.

Демонстрационный пример работы ГИС "Териберка" представлена на рис. 2.

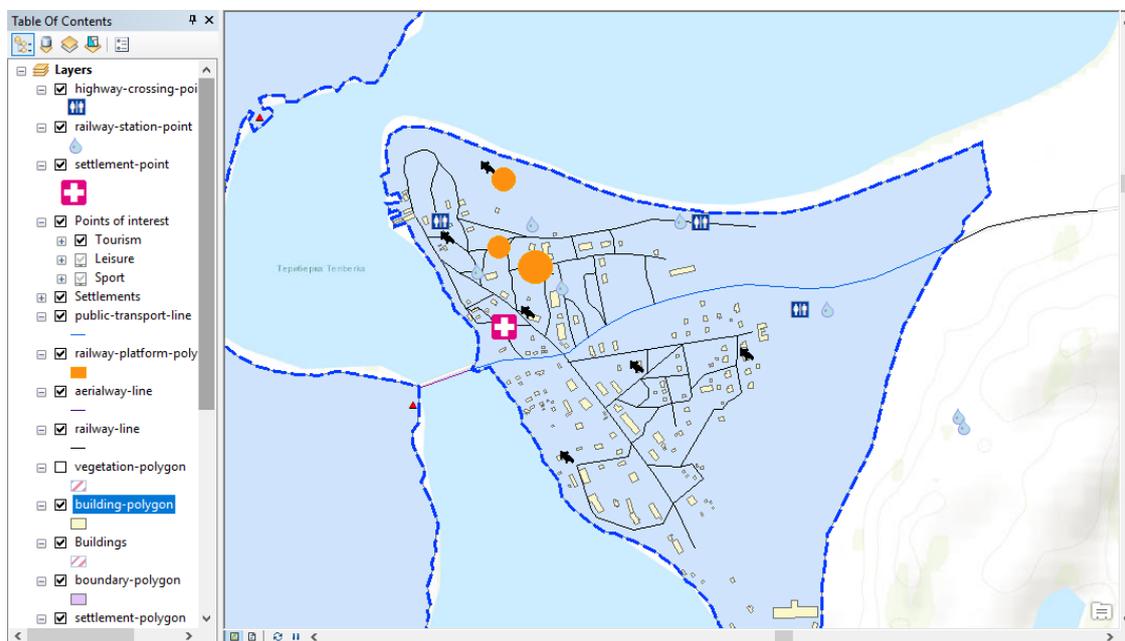


Рисунок 2 – Демонстрационный пример работы ГИС "Териберка"

Актуальность разработки обусловлена необходимостью развития туристического направления арктического региона в рамках закона "О реализации отдельных положений Федерального закона "Об основах туристской деятельности в Российской Федерации" [5].

Библиографический список

1. Северное сияние, саамские деревни и кинофестиваль. URL: <https://www.spb.kp.ru/daily/26917/3963417>.
2. Териберка: жизненные особенности и перспективы. URL: <https://goarctic.ru/live/teriberka-perspektivy-i-zhiznennye-osobennosti>.
3. Популярное время. URL: <https://support.google.com/business/answer/6263531?hl=ru>
4. Мурманск – Териберка, или 130 километров впечатлений. URL: <https://travel.drom.ru/34081/>
5. О реализации отдельных положений Федерального закона "Об основах туристской деятельности в Российской Федерации" на территории Мурманской области (с изменениями на 10 июля 2018 г.) : закон Мурманской обл. от 08 ноября 2016 г. N 2050-01-ЗМО. URL: <http://docs.cntd.ru/document/444822139>.

О моделировании границ аврорального овала

Золотов О. В.,¹ Романовская Ю. В.,² Ромахова О. А.² (г. Мурманск, ¹ФГБОУ ВО "Мурманский арктический государственный университет", научно-исследовательская лаборатория "Компьютерное моделирование физических процессов в околоземной среде", ²ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения, e-mail: romanovskaya@yuv@mstu.edu.ru)

Аннотация. В работе рассматриваются классические и современные подходы, используемые при моделировании положения границ аврорального овала. Делается вывод, что большинство моделей построено по данным спутниковых наблюдений. В части количественного описания положения границ аврорального овала используется предварительное упорядочивание данных и последующее построение регрессионной модели, либо их аппроксимация рядами Фурье или Эпштейна.

Abstract. The paper considers classical and modern approaches to model the position of the auroral oval boundaries. The majority of the models are based on satellite observations. To describe the oval boundaries quantitatively, the source data are binned according to the activity level and MLT prior to building a regression model or an approximation by Fourier or Epstein series.

Ключевые слова: авроральный овал, моделирование

Key words: auroral oval (Feldstein oval), modeling

Область авроры, или область наиболее вероятного наблюдения полярных сияний, известна давно и столь же давно служит объектом для исследований. Тем не менее, начало полномасштабного и систематического ее изучения следует отнести к Международному Геофизическому Году (МГГ, 1 июня 1957 г. – 31 декабря 1958 г.). В рамках МГГ был проведен сбор большого количества данных о сияниях и геомагнитной активности практически в планетарном масштабе. Сбор, обработка и анализ полученных данных осуществлялся по единой утвержденной методике, обеспечивая сопоставимость наблюдений и однородность полученных данных. Основным инструментальным поставщиком данных о полярных сияниях служили камеры полного неба (т. н. all-sky camera), в том числе их спектральные модификации. Позднее появились данные спутниковых наблюдений (данные о спектре высыпающихся заряженных частиц, UV-изображения овала и пр.).

При анализе существующих работ, посвященных моделированию или исследованию аврорального овала, авторы не всегда явным образом поясняют, какой именно овал они имеют ввиду: овал свечений (сияний), овал вы-

сыпаний, овал под данным UV-снимков и пр. Для конкретизации в таких случаях приходится анализировать описание источников данных, на основе которых строится та или иная модель. Кроме того, авторы используют разные количественные критерии для определения границ овала. Отметим, что исторически термином "авроральный овал" обозначают овал сияний.

Рассмотрим ниже некоторые модели, ограничиваясь только их подходом к определению границ овала.

Eather and Mende (1971) выполнили для спокойных геомагнитных условий сопоставление данных аэрофотосъемок с определенной в Starkov(1969) экваториальной границей аврорального овала:

$$\Theta = 18.0 + 0.9 \cdot Q + 5.1 \cdot \cos(t - 12^\circ),$$

где Θ – геомагнитная коширота экваториальной границы аврорального овала; t – магнитное местное время, выраженное в градусах ($^\circ$); Q – геомагнитный Q -индекс. Полученные расхождения могут быть связаны с более чувствительной аппаратурой, использованной для проведения аэронаблюдений, а также существенным осреднением данных, использованных для построения аппроксимации Starkov(1969).

Holzworth and Meng (1975) для обеспечения широтной невязки $\approx 0.5^\circ$ аппроксимации статистических границ овала Фельдштейна путем Фурье-разложения:

$$\Theta = A_1 + A_2 \cdot \cos(\varphi + A_3) + A_4 \cdot \cos(2\varphi + 2A_5) + A_6 \cdot \cos(3\varphi + 3A_7),$$

где Θ – геомагнитная исправленная коширота, φ – представленное в градусах местное магнитное время, а коэффициенты $A_1 \dots A_7$ определялись путем решения задачи минимизации МНК-невязки (методом наименьших квадратов). Указанные коэффициенты протабулированы для значений Q -индекса от 0 до 6 для экваториальной и полярной границ аврорального овала.

Gussenhoven et al. (1983) по данным DMSP/F2 и DMSP/F4 изучал систематические вариации экваториальной границы диффузного свечения и предложил аппроксимацию

$$\Lambda = \Lambda_{0i} + \alpha_i \cdot Kp,$$

где Λ_{0i} и α_i протабулированы в таблицах по диапазонам MLT.

Holzworth and Meng (1984) на основе анализа 150 изображений, полученных со спутников DMSP, для каждого MLT и уровня геомагнитной активности аппроксимировали смещенной окружностью (параметры – координаты центра и радиуса).

наты центра окружности и ее радиус) и протабулировали положение границ аврорального овала в зависимости от V_z и V_y компонент ММП (межпланетного магнитного поля).

Согласно Hardy et al. (1985) высыпающиеся электроны разделяются на две группы ("пятна") с характерными энергиями 3 кэВ (горячие электроны) и 0.2 кэВ (холодные электроны). Пространственное распределение потока внутри "пятна" представлено в виде двух гауссоид, одна из которых описывает изменение интенсивности по долготе, а другая – по широте:

$$I(\Phi, \Lambda) = I_m(E) \cdot \exp\left(-(\Phi - \Phi_m)^2 / (\Delta\Phi)^2 - (\Lambda - \Lambda_m)^2 / (\Delta\Lambda)^2\right)$$

Для задания аврорального овала широта максимума интенсивности, в свою очередь, также зависит от долготы:

$$\Phi_m = (\Phi_{md} + \Phi_{mn}) / 2 + (\cos\Lambda) \cdot (\Phi_{md} - \Phi_{mn}) / 2.$$

В этих формулах Φ , Λ – геомагнитные широта и долгота, $\Lambda = 0$ соответствует полуденному магнитному меридиану, Λ_m – геомагнитная долгота максимума высыпаний, I_m – максимальная интенсивность высыпающегося потока электронов с энергией E , Φ_{md} , Φ_{mn} – геомагнитные широты максимума высыпаний на геомагнитных полуденном и полуночном меридианах, где он находится, соответственно, ближе всего и дальше всего от полюса.

Воробьев и др. (2000) по данным спутников DMSP привели аппроксимацию полиномами второй степени положений основных границ электронных высыпаний

$$\Phi = a_0 + a_1 \cdot |AL| + a_2 \cdot |AL|^2,$$

где $|AL|$ – величина индекса AL , коэффициенты a_0 , a_1 и a_2 определялись путем минимизации МНК-невязки и приведены в таблице. В работе также приведены коэффициенты полиномов, описывающих положение границ плазменных вторжений.

Carbary (2005) по данным спутника Polar анализировал UV-снимки (выполненные Polar Ultraviolet Imager) и представил линейную аппроксимацию положений экваториальной и приполюсной границ аврорального овала в зависимости от значений K_p – индекса вида

$$V(K_p) = C_0 + C_1 \cdot K_p.$$

Соответствующие коэффициенты для различных MLT и K_p приведены в таблицах.

Zhang and Paxton (2008) по данным TIMED/GUVI FUV построили модель средней энергии и потока энергии высыпавшихся электронов в авроральном овале. В явном виде функция границ овала не представлена. Распределения потока частиц аппроксимировались разложением в ряд по функциям Эпштейна (для учета зависимости от магнитной широты), Фурье-разложения (для учета MLT-зависимости), а также интерполяцией для учета зависимости от Kp-индекса. Вид функций разложения и таблицы с коэффициентами разложения представлены в работе.

В Newell et al. (2009) представлена модель Ovation Prime, которая рассчитывает полный поток энергии, полный поток частиц и среднюю энергетическую энергию высыпавшихся электронов и ионов в полярных областях. Средняя энергия рассчитывается при допущении, что энергия и скорость частиц имеют максвелловское распределение. Модель использует данные программы спутниковых наблюдений DMSP (Defense Meteorology Satellite Program), начиная с данных 1985 г. Вместо зависимостей от Kp-индекса, модель использует функциональные зависимости от параметров солнечного ветра.

Sigernes et al. (2011) сравнивает две модели предсказания границ аврорального овала (по Starkov(1994) vs Zhang and Paxton(2008)) реализует сервис краткосрочного прогнозирования аврорального овала.

Hu et al. (2017) по данным Polar UIV построил многомерную регрессионную модель границ "ультрафиолетового" аврорального овала с использованием традиционных методов корреляционного анализа. К особенностям следует отнести использование методов машинного обучения на этапе обработки исходных данных (выделения границ аврорального овала на отдельных снимках перед собственно построением регрессионной модели).

Landry and Anderson (2019) по данным спутников DMSP и DE2 построили эмпирическую модель экваториальной границы авроральных высыпаний. В работе в принципе используется традиционный статистический подход, но используются методы машинного обучения для упорядочивания данных и выбора оптимального набора параметров (в терминах машинного обучения – пространства признаков, т. е. т. н. "фич").

Таким образом, можно сделать вывод, что:

– для определения положения границ аврорального овала данные наземных камер полного неба (как оптических, так и спектральных) использовались в основном на начальных этапах исследований до появления спутниковых данных;

– большинство моделей в качестве исходных данных используют спутниковые данные: либо данные UV-снимков (т. е. по факту "ультрафиолетовый овал"), либо непосредственные измерения спектра высыпавшихся заряженных частиц;

– большинство исследователей для аппроксимации положения границ аврорального овала используют (линейные) регрессионные модели, предварительно осуществив перевод данных наблюдений в более удобную систему координат (чаще всего, исправленная геомагнитная широта – местное магнитное время MLT) и упорядочив данные по секторам MLT и уровням активности;

– для аппроксимации положения границ аврорального овала требуется значительная работа по определению этих границ в исходных данных; первоначально использовалась ручная обработка данных наблюдений; впоследствии стали применяться компьютерные *ad-hoc* алгоритмы для автоматического вычисления этих границ, иногда, с "ручной" валидацией полученных данных;

– ряд современных работ пытается использовать аналогичный традиционному подход, но для построения моделей прибегает к методам машинного обучения (например, для определения положений границ овала в исходных неразмеченных данных и формирования обучающей выборки).

Библиографический список

1. Carbary J. F. A Kp-based model of auroral boundaries // Space Weather. 2005. Vol. 3, Iss.10. S10001. DOI: <https://doi.org/10.1029/2005SW000162>.

2. Eather R. H., Mende S. B. Airborne observations of auroral precipitation patterns // Journal of Geophysical Research. Space Physics. 1971. Vol. 76, Iss. 7. P. 1746–1755. DOI: <https://doi.org/10.1029/JA076i007p01746>.

3. Gussenhoven M. S., Hardy D. A., Heinemann N. Systematics of the equatorward diffuse auroral boundary // Journal of Geophysical Research. Space Physics. 1983. V. 88, Iss. A 7 P. 5692–5708. DOI: <https://doi.org/10.1029/ja088ia07p05692>.

4. Hardy D. A., Gussenhoven M. S., Holeman E. A statistical model of auroral electron precipitation // Journal of Geophysical Research. Space Physics. 1985. Vol. 90, Iss. A 5. P. 4229–4248. DOI: <https://doi.org/10.1029/JA090iA05p04229>.

5. Holzworth R. H., Meng C.-I. Auroral Boundary Variations and the Interplanetary Magnetic Field // *Planetary and Space Science*. 1984. Vol. 32, Iss. 1. P. 25–29. DOI: [https://doi.org/10.1016/0032-0633\(84\)90038-2](https://doi.org/10.1016/0032-0633(84)90038-2).

6. Holzworth R. H., Meng C.-I. Mathematical representation of the auroral oval // *Geophysical Research Letters*. 1975. Vol. 2, Iss. 9. P. 377–380. DOI: <https://doi.org/10.1029/GL002i009p00377>.

7. Hu Z.-J. [et al.]. Variation and modeling of ultraviolet auroral oval boundaries associated with interplanetary and geomagnetic parameters // *Space Weather*. 2017. Vol. 15, Iss. 4. P. 606–622. DOI: <https://doi.org/10.1002/2016SW001530>.

8. Landry R. G., Anderson P. C. Empirical Modeling of the Equatorward Boundary of Auroral Precipitation Using DMSP and DE 2 // *JGR: Space Physics*. 2019. Vol. 124, Iss. 3. P. 2072–2082. DOI: <https://doi.org/10.1029/2018JA025451>.

9. Newell P. T., Sotirelis T., Wing S. Diffuse, monoenergetic, and broadband aurora: The global precipitation budget // *Journal of Geophysical Research. Space Physics*. 2009. Vol. 114, Iss. A 9. DOI: <https://doi.org/10.1029/2009ja014326>.

10. Sigernes F. [et al.]. Two methods to forecast auroral displays // *Journal of Space Weather and Space Climate*. 2011. Vol. 1, No 1. P. A 03. DOI: <https://doi.org/10.1051/swsc/2011003>.

11. Starkov G. V. Mathematical model of the auroral boundaries // *Geomagnetism and Aeronomy*. 1994. Vol .34, No. 3. P. 331–336.

12. Zhang Y., Paxton L. J. An empirical Kp-dependent global auroral model based on TIMED/GUVI FUV data // *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. 2008. Vol. 70, Iss. 8–9. P. 1231–1242. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2008.03.008>.

13. Воробьев В. Г., Громова Л. И., Реженов Б. В. [и др.]. Вариации положения границ плазменных вторжений и авроральные свечения в ночном секторе // *Геомгнетизм и Аэрномия*. 2000. Т. 40. С. 79–85.

**Разработка модуля визуализации статистической отчетности
по потребителям, имеющим задолженность по оплате электроэнергии**

Кузнецова О. Б., Татарникова Е. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения,
e-mail: kuznetsovaob@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье обоснована необходимость разработки модуля визуализации статистической отчетности по потребителям, имеющим задолженность по оплате электроэнергии. Произведен выбор геоинформационной системы для разработки модуля и продемонстрирована его работа.

Abstract. The article substantiates the need to develop a module of visualization of statistical reporting on consumers who are in arrears in payment of electricity. The choice of geographic information system for the development of the module is made and its work is demonstrated.

Ключевые слова: геоинформационные системы, ГИС, визуализация статистической отчетности, картографическая визуализация

Key words: geoinformation system, GIS, visualization of statistical reporting, cartographic visualization

На сегодняшний день электроэнергия – главная составляющая жизни человека. Она дает возможность создавать различные материалы, является одним из главных факторов при разработке новых технологий. Ее экономический аспект – одно из чаще всего обсуждаемых сегодня понятий. Сбытовые компании устанавливают тарифы на электроэнергию, на основе которых формируют счета на оплату за потребление каждому физическому и юридическому лицу.

Во многих сбытовых компаниях очень остро стоит проблема картографической визуализации сведений о потребителях-юридических лицах, имеющих задолженность по оплате электроэнергии. Эта проблема может быть решена благодаря использованию геоинформационных систем (ГИС).

Разработка модуля визуализации статистической отчетности по потребителям, имеющим задолженность по оплате электроэнергии упростит вид отчетности, сократит время анализа общей картины по потребителям, имеющим задолженность и позволит смотреть динамику увеличения/уменьшения количества таких потребителей.

Результатом разработки является визуализированная карта г. Мурманска, отображающая сведения о потребителях-юридических лицах, имеющих задолженность по оплате электроэнергии, а именно: наименование юр. лица, адрес и сумму задолженности.

Энергосбытовых компаний работают с программным комплексом СТЕК, который предназначен для и содержит всю информацию по потребителям этих компаний, и позволяет сгенерировать данные по должникам. Для хранения данных используется уже существующая база данных, реализованная в MS SQL Server. Для визуализации данных в качестве данных будет использоваться база данных MS SQL через хранимую процедуру, которая позволяет сделать нужный отчет, в модуле. Через блок "Модуль" происходит подготовка данных к отправке в API ArcGIS и обработка геоданных, полученных от ArcGIS. На рис. 2 представлена концептуальная схема модуля.



Рисунок 2 – Концептуальная схема модуля

Для реализации экранных форм была выбрана платформа .net, язык C# и технология Windows Presentation Foundation (WPF), так как инструментарий, предоставляемый ArcGIS для разработки приложений на платформе .net ориентирован на технологию WPF.

Для отображения карты использовался визуальный компонент MapView, поставляемый ArcGIS SDK. Все метки, дома, дороги и прочее отрисованы на основе карты OpenStreetMap в ArcGIS Online.

В результате был разработан модуль, который позволяет пользователю просмотреть визуализированный отчет по потребителям-юридическим лицам, которые имеют задолженность по оплате электроэнергии.

Так как модуль носит тестовый характер, было принято решение представить его работу на базе семи компаний, реальные названия которых были заменены на псевдонимы, сумма долга была округлена.

После входа в модуль пользователь видит интерфейс (рис. 3).

Для просмотра визуализированного отчета по потребителям-юридическим лицам, которые имеют задолженность по оплате электроэнергии необходимо выбрать дату, за которую необходимо получить информацию (рис. 4).

Далее необходимо указать принадлежность организации, если это необходимо (рис. 5).

Метки, расположенные на карте, показывают расположение организаций. Расположение определенной организации можно просмотреть, нажав на ее адрес в описании (рис. 6). Карту можно как приблизить, так и отдалить.

Международная научно-практическая конференция "Наука и образование в Арктическом регионе"

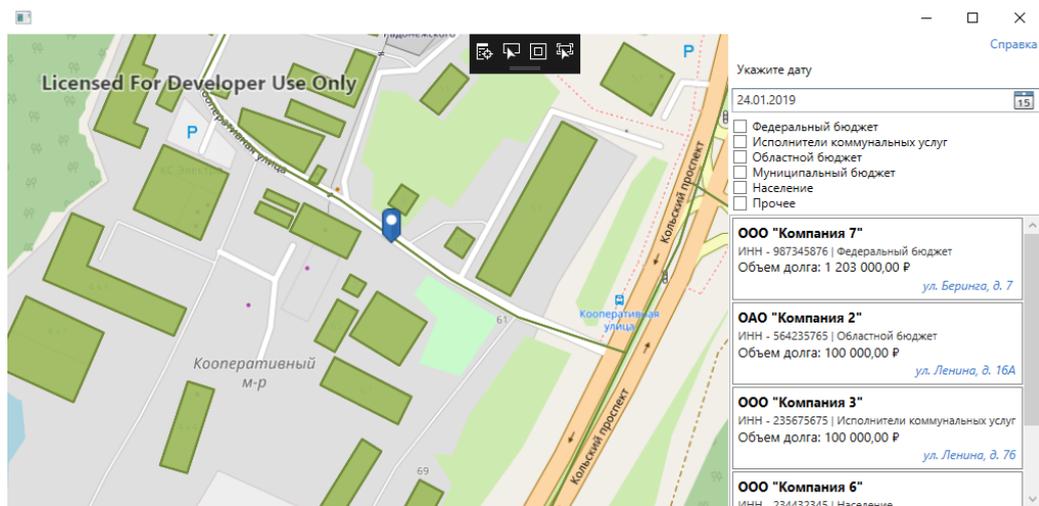


Рисунок 3 – Интерфейс пользователя

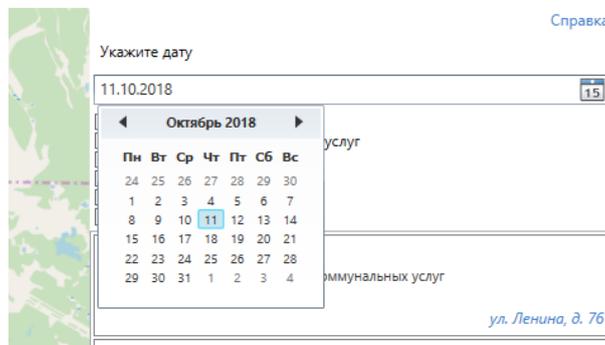


Рисунок 4 – Выбор даты отчета

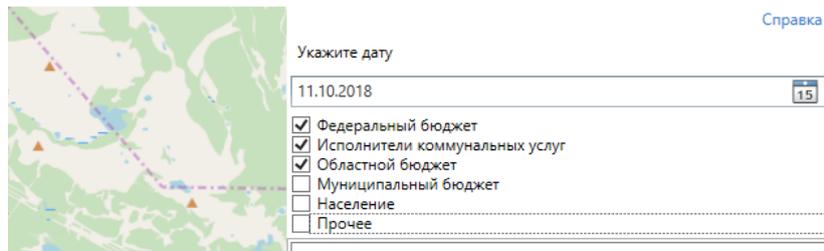


Рисунок 5 – Фильтр принадлежности организации

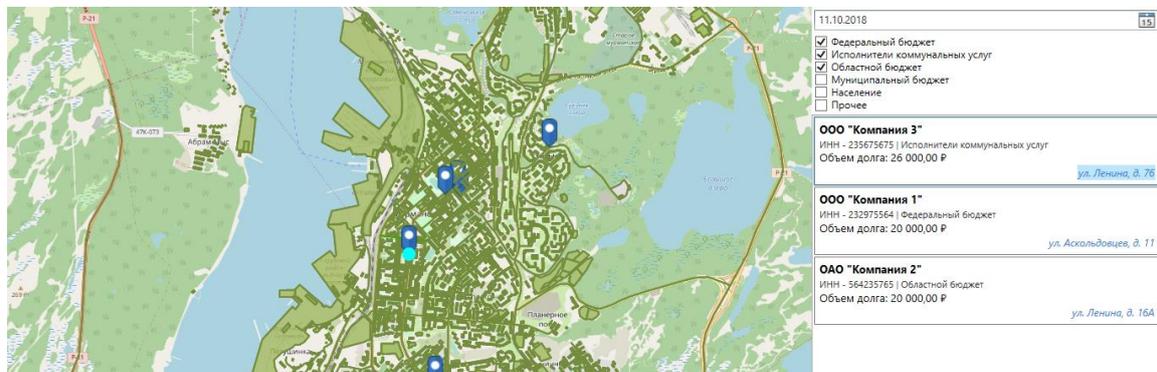


Рисунок 6 – Расположение конкретной организации

В интерфейсе пользователя, имеющего право сохранить отчет, есть соответствующая кнопка (рис. 7).

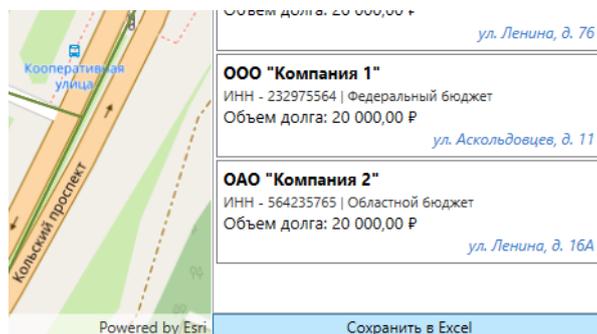


Рисунок 7 – Кнопка "Сохранить в Excel"

Результат работы с модулем сохраняется в файле формата Excel (рис. 8).

Период отчета	Наименование организации	ИНН	Принадлежность	Объем долга	Адрес
11.10.2018	ООО "Компания 3"	235675675	ИКУ	26 000,00 Р	ул. Ленина, д. 76
	ООО "Компания 1"	232975564	ФБ	20 000,00 Р	ул. Аскольдовцев, д.11
	ОАО "Компания 2"	564235765	ОБ	20 000,00 Р	ул. Ленина, д. 16А

Рисунок 8 – Сохраненный отчет в Excel

Библиографический список

- ГОСТ 34.602–89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. М. : Стандартинформ, 2009. 11 с.
- ГОСТ 34.601–90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. М. : Стандартинформ, 2009. 5 с.
- ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207–99 Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств. М. : Изд-во стандартов, 2003.
- 27 Differences Between ArcGIS and QGIS – The Most Epic GIS Software Battle in GIS History. URL: <https://gisgeography.com/qgis-arcgis-differences>.
- Сравнение и различие между QGIS и ArcGIS. Режим доступа: URL: <https://ru.geofumadas.com>.
- Обзор возможностей свободной ГИС GRASS. URL: <https://www.opennet.ru/opennews/art.shtml?num=13766>.

Применение технологии цифрового двойника в школе

Малышкин Н. М. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения, e-mail: nikolay@malyshk.in)

Аннотация. Разработана система "Цифрового двойника обучающегося" для средней общеобразовательной школы. Определены сферы применения данной системы. Определен концепция ее работы.

Abstract. Developed a system of "Digital Twin of student" for the secondary school. The spheres of application of this system are defined. The concept of its work is defined.

Ключевые слова: цифровой двойник, ученик, школа, интернет вещей, распознавание эмоций, биоритмы, электронный журнал

Key words: digital double, student, school, Internet of things, recognition of emotions, bio-rhythms, electronic journal

Согласно исследованию Gartner технология цифровых двойников занимает 4 место среди наиболее перспективных информационных технологий в 2018 г. Возможно ли применение этой технологии в общеобразовательных школах? [1]

Как оказалось, некая очень сильно упрощенная версия уже внедрена в добровольно-принудительном порядке. Это – электронный журнал, в который вносятся данные об ученике, родителях, посещаемости и успеваемости. Но что если сделать электронный журнал лишь частью большой системы, которая будет отражать не только успеваемость ученика, но и факторы психического состояния, здоровья и даже предсказания будущего с акцентом на вещи, на которые следует обратит внимание ученику в определенный день [2; 4; 5].

В настоящее время повышенная опасность происходит в местах повышенной плотности людей, в особенности детей. Поэтому, приказом министерства образования были установлены турникеты, осуществляющие пропуск по пропускам. После поднесения пропуска к терминалу, данные записываются в базу, где фиксируется вход-выход и время для конкретного ученика. Турникеты представлены на рис. 1 [3].

Проход ученика через турникет его идентифицирует, но, используя стандартные функции, дает недостаточно информации для создания цифрового двойника. В момент считывания данных с пропуска можно снять очень важную информации с человека, например эмоции. Использованный пример для распознавания эмоций представлен на рис. 2.



Рисунок 1 – Турникеты

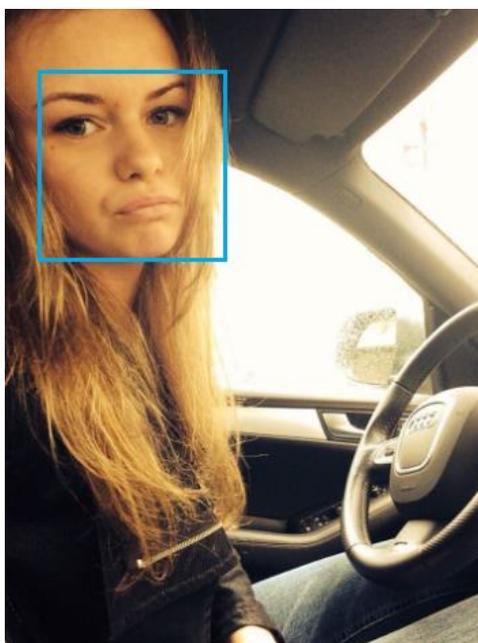


Рисунок 2 – Тестовое фото с распознанным лицом

Microsoft долгое время разрабатывали технологию определения эмоций по видекартинке в реальном времени. Весь свой собранный опыт в исследовании этой области они изложили в виде API, который использует C#.

К тому же, компания сопроводила свою разработку всей необходимой информацией для внедрения и доработки их продукта. Программа по лицу определяет процент эмоций на лице по 8 критериям, таким как:

Гнев;
Презрение;
Отвращение;
Страх;
Счастье;
Безразличность;
Печаль;
Удивленность.

В сумме каждого этого фактора будет получено 100 %. Если какой-то негативный параметр будет зашкаливать, то информация будет немедленно передана штатному психологу для помощи ребенку. Результат работы системы представлен на рис. 3.

```
Результаты распознавания:  
Обнаруженные лица: 1  
  
JSON:  
[  
  {  
    "faceRectangle": {  
      "top": 94,  
      "left": 53,  
      "width": 284,  
      "height": 284  
    },  
    "scores": {  
      "anger": 0.0071759345,  
      "contempt": 0.03813155,  
      "disgust": 0.00188877131,  
      "fear": 0.000505682954,  
      "happiness": 0.0011510679,  
      "neutral": 0.8221759,  
      "sadness": 0.12673068,  
      "surprise": 0.002240376  
    }  
  }  
]
```

Рисунок 3 – Распознанные эмоции в тестовом образце

Отдельной строкой стоит рассмотреть биоритмы. Астрологи полагают, что по дате рождения можно рассчитать определенные кондиции человека в той или иной сфере деятельности в определенный день. Это тригонометрические функции, поэтому при подносе пропуска к терминалу, помимо времени входа, снятия эмоций, система вполне способна сделать прогноз обучающемуся, над какими сферами деятельности сегодня стоит особенно сильно поработать. Пример графика биоритмов представлен на рис. 4.

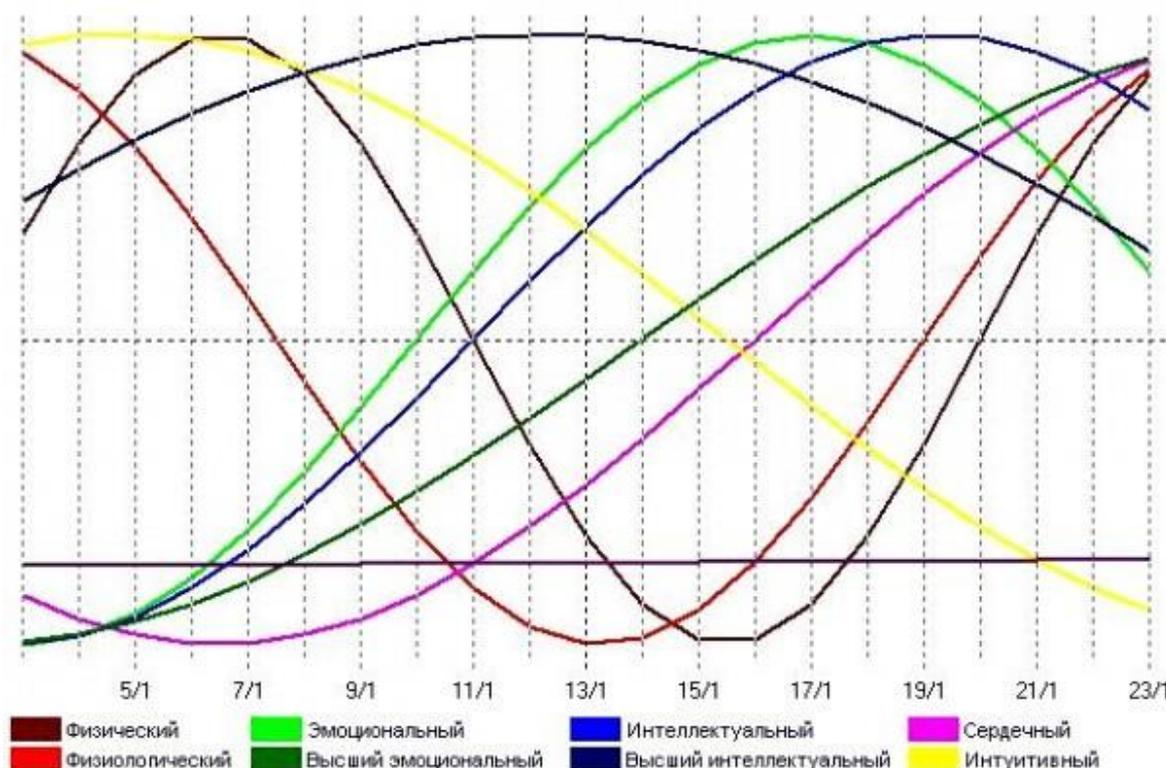


Рисунок 4 – График биоритмов

Цифровой двойник обучающегося представляет собой облачный репозиторий данных, использующий средства Microsoft Azure. База включает в себя следующие атрибуты: ID Обучающегося, дата записи, фамилия, имя, отчество, дата рождения, номер телефона, гнев, презрение, отвращение, страх, счастье, нейтральное выражение, грусть, удивление, физический биоритм, эмоциональный биоритм, интеллектуальный биоритм.

Второй таблицей является электронный журнал, включающий в себя: ID Обучающегося, дата записи, предмет, оценка.

Данные добавляются каждый день, когда конкретный ученик проходит входной турникет на территорию гимназии. Проход требует идентификации через NFC ключ, который считывает NFC модуль Arduino и передает

сигнал на плату Arduino MKR1000 WIFI. Сетевой модуль связывается с базой Azure, идентифицирует пользователя, создает новую запись об ученике на свежую дату и отправляет команду на камеру сделать фото лица обучающегося.

Полученная фотография отправляется в модуль идентификации эмоций, откуда система получает 8 вещественных чисел, показывающих процент каждой эмоции на фотографии. Эти числа в сумме должны давать 1.

Затем Azure рассчитывает данные биоритмов, основанные на дате рождения человека. Эти данные записываются в таблицу и посылают СМС сообщения обучающемуся с его эмоциональным, физическим, интеллектуальным уровнями, чтобы последний мог грамотно распределить силы для выполнения поставленных задач.

Отправка сообщений осуществляется с помощью сервиса Twilio, который известен за счет создания рассылок из Битрикс24, но также может использоваться и с Microsoft Azure.

Собрав большую выборку данных, обновляется таблица для самого двойника, содержащая средние данные.

Таблица включает в себя:

1. ID обучающегося;
2. Гнев;
3. Презрение;
4. Отвращение;
5. Страх;
6. Счастье;
7. Нейтральное выражение;
8. Грусть;
9. Удивление;
10. Предмет;
11. Оценка.

Полученная таблица является набором цифровых двойников, где каждая строка является отдельным двойником конкретно взятого ученика. Архитектура системы "Цифрового двойника обучающегося" представлена на рис. 5.

Таким образом, полученная система цифрового двойника может принести пользу как самим ученикам, которым еще по приходу в школу дает советы по расставлению приоритетов активности, психологам, которым дает ежедневную информацию об эмоциональном фоне каждого ребенка, охране, которой надо вычислять потенциальных нарушителей порядка и родите-

лям, которые могут изучить всю информацию о своем ребенке, заключенную в систему цифрового двойника.

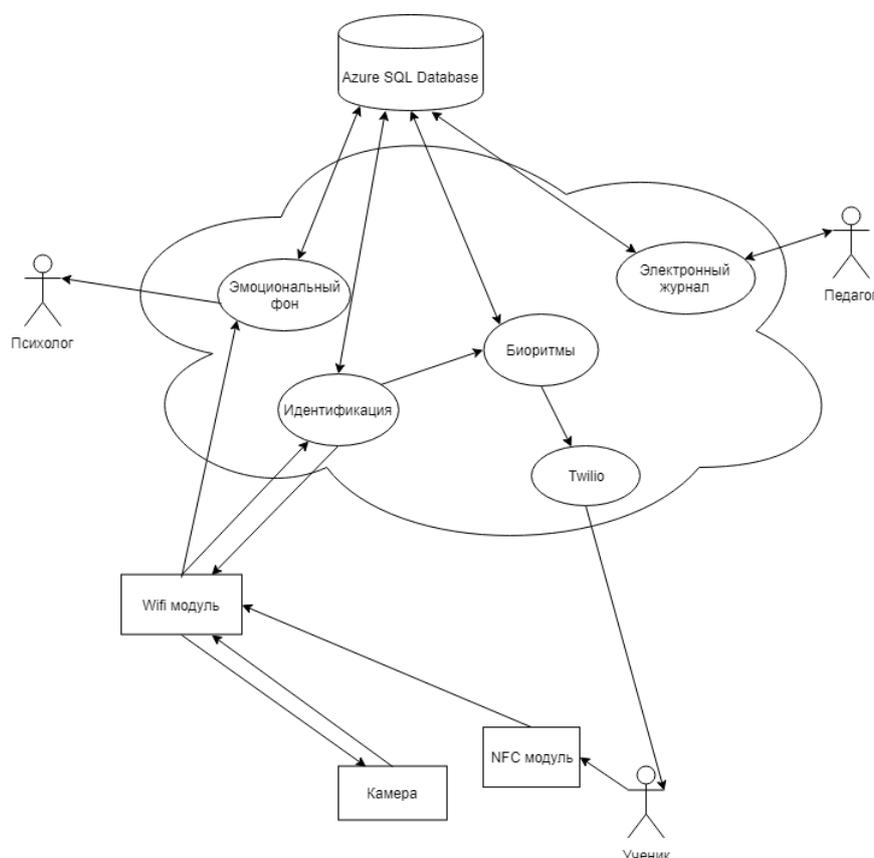


Рисунок 5 – Архитектура системы "Цифрового двойника обучающегося"

Библиографический список

1. Panetta K. Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2018 [Электронный ресурс]. URL: [https://www.gartner.com/smarter withgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2018/](https://www.gartner.com/smarter-withgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2018/).

2. Информационно-коммуникационные технологии в образовании. URL: <http://emag.iis.ru/arc/infosoc/emag.nsf/BPA/bce6d4452de1cad0c3256c4d005253d0>.

3. Информационные технологии в процессе обучения. URL: <http://www.griban.ru/blog/14-informacionnye-tehnologii-v-processe-obucheniija.html>.

4. Княгинин В. Н. Цифровое будущее: у российских компаний осталось три года на рывок [Электронный ресурс]. URL: https://www.rtedc.org/infocenter/smi/cifrovoe_budushee.

5. Тузов А. А. Электронный журнал: тоска по умным вещам. URL: <https://mel.fm/blog/alex-cigun/25917-elektronny-zhurnal-toska-po-umnym-vesham>.

Интегрируемый случай системы Хиндмарш – Розе

Мусафиров Э. В. (г. Гродно, Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, кафедра технической механики, e-mail: musafirov@bk.ru)

Аннотация. В процессе поиска допустимых возмущений (возмущений не изменяющих отражающую функцию) системы Хиндмарш – Розе найден интегрируемый случай этой системы. Для этого случая получено общее решение системы, что позволяет найти отражающую функцию и построить класс систем, обладающих той же отражающей функцией, а значит и схожими качественными свойствами решений.

Abstract. In the process of searching for permissible perturbations (perturbations that do not change the reflecting function) of the Hindmarsh – Rose system, an integrable case of this system was found. For this case, a general solution of the system was obtained, which allows us to find the reflecting function and construct a class of systems that have the same reflecting function, and therefore similar qualitative properties of the solutions.

Ключевые слова: модель нейрона, отражающая функция, система дифференциальных уравнений, качественная теория

Key words: neuron model, reflecting function, system of differential equations, qualitative theory

Введение

При моделировании различных процессов исследователи часто используют системы обыкновенных дифференциальных уравнений и сталкиваются с определенными трудностями, так как большинство дифференциальных систем невозможно проинтегрировать даже в квадратурах. В таких случаях можно проводить исследование свойств решений систем дифференциальных уравнений по виду самих дифференциальных систем. При этом изучать сложные системы можно взяв за основу хорошо изученные более простые системы. В этом может помочь метод отражающей функции профессора В. И. Мироненко. Далее изложим основы теории отражающей функции из [1, 2].

Рассмотрим систему

$$\dot{x} = X(t, x), \quad t \in \mathbf{R}, x \in \mathbf{R}^n, \quad (1)$$

решения которой однозначно определяются начальными условиями. Пусть $x = \varphi(t; t_0, x_0)$ – общее решение системы (1) в форме Коши. Для каждой системы (1) определяется (см. [1, с. 62; 2, с. 11]) *отражающая функция* $F(t, x) := \varphi(-t; t, x)$, определенная в некоторой области, содержащей гиперплоскость $t = 0$.

Функция $F(t, x)$ есть отражающая функция системы (1) тогда и только тогда, когда $F(t, x)$ является решением системы уравнений в частных производных, называемой *основным соотношением*,

$$\frac{\partial F(t, x)}{\partial t} + \frac{\partial F(t, x)}{\partial x} X(t, x) + X(-t, F(t, x)) = 0,$$

с начальным условием $F(0, x) \equiv x$.

Если $F(t, x)$ – отражающая функция системы (1), то для любого решения $x(t)$ этой системы верно тождество $F(-t, x(-t)) \equiv x(t)$. Таким образом, с помощью отражающей функции по прошлому состоянию системы можно узнать ее будущее состояние.

Если система (1) 2ω -периодична по t и $F(t, x)$ – ее отражающая функция, то $F(-\omega, x) = \varphi(\omega; -\omega, x)$ есть *отображение за период* $[-\omega; \omega]$ (*отображение Пуанкаре*) этой системы (см. [1, с. 59]). Поэтому решение $\varphi(t; -\omega, x_0)$ 2ω -периодической системы (1) является 2ω -периодическим тогда и только тогда, когда x_0 является решением нелинейной системы $F(-\omega, x) = x$. Это решение будет устойчивым (асимптотически устойчивым) по Ляпунову тогда и только тогда, когда будет устойчивой (асимптотически устойчивой) неподвижная точка отображения $x \mapsto F(-\omega, x)$.

Любая непрерывно дифференцируемая функция $F(t, x)$, удовлетворяющая условию $F(-t, F(t, x)) \equiv F(0, x) \equiv x$, является отражающей функцией целого класса систем вида

$$\dot{x} = -\frac{1}{2} \frac{\partial F}{\partial x}(-t, F(t, x)) \left(\frac{\partial F(t, x)}{\partial t} - 2S(t, x) \right) - S(-t, F(t, x)), \quad (2)$$

где $S(t, x)$ – произвольная вектор-функция, при которой решения системы (2) однозначно определяются начальными условиями. Поэтому все системы вида (1) разбиваются на классы эквивалентности вида (2) так, что каждый класс характеризуется своей отражающей функцией, называемой *отражающей функцией класса*. Все системы из одного класса имеют один и тот же оператор сдвига (см. [3, с. 11–13]) на любом интервале $(-\alpha; \alpha)$. Поэтому все эквивалентные 2ω -периодические системы имеют одно и то же отображение за период $[-\omega; \omega]$.

В том случае, когда система (1) линейная ее отражающая функция также линейная и вводится понятие отражающей матрицы (см. [4–6]).

Основной результат

В настоящей работе объектом исследования является модель нейрона Хиндмарш – Розе [7]:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= y - ax^3 + bx^2 - z + I, \\ \dot{y} &= c - dx^2 - y, \\ \dot{z} &= r(s(x - \alpha) - z); \quad x, y, z, a, b, c, d, I, r, s, \alpha \in \mathbf{R}, \end{aligned} \quad (3)$$

где переменная x описывает мембранный потенциал нейрона, переменные y и z – соответственно быстрый и медленный ионные токи, $a, b, c, d, I, r, s, \alpha$ – параметры модели.

Целью исследований был поиск допустимых возмущений (т. е. возмущений не изменяющих отражающей функции, см. [8–10]) системы (3). Однако в процессе поиска допустимых возмущений были найдены значения параметров системы (3) при которых она интегрируется, что позволяет найти отражающую функцию системы (3) и тем самым найти целый класс систем с той же отражающей функцией.

Лемма 1. Если $a = b = d = 0, s \neq 0, R > 0, R(s - 1) + 1 \neq 0, R - 4s > 0$, то общее решение системы (3) имеет вид

$$\begin{aligned} y(t) &= c + C_2 e^{-t}, \\ x(t) &= \alpha + \frac{c + I}{s} + \frac{(R - 1)C_2 e^{-t}}{R(s - 1) + 1} + \left(C_1 - \frac{(R - 1)C_2}{R(s - 1) + 1} \right) e^{-\frac{Rt}{2}} \operatorname{ch}\left(\frac{T}{2}\right) + \\ &+ \left(\frac{(2s - R + 1)C_2 \sqrt{R}}{(R(s - 1) + 1)\sqrt{R - 4s}} + \frac{RC_1 - 2C_3}{\sqrt{R}\sqrt{R - 4s}} \right) e^{-\frac{Rt}{2}} \operatorname{sh}\left(\frac{T}{2}\right), \\ z(t) &= c + I + \frac{RsC_2 e^{-t}}{R(s - 1) + 1} + \left(C_3 - \frac{RsC_2}{R(s - 1) + 1} \right) e^{-\frac{Rt}{2}} \operatorname{ch}\left(\frac{T}{2}\right) + \\ &+ \left(\frac{(2sC_1 - C_3)}{\sqrt{R - 4s}} - \frac{(R - 2)sC_2}{(R(s - 1) + 1)\sqrt{R - 4s}} \right) \sqrt{R} e^{-\frac{Rt}{2}} \operatorname{sh}\left(\frac{T}{2}\right), \end{aligned}$$

где $C_i, i = \overline{1,3}$ – произвольные постоянные, $T = t\sqrt{R}\sqrt{R - 4s}$.

Доказательство леммы тривиально.

Лемма 2. Если $a = b = d = 0$, $s \neq 0$, $R > 0$, $R(s-1) + 1 \neq 0$, $R - 4s > 0$, то отражающая функция системы (3) имеет вид $F = (f_1, f_2, f_3)^T$, где

$$f_1 = \left(x - \alpha - \frac{I}{s} + \frac{c(R-s-1)}{s(R(s-1)+1)} - \frac{(R-1)y}{R(s-1)+1} \right) e^{Rt} \operatorname{ch}(T) -$$

$$- \left(2(I-z) + R \left(x - \alpha - \frac{I}{s} \right) + \frac{2c + Ry(2s-R+1)}{R(s-1)+1} + \frac{cR(R-3s-1)}{s(R(s-1)+1)} \right) \times$$

$$\times \frac{e^{Rt} \operatorname{sh}(T)}{\sqrt{R}\sqrt{R-4s}} + \alpha + \frac{c+I}{s} - \frac{(R-1)(c-y)}{R(s-1)+1} e^{2t},$$

$$f_3 = c + I - \frac{Rs(c-y)}{R(s-1)+1} e^{2t} + \left(z - I + \frac{c(R-1) - Rsy}{R(s-1)+1} \right) e^{Rt} \operatorname{ch}(T) +$$

$$+ \left(I + z + 2s(\alpha - x) + \frac{c(2s-R+1) + (R-2)sy}{R(s-1)+1} \right) \frac{\sqrt{R}e^{Rt}}{\sqrt{R-4s}} \operatorname{sh}(T).$$

$$f_2 = c + (y - c)e^{2t}, \quad T = t\sqrt{R}\sqrt{R-4s}.$$

Доказательство леммы тривиально.

Теорема. Если $a = b = d = 0$, $s \neq 0$, $R > 0$, $R(s-1) + 1 \neq 0$, $R - 4s > 0$, то система (3) эквивалентна (в смысле совпадения отражающих функций) любой системе вида

$$\dot{x} = \left(\sqrt{R-4s} \operatorname{ch}(T) + \sqrt{R} \operatorname{sh}(T) \right) \frac{e^{-Rt} s_1[t, x, y, z]}{\sqrt{R-4s}} +$$

$$+ \left((R-1)(e^{-2t} - e^{-Rt} \operatorname{ch}(T)) + \frac{\sqrt{R}(1-R+2s)}{\sqrt{R-4s}} e^{-Rt} \operatorname{sh}(T) \right) \frac{s_2[t, x, y, z]}{R(s-1)+1} +$$

$$+ I + y - z - \frac{2s_3[t, x, y, z]}{\sqrt{R}\sqrt{R-4s}} e^{-Rt} \operatorname{sh}(T) - s_1[-t, f_1, f_2, f_3],$$

$$\dot{y} = c - y + e^{-2t} s_2[t, x, y, z] - s_2[-t, f_1, f_2, f_3],$$

$$\dot{z} = \left(sR(e^{-2t} - e^{-Rt} \operatorname{ch}(T)) + \frac{(2-R)s\sqrt{R}}{\sqrt{R-4s}} e^{-Rt} \operatorname{sh}(T) \right) \frac{s_2[t, x, y, z]}{R(s-1)+1} +$$

$$+ \left(\operatorname{ch}(T) - \frac{\sqrt{R}}{\sqrt{R-4s}} \operatorname{sh}(T) \right) e^{-Rt} s_3[t, x, y, z] +$$

$$+ \frac{2s\sqrt{R}s_1[t, x, y, z]}{\sqrt{R-4s}} e^{-Rt} \operatorname{sh}(T) - R(z + s(\alpha - x)) - s_3[-t, f_1, f_2, f_3],$$

где $T = t\sqrt{R}\sqrt{R-4s}$, $F = (f_1, f_2, f_3)^T$ – отражающая функция системы (3), $s_i[t, x, y, z]$, $i = \overline{1,3}$ – произвольные функции, при которых решения системы однозначно определяются начальными условиями.

Доказательство теоремы вытекает из леммы 2 и формулы (2).

Библиографический список

1. Мироненко В. И. Отражающая функция и исследование многомерных дифференциальных систем. Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2004. 196 с.
2. Мироненко В. И. Отражающая функция и периодические решения дифференциальных уравнений. Минск : Университетское, 1986. 76 с.
3. Красносельский М. А. Оператор сдвига по траекториям дифференциальных уравнений. М. : Наука, 1966. 332 с.
4. Мусафиров Э. В. О дифференциальных системах, отражающая матрица которых представляет собой произведение матричных экспонент // Известия НАН Беларуси. Сер. физ.-мат. наук. 2002. № 1 С. 44–50.
5. Мусафиров Э. В. О двумерных линейных дифференциальных системах с отражающей матрицей, представляющей собой произведение двух матричных экспонент специального вида // Вестник фонда фундаментальных исследований. 2005. № 1. С. 62–69.
6. Мусафиров Э. В. Двумерные линейные дифференциальные системы с отражающей матрицей, представляющей собой произведение двух матричных экспонент // Вестник фонда фундаментальных исследований. – 2006. № 4. С. 75–84.
7. Hindmarsh J. L., Rose R. M. A model of neuronal bursting using three coupled first order differential equations // Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences. 1984. Vol. 221, Iss. 1222. P. 87–102. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.1984.0024>.
8. Мусафиров Э. В. О допустимых возмущениях модели нейрона Хиндмарш – Розе // Достижения и приложения современной информатики, математики и физики : материалы VII Всероссийской науч.-практ. заочной конф., Нефтекамск, 30 ноября 2018 г. Уфа : РИЦ БашГУ, 2018. С. 475–478.
9. Мусафиров Э. В. Допустимые возмущения модели Костицына "хищник-жертва" // Актуальные направления научных исследований XXI в.: теория и практика. 2015. № 7-2 (18-2). С. 248–252.
10. Мусафиров Э. В. Допустимые возмущения системы Лэнгфорда // Проблемы физики, математики и техники. 2016. № 3 (28). С. 47–51.

Алгоритм Дейкстры решения задачи о кратчайшем пути

Неделько Н. С., Солодовник Ю. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения, e-mail: nedelikons@mstu.edu.ru)

Аннотация. Задача поиска кратчайшего пути является главной задачей, решаемой в ГИС, и имеет множество применений на практике. В данной статье показан один из алгоритмов решения задачи поиска кратчайшего пути с использованием теории графов.

Abstract. The task of finding the shortest path is the main problem solved in a GIS and has many applications in practice. This article shows one of the algorithms for solving the shortest path search problem using graph theory.

Ключевые слова: задача о кратчайшем пути, ГИС, граф, Алгоритм Дейкстры

Key words: shortest path problem, GIS, graph, Dijkstra's algorithm

Задача о кратчайшем пути является самой распространённой задачей, решаемой в ГИС [1]. Здесь необходимо не только компьютерного представление геоданных, а также моделирование и анализ географических объектов большой размерности, их наглядное представление.

Данная задача имеет различные практические применения [2]:

– в GPS-навигаторах, при осуществлении поиска кратчайшего пути между объектами. В качестве вершин выступают рассматриваемые объекты, а ребрами являются дороги между объектами. Если сумма всех расстояний между объектами будет минимальной, тогда найден самый короткий путь;

– при передаче пакетов в сети;

– в автопилотах и т. д.

Задача о кратчайшем пути является классической задачей, решаемой при помощи теории графов [3].

В литературе рассмотрено несколько алгоритмов для решения задач такого типа (Алгоритм Беллмана-Форда, Алгоритм Дейкстры, Алгоритм поиска A^* и т. д.). Более подробно остановимся на алгоритме Дейкстры, который позволяет решать достаточно объёмные задачи.

При выполнении алгоритма во время перехода от вершины n к следующей вершине k используются следующие обозначения:

a_n – кратчайшее расстояние от исходной вершины 1 до вершины n ;

b_{nk} – длина ребра (n, k) .

Тогда, для вершины k метка $[a_k, n]$ определяется следующим образом:

$$[a_k, n] = [a_n + b_{nk}, n], b_{nk} \geq 0.$$

В алгоритме определены 2 типа меток: временные и постоянные. Временная метка в процессе выполнения алгоритма остаётся временной, если будет найден более короткий путь к данной вершине, или заменяется на постоянную, если не существует более короткого пути от исходной вершины к данной.

Схема алгоритма Дейкстры состоит в следующем:

Шаг 0. Для исходной вершины записываем метку $[0, -]$, $n = 1$.

Шаг n .

а) Вычисляем метки $[a_n + b_{nk}, n]$ для всех вершин k , которые можно достичь из вершины n и не имеющие постоянных меток. Если для вершины k уже определена метка $[a_k, x]$, полученная от другой вершины x , и если $a_n + b_{nk} < a_k$, тогда метка $[a_k, x]$ заменяется на $[a_n + b_{nk}, n]$;

б) Если всем вершинам присвоены постоянные метки, то вычисления заканчиваются. Если еще присутствуют временные метки, то выбираем метку $[a_r, t]$, у которой значение a_r наименьшее среди всех временных меток.

В результате выполнения алгоритма на каждом шаге получаем таблицу меток.

Рассмотрим решение следующей задачи: пусть имеется транспортная сеть, состоящая из пяти городов, расстояния между городами указаны в километрах (рис. 1). Необходимо определить расстояния от 1-й вершины до всех остальных вершин.

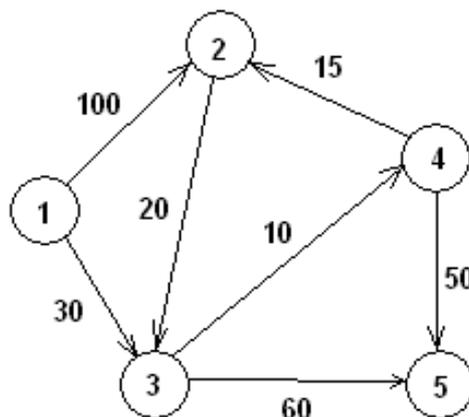


Рисунок 1 – Граф транспортной сети

Шаг 0. Назначаем вершине 1 постоянную метку $[0, -]$.

Шаг 1. Из вершины 1 можно попасть в вершины 2 и 3. Вычислим метки для этих вершин по алгоритму. В результате получим таблицу меток (табл. 1).

Таблица 1 – Таблица меток шага 1

Вершина	Метка	Статус метки
1	[0, -]	Постоянная
2	$[0 + 100, 1] = [100, 1]$	Временная
3	$[0 + 30, 1] = [30, 1]$	Временная

Среди вершин 2 и 3 вершина 3 имеет наименьшее расстояние ($u_3 = 30$). Поэтому метка этой вершины изменяется на "постоянная".

Шаг 2. Из вершины 3 (последней с постоянной меткой) можно попасть в вершины 4 и 5. Согласно алгоритму получаем таблицу вершин (табл. 2).

Временный статус метки $[40, 3]$ вершины 4 заменяется на постоянный ($u_4 = 40$).

Таблица 2 – Таблица меток шага 2

Вершина	Метка	Статус метки
1	[0, -]	Постоянная
2	[100, 1]	Временная
3	[30, 1]	Постоянная
4	$[30 + 10, 3] = [40, 3]$	Временная
5	$[30 + 60, 3] = [90, 3]$	Временная

Шаг 3. Временную метку $[100, 1]$, которую получили при вершине 2 на втором шаге, изменяем на $[55, 4]$. На третьем шаге (табл. 3) при вершине 5 получаем две метки с одинаковым значением $u_5 = 90$.

Таблица 3 – Таблица меток шага 3

Вершина	Метка	Статус метки
1	[0, -]	Постоянная
2	$[40 + 15, 4] = [55, 4]$	Временная
3	[30, 1]	Постоянная
4	[40, 3]	Постоянная
5	$[90, 3]$ или $[40 + 50, 4] = [90, 4]$	Временная

Шаг 4. На данном шаге метка вершины 2 меняет статус на "постоянная". Временная метка остается только у вершины 5, процесс вычислений заканчивается.

Произведенные вычисления можно показать на графе (рис.2).

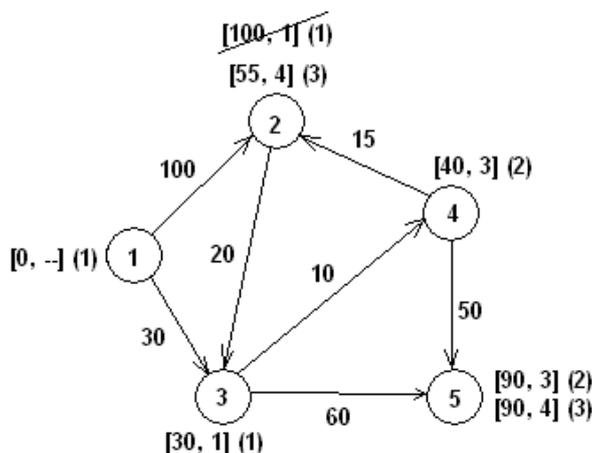


Рисунок 2. – Вычисления на графе по алгоритму Дейкстры

Кратчайшее расстояние от вершины 1 к любой другой вершине определяется, начиная с вершины k , при прохождении вершин в обратном порядке.

Например, при определении кратчайшего расстояния между вершинами 1 и 2 получаем такой обратный порядок прохождения вершин:

$$(2) \rightarrow [55, 4] \rightarrow (4) \rightarrow [40, 3] \rightarrow (3) \rightarrow [30, 1] \rightarrow (1).$$

Получаем путь $1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 2$ общей длиной 55 километров.

Таким образом, рассмотренный алгоритм Дейкстры позволяет решить задачу о кратчайшем пути, которая обширно используется в геоинформационных системах при моделировании и анализе геоданных. Формализация и схематичность алгоритма дает возможность автоматизировать решение задачи большой размерности.

Библиографический список

1. Сетевой анализ в ГИС. URL: <http://kadastrua.ru/gis-tekhnologii/212-setevoj-analiz-v-gis.html>.

2. Красовская О., Скатерщиков С., Тясто С., Хмелефа Д. ГИС в системе территориального планирования и управления территорией // ArcReview. 2003. № 3 (38). URL: https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=1564&SECTION_ID=43.

3. Просветов Г. И. Дискретная математика. Задачи и решения : учеб. пособие. Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 222 с.

Определение наилучшего аналитического задания связи между плотностью и акустической жесткостью

Рожков А. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра математики, информационных технологий и программного обеспечения, e-mail: ctvtjdbxss@mail.ru)

Аннотация. Работа посвящена совмещенной обратной задаче геофизики. В ней, для двумерной геологической среды околоскважинного пространства, решена задача определения наилучшей аналитической функции, задающей связь между плотностью и акустической жесткостью и определение с ее помощью плотности, скорости и границ слоистой геологической среды с произвольными границами раздела слоев.

Abstract. The work is devoted to the combined inverse problem of Geophysics. In it, for the two-dimensional geological medium of the near-well space, the problem of determining the best analytical function that determines the relationship between density and acoustic stiffness and determining with its help the density, velocity and boundaries of the layered geological medium with arbitrary boundaries of the layers is solved.

Ключевые слова: совмещенная обратная задача геофизики околоскважинное пространство, плотность, скорость

Key words: combined inverse problem of geophysics, vicinity of borehole, density, velocity

Введение

В настоящее время при установлении региональной зависимости между скоростью продольных волн и плотностью используется большой объем фактического материала, который обрабатывается вероятностными методами. Подчеркнем, что устанавливается региональная зависимость, т. е. зависимость общая для всего отдельно взятого региона.

В этой работе упомянутая зависимость определяется в околоскважинном пространстве, т. е. в значительно меньшем объеме геологической среды и, более того, для каждого слоя тонкослоистой геологической среды, т. е. определяется значительно более детально.

Результат достигается не статистическими методами, а решением нелинейной системы уравнений, связывающей известные и неизвестные величины, и поэтому может быть оценена единственность решения этой системы. В результате может достигаться единственность решения и более высокая точность.

Постановка задачи

В настоящее время используются различные аналитические функции описывающие связь между скоростью и плотностью в геологической среде.

Например, из волнового уравнения, вытекает связь между плотностью и скоростью как продольных, так и поперечных волн в виде

$$V = (K/\rho)^{1/2},$$

где K – эффективный упругий параметр, ρ – плотность, V – скорость либо продольных, либо поперечных волн, в зависимости от значения K .

Данные Гарднера и др. [1] соответствуют зависимости

$$\rho = aV^{1/4},$$

где ρ выражено в г/см³, V – в м/с при $a=0,31$ и в фут/с при $a = 0,23$. Соль ангидрит и уголь не подчиняются этой зависимости.

Для основных литотипов пород (песчаники, глины, известняки и доломиты) многочисленными исследованиями, в том числе в работах [4] также установлена степенная зависимость, но более общего вида:

$$V = m\rho^l,$$

где m и l константы подлежащие определению, а также выяснено, что некоторые породы не подчиняются этой зависимости (соль, гипс, ангидрит, уголь).

В работе [5], приводится зависимость $\rho(V) = a + b \cdot \ln(|V + c|)$, где параметры a , b и c определены для двух диапазонов скоростей. 1) $a = 2933$, $b = -518$, $c = -7.595$ при $V \leq 5.5$ км/с; 2) $a = 1656$, $b = 1068$, $c = -3.181$ при $V > 5.5$ км/с.

В этой работе для двумерной геологической среды околоскважинного пространства, будет коротко изложена лишь суть решения задачи определения наилучшей аналитической функции, задающей связь между плотностью и акустической жесткостью и определение с ее помощью плотности, скорости и границ слоистой геологической среды с произвольными границами раздела слоев.

В работе предполагается, что в каждом слое известны акустическая жесткость (произведение скорости на плотность) и времена пробега сейсмических волн как функции от горизонтальной координаты x . Эти функции произвольны, т. е. на них не налагаются никакие ограничения. Известно также положение верхней границы первого слоя, а также гравиметрический эффект, наблюдаемый в гравиметрах, от всей, лежащей под ними толщей. Сейсмические и гравиметрические данные замерены на этой верхней горизонтальной границе. Рассматривается скважина, в каждом слое которой по данным ГИС известна плотность ρ .

Алгоритм вычисления плотности, скорости и границ слоистой геологической среды

Пусть задана некоторая зависимость между акустической жесткостью и плотностью с неизвестными параметрами a_1, a_2, \dots, a_h ,

$$C = C(\rho, a_1, a_2, \dots, a_h), \quad (1)$$

где h , число параметров, a_1, a_2, \dots, a_h – константы, подлежащие определению. Определив эти параметры, мы тем самым установим искомую связь между акустической жесткостью и плотностью, причем заданного аналитического вида.

Поясним, опираясь на алгоритм, изложенный в работе "Определение плотности, скорости и границ слоистой геологической среды околоскважинного пространства с криволинейными границами раздела" [6] как это сделать. Исследование алгоритма показывает, что для того, чтобы решить эту задачу необходимо и достаточно иметь начальные значения (приближенные) искомых параметров. Кроме того, для этих и последующих параметров необходимо вычислять гравиметрический эффект как от исследуемой геологической среды, так и от нижележащей толщи в пунктах приема, используя для этого формулу для вычисления аномалии силы тяжести в двумерном случае, когда плотность зависит только от координаты ξ (рис. 2), Формула имеет вид:

$$W_{zi}(x, z) = f \int_{\xi_1}^{\xi_2} \rho_i(\xi) \ln \frac{(\xi - x)^2 + (z_{i2}(\xi) - z)^2}{(\xi - x)^2 + (z_{i1}(\xi) - z)^2} d\xi$$

ξ – это координата по x , z – координата по z , (x, z) – координаты гравиметрического пункта.

Формула (1) дает гравитационный эффект от пласта ограниченного верхней границей $z_i(\xi)$ и нижней $z_{i+1}(\xi)$. Здесь i – номер слоя. В результате для вычисления гравиметрического эффекта получается аналитическая функция, представляющая собой суперпозицию аналитических функций $z_i(\xi)$, $z_{i+1}(\xi)$ и $\rho_i(\xi)$.

Используя заданную аналитическую функцию (1) мы можем вычислить плотность ρ при заданных параметрах a_1, a_2, \dots, a_h , а затем, зная акустическую жесткость C , вычислить скорость V при тех же параметрах. Поэтому мы, так же как это сделано в работе "Определение плотности, скорости и границ слоистой геологической среды околоскважинного пространства с криволинейными границами раздела", можем вычислить и функции $z_i(\xi)$, $z_{i+1}(\xi)$ для тех же параметров. Таким образом, гравиметрический эффект при заданных параметрах a_1, a_2, \dots, a_h , будет выражаться суперпозицией аналитиче-

ских функций, т. е. будет выражаться аналитической функцией. Обозначим ее, например, $F(a_1, a_2, \dots, a_n)$. Следовательно, мы можем, используя известные методы вычисления частных производных, найти аналитические выражения частных производных этой функции по всем параметрам a_1, a_2, \dots, a_n . В работе "Определение плотности, скорости и границ слоистой геологической среды околоскважинного пространства с криволинейными границами раздела" [6] показано как, вычислив гравиметрический эффект от исследуемой среды при заданных параметрах a_1, a_2, \dots, a_n , найти приближенно параметры функции, выражающей гравиметрический эффект от нижней толщи.

Как и в работе "Определение плотности, скорости и границ слоистой геологической среды околоскважинного пространства с криволинейными границами раздела" [6], искомые параметры могут быть найдены с помощью одного из итерационных методов. Зная начальные параметры и вычисляя для этих параметров гравиметрический эффект $F(a_1, a_2, \dots, a_n)$, и его частные производные мы можем найти следующие, более точные значения искомых параметров на каждой последующей итерации. В результате мы вычислим эти параметры с максимально возможной точностью для данной модели среды и заданной функции (1). Вычислив эти параметры для каждого слоя, мы вычислим и плотности $\rho_i(x)$ в слоях, а также скорости и границы раздела слоев как функции от горизонтальной координаты.

После этого вычисляем гравиметрический эффект от построенной, с этими плотностями, модели среды, и сравниваем его с реальным эффектом, измеренным в пунктах гравиметрических измерений. Для этого вычисляем среднеквадратичное отклонение между вычисленным и реальным гравиметрическими эффектами. Это отклонение запоминаем.

Точно так же рассчитываем среднеквадратичное отклонение между вычисленным и реальным эффектами для всех других предполагаемых аналитических зависимостей между плотностью и акустической жесткостью (или скоростью).

Наилучшей зависимостью считаем ту, при которой гравиметрический эффект от построенной, модели среды с этой зависимостью, имеет минимальное, по сравнению с другими гравиметрическими эффектами отклонение от реального эффекта.

Заключение

В настоящее время при установлении региональной зависимости между скоростью продольных волн и плотностью используется большой объем фактического материала, который обрабатывается вероятностными методами.

Подчеркнем, что устанавливается региональная зависимость, т. е. зависимость общая для всего отдельно взятого региона.

В этой работе упомянутая зависимость определяется в околоскважинном пространстве, т. е. в значительно меньшем объеме геологической среды и, более того, для каждого слоя тонкослоистой геологической среды, т. е. определяется значительно более детально.

Результат достигается не статистическими методами, а решением нелинейной системы уравнений, связывающей известные и неизвестные величины, и поэтому может быть оценена единственность решения этой системы. Следовательно, может достигаться единственность решения и совершенно несопоставимый с предыдущими работами по точности результат. Это, в свою очередь, дает возможность определять детально с высокой точностью распределения давления в геологической среде.

Выявляя, таким образом, наилучшую аналитическую функцию, задающую связь между плотностью и акустической жесткостью, для каждого небольшого участка среды мы можем произвести классификацию геологических сред. При этом мы будем относить к одному и тому же классу все участки геологической среды, для которых наилучшую связь между скоростью и плотностью осуществляет одна и та же аналитическая функция.

Библиографический список

1. Gardner G. H. F., Gardner L. W., Gregory A. R. Formation Velocity and Density—The Diagnostic Basics for Stratigraphic Traps // *Geophysics*. 1974. Vol 39, Iss. 6. P. 770–780. DOI: <https://doi.org/10.1190/1.1440465>.

2. Гогоненков Г. Н., Захаров Е. Т., Эльманович С. С. Прогноз детального скоростного разреза по сейсмическим данным // *Прикладная геофизика*. 1980. Вып. 97. С. 58–72.

3. Tal-Virsky B. B., Tabakov A. A. High-resolution prediction of acoustic impedances below bottom-of-hole. *Geophysical Prospecting*. 1983. Vol 31, No 2. P. 225–236. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2478.1983.tb01052.x>.

4. Гогоненков Г. Н. Изучение детального строения осадочных толщ сейсморазведкой. М. : Недра, 1987. 221 с.

5. Глазнев В. Н. Комплексные геофизические модели литосферы Фенноскандии. Апатиты : КаэМ, 2003. 252 с.

6. Рожков А. С. Определение плотности, скорости и границ слоистой геологической среды околоскважинного пространства с криволинейными границами раздела. *Геофизические исследования*. 2016. Т. 17, № 4. С. 67–77.

Применение математических моделей комбинированных биоинспирированных алгоритмов для реализации криптоанализа асимметричных и блочных систем шифрования

Сергеев А. С. (г. Ростов-на-Дону, ФГБОУ ВО "Донской государственный технический университет", кафедра автоматизации производственных процессов, e-mail: sergeev00765@mail.ru)

Аннотация. Рассматривается задача криптоанализа с использованием новой модели оптимизационных стратегий – комбинированных биоинспирированных алгоритмов, разработанных по методу гибридизации вложением. Исследуется возможность построения и применения математических моделей и численных методов криптоанализа на основе комбинированных биоинспирированных методов для криптоанализа асимметричных и блочных систем шифрования.

Abstract. The cryptanalysis task with use of new model of optimizing strategy – the combined bioinspired algorithms developed by a hybridization method with an investment is considered. The possibility of construction and application of mathematical models and numerical methods of cryptanalysis on the basis of the combined bioinspired methods for cryptanalysis of asymmetric and block systems of enciphering is investigated.

Ключевые слова: комбинированный биоинспирированный алгоритм, гибридизация вложением, асимметричные и блочные криптосистемы, численные методы

Key words: Combined bioinspired algorithm, hybridization by an investment, asymmetric and block cryptosystems, numerical methods

Введение. Известно, что научное направление "природные вычисления", объединяющее математические методы, в которых заложен принцип природных механизмов принятия решений, в последние годы получает все более широкое распространение для решения различного круга задач оптимизации, в том числе задач криптоанализа. В [1] авторами рассматривалось решение задач криптоанализа, относящихся к переборным задачам с экспоненциальной временной сложностью: традиционных симметричных криптосистем, использующих шифры перестановки и замены, в [2; 4] – симметричных и асимметричных криптосистем с использованием алгоритмов муравьиных и пчелиных колоний. Исследованию возможности применения методов генетического поиска для реализации криптоанализа блочных криптосистем посвящена работа [3].

В настоящее время возникает вопрос о возможности применения комбинированных биоинспирированных алгоритмов для реализации криптоанализа, в частности, о возможности разработки методов, сочетающих основные черты генетических и муравьиных алгоритмов. В этом плане можно отметить работу [5], посвященную разработке популяционных алгоритмов

оптимизации (в том числе гибридизации популяционных алгоритмов), в которой отмечаются три категории гибридных алгоритмов: вложенные алгоритмы, алгоритмы типа препроцессор/постпроцессор, коалгоритмы. Общая схема последовательной высокоуровневой гибридизации вложением представлена в [5], примеры высокоуровневой гибридизации – комбинированные алгоритмы криптоанализа шифров перестановок (комбинирование генетического алгоритма, а также алгоритмов муравьиных и пчелиных колоний) приведены в [6; 7].

Математическое моделирование в криптоанализе и численные методы криптоанализа. Криптоанализ тесно связан с математическим моделированием. Под *математической моделью* применительно к криптоанализу понимается представление о скрытой реальности (процессов шифрования и дешифрования сообщений) в математическом описании некоторой системы, исследование которой предоставляет информацию о данной реальности. *Математическое моделирование* в задачах криптоанализа представляет собой процессы обоснования, формирования и исследования математических моделей для решения задач криптоанализа. В задачах криптоанализа объектом исследования являются закрытые и соответствующие им открытые сообщения, а предметом исследования – методы и алгоритмы шифрования и дешифрования. Объект исследования заменяется математической моделью, которая подвергается изучению. В результате моделирования реализуется процесс построения модели объекта – системы криптоанализа и производится исследование свойств моделируемой системы для решения различных задач с использованием разнообразных методов и средств. Математические методы криптоанализа описывают объекты или процессы в их идеальном состоянии, которые построены на этапе *содержательного моделирования*.

Под *численными методами* понимаются методы приближённого решения математических задач, которые сводятся к выполнению определённого количества элементарных операций над числами. Благодаря численным методам, математические задачи сводятся к вычислениям, производимыми вручную или с помощью компьютеров. Современные проблемы криптоанализа невозможно решить без привлечения мощной вычислительной техники, которая функционирует по алгоритмам, базирующимся на численных методах. Каждый из численных методов имеет некоторый набор характеристик, важнейшими из которых являются *точность, погрешность, сходимость, устойчивость, минимизация трудоемкости*.

Применение математических моделей криптоанализа (комбинированных биоинспирированных алгоритмов) для криптоанализа асимметричных и блочных криптосистем. Основные понятия асимметричных криптосистем, а также их первый представитель – алгоритм *RSA* – описаны в [2]. Следует заметить, что действующие ассиметричные алгоритмы шифрования, в основном, основаны на задачах факторизации (например, алгоритм *RSA*) и дискретного логарифмирования в различных алгебраических структурах. Для криптоанализа асимметричных шифров применяется универсальный метод, например, так называемый метод "встречи посередине".

Также возможный подход для криптоанализа асимметричных криптосистем связан с проблемой факторизации целых чисел и дискретного логарифмирования, на которой основывается асимметричный шифр *RSA*.

Отметим, что в [2] описано применение алгоритма генетического поиска для решения задачи определения вариантов разложения заданного числа N на множители (т. е. нахождения делителей большого целого числа N). При этом при криптоанализе асимметричных криптосистем (с помощью алгоритма *RSA*) актуальной является задача: если число N известно получателю в качестве модуля, то можно ли представить число N в виде произведения двух простых чисел P и Q , т. е. $N = P \cdot Q$, где P и Q – простые числа. Как отмечено в [2], задача разложения чисел на простые множители, как и задача проверки простоты числа является одной из основных теоретико-числовых задач, используемых в криптографии.

Рассмотрим возможность применения комбинированного метода, представляющего собой комбинирование генетического и муравьиного алгоритмов нахождения делителей числа, разработанных в [2; 4], для поиска на числовом отрезке $[0, N]$ точки D , удовлетворяющей условию

$$OD = n_1 \cdot P, DN = n_2 \cdot P, n_1 \cdot P + n_2 \cdot P = P \cdot Q,$$

где O – начало отрезка, N – конец отрезка, n_1, n_2 – целые числа, P, Q – простые числа (т. е. для поиска точки D , являющейся делителем числа N).

1. Представить пространство отрезка $[0, N]$ в виде вершин графа, где вершины соответствуют популяции чисел, принадлежащих данному отрезку. Определить оценки: L^* – длины оптимального маршрута, F^* – точности решения, задать номер итерации $t = 1$.

2. Случайным равновероятным образом формируются M маршрутов муравьев, включающих заданное число вершин m , для каждого маршрута i определить значение целевой функции L_i как $L_i = \sum_{i=1}^m F(x_i)$, где $F(x_i)$ – вес

вершины графа x_i , определяемый как $F(x_i) = \left(\frac{N}{x_i}\right) - [N/x_i]$, т. е. равен дробной части частного, полученного от деления числа N на число x_i . Подсчитать значение целевой функции для каждой вершины D маршрута как $\frac{N-D}{D} = n -$ целое, $D \cdot (n + 1) = N$.

3. Проведение операции кроссинговера полученных маршрутов-индивидуумов путем представления множества чисел, соответствующих вершинам, в двоичной форме и проведения кроссинговера над полученными двоичными хромосомами.

4. Проведение операции мутации индивидуумов популяции на основе заданной нормы мутации, получение заданного количества мутированных потомков путем обмена значений генов в произвольно выбранных позициях. Подсчет целевых функций L_i вновь полученных маршрутов-индивидуумов.

5. Провести отбор маршрутов-индивидуумов для формирования нового поколения и сокращения популяции в соответствии с заданным критерием отбора.

6. На ребрах ij каждого маршрута r отложить количество феромона, определяемое как $\Delta\tau_{ij}^r = W/L_r(t)$ (W – параметр порядка длины оптимального маршрута, определяющий уменьшение $\Delta\tau_{ij}^r$ с увеличением целевой функции (длины маршрута $L_r(t)$)).

7. Для каждого ребра ij определить результирующую концентрацию феромона как $\tau_{ij} = \sum_{n=1}^p \Delta\tau_{ij}^n$, где p – количество маршрутов, которым принадлежит данное ребро.

8. Для каждого ребра провести испарение феромона в соответствии с формулой $\tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho) \cdot \tau_{ij}(t)$, где ρ – коэффициент испарения.

9. Если получен маршрут $T_r(t)$ длиной $L_r(t)$, которая предпочтительнее L^* , и маршрут содержит вершину x_i , для которой $F(x_i) < F^*$, то обновить L^* и F^* .

10. Сформировать $d \cdot M$ новых маршрутов муравьев ($d < 1$), для которых определяются критерии L_{M+1}, \dots, L_{M+d} . Если оптимальное значение критерия не изменяется в течение достаточно большого количества циклов, то поиск завершается с найденным значением кратчайшей длины маршрута L^* и вершины x_i , для которой $F(x_i)$ минимально, в противном случае провести селекцию индивидуумов, определить $t = t + 1$ и произвести возврат к шагу 3 алгоритма.

Отметим, что, как и в [6], в данном алгоритме операторы 2–5, 10 соответствуют операторам генетического алгоритма обеспечивая формирование

пространства решений и глобальный поиск, операторы 6–9 соответствуют операторам муравьиного алгоритма и обеспечивают локальный поиск в пространстве решений.

Отметим, что для повышения эффективности гибридного алгоритма возможно (аналогично [6]) использование весового коэффициента R , который может быть использован для уменьшения (или увеличения) веса вершин, наиболее близкого к оптимальному (или далекого от оптимального). Также для формирования маршрутов может быть использовано определение вероятности перехода P_{ij} между вершинами x_i и x_j , которая аналогично [2, 4] может быть определена как $P_{ij}(t) = 1 / (\frac{F_j}{\sum_{l \in J} F_l})$, где F_j – вес вершины j , J – множество всех вершин пространства поиска. Очевидно, применение данного соотношения при формировании маршрутов приведет к тому, что вершины с наименьшим весом (т. е. являющиеся делителями числа N с наибольшей точностью) будут принадлежать максимальному количеству маршрутов с наибольшей вероятностью.

Отметим, что применение биоинспирированных методов для криптоанализа блочных криптосистем (генетических алгоритмов, алгоритмов муравьиных и пчелиных колоний) рассмотрено в [3]. Как отмечено в [3], отличительной особенностью применения биоинспирированных методов криптоанализа является возможность использования самого алгоритма шифрования (или расшифрования) в качестве целевой функции для оценки пригодности ключа, определенного с помощью генетических операций. Поэтому можно утверждать, что при использовании биоинспирированных методов процесс определения секретного ключа зависит не столько от сложности шифрующих преобразований, сколько от самого биоинспирированного метода, который должен обеспечивать достаточное разнообразие генерации ключей. Данный момент является определяющим также при использовании комбинированных методов определения ключей, реализация которых может осуществляться аналогично методам, описанным в [3].

Следует также заметить, что задача определения секретного ключа является в общем случае задачей нахождения экстремума немонотонной функции, значение которой в каждой точке не дает информации о приближении к оптимуму. В этом плане изучение эффективности применения биоинспирированных методов направленно-случайного поиска и их комбинированных вариантов (с использованием гибридизации "вложением") является одной из актуальных на сегодняшний день задач.

Выводы. Таким образом, среди результатов данной работы можно отметить следующие: отмечена актуальность исследования возможности применения методов направленно-случайного поиска (биоинспирированных методов) для решения задачи криптоанализа, рассмотрены возможности построения математических моделей криптоанализа на основе комбинированных биоинспирированных методов, разработан "гибридный" биоинспирированный алгоритм для задачи факторизации составных чисел.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 17-01-00375).

Библиографический список

1. Чернышев Ю. О., Сергеев А. С., Дубров Е. О., Крупенин А. В., Третьяков О. П. Криптографические методы и генетические алгоритмы решения задач криптоанализа : [монография]. Краснодар : ФВАС, 2013. 138 с.

2. Чернышев Ю. О., Сергеев А. С., Дубров Е. О., Крупенин А. В., Капустин С. А., Рязанов А. Н. Биоинспирированные алгоритмы решения задач криптоанализа классических и асимметричных криптосистем: монография / под общ. ред. Ю. О. Чернышева. Краснодар : КВВУ. 2015. 132 с.

3. Чернышев Ю. О., Сергеев А. С., Дубров Е. О., Рязанов А. Н. Применение биоинспирированных методов оптимизации для реализации криптоанализа блочных методов шифрования: [монография]. Ростов-на-Дону: издательство ДГТУ, 2016. 177 с.

4. Сергеев А. С., Третьяков О. П., Васильев А. Е., Чернышев Ю. О. Биоинспирированные методы криптоанализа асимметричных алгоритмов шифрования на основе факторизации составных чисел // Вестник ДГТУ. 2011. Т. 11, № 9 (60). С. 1544–1554.

5. Карпенко А. П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. 446 с.

6. Чернышев Ю. О., Сергеев А. С. Применение комбинированного биоинспирированного алгоритма (генетический алгоритм и алгоритм муравьиных колоний) для реализации криптоанализа шифров перестановок // Известия СПбГЭТУ "ЛЭТИ". 2017. № 9. С. 33–44.

7. Чернышев Ю. О., Сергеев А. С. Применение комбинированных биоинспирированных стратегий (генетический алгоритм и алгоритм пчелиных колоний) для реализации криптоанализа классических шифров перестановок // Инженерный вестник Дона. 2017. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4518.

Предвычисление многолетних колебаний годового стока реки Анадырь

Ушаков М. В. (г. Магадан, ФГБУН "Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило" ДВО РАН, лаборатория геологии кайнозоя и палеомагнетизма, e-mail: mvilorich@narod.ru)

Аннотация. В многолетних колебаниях годового стока р. Анадырь, протекающей по Чукотке, при помощи спектрального анализа выявлены 4-летние и 6-летние циклы. На основе этих гармоник получена формула для предвычисления годового стока р. Анадыря.

Abstract. Resume. In the perennial fluctuations of the annual flow of the Anadyr River, which flows through Chukotka, 4-year and 6-year cycles were revealed using spectral analysis. Based on these harmonics, a formula was obtained for predicting the annual runoff p. Anadyr.

Ключевые слова: годовой сток, спектральный анализ, гармоники, предвычисление

Key words: annual flow, spectral analysis, harmonics, prediction

Для более эффективного использования ресурсов речных вод необходимы долгосрочные прогнозы стока [1; 2]. Наиболее крупной водной артерией на Чукотке является р. Анадырь, ее длина составляет 1 150 км, площадь водосбора – 191 000 км² [3]. Реки рассматриваемого бассейна имеют рыбопромысловое значение, а также в перспективе могут рассматриваться как гидроэнергетический ресурс.

В данной работе ставится цель, разработать компьютерную программу для предвычисления многолетних колебаний годового стока реки Анадырь (Восточная Чукотка).

Характерной особенностью водосбора является суровый климат [4], широкое распространение многолетней мерзлоты [5]. Внутригодовое распределение стока рек исследуемого района весьма неравномерно (рис. 1). В теплую часть года (июнь-сентябрь) протекает основная масса воды (94–99 %). В зимние месяцы сток незначителен. На реках ежегодно формируется высокое снеговое или снегодождевое половодье. Как правило, в среднем за год наблюдается от одного до четырех дождевых паводков. Наименьшие расходы воды в реках за период открытого русла могут наблюдаться в любой летний месяц, преимущественно во второй половине лета и осенью. Минимальные зимние расходы наблюдаются преимущественно в апреле – начале мая. Наиболее подробное описание гидрологического режима рек Чукотки приведены в [3].

В работе были использованы данные многолетних наблюдений на гидрологическом посту р. Анадырь – с. Снежное (площадь водосбора 106 000 км²), которые непрерывно велись в 1958–1993 гг. К сожалению, с 1994 г. наблюдения за стоком в бассейне р. Анадыря были прекращены.

Ряд годового стока не имеет тренда, коэффициент автокорреляции статистически не значим. Для исследования частотной структуры многолетних колебаний рассматриваемого ряд был проведен спектральный анализ. Спектральная функция $S(T)$ рассчитывалась с использованием весовой функции Хэмминга по формуле [6]

$$S(T) = 1 / 2\pi + \sum_{\tau=1}^m [(0,54 + 0,46 \cos(\pi\tau / m))r(\tau) \cos(2\pi\tau / T)] / \pi, \quad (1)$$

где T – период ($T = 1, 2, \dots, m$ лет); τ – сдвиг по времени с дискретностью 1 год; m – максимальный сдвиг по τ ($m = n/2$ лет); n – длина ряда; $r(\tau)$ – ординаты автокорреляционной функции.

Пики спектрограммы (рис. 1) указывают с уровнем значимости 5 % на наличие в колебаниях годового стока р. Анадыря гармоник с периодом 4 и 6 лет. Доверительная граница спектральной плотности рассчитывалась по критерию Тьюки [6].

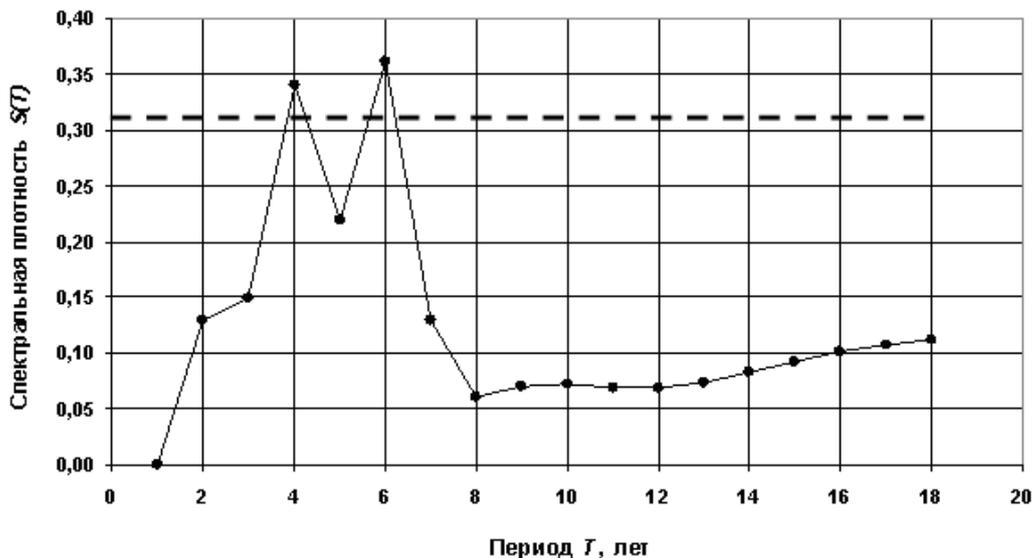


Рисунок 1 – Спектрограмма колебаний модуля годового стока р. Анадыря у с. Снежного (пунктирной линией обозначена доверительная граница при уровне значимости 5 %)

Отсутствие связи между смежными значениями годового стока, наличие 4-летнего и 6-летнего циклов говорят о том, что многолетние колебания стока р. Анадыря соответствуют модели случайного процесса по схеме сложной цепи Маркова [7]. А значит, годовой сток в принципе может поддаваться прогнозированию.

Используя гармоники с периодом 4 и 6 лет, многолетние колебания модуля годового стока можно аппроксимировать гармонической функцией (2) (рис. 2)

$$M_i = 9,44 + 1,02 \cos(2\pi(i - 1954) / 6) + 1,15 \cos(2\pi(i - 1954) / 4), \quad (2)$$

где M_i – расчетный сток; i – календарный год.

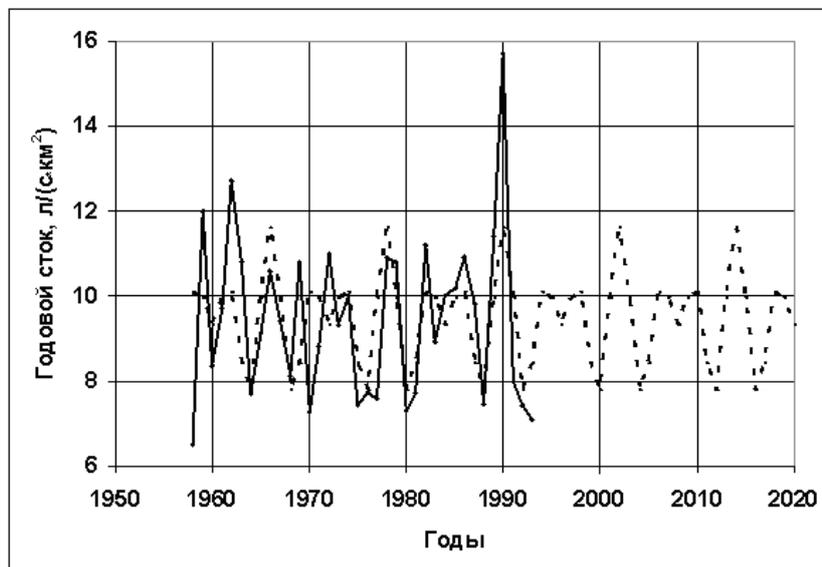


Рисунок 2 – Колебания годового стока р. Анадыря у с. Снежного (сплошная линия) и их аппроксимация (пунктир)

О качестве предвычисления колебаний годового стока р. Анадыря у с. Снежного можно судить по табл. Отношение среднеквадратичного отклонения S расчетного стока от фактического за весь период наблюдений к среднеквадратичному отклонению исходного ряда модуля стока σ составило 0,82. Определяемость прогнозов составила 63,8 %, что на 24,9 %, выше природной обеспеченности (определяемости "прогнозов" при постоянной ориентации на норму). Наибольшая ошибка прогноза приходится на 1990 г., когда модуль годового стока был крайне большим, вероятностью превышения 0,4 %, но надо заметить, что знак аномалии расчетной величины и наблюдаемой совпал (см. рис. 2). Если же этот год исключить из подсчета, то отношение $S/\sigma = 0,74$, т. е. по формуле (2) можно предвычислять годовой сток.

**Международная научно-практическая конференция
"Наука и образование в Арктическом регионе"**

Таблица – Оценка качества предвычисления колебаний годового стока р. Анадыря у с. Снежного по формуле (б). Допустимая ошибка прогноза 1,33 л/(с·км²)

Год	M , л/(с·км ²)	M' , л/(с·км ²)	$M' - M$, л/(с·км ²)	Успешность прогноза
1958	6,51	10,08	3,57	не оправдался
1959	12	9,95	-2,05	не оправдался
1960	8,35	9,31	0,96	оправдался
1961	9,72	9,95	0,23	оправдался
1962	12,7	10,08	-2,62	не оправдался
1963	10,8	8,42	-2,38	не оправдался
1964	7,71	7,78	0,07	оправдался
1965	9,14	9,95	0,81	оправдался
1966	10,6	11,61	1,01	оправдался
1967	9,43	9,95	0,52	оправдался
1968	8,13	7,78	-0,35	оправдался
1969	10,8	8,42	-2,38	не оправдался
1970	7,27	10,08	2,81	не оправдался
1971	8,8	9,95	1,15	оправдался
1972	11	9,31	-1,69	не оправдался
1973	9,31	9,95	0,64	оправдался
1974	10	10,08	0,08	оправдался
1975	7,42	8,42	1,00	оправдался
1976	7,72	7,78	0,06	оправдался
1977	7,6	9,95	2,35	не оправдался
1978	10,9	11,61	0,71	оправдался
1979	10,8	9,95	-0,85	оправдался
1980	7,3	7,78	0,48	оправдался
1981	7,72	8,42	0,70	оправдался
1982	11,2	10,08	-1,12	оправдался
1983	8,92	9,95	1,03	оправдался
1984	10	9,31	-0,69	оправдался
1985	10,2	9,95	-0,25	оправдался
1986	10,9	10,08	-0,82	оправдался
1987	9,81	8,42	-1,39	не оправдался
1988	7,46	7,78	0,32	оправдался
1989	11,4	9,95	-1,45	не оправдался
1990	15,7	11,61	-4,09	не оправдался
1991	8	9,95	1,95	не оправдался
1992	7,43	7,78	0,35	оправдался
1993	7,08	8,42	1,34	не оправдался
S/σ				0,82
S^*/σ				0,74

Примечания: M – фактический сток; M' – расчетный сток; S – среднеквадратичное отклонение расчетного стока от фактического за весь период наблюдений; σ – среднеквадратичное отклонение исходного ряда стока; S^* – среднеквадратичное отклонение расчетного стока от фактического при исключении из подсчета 1990 г.

Библиографический список

1. Крицкий С. Н., Менкель М. Ф. Гидрологические основы управления водохозяйственными системами. М. : Наука, 1982. 271 с.
2. Резниковский А. Ш., Великанов, М. А., Костина И. Г. [и др.]. Гидрологические основы гидроэнергетики. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1989. 263 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 19. Северо-Восток. Л. : Гидрометеиздат, 1967. 602 с.
4. Север Дальнего Востока / ред. Н. А. Шило. М. : Наука, 1970. 487 с.
5. Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток / под ред. Э. Д. Ершова. М. : Недра, 1989. 515 с.
6. Шелутко В. А. Численные методы в гидрологии. Л. : Гидрометеиздат, 1991. 239 с.
7. Шелутко В. А. Статистические модели и методы исследования многолетних колебаний стока. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 160 с.

**ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРА
НОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ**

Обоснование необходимости разработки методики проведения учебных занятий на основе математических пакетов

Авдеева Е. Н., Кацуба В. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения, e-mail: cazubav@yandex.ru)

Аннотация. В статье анализируются общесистемные изменения, приводящие к необходимости разработки методики проведения учебных занятий на основе прикладных математических пакетов.

Abstract. The article analyzes the system-wide changes that lead to the need to develop a methodology for conducting training sessions on the basis of applied mathematical packages.

Ключевые слова: прикладные математические пакеты, фундаментальная подготовка, компетенции, методика

Key words: Applied mathematical packages, fundamental training, competences, methods

Требования к уровню подготовки современных специалистов с учетом профессиональных стандартов закреплены законодательно в Федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования. Использование программных продуктов для решения задач профессиональной деятельности является одним из основных требований и, как следствие, влечет за собой совершенствование образовательного процесса с учетом этого факта. Педагогика высшей школы подразумевает разработку дидактики и методики преподавания дисциплин образовательных программ. Виды занятий отражены в стандартах: занятия лекционного, семинарского типа, лабораторные работы и пр. Однако содержание, наполнение и процедура реализации требуют пересмотра, глубокого переосмысления и совершенствования методики проведения занятия. Требования к содержанию учебных занятий определяются образовательной организацией самостоятельно. Цель данной работы обосновать необходимость разработки методики проведения занятий на основе математических пакетов.

Следует обратить внимание на высокий темп происходящих изменений в настоящее время не только в системе образования, но и в большинстве сфер деятельности, что обусловлено в частности:

- скоростью генерирования информации (не только нужной и полезной, но и повторяющейся, искаженной, недостоверной в том числе);
- развитием компьютерной техники;
- непрерывным совершенствованием программных продуктов;

– противоречиями между знаниями, объемом информации и правильной ее интерпретацией;

– внедрением новых технологий.

Качественная подготовка профессионалов становится более сложной задачей, ориентированной на обучение специалиста, способного заниматься научными исследованиями. Особую роль в изучении естественнонаучных дисциплин приобретает фундаментальная подготовка, которая должна обеспечивать, в том числе формирование различных компетенций.

В последних ФГОС 3++ стандартах присутствуют компетенции унифицированные, называемые "универсальные компетенции", их 8 и они одинаковы для всех 54 укрупненных групп специальностей и всех направлений подготовки бакалавриата в каждой группе. Первые две из них, относящиеся к категориям "системное и критическое мышление" и "разработка и реализация проектов", указывают на необходимость формирования способностей "осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач", а также "определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений"[1].

Качественная фундаментальная подготовка, крайне необходимая специалисту, получающему высшее образование, начинает "сдавать позиции" из-за негативных факторов, влияющих на образовательный процесс, таких как:

– все возрастающий объем информации и нагрузки на выпускников общеобразовательных учреждений – будущих студентов;

– сокращение или постоянное изменение часов на изучение дисциплин;

– непрерывно изменяющиеся требованиями к результатам освоения основных образовательных программ, представляемых компетенциями,

– катастрофическая перегруженность квалифицированных преподавателей массой ненужного формализма.

Результаты анализа вышеперечисленных факторов представлены в табл. 1–4 и графиках 1–3.

Данные табл. 1 и рис. 1 отражают тенденцию возрастания количества заданий С-уровня (задания повышенного и высокого уровня сложности с развернутым ответом) в ЕГЭ по математике на фоне регулярного изменения общего числа заданий как в большую так и в меньшую сторону[3]. Наблюдается также тенденция увеличения доли заданий С-уровня в общем числе за-

**Международная научно-практическая конференция
"Наука и образование в Арктическом регионе"**

даний, что может быть причиной психологической и информационной перегрузки будущих абитуриентов.

Таблица 1 – Динамика изменения количества заданий С-уровня

Год	Всего заданий в ЕГЭ	Кол-во заданий С-уровня	Процент числа заданий С-уровня
2002	25	3	12
2003	30	4	13,3
2004	27	4	14,8
2005	26	5	19,2
2006	26	5	19,2
2007	26	5	19,2
2008	26	5	19,2
2009	26	5	19,2
2010	18	6	33,3
2011	18	6	33,3
2012	20	6	30
2013	20	6	30
2014	21	6	28,5
2015	21	6	28,5
2016	19	7	36,8
2017	19	7	36,8
2018	19	7	36,8

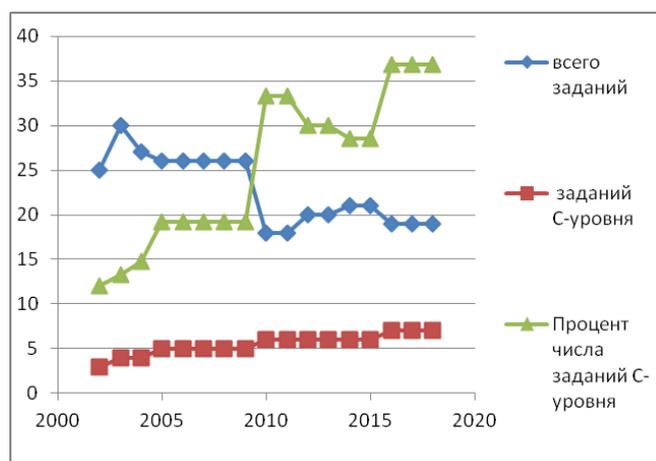


Рисунок 1 – Динамика изменения количества заданий в ЕГЭ

Данные табл. 2 и рис. 2 отражают зависимость между уровнем подготовки абитуриентов, поступающих на специальность "Судовождение" в МГТУ, и относительной долей заданий С-уровня. В силу ограниченности сохранных данных о среднем балле ЕГЭ и среднем балле начального тестового контроля по математике, проводившегося регулярно среди студентов, стро-

гий статистический факторный анализ для этих данных не применялся. Но даже по тем показателям, что были предоставлены кафедрой математики, информационных систем и программного обеспечения можно сделать вывод о том, что увеличение доли заданий С-уровня негативно сказывается на показателях подготовки абитуриентов.

Таблица 2 – зависимость между уровнем подготовки абитуриентов, и относительной долей заданий С-уровня

"Судовождение"		
Год	ЕГЭ	Начальный тест
2008	45	32,6
2009	51	37,3
2010	48	30,7
2011	51	42
2014	50,6	40,8
2015	51	41,2
2017	40	45
2018		52



Рисунок 2 – Динамика изменения величины среднего балла по математике у абитуриентов

Абитуриенты, преодолевшие "балльный рубеж" при поступлении в вуз, оказывались в неравных условиях при получении фундаментальной подготовки. Такая подготовка необходима для осуществления исследований в предметной области по выбранному направлению обучения. На примере направления "Прикладная информатика" может быть отражена общая тенденция непрерывных изменений в учебном процессе при изучении дисциплины Математика. Такие изменения представлены в табл. 3 и на рис. 3, на которых отражены не только нестабильность как в объеме часов, выделяемых на изучение дисциплины Математика (в том числе аудиторной или контактной ра-

боты) так и уменьшение часов в 1,5–2 раза с переходом на двухуровневую систему образования (специалитет → бакалавриат + магистратура). Таким образом, времени на возведение "математического фундамента" у современного бакалавра-магистранта в 1,5–2 раза меньше, чем у студента аналогичного направления подготовки 15 лет назад.

Таблица 3 – изменение объема часов на изучение дисциплины "Математика"

Год	Всего по учебному плану часов	Контактная работа (в том числе) часов
1999	575	306
2000	566	272
2001	600	306
2002	600	306
2003	600	272
2004	566	272
2006	600	272
2011	396	216
2012	396	216
2013	396	216
2014	396	216
2015	396	208
2016	396	208
2017	396	208

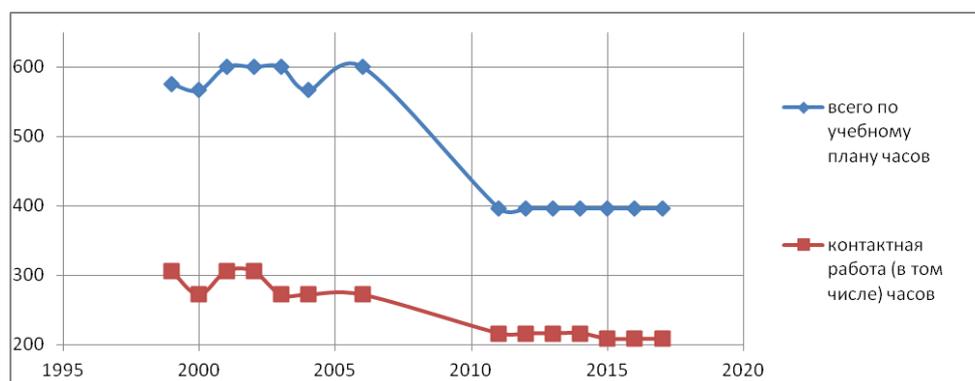


Рисунок 3 – Динамика изменения объема часов на изучение дисциплины "математика", направление "Прикладная информатика", МГТУ

Планируемыми результатами освоения образовательной программы являются компетенции выпускников, устанавливаемые образовательными стандартами в виде Требований к освоению образовательной программы [1; 2].

Периодические изменения требований к результатам освоения программы: изменения видов формируемых компетенций, изменение их количества, неопределенность в измерении показателей сформированности компетенций

(разработка дополнительных индикаторов) по направлению "Прикладная информатика" представлены в табл. 4. Последствия таких изменений сказываются не только на качестве подготовки студентов, но и на непомерном возрастании нагрузки на преподавателей (практически непрерывное переписывание рабочих программ по дисциплинам, изобретение дополнительных обоснований новых компетенций и "околокомпетентностных понятий" не оставляет времени на совершенствование качества обеспечения учебного процесса).

Таблица 4 – изменения видов формируемых компетенций

ФГОС ВПО (утв. 2009 г)			ФГОС ВО (утв. 2015 г)			ФГОС ВО (утв. 2017 г)		
п/п	вид компетенции	кол-во	п/п	вид компетенции	кол-во	п/п	вид компетенции	кол-во
5.1	Общекультурные (ОК)	14	5.2	Общекультурные (ОК)	9	3.2	Универсальные (УК)	14
5.2	Профессиональные (ПК)	22	5.3	Общепрофессиональные (ОПК)	4	3.3	Общепрофессиональные (ОПК)	22
			5.4	Профессиональные (ПК)	21	3.4 3.5	Профессиональные (ПК) + индикаторы	???
Итого		36			34		36+???(в разработке)	

Решение части перечисленных проблем либо их компенсация возможна за счет организации занятий с использованием прикладных математических пакетов. Это позволит сэкономить время на типовых расчетах, и использовать его на выполнение необходимых требований, предъявляемых стандартами к освоению основных образовательных программ, а именно на:

- критический анализ и синтез информации;
- применение системного подхода для решения поставленных задач;
- оптимизацию решений;
- применение информационно-коммуникационных технологий;
- обработку и представление информации;
- использование существующих программных продуктов для решения задач профессиональной деятельности.

Преподаватель не в состоянии повлиять на все негативные факторы, так как разрешение большей части противоречий лежит в сфере управления образованием и подготовки преподавательских кадров.

Что же можно сделать действительно преподавателю для уменьшения негативного воздействия на учебный процесс?

Например, частично повлиять на мотивацию и результативность обучения посредством:

- четкой организации учебного процесса;
- корректировку пробелов в знаниях студентов;
- изменения процедуры реализации учебного процесса внутри занятия.

Элементом такой процедуры может быть использование прикладных математических пакетов и создаваемых программ, опыт использования которых на старших курсах накоплен, но требуется глубокое осмысление этого опыта, и разработка методики проведения занятий на основе таких пакетов, начиная с первого курса [4].

Роль высшего образования не должна ограничиваться подготовкой специалистов-практиков, так как одно из основных предназначений вуза – формирование навыков научных исследований и воспитание профессионалов-исследователей.

Библиографический список

1. ФГОС 3++ – Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования. URL: <http://www.fgosvo.ru>.

2. Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утв. приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017г №301).

3. КИМ и демоверсии вариантов ЕГЭ по математике: (данные за 2007–2018 гг.) : сайт Федерального института педагогических измерений. URL:<http://fipi.ru> (дата обращения 25.04.2019); (данные за 2002–2006 гг.) – единое окно доступа к образовательным ресурсам. URL:<http://window.edu.ru>.

4. Авдеева Е. Н. Методы интегрирования : метод. указ. к решению задач. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2019.

**Разработка интерактивных образовательных ресурсов,
предназначенных для формирования исследовательских навыков**

Кацуба В. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения, e-mail: cazubav@yandex.ru)

Аннотация. Для процесса изучения математических дисциплин в техническом университете актуальным является включение учебных заданий с элементами исследования. В статье описаны специально разработанные программы компьютерной поддержки учебного процесса, с помощью которых можно обеспечить элементы формирования исследовательских навыков у студентов младших курсов в рамках решения типовых задач.

Abstract. The study assignments with research elements are quite topical for learning mathematical disciplines in a technical university. Circumscribed in the article soft ware specially developed for computer supporting an educational process can help with the formation of the elements of research skills of junior undergraduates while solving the typical exercises.

Ключевые слова: учебные задачи с элементами исследования, электронные образовательные ресурсы, интерактивные образовательные ресурсы, компьютерная поддержка учебного процесса

Key words: educational tasks with elements of research, e-learning resources, interactive educational resources, computer support of educational process

На начальных этапах высшего профессионального образования выделяется методическая трудность включения в учебный процесс заданий с исследовательскими свойствами. С особой остротой эта трудность проявляется в общеобразовательных дисциплинах, в которых, прежде всего, изучается инструментарий, необходимый для дальнейшего обучения в рамках профессиональных дисциплин. Но, с другой стороны, в общеобразовательных дисциплинах должно происходить формирование у студентов и естественно-научного мировоззрения, и исследовательских навыков хотя бы потому, что такое формирование предполагается непрерывным на ступени высшего образования. Акцент на важности исследовательского аспекта в изучении математики присутствует в классических наставлениях Л. Д. Кудрявцева [1], концепция "обучение математике как модель научных исследований" методологически и методически представлена в современной монографии А. В. Ястребова [2].

Изучение математики в техническом вузе включает, прежде всего, деятельность по получению нового знания (формирование умений и навыков), но при этом предполагается, что результатом изучения останутся продукты этой деятельности. Это представление о математических структурах и объ-

ектах дисциплины, о связи между ними, методы строгих логических обоснований, методы математического моделирования, понятия о приемах анализа и синтеза, элементы математической культуры. Такие результаты обучения математике являются важными для формирования профессиональных компетенций инженера, однако их невозможно достигать, если образовательная деятельность студента в рамках математических дисциплин связана в основном с решением типовых задач по заранее определенным алгоритмам. Нужны задания с элементами исследования, но тесно примыкающие к типовым учебным заданиям, потому что на комплексные исследовательские задачи в нынешних курсах математики для технических направлений подготовки бакалавров, к сожалению, не оказывается резерва ни по времени, ни по потенциальным способностям основной массы абитуриентов. Использование электронных образовательных ресурсов (ЭОР) и компьютерных технологий позволяет обеспечить интенсивность учебного процесса с выполнением требований по времени и по объему учебной информации. Но достигнуть получения хотя бы скромных плодов изучения математики, упомянутых выше, представляется возможным весьма ограниченными средствами. Одним из таких средств можно считать интерактивные возможности ЭОР, благодаря которым можно организовать процесс индивидуальной математической деятельности, в которую включены некоторые элементы исследования. Такие ЭОР могут иметь форму электронных интерактивных практикумов, обучающих и (или) тестирующих компьютерных программ или отдельных программных модулей, предназначенных для поддержки учебного процесса по отдельным темам дисциплины.

Разработка любого ЭОР – это большая комплексная задача для преподавателя-методиста и для разработчика программного продукта (ПП). В статьях В. Г. Ермакова [3; 4] рассмотрен ряд психологических, педагогических и общекультурных аспектов использования информационных технологий в современной системе образования с учетом многих её проблем и противоречий. Разделяя принципиальные выводы этого автора, представленные в многочисленных его публикациях о проблемах в обучении математике, и учитывая собственный преподавательский опыт, преподаватели кафедры МИС и ПО МГТУ имеют возможность разрабатывать электронные образовательные ресурсы в рамках выпускных квалификационных работ бакалавров и магистров направления подготовки "Информатика и вычислительная техника". В данной статье представлены две такие разработки.

1. Электронный образовательный ресурс для темы "Дифференциальное исчисление ФНП", с помощью которого решается задача составления уравнений и построения касательной плоскости и нормали к поверхности. Сценарий работы с этим ресурсом включает в себя этапы деятельности студента и отклика программы, представленные в табл. 1.

Таблица 1 – Этапы деятельности студента и отклика программы

Студент	Направление взаимодействия	Компьютерная программа
Вводит уравнение поверхности в форме $F(x, y, z) = 0$	\Rightarrow	Проверяет корректность ввода, сообщает об ошибке
вводит точку $M_0(x_0, y_0, z_0)$, принадлежащую поверхности	\Rightarrow	проверяет принадлежность точки данной поверхности, сообщает об ошибке
составляет уравнение касательной плоскости в виде $Ax + By + Cz + D = 0$ и вводит в предлагаемую форму коэффициенты A, B, C, D	\Rightarrow	– вычисляет значения $A = \left. \frac{\partial F}{\partial x} \right _{M_0}, B = \left. \frac{\partial F}{\partial y} \right _{M_0}, C = \left. \frac{\partial F}{\partial z} \right _{M_0};$ – составляет уравнение касательной плоскости $A(x - x_0) + B(y - y_0) + C(z - z_0) = 0$ – преобразует это уравнение к виду $Ax + By + Cz + D = 0;$ – анализирует совпадение с введенным уравнением с точностью до двух знаков после запятой в значениях коэффициентов, сообщает об ошибке
– получает навык графической интерпретации расчетных результатов; – имеет возможность исследования результатов в зависимости от задаваемого уравнения поверхности и точки на ней	\Leftarrow	– строит 3D-график поверхности, точку M_0 , касательную плоскость к поверхности в точке M_0 , вектор нормали $\vec{N} = \{A, B, C\}$ и нормальную прямую; – дает возможность вращать 3D-изображение, локализовать его около точки M_0 , управлять масштабированием

В качестве средства реализации описанного сценария интерактивного взаимодействия был выбран прикладной математический пакет Matlab и одноименный язык программирования высокого уровня, что позволило использовать несколько внутренних функций пакета. Техническая часть разработки описана в статье [5], опубликованной в профильном журнале, разработчик Лиштван Анастасия.

2. Электронный образовательный ресурс для темы "Числовые и функциональные ряды" имеет форму программной среды, в которой формируются основные практические навыки и дидактические компетенции в процессе выполнения заданий, представленных как лабораторные работы. Большую часть каждого задания студент должен выполнить вручную и при этом иметь возможность автоматизированных вычислений и графической интерпретации их результатов. В процессе выполнения заданий студенту предоставляются подсказки по необходимым теоретическим фактам, указания на возможность проверить с помощью прикладных математических пакетов некоторые результаты, полученные студентом вручную, а также примеры выполнения некоторых фрагментов задания. Доступным является электронный конспект лекций (ЭКЛ) с теоретическим материалом по всей теме "Ряды", а также краткие фрагменты этого конспекта, относящиеся к каждой лабораторной работе. Разработаны шаблоны для составления студенческих отчетов о выполненных работах. Ниже в табл. 2 и 3 приведены сценарии двух лабораторных работ, при этом курсивом выделены моменты возможной интерактивности.

Таблица 2 – Сценарий лабораторной работы 1

Лабораторная работа №1 "Числовые и функциональные ряды"	
Задание 1	Вычислить приближенно значение суммы S данного числового ряда $\sum_{n=1}^{\infty} U_n$ с заданной точностью ε
Руководство к выполнению задания 1	<p>1. Учитывая <i>теоретическое решение</i> задачи: $S \approx S_k$ с точностью ε, если $r_k < \varepsilon$, вычислите значение k, подобрав для модуля остатка r_k <i>оценку</i>, которая соответствует типу ряда.</p> <p>2. Введите общий член ряда U_n, укажите наименьшее значение и наибольшее значение индекса суммирования n и точность ε для представления результата. Получите значение $S \approx S_k = \sum_{n=1}^k U_n$.</p> <p>3. Проверьте результат вычислений с помощью ПМП Mathematica по описанному ниже алгоритму для примера "найти приближенное значение суммы ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2}$ с точностью $\varepsilon = 10^{-3}$:"</p> <p>a) вводим в рабочий документ команду <code>NSum[1/n², {n, 1, ∞}]</code>;</p> <p>b) нажимаем сочетание клавиш <code>ctrl+enter</code> и получаем ответ: 1.64493</p> <p>c) полученный ответ округляем до заданной точности ε: <code>Round[1.64493, 0.001] = 1.645</code>.</p>

	<p>4. Если результаты Вашего расчета и расчета ПМП Mathematica совпадают, то Ваш расчет сделан верно. Запишите ответ по следующей форме:</p> $S = \sum_{n=1}^{\infty} U_n \approx S_k = \text{число (с точностью } \varepsilon = \text{)}$ <p><i>Если совпадения нет...</i> (при наведении появляется подсказка).</p> <p>5. Составьте отчет о выполнении задания</p>
Задание 2	<p>Для заданного функционального ряда $\sum_{n=1}^{\infty} U_n(x)$ установить область абсолютной сходимости. Найти сумму ряда $S(x)$</p>
Руководство к выполнению задания 2	<p>1. Запишите множество X, на котором определены все функции $U_n(x)$</p> <p>2. Найдите множество X_1 значений x, при которых выполняется достаточный признак Даламбера для сходимости ряда, составленного из модулей членов данного ряда:</p> <p>3. $X_1 = \left\{ x \in X / \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{ U_{n+1}(x) }{ U_n(x) } = q, 0 \leq q < 1 \right\}$. На множестве $x \in X_1$ выполните построение графиков частичных сумм исходного ряда $S_k(x) = \sum_{n=1}^k U_n(x)$, повышая их порядок k до визуального совпадения графиков $S_{k-1}(x)$ и $S_k(x)$. Зафиксируйте значение k, при котором это визуальное совпадение наблюдалось.</p> <p>4. Составьте формулу для суммы ряда $S(x) = \sum_{n=1}^{\infty} U_n(x), x \in X_1$.</p> <p>Для этого можно использовать суммы некоторых известных рядов (например, <i>геометрического ряда</i>) или обратиться к ПМП Mathematica.</p> <p>5. Постройте график суммы ряда $S(x), x \in X_1$ и сравните его с графиком частичной суммы $S_k(x), x \in X_1$. Опишите наблюдаемое сходство этих графиков. <i>Если сходства нет...</i> (при наведении появляется всплывающая подсказка).</p> <p>6. По форме графиков $S_k(x)$ и $S(x)$ сделайте вывод об области X_2, в которой наблюдается равномерная сходимость данного функционального ряда (используйте подсказку о <i>равномерной сходимости ряда</i>).</p> <p>7. Составьте отчет о выполненном задании</p>
Задание 3	<p>Даны функция $f(x)$ и точка $x_0 \in OOF$. Требуется составить представление $f(x)$ как суммы ее ряда Тейлора в окрестности точки x_0. Указать промежуток равномерной сходимости полученного ряда</p>
Теоретическая справка	$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n(x-x_0)^n, x-x_0 < R, a_n = \frac{1}{n!} f^{(n)}(x_0),$ <p>R – радиус сходимости ряда</p>

Руководство к выполнению задания 3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проанализируйте возможность представить функцию $f(x)$ в виде ряда Тейлора (используйте <i>необходимое условие</i>). 2. Если пункт 1 дает положительный результат, то составьте ряд Тейлора для заданной функции $f(x)$, используя подходящее <i>стандартное разложение</i> или вычислив непосредственно коэффициенты a_n. 3. Найдите и запишите промежуток абсолютной сходимости ряда в виде неравенства $x - x_0 < R$, где R – радиус сходимости ряда. 4. На множестве $X : x - x_0 < R$ постройте график функции $f(x)$ и графики частичных сумм $S_k(x)$ составленного степенного ряда, увеличивая значение k до визуального совпадения графиков $f(x)$ и $S_k(x)$ при значениях $x \in X$. Это визуальное совпадение указывает на правильность разложения $f(x)$ в степенной ряд. Зафиксируйте число $k = k^*$, при котором это визуальное совпадение наблюдается. <i>Если совпадения нет...</i> (при наведении появляется всплывающая подсказка). 5. Задайте ε-коридор функции $f(x)$, взяв $\varepsilon = 0,1$, и проследите равномерную сходимость степенного ряда к функции $f(x)$ на множестве $X_2 : x - x_0 \leq \omega < R$. 6. Составьте отчет о выполненном задании
------------------------------------	--

Таблица 3 – Сценарий лабораторной работы 2

Лабораторная работа №2 "Тригонометрические ряды Фурье"	
Задание	Для заданной периодической функции $f(x)$, $x \in (-l; l)$, период $T = 2l$, составить её представление тригонометрическим рядом Фурье.
Руководство к выполнению задания	<ol style="list-style-type: none"> 1. Постройте график функции $f(x)$ и проанализируйте возможность её представления <i>тригонометрическим рядом Фурье</i>. 2. Составьте формально тригонометрический ряд Фурье (в действительной форме) и формулы для его <i>коэффициентов</i>. 3. Найдите значения коэффициентов Фурье. 4. Составьте ряд Фурье для $f(x)$ с подставленными коэффициентами. 5. Постройте графики частичных сумм $S_n(x)$, $x \in [-3l; 3l]$ составленного ряда Фурье, увеличивая количество членов ряда n до визуального совпадения графика $S_n(x)$ с графиком $f(x)$. Если это совпадение наблюдается, то тригонометрический ряд Фурье составлен правильно. 6. Запишите теоретическую сумму составленного тригонометрического ряда Фурье (<i>по теореме Дирихле</i>). 7. Составьте отчет о выполнении задания

В рамках специализированной программной среды (автор разработки – студент Родин Никита) реализован следующий функционал, обеспечивающий образовательную интерактивность:

- выбор лабораторной работы и выбор заданий в лабораторной работе;
- обращение к руководству по выполнению задания и/или подсказкам;

- использование программной реализации вычисления числового значения конечных сумм;
- использование программной реализации построения нескольких графиков функций одной переменной, в том числе, представленных конечными суммами; возможность сохранять результаты графических экспериментов для их включения в отчет;
- взаимодействие с прикладным математическим пакетом Mathematica;
- выбор и использование шаблона для формирования отчета;
- возможность ознакомиться с теоретическим материалом или его фрагментами.

При разработке информационных технологий для системы образования необходимо иметь в виду, что, во-первых, они не могут полностью заменить педагога, во-вторых, в них должно учитываться многоаспектное усиление кризиса современного образования. При ориентации на массовое образование высокого уровня роль педагога в управлении образовательными процессами остается значительной при любом уровне развития технологий образования [3].

Библиографический список

1. Кудрявцев Л. Д. Избранные труды. Том третий. Мысли о современной математике и ее преподавании. М. : Физматлит, 2008. 434 с.
2. Ястребов А. В. Обучение математике в вузе как модель научных исследований. Ярославль : РИО ЯГПУ, 2017. 306 с.
3. Ермаков В. Г. Проблемы образования и информационные технологии // Web-технологии в образовательном пространстве: проблемы, подходы, перспективы : сб. ст. участников Междунар. науч.-практ. конф. (26–27 марта 2015 г.) / под общей ред. С. В. Арюткиной, С. В. Напалкова. Н. Новгород : Растр-НН, 2015. С. 29–35.
4. Ермаков В. Г. Развивающее обучение и информационные технологии // Развивающий потенциал образовательных Web-технологий : сб. ст. участников Междунар. науч.-практ. конф. (17–18 мая 2018г) / науч. ред. С. В. Миронова, отв. ред. С. В. Напалков. Арзамас : Арзамасский филиал ННГУ, 2018. С. 12–17.
5. Лиштван А. А., Кацуба В. С. Особенности разработки современного электронно-образовательного ресурса для математических дисциплин // Прикладная информатика. 2018. Т. 13, № 1(73). С. 64–68.

Формирование инженера: когда начинать?

Ромахова О. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения, e-mail: romahovaoa@mstu.edu.ru)

Аннотация. Раннее инженерное образование школьников – потребность современного мира. Сегодня в системе дополнительного образования существует много различных программ инженерной направленности. В статье рассмотрены основные из них, представленные в кружках города Мурманска.

Abstract. Early engineering education of schoolchildren – the need of the modern world. There are many different advanced engineering education programs today. The article discusses the main ones presented in Murmansk.

Ключевые слова: профориентация, ранняя подготовка будущего инженера

Key words: Career guidance, early training of future engineers

Осознанный выбор будущей профессии – одно из необходимых условий для успешного обучения. Важность профориентационных мероприятий в формировании интереса к будущей профессии трудно переоценить. При ВУЗах открываются всевозможные курсы, демонстрирующие элементы профессий, специальностей, по которым ведется обучение. При этом рассчитаны эти курсы, как правило, на школьников старшего звена ввиду сложности представляемого материала.

Однако школьнику приходится определяться с направленностью (техническая, естественно-научная, гуманитарная...) в некоторых случаях намного раньше: при выборе образовательного учреждения общего образования (политехнический лицей, языковая школа и т. п.), при выборе профиля класса (инженерный, гуманитарный профиль). Таким образом, еще в более раннем возрасте появляется необходимость "проверить" способности ребенка в том или ином виде мыслительной деятельности. Отчасти в этом помогает анализ успехов по школьным дисциплинам. Однако, не всегда плохие успехи ребенка по математике в 5 классе могут говорить о неспособности в будущем стать инженером или программистом.

Понять склонности и способности ребенка к логическому мышлению, к построению причинно-следственных связей, способности к техническому образу мыслей, развить эти способности помогает система дополнительного образования, которая в последние годы вновь становится популярной.

Еще в 2015 г. в послании к Федеральному собранию президент Путин В. В. отметил: "...конечно, нужно взять все самое лучшее, что было в прежних дворцах пионеров, кружках юных техников и т. д., построить работу на принципиально, конечно, новой, современной основе, с участием и бизнеса, и высших учебных заведений, университетов" [1].

В настоящее время система дополнительного образования школьников (как государственная, так и частная) становится все больше ориентирована на воспитание будущих инженеров. Робототехника – уже не новое, но все еще перспективное направление развития ребенка. Стоит отметить, что зачастую под этим "модным" словом кроется достаточно широкий спектр тем, разделов, которые предлагаются школьнику на дополнительное изучение.

Рассмотрим наиболее известные программы.

Самой первой на рынке услуг дополнительного инженерного образования появилась компания LEGO, которая по сей день удерживает лидирующие позиции по обучению конструированию и робототехнике детей всех возрастов. Программа LEGO® Education имеет несколько ступеней и предлагает начинать внедрять основы конструирования и программирования уже в детском саду. Методические материалы LEGO Education, разработанные ведущими педагогами университетов и школ, соответствуют требованиям ФГОС РФ. Разработчики предлагают внедрять их обучающие наборы даже в школьную программу, хотя в большинстве случаев решения LEGO Education используются в кружках и на дополнительных занятиях. Основные направления образовательных программ LEGO Education: конструирование на основе конструктора LEGO (дошкольный возраст); изучение механизмов и машин (дошкольный, младший школьный возраст); конструирование и программирование робота (начальная, средняя и старшая школа); проектная деятельность (все возрастные группы). Обучение программированию роботов ведется в визуальной среде программирования с возможностью дальнейшего перехода к текстовым языкам программирования [2].

Большая часть клубов, школ программирования и робототехники (государственных и частных) обучают программированию на базе плат Arduino. Под торговой маркой Arduino выпускается несколько видов плат с микроконтроллером и платы расширения. Независимыми производителями выпускается большая гамма всевозможных датчиков и исполнительных устройств, в той или иной степени совместимых с Arduino. Программная часть состоит из бесплатной программной оболочки Arduino IDE для написания программ,

их компиляции и программирования аппаратуры [3]. Программирование ведется в текстовом редакторе, поэтому работать в Arduino IDE дети начинают примерно с 13–14 лет. Для юных будущих инженеров используется надстройка ArduBlock, представляющая собой графическую среду с готовыми визуальными блоками программы. После создания программы в ArduBlock и ее загрузки, в текстовом редакторе появляется текстовый аналог программы, что позволяет ребенку достаточно быстро перейти к программированию на текстовом языке.

Возможности Arduino в исследовательской и проектной деятельности ограничиваются только фантазией исследователя. Достаточно много инженерных проектов, представленных на Всероссийской конференции школьников "Шаг в будущее" в секциях "Прикладная механика и компьютерные технологии в автоматизации и робототехнике" и "Умные машины, интеллектуальные конструкции, робототехника" выполнены на базе плат Arduino или их аналогов. Возраст докладчиков – 7–11 класс [4].

Для младшего возраста подойдут образовательные программы, обучающие программированию в среде Scratch. Эта визуальная среда программирования была разработана и постоянно совершенствуется небольшой командой программистов Массачусетского технологического института. Последние версии ориентированы на работу онлайн и поддерживают работу на мобильных устройствах и планшетах [5]. Основными объектами скретч-программирования являются "спрайты" (персонажи будущей анимации или игры), которых можно выбрать из имеющейся библиотеке, загрузить или нарисовать самому. Программы на Scratch состоят из графических блоков. По функциональному назначению блоки делятся на 10 групп, отвечающих за внешний вид спрайта, его движение, звуки и т. д., принадлежность блока к той или иной группе обозначается его цветом. Блоки имеют форму элемента пазла и собираются в программу соединением цепочкой друг за другом, либо объединением в цикл. С помощью среды Scratch можно создавать анимации, интерактивные обучающие программы для детей, простейшие компьютерные игры.

Возможности Scratch и Arduino объединены российской компанией АО Тырнет в образовательном проекте "Роббо", который с 2010 г. ведет работу по двум направлениям: внедрению свободного ПО в школы (оснащение инженерных классов) и развитие сети клубов робототехники под маркой "Роббо-

клуб". Наборы техники "Роббо" для инженерных классов уже купили около 50 школ в России и около 70 за рубежом: в Финляндии, Англии, США и Таиланде. Но как отмечает сам основатель проекта "Роббо" Павел Фролов: "со школами работать непросто: большинство преподавателей не готовы разбираться в том, как работают новые технологии, а в школьном расписании просто не хватает места для достаточного количества занятий по инженерным дисциплинам" [6]. В 2015 г. проект получил статус резидента Сколково. Программное и аппаратное обеспечение РОББО основано на принципах открытого лицензирования и свободного программного обеспечения. Компания работает по франшизе: бизнесменам, которые хотят открыть Роббо-клуб, предоставляются все нужные устройства и учебный план, проводится обучение и сертификация преподавателей. Программа первого года обучения состоит из нескольких блоков: 1. Создание простейшей анимации в визуальной среде, подобной Scratch; 2. Программирование из среды Scratch устройств на базе Arduino – двигающейся Робоплатформы с набором датчиков и системы РоббоЛаборатория; 3. Занятия по схемотехнике; 4. Основы 3D-прототипирования; 5. Основы механики. В дальнейшем знания по каждому блоку расширяются и углубляются.

Как мы видим из этого небольшого обзора, ранняя инженерная профориентация ведется, главным образом, в системе дополнительного образования. Программирование и робототехника при этом имеет большой удельный вес, но спрос на эти услуги все еще достаточно высокий. Весной прошлого года Высшая школа экономики представила результаты исследования рынка дополнительного инженерного образования школьников в Москве: оказалось, количество детей, которые вовлечены в дополнительное образование технической направленности, куда входят, например, программирование, авиамоделизм и робототехника, не превысило 7 % [6]. Потребность в раннем инженерном образовании имеется и в нашем городе, и мне кажется, что нашему техническому университету вполне под силу поучаствовать в ее восполнении.

Один из путей – сотрудничество с системой дополнительного образования, которое даст толчок к созданию новых интересных проектов, привлечет школьников к науке в стенах МГТУ. Такое сотрудничество может также стать интересным и, несомненно, полезным студентам, обучающимся в нашем университете. Взаимодействие с тренерами по робототехнике, со школьни-

ками, успешно осваивающими программы дополнительного инженерного образования, может внести свежую струю в студенческие исследования. Также было бы интересно рассмотреть возможность открытия клуба робототехники и программирования для детей на базе нашего университета.

Библиографический список

1. Послание Президента РФ Федеральному Собранию [Электронный ресурс] : офиц. сайт "КонсультантПлюс". URL:

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_189898.

2. LEGO Education в России : офиц. сайт [Электронный ресурс]. URL: <https://education.lego.com/ru-ru>.

3. Arduino [Электронный ресурс] : информационный сайт "Википедия". URL: Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino>.

4. Список отобранных работ на Всероссийский форум научной молодежи "Шаг в будущее" [Электронный ресурс] : офиц.сайт Российской науч.-соц. программы для молодежи и школьников "Шаг в будущее". URL: <http://step-into-the-future.ru/node/967>.

5. Скретч (язык программирования) [Электронный ресурс] : информационный сайт "Википедия".URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Скретч_\(язык_программирования\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Скретч_(язык_программирования))

6. Инженер за партой: как стартап из Петербурга поставляет роботов в школы // РБК. 2018. № 9 (143) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rbc.ru/magazine/2018/09/5b7dbe4c9a79471cfde9873c>.

Система проектов в математической подготовке инженера

Хохлова Л. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения)

Аннотация. Постоянный рост наукоемкости базовых технологий повышают требования к целостности, универсальности и широте подготовки инженера, а также предъявляют новые запросы к базовому образованию инженеров, качеству их ценностного и интеллектуального потенциала, волевым и организационным способностям. Необходимо использовать систему проектов в математической подготовке инженера.

Abstract. The constant growth of the knowledge-intensiveness of basic technologies places high demands on the integrity, versatility and breadth of training engineers, and also imposes new requirements on basic education of engineers, their qualitative and intellectual cooperation, will and organizational skills. It is necessary to use the system of projects in the mathematical preparation of the engineer.

Ключевые слова: проект, инженер, технология

Key words: project, engineer, technology

В России более трети вузов готовят инженеров. При этом по-прежнему очевидно, что количество не переходит в качество, т. е. остаются старые проблемы – структурное несоответствие рынка труда и сферы образования, низкий уровень подготовки и мотивации абитуриентов, низкое качество вузовской образовательной подготовки, разрыв теории и практики.

Постоянный рост наукоемкости базовых технологий повышают требования к целостности, универсальности и широте подготовки инженера, а также предъявляют новые запросы к базовому образованию инженеров, качеству их ценностного и интеллектуального потенциала, волевым и организационным способностям.

Инженеру XXI в. необходимо обладать все большей трудоспособностью, умением быстро и четко работать, так как в современном мире важны не столько знания как таковые, сколько умение пользоваться ими и приобретать вовремя. Не удастся готовить только тех специалистов, которые гарантированно востребованы на рынке труда, так как анализ потребностей этого рынка в средней и долгосрочной перспективе – дело невероятно трудное. Для того чтобы сохранять конкурентоспособность, надо будет постоянно "доучиваться" и "переучиваться".

Проекты по математике учат студентов не просто применять имеющиеся у них знания, а самостоятельно приобретать новые, необходимые для решения поставленных задач. Преподавателя математики получают:

1) возможность заинтересовать студентов высшей математикой; 2) формирование в процессе работы над проектом основ системного мышления и системной деятельности; 3) постановка задачи на предметном языке; 4) закономерности, относящиеся к задаче; 5) формулировка на математическом языке; 6) разработка математической модели; 7) качественное исследование; 9) упрощение аналитических выражений; 10) численное решение, компьютерное моделирование; 11) анализ результата, выводы.

Полезно выделить сквозные задачи, даже такие простые как те которые есть в задачнике Бермана, и проследить как происходит математическое становление будущего инженера при постановки задачи на введение функции, исследование ее, решение и анализ решения дифференциального уравнения.

Например, для этого подходят такие задачи:

1. № 65. Дано, что при напряжении $E = 2,4\text{В}$ сила тока $I = 0,8\text{А}$.

- 1) Выразить аналитически, используя закон Ома, зависимость между силой тока и напряжением; построить график найденной функции;
- 2) найти скорость изменения тока, в зависимости от напряжения;
- 3) от глубины

2. № 66. В сосуд произвольной формы налита жидкость. На глубине $h = 25,3$ см давление этой жидкости $p = 1,84 \cdot 10^5$ Па.

- а) Составить функцию, выражающую зависимость давления от глубины;
- б) Определить давление на глубине $= 14,5$;
- в) На какой глубине давление станет равным $2,65 \cdot 10^5$ Па;
- г) Найти скорость изменения давления в зависимости от глубины.

3. № 1255. Расходы на топливо для топки парохода пропорциональны кубу его скорости. Известны, что при скорости в 10 км ч расходы на топливо составляют 30 руб в час. Остальные расходы (не зависящие от скорости) составляют 480 руб. в час. При какой скорости парохода общая сумма расходов буде наименьшей?

4. № 3927. Моторная лодка движется в спокойной воде со скоростью 10 км/час. На полном ходу ее мотор был выключен, и через $t = 20$ с скорость лодки уменьшилась до $v_1 = 6$ км/час. Считая, что сила сопротивления воды движения лодки пропорциональна ее скорости, найти скорость лодки через

2 мин после остановки мотора; найти также расстояние, пройденное лодкой в течении одной минуты после остановки мотора.

Таким образом, решая последовательно комплексы таких задач, на выходе мы получим, что выпускник будет обладать следующими умениями:

- 1) постановка задачи на предметном языке;
- 2) закономерности, относящиеся к задаче;
- 3) формулировка на математическом языке;
- 4) разработка математической модели;
- 5) качественное исследование;
- 6) упрощение аналитических выражений;
- 7) численное решение, компьютерное моделирование; 8) анализ результата, выводы.

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО
И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯ**

Идеология курса "Экспериментальные методы физических исследований"

Власова С. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра общей и прикладной физики, e-mail: vlasovasv@mstu.edu.ru)

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы, связанные с разработкой курса "Экспериментальные методы физических исследований" (ЭМФИ), введённого в учебные планы специальности 21.05.05. "Физические процессы горного или нефтегазового производства (специализация: Физические процессы нефтегазового производства)". Показано, что изучение курса ЭМФИ способствует развитию навыков научно-исследовательской работы студентов. Также показано, какие компетенции приобретёт студент, успешно прошедший обучение. В статье обосновано положение: при изучении курса необходимо обеспечить учебные лаборатории современными средствами измерений, позволяющими использовать современные методы физических исследований.

Abstract. The paper deals with questions related to the development of the course "Experimental Methods of Physical Research" (EMPR), introduced into the curriculum of the specialty 21.05.05. "Physical processes of mining or oil and gas production (specialization: Physical processes of oil and gas production)". It is shown, the study of course EMPR contribute to the development of skills research activity of student. It was shown what competences the student will acquire after studying this course. The article justified the position: when studying a course, it is necessary to provide educational laboratories with modern measuring instruments that allow the use of modern methods of physical research.

Ключевые слова: учебный курс "Экспериментальные методы физических исследований", подготовка специалистов, навыки научно-исследовательской работы, компетенции

Key words: training course "Experimental methods of physical research", training of specialists, skills of research work, competencies

В Мурманском государственном техническом университете (МГТУ) курс "Экспериментальные методы физических исследований" (ЭМФИ) в настоящее время включён в учебные планы специальности "21.05.05. Физические процессы горного или нефтегазового производства (специализация: Физические процессы нефтегазового производства)" в 8 учебном семестре. Общий срок обучения по данной специальности 5 лет 6 месяцев. Объём курса: 16 часов лекций, 18 часов лабораторных работ, курс завершается зачётом.

Для того, чтобы ответить на вопросы, какой должна быть общая направленность курса и каким должно быть его содержание, следует понять, с какой целью курс включён в учебные планы (УП) специальности (представленные на сайте МГТУ). Отметим, что курс ЭМФИ, согласно УП, входит в цикл профессиональных дисциплин (базовую его часть) в подраздел "дисциплины специализации".

Обратимся к ФГОСВО по специальности 21.05.05. "Физические процессы горного или нефтегазового производства" (специализация: Физические процессы нефтегазового производства) [1], на основании которого в МГТУ составлен учебный план специальности. Среди видов деятельности, к которой готовят выпускника, указана, в том числе, и научно-исследовательская деятельность (НИД). Обратим внимание на те аспекты НИД выпускника, представленные в ФГОСВО, которые могут быть соотнесены, по нашему мнению, с курсом ЭМФИ.

Согласно ФГОСВО, в области НИД, выпускник специальности 21.05.05. должен:

- планировать и выполнять теоретические, экспериментальные и лабораторные исследования, обрабатывать полученные результаты с использованием современных компьютерных технологий;
- исследовать процессы, протекающие в горных породах и массивах при воздействии физических полей;
- разрабатывать модели физических процессов и явлений нефтегазового производства;
- составлять отчеты по научно-исследовательской работе самостоятельно или в составе творческих коллективов.

Курсивом мы выделили виды деятельности, которые должен демонстрировать выпускник, и которые, по нашему мнению, возможно освоить при изучении курса ЭМФИ.

При изучении курса ЭМФИ студент учиться выполнять экспериментальные лабораторные исследования (18 часов лабораторных работ). Учитывая небольшой объём учебного времени, студент не сможет освоить достаточное число методов исследования. О разработке моделей физических процессов и явлений нефтегазового производства, а также об исследовании процессов, протекающих в горных породах и массивах, не может идти речи, поскольку в курсе ЭМФИ такие модели и процессы даже не рассматриваются. А вот "составлять отчёты по экспериментальной, в том числе, и научно-исследовательской работе" выпускник, освоивший лабораторную часть курса ЭМФИ, способен выполнить, по нашему мнению, вполне успешно. В связи с вышесказанным, разрабатывая лабораторную часть курса ЭМФИ (18 ч.), мы обращали особое внимание на расширение методов и объектов исследования (по сравнению с теми, которые студенты изучали в курсе общей физики). А также делали акцент на изучении правил составления отчётов об экспериментальной работе. Как показал опыт, студенты, несмотря на то, что изучали

методы экспериментального исследования в курсе общей физики, не владеют в должной мере методами расчёта погрешности в различных измерительных ситуациях, а также не умеют правильно оформить отчёт о проделанной экспериментальной работе.

Обратим внимание, что среди компетенций, которые должен демонстрировать выпускник по специальности 21.05.05. "Физические процессы горного или нефтегазового производства" (специализация: Физические процессы нефтегазового производства), по нашему мнению, с курсом ЭМФИ можно соотнести профессиональную компетенцию ПК-17. Она сформулирована следующим образом: выпускник, освоивший программу специалитета, должен обладать "готовностью выполнять экспериментальные исследования в натуральных и лабораторных условиях с использованием современных методов и средств измерений, готовностью обрабатывать и интерпретировать полученные результаты, составлять и защищать отчёты" [1]. Таким образом, мы можем утверждать, что студент, успешно освоивший курс ЭМФИ, должен обладать профессиональной компетенцией ПК-17. В любом случае, курс ЭМФИ направлен (частично) на освоение этой компетенции. Чтобы студент смог овладеть этой компетенцией в полной мере, необходимо обеспечить при изучении курса возможность в учебной лаборатории использовать современные методы физических исследований и современные средства измерения. Обратим внимание, что в настоящее время под физическими методами исследования понимают обычно методы, разработанные физиками с использованием современной аппаратной базы. Тем самым, физические методы исследования противопоставляются рутинным методам исследования, таким как взвешивание, определение температуры плавления, разделение веществ путем перегонки и т. п. [2].

Также мы полагаем, что если название курса формулируется, как *экспериментальные методы* физических исследований, то во вводной части курса важно показать, какую роль в физических исследованиях играет именно эксперимент. Классическим примером в этом случае может служить опыт Резерфорда по проверке модели атома Томсона.

Согласно модели Томсона, атом должен иметь форму шара, положительный заряд которого распределен равномерно по всему объему, а отрицательно заряженные электроны дискретно распределены внутри него, причем их суммарный отрицательный заряд равен положительному заряду шара, так что в целом атом электрически нейтрален. Отметим, что модель Том-

сона также базировалась на экспериментальном открытии свободных электронов в катодных лучах¹.

Таким образом, для того, чтобы подтвердить модель атома Томсона можно было облучить атомы вещества положительно заряженными частицами (были выбраны α -частицы, т. е. ядра атома гелия) и наблюдать их угловое рассеяние. Очевидно, что положительный заряд в атоме, обладающий низкой плотностью, не способен был вызвать отклонение α -частиц на большие углы. Однако, эксперимент показал совершенно неожиданные результаты. Некоторые α -частицы имели очень большие углы рассеяния (фактически изменяли направление движения на противоположное). Результаты опыта однозначно свидетельствовали о том, что в атоме имеются положительно заряженные частицы, но не "размазанные" по всему объёму атома, как это предполагалось, а занимающие малую часть объёма атома. На этих экспериментальных фактах базировалась модель атома Резерфорда. Очень быстро было выполнено математическое "оформление" новой теоретической "планетарной" модели атома. На основании опыта по рассеянию α -частиц удалось не только построить реалистичную теоретическую модель атома, но и верно оценить его размеры.

Ещё одним примером, подтверждающим ключевую роль эксперимента в развитии физики, можно считать тот факт, что большинство Нобелевских премий по физике было присуждено именно за экспериментальные исследования. По нашему мнению, это происходило потому, что, благодаря экспериментальным исследованиям, осуществлялся колоссальный прорыв в теоретическом понимании природы, на это, по-видимому, и обращал внимание Нобелевский комитет.

Обратимся к лекционной части курса (16 часов). Встаёт вопрос: "Чему следует посвятить эту часть курса?". На первый взгляд, кажется, что лектор должен рассмотреть, как можно больше различных методов экспериментальных исследований. Но, с другой стороны, методов экспериментальных исследований существует огромное множество. И если их изучение не будет подкреплено лабораторными работами соответствующего содержания, то, фактически, учебное время будет потрачено впустую, а возможности нашей лабораторной базы весьма ограничены. С нашей точки зрения, в курсе сле-

¹ В 1895 г. французский физик Жан Перрен экспериментально доказал, что катодные лучи — это поток отрицательно заряженных частиц, которые движутся прямолинейно, но могут отклоняться магнитным полем.

дует изучать те методы экспериментального исследования, которые можно подкрепить лабораторным практикумом.

Мы полагаем, что в курсе ЭМФИ также следует обратить внимание ещё на один важный аспект экспериментальных измерений, а именно: на эталоны. В процессе измерения всегда присутствует эталон, в случае прямого измерения его присутствие очевидно (например, линейка при измерении какого-либо расстояния является эталоном). Использование линейки в качестве эталона оправдано тем, что в процессе своего изготовления она сравнивалась с заданной степенью точности с другим эталоном более высокого класса, который, в свою очередь, калибровался по более совершенному образцу. Существует стандартизованная государством иерархия эталонов, наверху которой находятся наиболее точные Национальные эталоны, воспроизводящие принятые в данное время первичные Международные эталоны [2].

Необходимо обратить внимание студентов, что несмотря на то, что первичные эталоны существенно менялись на протяжении 200 лет, работа по выработке эталонов продолжается и в настоящее время. Также важно, с нашей точки зрения, рассмотреть две ведущие тенденции современной метрологии. Первая состоит в децентрализации эталонов, а вторая – в использовании квантовой метрологии. Децентрализация означает, что эталон не воспроизводит какое-то уникальное изделие или явление, но может быть воссоздан в любом месте. Под термином квантовая метрология подразумевается стремление воспроизводить физические величины через фундаментальные мировые константы, такие как скорость света, постоянная Планка и т. п. [2].

Поясним последнее утверждение. В физике известны такие комбинации гравитационной постоянной G , постоянной Планка h , скорости света в вакууме c , которые имеют размерности либо длины L , либо массы m , либо времени t . Соответствующие комбинации получили название "планковские". В табл. 1 указаны выражения и числовые значения трёх планковских величин: длины, массы и времени.

Задачей современного метролога является нахождение таких экспериментальных условий, в которых интересующая эталонная величина воспроизводилась бы через мировые константы [2]. Следует, по нашему мнению, привести хотя бы один пример использования квантовой метрологии. Например, можно рассмотреть создание эталона вольта с использованием Джоузефсоновского контакта [2], что привело к возрастанию точности эталона, а именно: относительная погрешность воспроизведения Вольта этим эталоном составила $2 \cdot 10^{-9}$. Беседа со студентами показала, что, несмотря на то,

что они изучали курс "Стандартизация и метрология", с термином "квантовая метрология" они не знакомы.

Таблица 1 – выражения и числовые значения трёх планковских величин

Планковские длина L_{pl} , масса m_{pl} и время t_{pl} .	
	$L_{pl} = \sqrt{\frac{G\hbar}{c^3}} = 1,6 \cdot 10^{-23} \text{ см}$
	$m_{pl} = \sqrt{\frac{c\hbar}{G}} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ г}$
	$t_{pl} = \frac{L_{pl}}{c} = 0,5 \cdot 10^{-43} \text{ с}$

Также, по нашему мнению, следует при разработке курса "Экспериментальные методы физических исследований" учесть следующее важное соображение. Само название курса свидетельствует о том, что он связан с экспериментальными методами исследования. Это означает, что в лекционной части курса, безусловно, должен быть представлен материал, посвящённый организации науки в нашей стране (а, желательно, и в мире), поскольку все исследования в современном мире осуществляются в рамках организованной науки, в том числе, и вузовской.

По нашему мнению, курс "Экспериментальные методы физических исследований" позволяет расширить представление будущего специалиста об организации науки в стране и мире, о возможностях современных экспериментальных методов физических исследований. Но это станет возможным лишь в том случае, если курс будет опираться на современную экспериментальную базу.

Библиографический список

1. URL: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvospec/210505.pdf>
2. Максимычев А. В. Физические методы исследования. Конспект лекций [Электронный ресурс]: URL: https://site-285580.mozfiles.com/files/285580/maksimychev_part1.pdf

**Развитие человеческого капитала при освоении Арктики:
опыт взаимодействия коренных народов и бизнеса**

Гассий В. В. (г. Краснодар, ФГБОУ ВО "Кубанский государственный университет", кафедра государственного и муниципального управления, e-mail: vgassiy@mail.ru)

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы развития человеческого капитала в Арктике при промышленном освоении, проводится статистический анализ социально-экономических показателей, характеризующих рынок труда. Автор обосновывает необходимость решения проблем безработицы коренных малочисленных народов Севера за счет реализации специальных программ по переобучению и дополнительному образованию в целях удовлетворения потребностей экономики и социальной сферы отдаленных населенных пунктов и осваиваемых месторождений.

Abstract. The article discusses the development of human capital in the Arctic during industrial development, a statistical analysis of socio-economic indicators characterizing the labor market is carried out. The author substantiates the need to solve the unemployment problems of the indigenous peoples of the North through the implementation of special programs for retraining and additional education in order to meet the needs of the economy and social sphere of remote settlements and explored deposits.

Ключевые слова: человеческий капитал, образование, коренные малочисленные народы Севера, недропользователи, Арктика

Key words: human capital, education, Indigenous small-numbered peoples of the North, subsoil users, Arctic

Выступая на V Международном форуме "Арктика" Президент России Владимир Путин поручил Правительству разработать проект Стратегии развития Арктической зоны России до 2035 г. Необходимость актуализации основополагающих документов развития арктических территорий обуславливается повышенным вниманием к этому региону в последние годы не только со стороны бизнеса, органов власти, ученых, но и мирового сообщества: усложняются геополитические факторы, осваиваются новые месторождения, совершенствуются производственные технологии, строится и развивается транспортная инфраструктура, в Арктической зоне появляются новые участники социально-экономических отношений из стран Азии и Ближнего Востока. Эти процессы вызывают значительные изменения в структуре рынка труда, а также перемещении трудовых ресурсов, миграции населения.

Стратегия развития арктических территорий должна сосредоточиться не только на уже определенных ранее приоритетных направлениях, таких

как социально-экономическое развитие, создание современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры и обеспечение экологической безопасности [1], но и на развитии человеческого капитала Арктики. Речь идет не только о совершенствовании кадрового потенциала предприятий, осуществляющих добычу природных ресурсов, но и развитии способностей, навыков и новых профессиональных компетенций населения, проживающего в труднодоступных населенных пунктах. Это, прежде всего, касается коренных малочисленных народов, традиционный уклад жизни которых претерпевает значительные изменения в связи с промышленным освоением арктических территорий.

Вопрос развития человеческого капитала неразрывно связан с решением проблем безработицы, показатели которой в регионах российской Арктики значительно выше, чем в стране в целом, рис. 1 [2]:

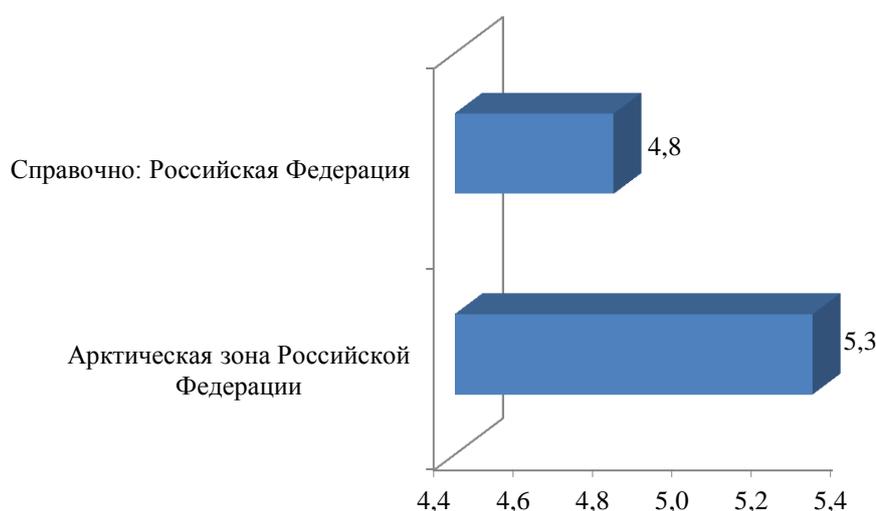


Рисунок 1 – Уровень безработицы: Арктическая зона Российской Федерации, %

Сегодня наибольшей проблемой для Арктики является дефицит кадров. Рынок труда арктических регионов характеризуется наличием противоречий. С одной стороны имеется значительный провал в высококвалифицированных кадрах, с другой – большое количество населения является безработными в силу отсутствия мест трудоустройства или достаточных навыков и компетенций. Масштабное освоение арктического шельфа и месторождений в тундре позволяет прогнозировать дальнейшее совершенствование применяемых производственных технологий, что связано также с ужесточением экологических требований. Динамика, представленная на рис.2, подтверждает данное предположение. Следует ожидать рост инноваций в сфере добычи нефти

и газа, прокладки трубопроводов, применении антикоррозионных материалов, систем контроля и мониторинга, мобильных и быстровозводимых сооружений, энергоэффективного и ресурсосберегающего оборудования. Все это повышает требования к рабочей силе, усложняет доступ на рынок труда работников с низкой квалификацией.

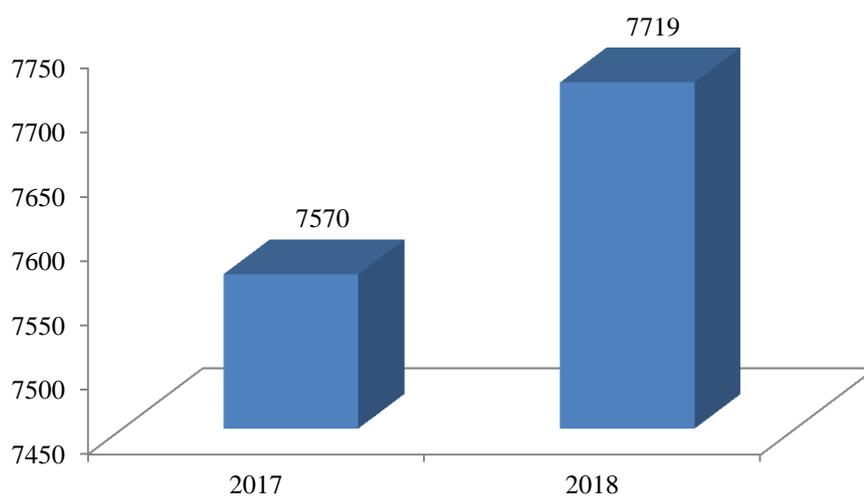


Рисунок 2 – Число используемых передовых производственных технологий: Арктическая зона Российской Федерации, ед.

Бизнес решает проблему комплектации кадров для реализации проектов по промышленному освоению в Арктике преимущественно вахтовым методом. На такой основе функционируют множество предприятий Ямала, Якутии, Магаданской области. Однако потребности Арктики не ограничиваются только работниками в промышленной отрасли. Населенные пункты северных регионов нуждаются в кадрах в таких сферах как здравоохранение, образование, услуги и питание. Чтобы привлечь высококвалифицированного специалиста в регион для постоянного проживания необходимо создание соответствующих социально-экономических условий, включая высокую заработную плату и качественное жилье. Однако потребности экономики и социальной сферы арктических территорий могут быть удовлетворены за счет использования внутренних ресурсов, тех людей, которые проживают в Арктике постоянно. Такой подход предусматривает реализацию долгосрочной программы по развитию человеческого капитала северных регионов. Невозможно говорить об устойчивом развитии Арктики без соблюдения основного условия – постоянного проживания населения, что в свою очередь требует наличия развитой социальной инфраструктуры.

В настоящее время в арктических регионах России лишь некоторые предприятия проводят долгосрочную политику по развитию человеческого капитала тех территорий, где они осуществляют свою хозяйственную деятельность. В частности, в Республике Саха (Якутия) интересен опыт АО "Алмазы Анабара" – одного из крупнейших предприятий горнодобывающей промышленности региона. Кадровая политика компании строится не на получении краткосрочного эффекта от деятельности трудовых мигрантов и дешевой рабочей силы, а на основе развития трудовых ресурсов внутри республики. Несколько лет предприятием реализуется собственная образовательная программа под названием "Путевка в жизнь" [4]. Данная программа предполагает обучение молодого специалиста, прохождение производственной практики с последующим трудоустройством на горно-добычных участках компании. Более того, АО "Алмазы Анабара" возмещает затраты на обучение после успешного окончания программы и найма на работу. Всего за 6 лет работы реализации образовательной программы таким образом получили квалификацию и были трудоустроены 428 человек. На предприятии успешно развивается институт наставников, когда опытными специалистами-кураторами передаются знания и навыки молодому поколению. Стоит отметить, что в целях поддержки молодежи из сельских, преимущественно арктических районов, программой предусмотрены льготные условия для обучения. К таким категориям будущих молодых специалистов относятся коренные малочисленные народы Севера, дети из многодетных, малообеспеченных семей или оставшихся без попечения родителей. Данные о результатах реализации программы, показали, что около 48 % всех задействованных на приисках компании – это молодые люди в возрасте 18–35 лет, 97 % от всего списочного состава работников составляют жители Республики Саха (Якутия). Ежегодно на реализацию программы "Путевка в жизнь" предприятием направляется 12 млн руб. [5] Учитывая, что компания постоянно участвует в тендерах по освоению новых горно-добычных участков, расширяет географию своей деятельности, на предприятии формируется кадровый резерв из уже обученных молодых специалистов. Следует отметить, что приоритет при найме на работу отдается жителям тех районов, где ведется добыча. Такие обязательства бизнеса зафиксированы в соглашениях о социально-экономическом развитии, которые заключают недропользователи с муниципальными органами власти, которые тем самым гарантируют получение дополнительных доходов в местные бюджеты за счет налоговых отчислений [6].

Таким образом, развитие человеческого капитала Арктики является стратегической задачей государства и бизнеса. Перспективы интенсификации промышленного освоения арктических территорий актуализируют вопрос разработки новых подходов в сфере образования, а также совершенствования социально-экономических условий.

Работа выполнена в рамках реализации гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук МД-402.2019.6.

Библиографический список

1. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 г. : утверждена 20 февраля 2013 [Электронный ресурс] // Правительство Российской Федерации : офиц. сайт. URL: <http://government.ru/info/18360/>.

2. Уровень безработицы (по методологии Международной организации труда): Арктическая зона Российской Федерации [Электронный ресурс] // официальная статистическая информация о социально-экономическом развитии Арктической зоны Российской Федерации в 2019 г. : сайт. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/region_stat/calendar1-2019.htm.

3. Число используемых передовых производственных технологий: Арктическая зона Российской Федерации [Электронный ресурс] // официальная статистическая информация о социально-экономическом развитии Арктической зоны Российской Федерации в 2019 г. : сайт. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/region_stat/calendar1-2019.htm.

4. Потравный И. М., Гассий В. В., Черноградский В. Н., Постников А. В. Социальная ответственность компаний-недропользователей на территории традиционного природопользования как основа партнерства власти, бизнеса и коренных малочисленных народов // Арктика: экология и экономика. 2016. № 2 (22). С. 56–63.

5. Приоритеты кадровой политики "Алмазов Анабара": местные жители и молодежь [Электронный ресурс] // официальный сайт АО "Алмазы Анабара" : сайт. URL: <http://alanab.ykt.ru/articles/229>.

6. Гассий В. В. Региональные аспекты формирования механизмов обеспечения социальной ответственности бизнеса. М. : Экономика, 2014. 179 с.

Интенсификация активного обучения в преподавании иностранных языков в рамках технического образования в современных условиях

Глухих Я. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра иностранных языков, e-mail: janaag@yandex.ru)

Аннотация. В статье рассматривается необходимость применения активного обучения, использования проектной технологии, проблемного подхода, групповой работы, а также таких принципов, как целостность, междисциплинарность, открытость процесса познания и интеграцию различного рода информации.

Abstract. The article proves importance of active learning, the use of project technology, problem approach, group work as well as principles of integrity, interdisciplinary issues, openness of the learning process and the integration of various kinds of information.

Ключевые слова: иноязычная подготовка, интенсификация активного обучения, интерактивные формы обучения, коммуникативная компетенция студентов, уровень подготовки обучающихся

Key words: foreign language training, intensification of active learning, interactive forms of learning, students' communicative competence, the level of students' training

Обучение иностранному языку в неязыковом вузе рассматривается как обязательный компонент профессиональной подготовки специалиста любого профиля, а владение иностранным языком как фактор, повышающий степень востребованности специалиста на рынке труда и одновременно как один из показателей уровня образованности современного человека.

Необходимо учиться переходить от стандартного способа передачи студентам готовых знаний к развитию их способностей, к анализу, логическому мышлению, так как образование сегодня ориентировано на формирование мыслящей, творческой личности. ФГОС к уровню подготовки выпускника позволяют определить такие компоненты результата изучения иностранного языка, как система умений и навыков: фонетически, грамматически, лексически, стилистически правильно, психологически раскованно излагать свои мысли на иностранном языке в письменной и устной форме, вести беседу на иностранном языке, владеть языковыми средствами, направленными на привлечение внимания слушающих, на обеспечение обратной связи, понимать на слух аутентичную монологическую и диалогическую речь, читать оригинальную художественную, научную литературу, интерпретировать текст, вступать в дискуссию по текущим вопросам изучаемой специальности и научным проблемам на иностранном языке.

Система обучения предполагает частично самостоятельное изучение предметов студентами, и это требует серьезной перестройки сложившихся стереотипов. Нужно помочь студентам приспособиться к новым условиям обучения, мобилизовать их силы и возможности на преодоление затруднений. Представляется важным помочь студентам обнаружить свои неиспользуемые возможности, эффективно применять усвоенную информацию, преодолеть имеющиеся у студентов пробелы в знаниях путем целесообразной организации обучения и развития инициативы. Важной целью современного преподавателя является "научить учиться", т. е. переход обучения от формата "teaching" к формату "learning".

Знаменем перемен в методике обучения иностранным языкам на современном этапе можно считать принципиальную замену парадигмы "преподаватель – студент – учебник" парадигмой "студент – учебник – преподаватель". Какова сущность данной замены? Это совершенно новая роль преподавателя, который из абсолютного авторитета в аудитории превращается в консультанта, который организует и направляет учебный процесс. При этом роль студента становится весьма активной, из объекта учебной деятельности студент становится более активным субъектом образования.

Такой подход к образованию, известный в современной зарубежной и отечественной методике как "личностно-ориентированный подход", основывается на учете индивидуальных особенностей обучаемых, их склонностях и интересах. Он означает передачу студентам контроля над процессом обучения, значительно усиливая мотивацию студентов и развитию у них чувство ответственности. У студентов развивается и совершенствуется умение работать в команде, такой принцип совместного обучения содействует развитию творческого начала, проявлению лидерских качеств и росту академического потенциала. Студенты отвыкают от навязанного им "зазубривания", им приходится находить оригинальные решения при возникающих непривычных ситуациях, что положительно влияет на формирование личности.

Активное внедрение инновационных технологий в образование оказывает существенное влияние на создание образовательных систем, ориентированных на личностное и проблемное обучение. Доказано, что в современном обществе высококвалифицированный специалист должен владеть несколькими иностранными языками. В век межкультурных коммуникаций особое внимание уделяется созданию многоязычной и поликультурной личности. К инновационным технологиям относится использование информационных, проектных технологий, а также технологии языковых портфелей. Инфор-

мационные технологии позволяют разнообразить процесс восприятия и обработки информации, расширяется мотивационная основа учебной деятельности. Благодаря использованию мультимедийных средств предоставляется уникальная возможность владения большим объектом информации с последующим анализом и сортировкой.

Приоритетом становится переориентация учебного процесса преподавателя на обучаемого, который несет сознательную ответственность за результат своей познавательной деятельности. Это формирует навыки самостоятельного овладения информацией.

Проектная технология также является одной из инновационных форм организации самостоятельной работы студентов. Проекты подразделяются на монопроекты, коллективные, устно-речевые, письменные. На практике часто используются смешанные проекты, в которых имеются признаки информационных, творческих, исследовательских и практико-ориентированных методов. Работа над проектом требует многоуровневого подхода к изучению языка, который охватывает грамматику, аудирование, чтение и говорение, способствует активному самостоятельному мышлению и ориентирует на совместную исследовательскую работу, что, в свою очередь, учит студентов сотрудничеству и умению работать в команде. Таким образом, в процессе работы над проектом прослеживается связь образовательного и воспитательного процессов, в ходе которого совершенствуется иноязычная речевая подготовка и активизируется познавательная деятельность студентов.

Проектный метод как никакой другой повышает качество обучения, активизирует обучение, потому что этот метод использует много дидактических подходов, самомотивирует, что означает возрастание интереса и вовлеченности в работу по мере выполнения; поддерживает педагогические цели на всех уровнях; позволяет учиться на собственном опыте и опыте других; приносит удовлетворение обучаемым, видящим продукт своего собственного труда [1].

Одной из важных форм работы является групповой метод обучения, который напрямую связан с проблемным методом. Оба этих метода относятся к активным методам обучения. Под проблемным обучением понимается такая организация учебных занятий, которая предполагает создание под руководством преподавателя проблемных ситуаций и активную самостоятельную деятельность учащихся по их разрешению.

Работа в группе дает возможность чаще вступать в коммуникацию с другими членами группы, формулировать свою позицию, согласовывать дей-

ствия, что может способствовать развитию сотрудничества, межличностной компетентности, коммуникативной культуре. Именно работа в группе позволяет использовать рабочее время на занятии более эффективно, с большим КПД, позволяет наиболее эффективно достигнуть прогнозируемых результатов обучения и раскрывать потенциальные возможности каждого ученика, а также научить учащихся самостоятельно добывать знания, обеспечивая необходимые условия для активизации познавательной и речевой деятельности каждого учащегося группы, предоставляя каждому из них возможность осмыслить и осознать новый языковой материал, получить достаточную устную практику для формирования необходимых навыков и умений.

Групповая работа подразделяется на два вида: дифференцированную и единую. При единой работе все группы выполняют одинаковые задания. При дифференцированной – разные группы выполняют разные задания в рамках общей для всех учащихся темы. Группы учащихся формируются преподавателем до занятия, разумеется, с учетом психологической совместимости. Желательно формировать группы не по половому признаку. При этом в каждой группе должны быть ученики с разной степенью владения иностранным языком. Состав группы может быть разным даже на одном уроке. Например, сначала можно объединить группы по одинаковым интересам и предложить им соответствующие тексты, а затем образовать смешанные группы и предложить им доказать друг другу интересность и важность увлечения каждого.

Очевидно, что удачной окажется та группа, где ее члены будут дополнять друг друга: один обладает личным опытом по данной проблеме, хорошо успевает, но не обладает работоспособностью; другой – работоспособен, но не эмоционален; третий – эмоционален, экстраверт и интересуется данным вопросом, хотя и мало знает по его сути; четвертый – обладает личным опытом, но слабо успевает. Успех работы данной группы объясняется тем, что положение человека в группе связано, прежде всего, с его вкладом в общее дело.

Если преподаватель ставит цель: помочь слабым студентам, он образует разнородные группы, где обеспечивает возможность слабым студентам лучше подготовить задание. Если же слабый студент стесняется своего незнания, то тогда необходимо сделать так, чтобы он не был "одиноким": в эту группу добавляют еще одного слабого студента, но не такого стеснительного. Вероятно и создание группы из слабых студентов, чтобы они занимались по разработанному для них плану и выполняли задания, предназначенные только им. Они смогут выходить на общее обсуждение со своими

результатами и таким образом самоутверждаться в своих собственных глазах и глазах своих товарищей [2].

Оптимальной считается группа из 4–6 человек. Конечно, в маленькой группе предоставляются наиболее благоприятные условия для активной речевой деятельности каждого ее члена. С точки же зрения получения новой информации и выдвижения новых идей маленькая группа оказывается менее эффективной. К материалу и заданиям для групповой работы можно предъявлять следующие общие требования: Задания должны подходить для групповой работы, т. е. способствовать возникновению различных мнений и являться основой для обсуждения. Другими словами, задания должны быть проблемными, создавать определенное познавательное затруднение, предоставлять возможность для активного использования имеющихся знаний и являться импульсом к творческому мышлению, к поиску новых знаний и новых способов действия. Задания должны иметь относительно высокую степень трудности.

Материал по своей структуре должен быть таким, чтобы его можно было разделить на самостоятельные единицы, над которыми смогут работать разные группы или отдельные учащиеся в рамках одной группы.

Подводя итоги вышесказанному, следует отметить, что комплексное использование инновационных технологий делает процесс обучения иностранным языкам более эффективным и разнообразным. Целью вузовского обучения иностранному языку является свободное владение выпускником иностранным языком для общения в своей будущей профессиональной сфере. Необходимым условием для этого следует считать такие принципы, как целостность, междисциплинарность, открытость процесса познания, интеграция различного рода информации. Преподавателям иностранных языков необходимо проявлять интерес к специальностям студентов обслуживаемых факультетов, быть в курсе основных достижений в соответствующих областях, также необходимо просить профилирующие факультеты и кафедры регулярно информировать их об актуальных вопросах профессии студентов.

Библиографический список

1. Вайсбурд М. Л. Использование учебно-речевых ситуаций при обучении устной речи на иностранном языке : учеб. пособие для проведения спецкурса по обучению иноязычному общению в системе повышения квалификации учителей. Обнинск : Титул, 2011. 128 с.

2. Гальскова Н. Д. Современная методика обучения иностранным языкам : пособие для учителя. Изд. 3-е, перераб. и доп. М. : АРКТИ, 2014 192 с.

**Педагогико-психологический подход к преподаванию дисциплин
"Начертательная геометрия и инженерная графика",
"Инженерная графика", "Инженерная и компьютерная графика"**

Григорьева О. П. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет" кафедра технической механики и инженерной графики, e-mail: grigorievaop@mstu.edu.ru)

Аннотация. Статья посвящена педагогико – психологическому подходу к преподаванию дисциплин "Начертательная геометрия и инженерная графика", "Инженерная графика", "Инженерная и компьютерная графика", позволяющему управлять процессом усвоения знаний, приемами и навыками интеллектуальной деятельности; выявлять факторы, влияющие на процесс обучения; учитывать индивидуально-психологические особенности студентов.

Abstract. The article is devoted to pedagogy – a psychological approach to teaching the following disciplines: "Initial geometry and engineering graphics", "Engineering graphics", "Engineering and computer graphics", which allows the assimilation of knowledge, techniques and skills of intellectual activity; identify factors affecting the learning process; include individual psychological characteristics of students.

Ключевые слова: педагогика, психология, компетенции, изображение, моделирование, разработка, оформление, проектирование, документация, чертежи, отраслевые стандарты, инженерная графика, конструирование, образовательный процесс

Key words: pedagogy, psychology, competence, image, modeling, development, design, design, documentation, drawings, industry standards, engineering graphics, design, educational process

Введение

На дисциплинах "Начертательная геометрия и инженерная графика", "Инженерная графика", "Инженерная и компьютерная графика" студенты обучаются базовым методам получения изображений, знакомятся с отраслевыми стандартами оформления чертежей и с основами пространственного моделирования, а также осваивают компетенции, связанные с разработкой и оформлением проектной документации.

Для освоения дисциплины необходимы знания основ теоретического курса геометрии и информатики.

Целью дисциплин: "Начертательная геометрия и инженерная графика", "Инженерная графика", "Инженерная и компьютерная графика" является:

– Развитие пространственного представления и воображения, конструктивно-геометрического мышления, способностей к анализу и синтезу пространственных форм и отношений.

– Изучение способов конструирования различных геометрических пространственных объектов, способов получения их чертежей на уровне графических моделей. Умение решать на этих чертежах задачи, связанные с пространственными объектами.

– Приобретение навыков выполнения конструкторских работ с использованием автоматизированных систем подготовки чертежно-графической документации.

Компетенции наиболее значимые для дисциплин:

"Начертательная геометрия и инженерная графика", "Инженерная графика", "Инженерная и компьютерная графика".

Общекультурные:

Способность владеть культурой мышления; способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору пути ее достижения (ОК-1);

Способность к кооперации с коллегами, работе в коллективе (ОК-3);

Способность стремиться к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства (ОК-6);

Способность использовать основные законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования (ОК-10)

Профессиональные:

Общепрофессиональные компетенции:

Способность владеть элементами начертательной геометрии и инженерной графики, применять современные программные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей, и подготовки конструкторско-технологической документации. (ПК-7)

Компетенции по проектно-конструкторской деятельности:

Способность осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств (ПК-9)

Готовность выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств с использованием средств автоматизации проектирования (ПК-10)

Способность разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы (ПК-11)

Готовность осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и требованиям (ПК-12)

Методы и материалы

Интерактивные занятия с использованием аудио и видео материалов.
Групповые практические занятия с целью решения задач, связанных с поиском оптимальных вариантов решений.

Индивидуализация процесса обучения.

Использование 3D-технологий, способствующих развитию пространственного восприятия объекта.

Методы аудиторного обучения, соответствующие развитию каждой компетенции

Внедрение на практических занятиях модели работы конструкторского бюро (ОК-1,3; ПК-7, 9, 10, 11, 12)

Участие в конференциях (ОК-6, ПК-7)

Проведение лекционных и практических занятий. (ОК-1,3, 6, 10; ПК-7, 9, 10, 11, 12)

Разбор задач, упражнений, работа с первоисточниками. (ОК-1, 6, 10; ПК-9, 12)

Ответ у доски (ОК-1, 10; ПК-7, 10).

Методы самостоятельного самоуправляемого обучения, соответствующие развитию компетенций ОК-6, 10; ПК-7, 9, 10, 11, 12 .

При организации самостоятельной работы учитываются индивидуальные способности каждого студента. Для самостоятельного изучения теоретических и практических вопросов преподаватель выдает методические указания, учебные пособия. Вопросы, возникающие в процессе выполнения самостоятельных работ, решаются на индивидуальных консультациях с преподавателем.

В процессе выполнения некоторых работ студент может выбрать задания, отвечающие его навыкам, способностям и ожидаемой оценки.

Важным звеном самостоятельной работы является контроль за её выполнением, который осуществляется преподавателем в виде выборочной проверки данных работ и контрольного среза.

Методы оценки степени освоения каждой компетенции

Основным методом оценки каждой компетенции является письменный экзамен. В течение семестра критериями оценки служат тесты, контрольные и самостоятельные работы, защита расчетно-графических работ.

Основным критерием оценки деятельности каждого студента является балльно-рейтинговая система.

Критерии, позволяющие обучающемуся понять степень освоения им компетенции

Основным критерием, позволяющим обучающемуся понять степень освоения им компетенции является система оценки по данной дисциплине и возможность применения полученных знаний в дальнейшем обучении на последующих курсах, а также на производстве.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: графическое представление пространственных образов, современные средства инженерной графики; правила разработки, оформления конструкторской и технологической документации; требования, предъявляемые государственными стандартами при выполнении чертежей, схем и конструкторской документации; правила выполнения электрических схем; условности и упрощения, применяемые при выполнении электрических схем.

Уметь: излагать, систематизировать и критически анализировать базовую общепрофессиональную информацию, разрабатывать эскизы сборочной единицы, читать и выполнять электрические схемы, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию, определять геометрические формы деталей по их изображениям; производить измерения, наносить размеры с учетом основных положений конструирования и технологии; пользоваться стандартами и справочными материалами.

Владеть: методами начертательной геометрии для решения инженерных задач; правилами построения технических схем и чертежей, навыками выполнения и чтения технических схем, чертежей и эскизов деталей, узлов и агрегатов машин, сборочных чертежей и чертежей общего вида; теоретическими основами построения изображений (включая аксонометрическую проекцию).

Вывод

Таким образом, благодаря педагогико-психологическому подходу в преподавании дисциплин "Начертательная геометрия и инженерная графика", "Инженерная графика", "Инженерная и компьютерная графика" можно управлять процессом усвоения знаний, приемами и навыками интеллектуальной деятельности; решать проблемы взаимоотношений обучающихся друг с другом и с преподавателем; выявлять психологические факторы, влияющие на процесс обучения и формирования пространственного мышления; учитывать индивидуально-психологические особенности студентов. Такой под-

ход сыграет немаловажную роль в формировании у обучающихся определенных знаний, умений и навыков, развития личностных качеств, необходимых выпускнику в производственной деятельности.

Библиографический список

1. Усманов Б. Ш., Жураева Г. Х., Ядгарова А. А. Инновационные методы обучения в преподавании технических дисциплин // Техника. Технологии. Инженерия. 2017. №2. С. 10–13.
2. Худяков К. В. О стиле преподавания технических дисциплин // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2009. № 10. С. 173–175.
3. Потемкин А. Н., Викулов А. С., Крупнова А. В. Особенности преподавания специальных технических дисциплин в условиях современного высшего профессионального образования // Концепт : науч.-метод. электронный журнал. 2014. Т. 20. С. 2876–2880.

САПР КОМПАС-3D в преподавании информатики

Лейко Н. Н., Бучкова З. А., Майорова О. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматизации и вычислительной техники, e-mail: leykonn@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье рассмотрен пример применения системы автоматизированного проектирования КОМПАС-3D в рамках изучения дисциплины "Информатика". Приведен вариант практического задания и подробные указания для его выполнения.

Abstract. The paper exemplifies the application of the "КОМПАС-3D" software for 2D and 3D Design in the study of Informatics. It provides a version of a practical task and detailed instructions for completion.

Ключевые слова: САПР, КОМПАС-3D, обучение, информатика

Key words: CAD, КОМПАС-3D, informatics, study

КОМПАС (КОМПлекс Автоматизированных Систем) – семейство систем автоматизированного проектирования с возможностями оформления проектной и конструкторской документации согласно стандартам серии ЕСКД и СПДС. Разрабатывается российской компанией "Аскон" [1].

КОМПАС-3D LT V12 – это облегченная версия универсальной системы, позволяющая создавать трехмерные модели деталей и чертежи. Версия КОМПАС-3D LT V12 рекомендована для первого знакомства с 3D моделированием и черчением.

КОМПАС-3D LT изучается при проведении занятий по дисциплине "Информатика" со студентами первого курса технических специальностей университета. Предлагаемые для выполнения задания обеспечивают получение знаний по основам компьютерной графики, системам автоматизированного проектирования, формируют навыки работы с программой. Задания просты для исполнения, подробно описана методика выполнения работ.

В дальнейшем информация, полученная во время работы в программе КОМПАС-3D, позволит обучающимся применить приобретенные знания и навыки работы в изучении других дисциплин, в решении практических задач.

В данной статье приведен пример практического задания для занятия и методические указания для его выполнения [2].

Пример практического задания. По выполненному примеру начертить геометрическую фигуру (рис. 1), указать размеры и сохранить чертеж.

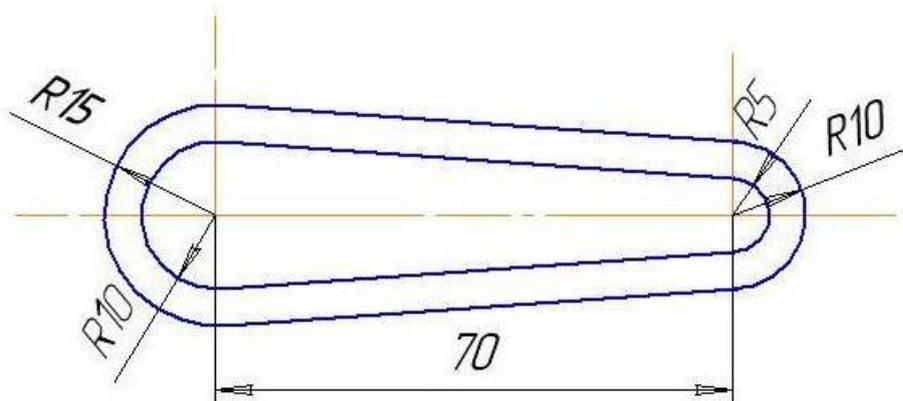


Рисунок 1 – Геометрическая фигура

Порядок выполнения работы:

1. Создайте новый чертеж.
2. Начертите **Отрезок** длиной 70 мм, стиль линии **Осевая**.
3. Прервите команду (нажмите **Esc**).
4. По концам осевой линии начертите окружности с осями радиусом 15 и 10 мм (рис. 2, 3).

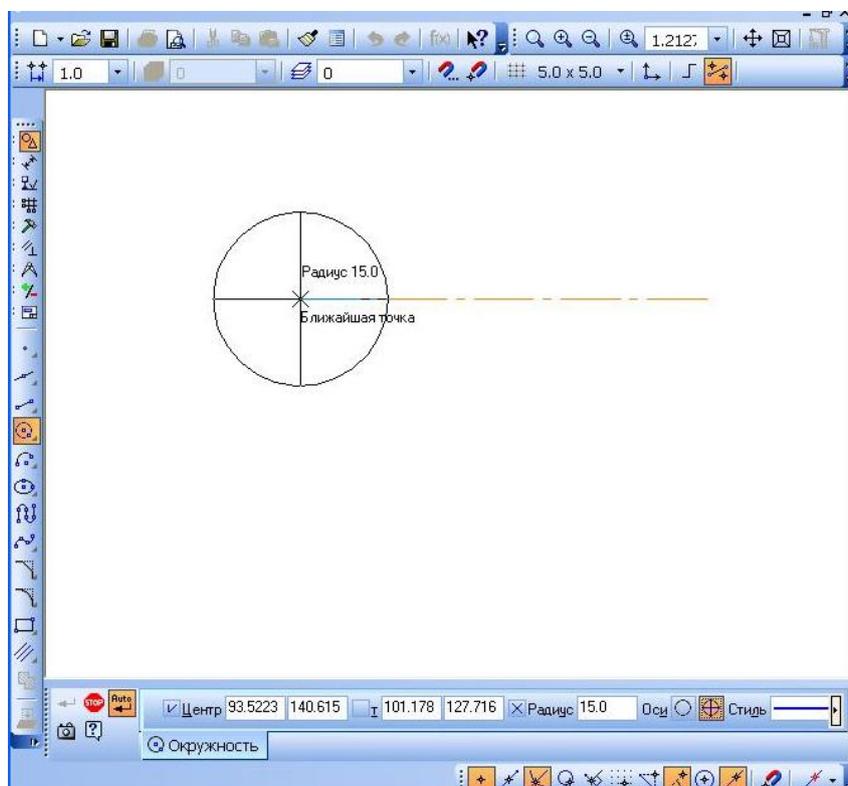


Рисунок 2 – Фантом окружности радиусом 15мм перед вводом

5. Прервите команду (нажмите Esc).

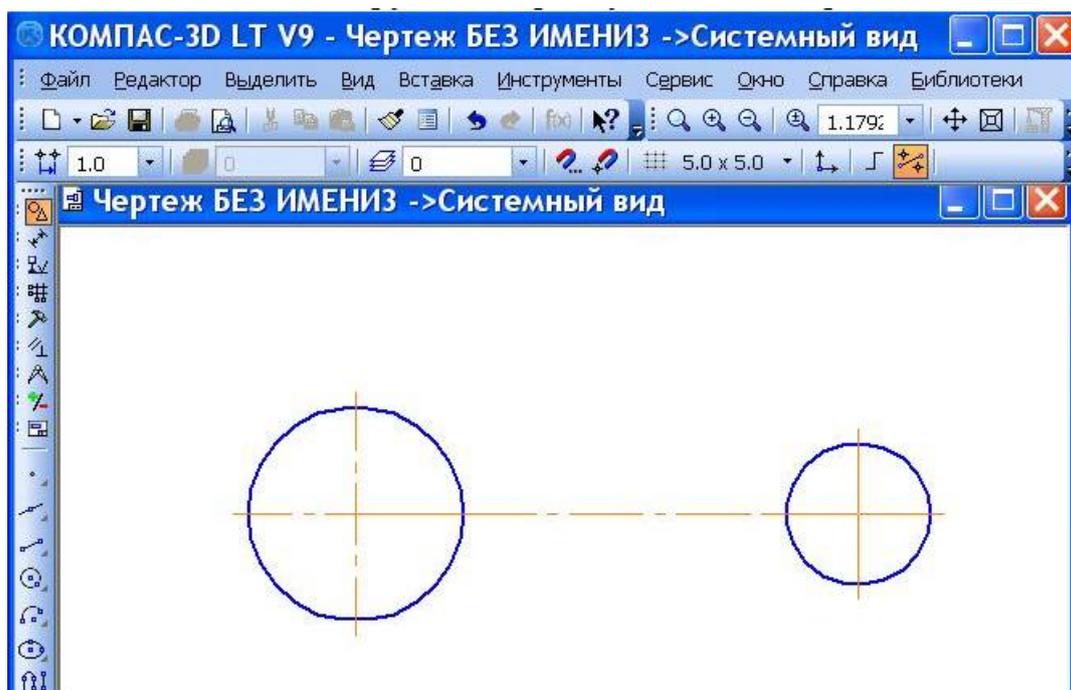


Рисунок 3 – Окружности вычерчены

Проведите к окружностям касательные. Для чего:

6. Через **Инструменты – Геометрия – Отрезки** выберите **Отрезок, касательный к двум кривым** (рис. 4).

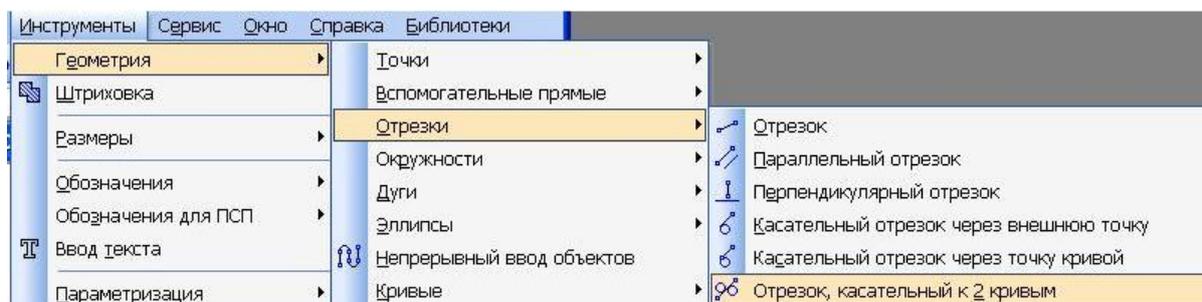


Рисунок 4 – Выбор отрезка, касательного к двум кривым

7. "Ловушкой"  выделите обе окружности.

Появились фантомы возможных касательных.

8. Наведите "ловушку" на касательную, которую необходимо вычертить (рис. 5).

9. ЛКМ (левой клавишей мыши) подтвердите выбор касательной.

10. "Ловушкой" выберите вторую касательную (рис 6).

11. ЛКМ произведите ввод второй касательной Прервите команду (нажмите Esc).

Если произошел ввод ненужных по заданию касательных, то выделите их и удалите.

Продолжите вычерчивание в следующей последовательности:

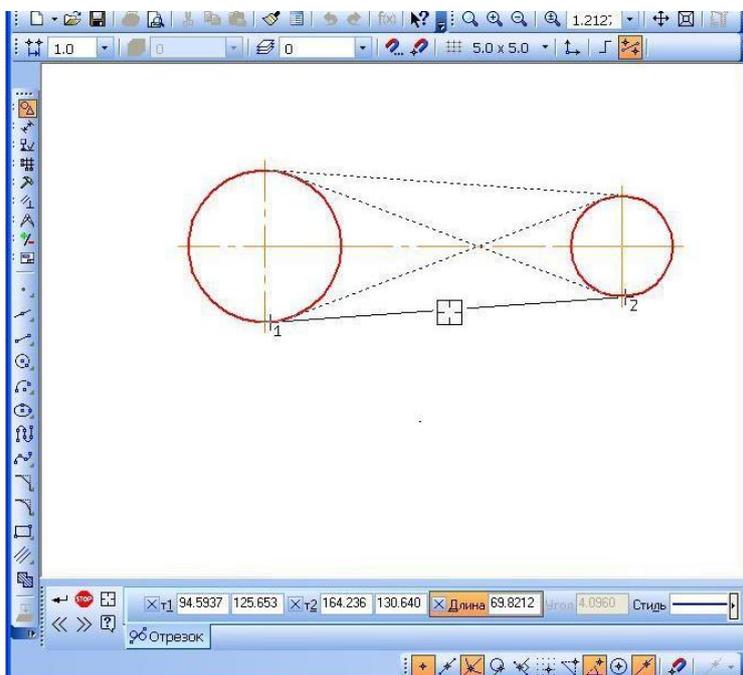


Рисунок 5 – Касательная выбрана "ловушкой"

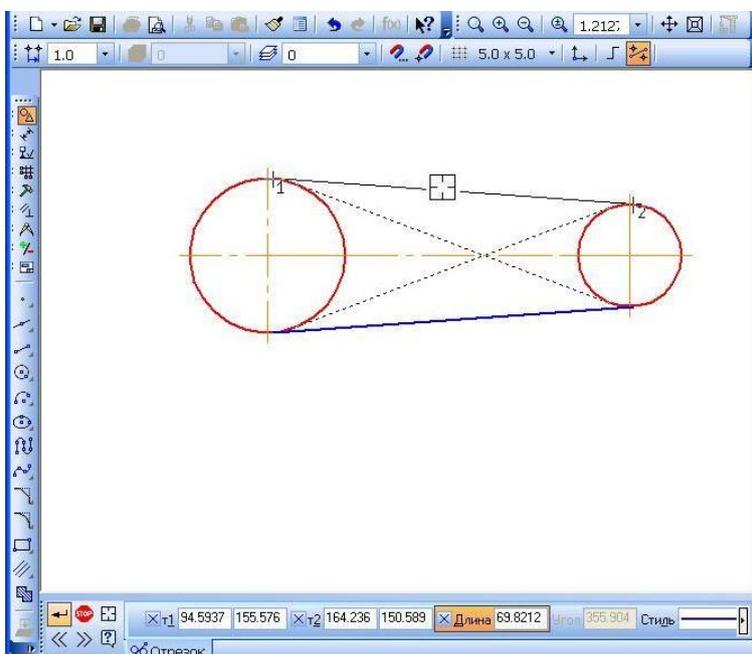


Рисунок 6 – Вторая касательная выбрана "ловушкой"

12. Вызовите команду **Удалить часть кривой** (Редактор – Удалить – Часть кривой).

13. "Ловушкой"  удалите части окружностей.

14. Прервите команду **Удалить Часть кривой** (нажмите **Esc**).
15. Вызовите команду **Окружность**.
16. Из центров имеющихся окружностей, начертите окружности **Без осей** радиусом 10 и 5 мм.
17. Прервите команду **Окружность** (нажмите **Esc**).
18. Вызовите команду **Удалить часть кривой** (**Редактор – Удалить – Часть кривой**).
19. "Ловушкой"  удалите части окружностей.
20. Прервите команду **Удалить Часть кривой** (нажмите **Esc**).
21. Вызовите команду **Линейный размер** (**Инструменты – Размеры – Линейные – Линейный размер**).
22. Нанесите линейный размер.
23. Прервите команду (нажмите **Esc**).
24. Вызовите команду **Радиальный размер** (**Инструменты – Размеры – Радиальные – Радиальный размер**).
25. Нанесите радиальные размеры.
26. Прервите команду (нажмите **Esc**). (рис. 7).

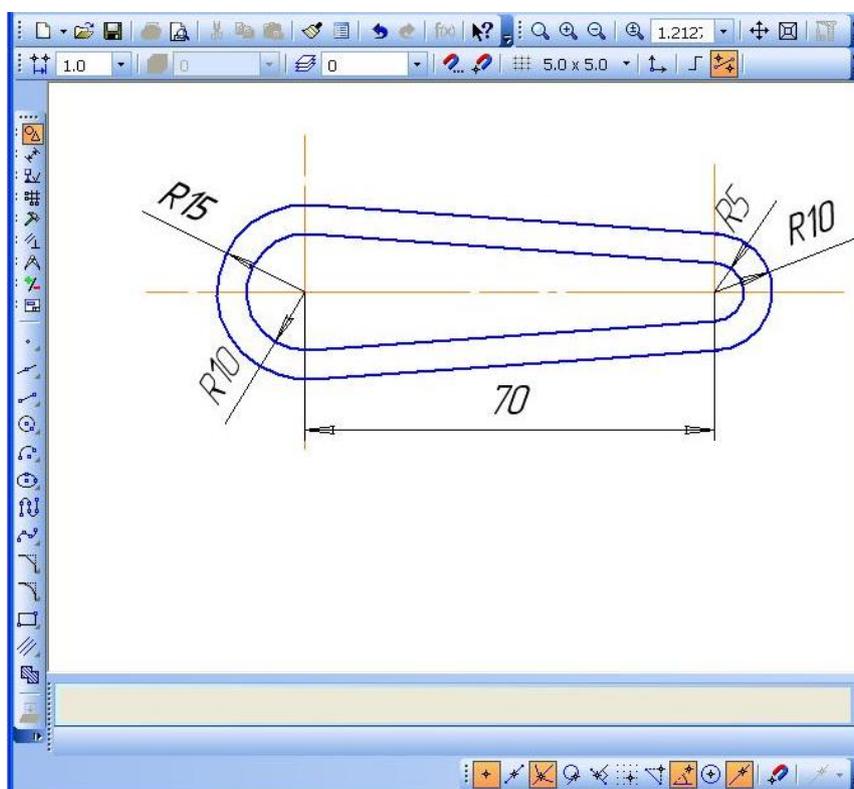


Рисунок 7 – Чертеж перед сохранением

27. Сохраните чертеж.

Накопленный опыт применения программы КОМПАС-3D в обучении в курсе дисциплины "Информатика" показал доступность в освоении основных приемов построения чертежей, объемных деталей и вычерчивании их отдельных видов. У студентов вырабатывается навык соблюдения соответствующих ГОСТов при создании чертежей, появляется заинтересованность в дальнейшем использовании программы при подготовке учебных заданий по другим дисциплинам.

Библиографический список

1. URL: <https://ascon.ru>.
2. Компьютерная графика в системе КОМПАС-3D LT [Электронный ресурс] : методические указания по дисциплине "Информатика" и "Компьютерные технологии" для студентов очной формы обучения направлений 08.03.01 "Строительство", 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника", 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника", 20.03.01 "Техносферная безопасность", 21.03.01 "Нефтегазовое дело", 21.05.05 "Физические процессы Г и НГ производства", 23.03.03 "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов" / сост. Н. Н. Лейко. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2016. Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та. Загл. с экрана.

Сетевое взаимодействие как ресурс развития технического образования

Пашеева Т. Ю. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологии материалов и судоремонта, e-mail: tatjana-pasheeva@rambler.ru)

Аннотация. Россия вынуждена срочно изменять ситуацию в одном из самых болезненных для нее вопросов – подготовке кадров для всех отраслей экономики. При организации подготовки кадров по программам прикладного бакалавриата целесообразно объединить усилия в этом направлении с учреждениями среднего профессионального образования.

Abstract. Russia has to urgently change the situation in one of the most painful issues for it – training for all sectors of the economy. When organizing training for applied baccalaureate programs, it is advisable to combine efforts in this direction with institutions of secondary vocational education.

Ключевые слова: высокотехнологичное производство, инновационные технологии, технический университет, колледж, профессиональное образование, качество профессиональной подготовки

Key words: high-tech production, innovative technologies, technical university, college, vocational education, quality of professional training

Задачами первостепенной важности государственной промышленной политики России являются укрепление и развитие промышленного потенциала страны, совершенствование системы инженерного образования, выработка единых требований к качеству подготовки инженерных кадров. В качестве приоритетных задач: поощрение разработки высоких технологий, соответствующих научных исследований; возведение инженерных профессий и инженерного труда в разряд наиболее высокооплачиваемых и престижных. В центре этих процессов – экономическая поддержка инженерного образования, обеспечение притока молодых исследователей и преподавателей в технические вузы, на промышленные предприятия [1].

В данной статье предлагается рассмотреть проблемы и перспективы подготовки инженерных кадров на примере подготовки студента, способного самостоятельно решать профессиональные задачи в области инновационного сварочного производства.

Значение сварки и родственных ей технологий для современного судостроения, судоремонта и промышленности России в целом, переоценить невозможно. Развитие и совершенствование сварочных технологий стимулируется во всех промышленно развитых странах [2].

Потребность в специалистах-сварщиках растет прямо пропорционально развитию промышленности. Электросварка во многих отраслях современной промышленности занимает одно из важнейших мест. Профессия сварщика перспективна и востребована не только в России, но и во всем мире, в том числе и в Мурманске.

Потребность в сварщиках и специалистах сварочного производства в Мурманске объясняется наличием судоремонтных предприятий, а также перспективными проектами Мурманска. В 2015 г. во время проведения Санкт-Петербургского международного экономического форума состоялось знаковое событие: подписано соглашение о сотрудничестве в рамках создания Центра строительства крупнотоннажных морских сооружений. Всего на ООО "НОВАТЭК–Мурманск" планируется обеспечить работой более 10 тыс. человек [3].

В 2017 г. изучалось состояние рынка труда путем анкетирования различных организаций – работодателей, применяющих в своей деятельности сварку, контроль и испытания продукции. Мониторинг показал: потребность в квалификациях в области сварки сохранилась; вопрос подготовки специалистов, соответствующих современным квалификационным требованиям, остался наиболее актуальным и острым.

Алексей Малолетков, директор Межотраслевого Высокотехнологического Центра НАКС (Национальное агентство контроля сварки), в статье "Я бы в сварщики пошел", опубликованной в журнале "Сварка. Диагностика" № 1 – 2018, отмечает: "К сожалению, система профессионального образования в России за последние десятилетия накопила целый ряд проблем, которые коснулись, в том числе, и подготовки по профессии сварщик. Это и несоответствие профессиональных компетенций выпускников образовательных организаций современным требованиям работодателей, отсутствие соответствующей практической подготовки, незнание современной нормативно-технической документации, что привело к необходимости дополнительного обучения работника на рабочем месте, которое носит несистемный, случайный и непродуктивный характер" [4].

В настоящее время модернизация и развитие системы профессионального образования Мурманской области сдерживается рядом проблем:

– материально-техническая база профессиональных образовательных организаций требует усовершенствования и доведения до современного уровня, отвечающего запросам современной экономики;

– экономическая нестабильность на предприятиях, низкая заинтересованность работодателей, отсутствие квотирования мест на предприятиях создает проблему трудоустройства выпускников;

– внедрение новых ФГОС СПО и стандарта педагога профессионального образования осложняется недостатком в профессиональных образовательных организациях преподавателей общепрофессиональных и профессиональных дисциплин и мастеров производственного обучения, обладающих опытом профессиональной деятельности на современных предприятиях.

Качество подготовки кадров не увязано с оценкой профессиональной подготовки педагогов профессиональных образовательных организаций. В Программах не представлены инновационные, "прорывные" модели переподготовки педагогических кадров, дающие ощутимые результаты для внедрения ТОП–50, в том числе для передовых технологий и WorldSkills Russia [5].

Будущее развитие сферы применения сварки напрямую зависит от модернизации системы подготовки и сертификации кадров [6].

На рубеже смены приоритетов в области развития профессионального образования и перехода к новым механизмам управления содержанием профессионального образования отчетливо проявляются инновационные подходы к модернизации спектра и условий реализации образовательных программ в соответствии с приоритетами государственной политики в области среднего профессионального образования. Если говорить в целом об опыте подготовки по стандартам ФГОС СПО, то опыт Мурманского индустриального колледжа заслуживает положительной оценки. Специфика реализуемых образовательных программ обязывает руководство Мурманского индустриального колледжа все время быть в теме инноваций, обеспечивая образовательный процесс необходимыми ресурсами: современным оборудованием и квалифицированными кадрами. Педагогический коллектив ГАПОУ МО "Мурманский индустриальный колледж" ведет методическую работу, которая способствует повышению педагогического мастерства, делового профессионального роста и совершенствованию учебного процесса. Благодаря внедрению новых профессиональных стандартов и их согласованию с образовательными программами Мурманский индустриальный колледж получил возможность готовить специалистов, обладающих набором знаний и умений, максимально соответствующих требованиям современного сва-

рочного производства. Колледж является одним из ведущих профессиональных учебных заведений Мурманской области в сфере сварочных технологий.

Совершенно очевидно, что при организации подготовки кадров по программам прикладного бакалавриата Мурманскому государственному техническому университету целесообразно объединить усилия в этом направлении с учреждениями среднего профессионального образования, в том числе с Мурманским индустриальным колледжем, имеющим богатый опыт подготовки практикоориентированных специалистов и рабочих кадров. Колледж, в свою очередь, весьма заинтересован в сотрудничестве с Мурманским государственным техническим университетом, в первую очередь, как звеном системы непрерывного образования.

При сложившейся на сегодняшний день ситуации в профессиональном образовании обеспечить учебный процесс высокотехнологичным оборудованием возможно только с помощью социальных партнёров. Главная задача в подготовке высококвалифицированных кадров – это качественная реализация образовательных программ силами объединения. Мурманский индустриальный колледж оснащён мощной материальной базой, что значительно облегчает реализацию образовательных программ. Например, в колледже имеются сварочные мастерские, оснащенные современным оборудованием. Загрузка мастерских не бывает стопроцентной, поэтому можно предложить проведение занятий для студентов вуза на базе учебных мастерских колледжа. То же самое с педагогами: высококвалифицированный преподаватель, который ведет специальную дисциплину, может работать и со студентами колледжа. В качестве успешного сотрудничества Мурманского индустриального колледжа и Мурманского государственного технического университета можно привести пример проведения практических и лабораторных занятий по таким дисциплинам, как "Технология сварочных работ", "Технология конструкционных материалов". Материально-техническая база Мурманского индустриального колледжа позволяет провести практические и лабораторные занятия по указанным дисциплинам на высоком профессиональном уровне.

Студенты индустриального колледжа участвуют в студенческих научно-технических конференциях, которые ежегодно проводятся в Мурманском государственном техническом университете. На базе кафедры технологии материалов и судоремонта неоднократно проводились занятия для студен-

тов колледжа по дисциплинам "Материаловедение" и "Метрология, стандартизация и сертификация".

В настоящее время многие заинтересованы в развитии технического направления, но не все вузы располагают материальной базой, которая имеется в колледже. При сложившейся на сегодняшний день ситуации в профессиональном образовании обеспечить учебный процесс высокотехнологичным оборудованием возможно только с помощью социальных партнёров. В целях улучшения качества реализуемых образовательных программ необходимо обмениваться наиболее ценными кадрами и объединять ресурсы. Необходимо отработать сетевую форму реализации образовательных программ, так как это перспективное направление работы, выгодное всем сторонам – педагогам, выпускникам и работодателям.

"Сетевое взаимодействие – это система связей, позволяющих разрабатывать, апробировать и предлагать профессиональному педагогическому сообществу инновационные модели содержания образования и управления системой образования; способ деятельности по совместному использованию ресурсов" [8].

Сетевая форма взаимодействия рассматривается как условие реализации образовательной программы и понимается как выстраивание отношений образовательной организации с иными образовательными организациями, суть деятельности которых состоит в использовании ресурсов организаций науки, культуры, физкультурно-спортивных и иных организаций посредством разработки и реализации совместных образовательных программ и учебных планов [9].

Тема реализации образовательных программ в сетевой форме является принципиально важной для процессов модернизации системы высшего образования Российской Федерации. В целях повышения качества высшего профессионального образования в области техники и технологий в российских вузах необходимо сохранять и развивать лучшие традиции отечественного инженерного образования: фундаментальность и практикоориентированность. Особое внимание следует обратить на мировые тенденции развития инженерной деятельности и современные международные требования к профессиональным инженерам.

Библиографический список

1. Дьяконов Г. С. Глобальные задачи инженерного образования и подготовка инженеров в национальном исследовательском университете // Высшее образование в России. 2013. № 12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnye-zadachi-inzhenernogo-obrazovaniya-i-podgotovka-inzhenerov-v-natsionalnom-issledovatel'skom-universitete>.
2. Бурмистров Е. Г. Основы сварки и газотермических процессов в судостроении и судоремонте : учеб. СПб. : Лань, 2017. 552 с.
3. URL: <https://арктик-тв.рф/news/murmanskaya-oblast-arktika/megaproekt-strategicheskogo-znacheniya-v-belokamenke>
4. Я бы в сварщики пошел // Сварка и диагностика. 2018. № 1. С. 14–15.
5. Блинов В. И. [и др.]. Регионы России: подготовка кадров для передовых технологий // Среднее профессиональное образование. 2018. № 9. С. 17–21.
6. Ежелева Л. Искрометные кадры в фокусе внимания: о сварке в судостроении. URL: <http://mbsz.ru/?p=27780>.
7. Зубарев Ю. М. Высококвалифицированные кадры – основа экономического развития России // Справочник. Инженерный журнал. 2017. № 7. С. 39–43.
8. Симонова А. А., Дворникова М. Ю. Понятие сетевого взаимодействия образовательных организаций // Педагогическое образование в России. 2018. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-setevogo-vzaimodeystviya-obrazovatelnyh-organizatsiy>.
9. Попова И. Н. Сетевое взаимодействие как ресурс развития общего и дополнительного образования // Мир науки : интернет-журнал. 2016. Том 4, № 6. URL: <http://mir-nauki.com/PDF/47PDMN616.pdf>.

Использование интерактивного приема INSERT в процессе обучения иностранному языку в техническом вузе

Рунова А. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра иностранных языков,
e-mail: annarounova@yandex.ru)

Аннотация. Данная статья рассматривает использование интерактивного приема INSERT как способа развития читательской компетенции обучающихся технического вуза. В статье описываются характерные особенности этого приема, а также рассматриваются основные этапы приема INSERT на примере конкретного текста на иностранном (английском) языке.

Abstract. This article considers the problem of using the interactive method INSERT for developing students' competence in reading. The author describes its special features and distinguishes its main stages using a foreign text.

Ключевые слова: интерактивный прием, читательская компетенция, иностранный язык
Key words: interactive method, competence in reading, foreign language

На сегодняшний день профессиональная компетентность выпускников технических вузов определяются не только их уровнем профессиональных знаний, полученных в вузе, но и развитием их личностных компетенций, таких как умение работать индивидуально (самостоятельно находить и обрабатывать необходимую информацию) и умение быть членом команды (эффективно взаимодействовать с другими людьми для решения какой-либо задачи).

Для развития этих умений перед обучающимися стоит задача научиться работать с текстом, т. е. уметь преобразовывать и интерпретировать находящуюся в нем информацию. Обучающимся необходимо развивать свою читательскую компетенцию, так как чтение является не только средством познания себя и мира, но и средством гармонизации отношений между человеком и обществом [1, с. 34].

Мы можем выделить такие основные способы работы с текстом, как: систематизация, сопоставление, анализ и обобщение заложенной в тексте информации; выделение главной и второстепенной информации; представление информации в сжатой устной форме или в письменной форме в виде наглядных символов; заполнение таблиц, схем и диаграмм на основе прочитанного.

Чтение является сложным видом речевой деятельности. С одной стороны, оно может выступать как средство обучения иностранному языку, например, в процессе семантизации новых лексических единиц. С другой стороны, чтение является самостоятельным видом речевой деятельности, и в таком

случае обучение чтению становится сложным и трудоемким процессом для преподавателя и обучающегося, требующим поиска эффективных приемов обучения. Такими высокоэффективными приемами обучения могут стать интерактивные приемы обучения, которые пришли на смену коммуникативным.

На сегодняшний день интерактивные приемы обучения широко используются в процессе обучения иностранному языку. Они повышают мотивацию обучающихся и позволяют им быть вовлеченными в активную языковую практику. Интерактивные формы работы формируют и развивают речевую культуру обучающихся, которая им будет в дальнейшем необходима для осуществления успешной профессиональной деятельности [2, с. 150].

Сущность понятия "интерактивность" заключается во взаимодействии двух или более обучающихся в процессе общения. Такое взаимодействие характеризуется нахождением обучающихся в одном смысловом пространстве, совместным погружением в поле решаемой проблемы, согласованностью в выборе средств решения проблемы, переживанием схожих эмоций при поиске решения проблемы.

В настоящее время в педагогике и лингводидактике представлен большой выбор интерактивных приемов обучения. Остановимся на одном из интерактивных приемов, который эффективно работает при обучении чтению, – на приеме INSERT. Он направлен на формирование и развитие читательской компетенции и потребности обучающихся в систематическом чтении, в частности на иностранном языке. INSERT – это аббревиатура, образованная сокращением следующего словосочетания: **Interactive Noting System for Effective Reading and Thinking**, что в переводе с английского означает "*интерактивная система записи для эффективного чтения и размышления*". Авторами этого приема обучения являются Д. Воган и Т. Эстес (1986 г.). В дальнейшем модификацией этого приема занимались Ч. Темпл, К. Меридит и Д. Стилл, которые предложили использовать INSERT в технологии критического мышления (1997 г.).

Суть данного интерактивного приема обучения заключается в том, что он в процессе работы с текстом предоставляет обучающимся формировать и развивать умение критически интерпретировать впервые полученную информацию и находить связи с материалом, изученным ранее. Для реализации приема INSERT преподавателю и обучающимся необходимо осуществить 4 этапа работы:

1) Преподавателю следует ознакомить обучающихся со специальной системой маркировки текста: "галочка" служит для маркировки прочитанного,

известного обучающимся заранее, до начала чтения текста; "плюсом" на полях обучающиеся отмечают то, что стало для них новым, интересным или неожиданным; знак "минус" используется для маркировки того, что противоречит их представлениям; "вопросительный знак" свидетельствует о том, что что-то неясно и требует разъяснения со стороны преподавателя; "восклицательным знаком" отмечается то, что обучающиеся хотели бы узнать дополнительно не от преподавателя, а из других информационных источников (учебники, телепередачи, интернет и пр.), и в дальнейшем приготовить отдельный доклад по данной теме.

2) Обучающиеся читают текст и отмечают соответствующим значком на полях фразы, предложения и абзацы текста.

3) Обучающиеся переносят отмеченную информацию из текста в табл. 1:

Таблица 1 – Колонтитул таблицы INSERT

V	+	-	?	!
Ранее известное (уже знал)	Новое (не знал раньше)	Противоречащее прежним знаниям (думал иначе)	Неясное (есть вопросы)	Интересное (хочу знать больше)

4) Обучающиеся обсуждают с преподавателем и друг с другом каждую графу таблицы.

Такой прием обучения способствует развитию вдумчивого, внимательного чтения и формированию аналитического мышления. При использовании данного приема обучения процесс накопления и осмысления информации становится более зримым, более понятным.

Рассмотрим наглядно на примере, каким образом можно реализовать интерактивный прием INSERT в обучении иностранному языку. Возьмем отрывок из книги С. Джангера "Идеальный шторм" [4]. Данное художественное произведение изучается курсантами морских специальностей в аспекте домашнего чтения с последующим обсуждением на практическом занятии [3, с. 30]. Целью использования данного приема обучения является развитие у обучающихся критического осмысления новой информации, а также развитие способности находить связи с пройденным ранее.

До прочтения отрывка из книги, описывающего способ добычи рыбы-меч, преподаватель может задать следующие вопросы (ответы обучающихся фиксируются на доске):

1. What do you know about swordfish? What is the size of these fish? How do they use their "sword"?

2. What types of ships are used for catching swordfish?

3. When and where do the fishermen catch swordfish?

Затем преподаватель знакомит обучающихся со способами маркировки текста в процессе чтения. После полученных объяснений обучающиеся читают текст, делая отметки на полях (см. табл. 2).

Таблица 2 – Текст с возможными способами маркировки его отдельных частей

The <i>Andrea Gail</i> was a swordfishing boat. Sometimes her crew caught other kinds of fish too – sharks for instance – but mostly they caught swordfish.	
<u>Swordfish are very dangerous.</u> They are large and strong, they can weigh up to 500 pounds. But the most unusual and dangerous thing about this fish is its “sword.” This is a long thin piece of bone which grows out of the fish’s jaw, above its mouth. The sword is a sharp, powerful weapon, like the swords that people once used for fighting.	V
<u>Swordfish mostly use their swords to attack smaller fish.</u> Small fish swim closely together in huge groups for safety. The swordfish swim through them and tear them to pieces with their sharp swords. But sometimes, <u>swordfish have attacked boats.</u> They can make a hole in the hull of a boat with their swords, so that water comes in. <u>These fish have even attacked fishermen and pulled them from their boats into the sea.</u>	V +
Swordfishing boats like the <i>Andrea Gail</i> are called “ <u>long-liners.</u> ” This is because their main fishing line, or mainline, is very long. This monofilament line can be 40 miles long.	+
<u>Swordfish eat at night.</u> So every evening, fishermen on the swordfishing boats attach pieces of line, called “ <u>gangions,</u> ” all along the mainline. These gangions are about 40 feet long, and each one has a clip at one end to fix it to the mainline. On the other end of each gangion is a large hook, and, just above the hook, a <u>lightstick.</u> On these hooks, the fishermen attach fish bait, which is usually squid, or sometimes mackerel. This food, and the light from the lightsticks, will attract the swordfish during the night.	! – ?
When the mainline is baited, the fishermen put it into the water.	?
During the night, the swordfish come to the lights on the gangions and they try to take the bait off the hooks. But when a fish tries to take the bait, its mouth becomes caught on the hook and it can’t get free. In the morning, the fishermen haul the mainline back into the boat. They take the fish that they’ve caught off the hooks. They cut the heads and tails from the fish and they cut open their bodies. Then the men put ice inside the bodies and they store the fish – their catch – in the fish hold.	
During the North American summer, the swordfish are mostly found at the Grand Banks fishing grounds, so the swordfishing boats follow them there. <u>In winter, the fish swim south to the warmer waters of the Caribbean Sea,</u> and the boats follow them there too.	
<u>Swordfishing boats make eight or nine trips a year.</u> They are big boats, so they hold a lot of fish and they make a lot of money. Often the boats are away for a month. When a boat comes home to port, the crew stays on shore for a while – maybe a week. The men spend time with their families and they repair their boat. But they never stay in port for very long. As soon as their boat is repaired, they head back out to sea again, to look for more fish	+ –

После того как обучающиеся прочитали текст и сделали отметки на полях, они возвращаются еще раз к обсуждению вопросов, заданных преподавателем до начала чтения текста. Затем преподаватель предлагает обучающимся систематизировать информацию, отмеченную ими в тексте, и заполнить таблицу. После заполнения таблица может иметь следующий вид (см. табл. 3):

Таблица 3 – Один из вариантов заполнения таблицы INSERT

V	+	-	?	!
Swordfish are dangerous. Swordfish use their swords to attack smaller fish	Swordfish have attacked boats. These fish have even attacked fishermen. In winter, the fish swim south to the warmer waters of the Caribbean Sea	Swordfish eat at night	gangions; lightsticks	long-liners (construction; equipment; types; difference from trawlers, etc.)

После заполнения таблицы обучающиеся приступают к обсуждению текста. Они сравнивают, анализируют и обобщают записанную в своих таблицах информацию. Преподаватель поясняет информацию, отмеченную вопросительным знаком, тем самым снимая трудности лексического и смыслового восприятия текста. После активного обсуждения текста в парной и групповой работе, где обучающиеся проявляют себя членами одной команды, преподаватель предлагает каждому представить свое монологическое высказыванием по одной из предложенных тем:

1. Swordfish: *size; weight; instincts.*
2. The process of catching swordfish: *preparations; equipment; fish processing on board; storage.*
3. Swordfishing trips: *number of trips a year; earnings; port calls.*

В качестве домашнего задания на следующее занятие обучающиеся должны приготовить небольшие доклады на темы, отмеченные восклицательным знаком в своих таблицах. Таким образом, они получают еще более глубокие знания по изучаемой теме.

Интерактивный прием INSERT работает на всех стадиях практического занятия. В начале занятия он помогает вспомнить уже известное, что характерно для стадии вызова. Во время чтения он способствует поиску в тексте новой, ранее неизвестной информации, что характерно для стадии осмысления. После прочтения он позволяет обучающимся самостоятельно осуществить анализ информации, а затем обсудить ее всем вместе, что характерно для стадии размышления и рефлексии.

Чтобы успешно применять интерактивный прием INSERT в процессе обучения иностранному языку, необходимо развивать у обучающихся умение читать внимательно и осмысленно. Заполняя таблицу INSERT, обучающиеся имеют возможность отслеживать собственное понимание прочитанного. Такой вид работы повышает их инициативу, способствует высказыванию собственного мнения, позволяет общаться и обсуждать полученную информацию как с одноклассниками, так и с преподавателем [1, с. 37]. Следовательно, приходим к выводу, что интерактивный прием INSERT является высокоэффективным методическим приемом, имеющим цель сформировать у обучающихся читательскую компетенцию, а также вызвать потребность в систематическом чтении родной и зарубежной литературы.

Библиографический список

1. Власова П. С. Методический прием "Инсерт" в обучении чтению на иностранном языке / науч. ред. И. А. Рудакова // Современная наука: теоретический и практический взгляд : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф, 2016. С. 34–37.

2. Евстропова Н. С., Опарина К. С. Использование интерактивных методов обучения на занятиях по иностранному языку в техническом вузе (на примере технологии "командообразования") // Вестник Вятского государственного гуманитарного университета. 2014. №6. С. 149–152.

3. Рунова А. А. Методические указания к развитию навыков устной речи на базе текстов для чтения из книги С. Джангера "Идеальный шторм" по дисциплине "Иностранный язык" для курсантов 1-2 курсов специальности 26.05.06 "Эксплуатация судовых энергетических установок". Мурманск : Изд-во МГТУ, 2017. 48 с.

4. The Perfect Storm : a True Story of Men Against the Sea / Sebastian Junger, retold by Anne Collins. Oxford : Macmillan Publishers Limited, 2005. 111.

Определение надежности механического привода аналитическим способом

Челтыбашев А. А. Панкратов А. А. Прежин С. Д. Каиров Т. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технической механики и инженерной графики, e-mail: arcns@mail.ru)

Аннотация. Данная статья посвящена использованию аналитического метода для определения надежности механического привода. В статье рассмотрены виды износа влияющие на надежность привода, а также описан общий алгоритм расчета надежности зубчатого редуктора. На основании описанного в статье алгоритма, можно определить вероятность безотказной работы механического привода в заданном временном диапазоне.

Abstract. This article is devoted to the use of the analytical method for determining the reliability of the mechanical drive. The article describes the types of wear affecting the reliability of the drive, as well as a General algorithm for calculating the reliability of the gear reducer. Based on the algorithm described in the article, it is possible to determine the probability of failure-free operation of the mechanical drive in a given time range.

Ключевые слова: надежность, критерии сопротивления контактной усталости, виды износа
Key word: Reliability, contact fatigue resistance criteria, types of wear

Проблема надежности механического привода для многих машин является актуальной проблемой. Существующая система проектирования не позволяет с достаточной достоверностью оценить срок службы механического привода, до его первого отказа, а также выявить в нем наиболее слабое звено.

Опыт эксплуатации потребителями механических приводов включающих в себя различные виды редукторов говорит о том, что одной из основных причин выхода их из строя является механическое изнашивание, обусловленное в том числе и ошибками изготовления. В процессе эксплуатации механическому изнашиванию подвергаются в первую очередь зубья колес и подшипники. Величина механического изнашивания представляет собой всякое изменение геометрии поверхности, включающее в себя удаление или перемещение материала с взаимодействующих поверхностей при механическом воздействии. Изменения основных параметров редукторов механического привода приводят к процессам с постепенными отказами (механическое изнашивание и с внезапным отказом трещины, разрушение зуба) [2; 6–9].

Механическое изнашивание определяется в единицах длины, объема и массы. Для зубчатых колес механическое изнашивание является результатом механического воздействия друг на друга взаимно перемещающихся поверхностей зубьев, а также абразивного воздействия на них отделившихся

продуктов износа (рис. 1), которое может привести к полированию, питингу [2; 6].

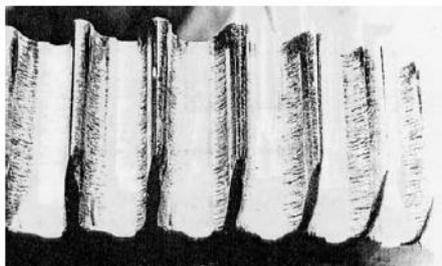


Рисунок 1 – Механическое изнашивание зубчатых колес

Для подшипников качения механическое изнашивание является результатом воздействия на подшипник радиальных и осевых сил. Если неподвижным является внутреннее кольцо, а подвижным – наружное, тогда воздействие постоянной радиальной силы проявится в виде непрерывного следа износа на наружном кольце и местном изнашивании внутреннего кольца (рис. 2).

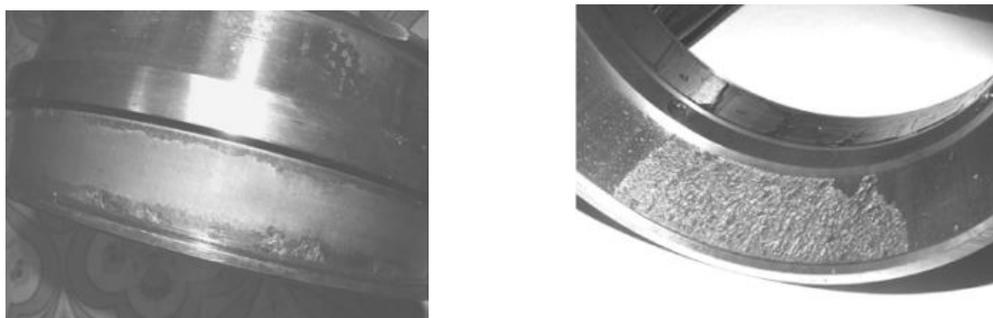


Рисунок 2 – Механическое изнашивание подшипников качения

Изменение первоначальной формы зубьев под влиянием высоких нагрузок, вызывающих возникновение напряжений, которые превышают предел упругости материала ведет к повреждению зубчатых колес, которое представляет собой остаточную деформацию. Она может наблюдаться на рабочей поверхности зуба или под ней при высоких контактных напряжениях или на галтели (у основания) зуба при высоких изгибных напряжениях (рис. 3).



Рисунок 3 – Изменение первоначальной формы зубьев под влиянием высоких нагрузок

Под действием многократно возникающих в пятне контакта напряжений, которые появляются в процессе взаимодействия зубьев, на поверхности зуба возникает контактная усталость. Она характеризуется удалением металла в результате хрупкого разрушения и образованием раковин на поверхностях зубьев (рис. 4) [3; 7].

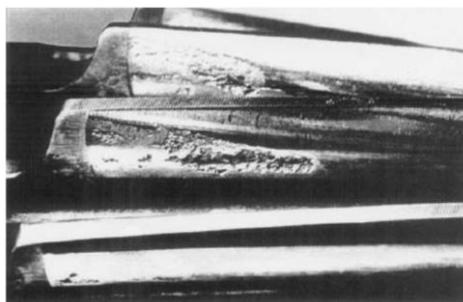


Рисунок 4 – Контактная усталость зубьев

Изнашивание при взаимном внедрении профилей зубьев характеризуется износом на головке зуба одного из сопряженных колес и (или) на ножке зуба другого сопряженного колеса, вызванным избытком материала на головках зубьев зубчатого колеса и на ножках зубьев сопряженного колеса. В результате происходит царапание и износ как головок зубьев одного из колес, так и ножек зубьев сопряженного колеса, вызывающий заострение головок и закругление ножек зубьев [1].

Изнашивание в период пуска под нагрузкой – это специфический вид изнашивания, проявляющийся при чисто металлическом контакте поверхностей зубьев в условиях отсутствия смазочной пленки в момент пуска передачи под нагрузкой (рис. 5). При избыточной нагрузке в момент пуска на поверхностях зубьев наряду с изнашиванием может развиваться заедание.



Рисунок 5 – Изнашивание в период пуска под нагрузкой

Кроме этого подшипники и механические передачи могут быть подвержены абразивному износу и усталостному выкрашиванию.

Рассмотренные виды механического изнашивания оказывают значительное влияние на работоспособность механического привода и как следствие, на его надежность. В настоящее время при проектировании механических приводов учитываются три основных критерия работоспособности, а именно контактная прочность и изгибная выносливость зубчатых передач, а также долговечность подшипников.

Однако, для определения надежности механического привода этих критериев недостаточно. Поэтому в теории надежности для определения теоретического срока службы механического привода используют следующие основные методы оценки:

- экспериментальный;
- аналитический (расчетный);
- статистического моделирования.

Остановимся более подробно на аналитическом методе, который дает возможность оценивать надежность объекта, проводить сравнение различных вариантов его выполнения, находить оптимальные (или близкие к оптимальным) решения на самых ранних этапах разработки и проектирования, когда изделие существует еще только на бумаге. Основу данного метода составляют сведения о надежности каждого элемента, входящего в анализируемый объект. От достоверности этих данных зависит качество получаемых результатов. Порядок аналитической оценки надежности устанавливает ГОСТ 27.301-95.

Рассмотрим порядок расчета надежности на примере цилиндрического косозубого двухступенчатого редуктора. Согласно существующему порядку расчета надежности технических систем, построим структурную (эквивалентную) схему надежности (С(Э)СН или просто СН) (рис. 6), которая по своей сути является последовательной структурой без резервирования.

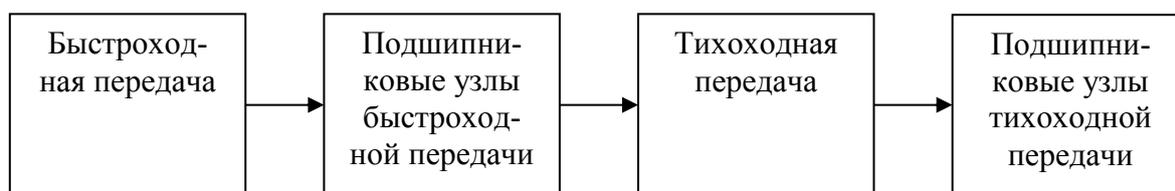


Рисунок 6 – Структурная (эквивалентная) схема надежности (С(Э)СН)

Система состоит из четырех элементов, и, если отказ любого из них означает отказ системы, то такое соединение – основное (последовательное). При

расчете надежности таких систем предполагают, что отказ элемента является событием случайным и независимым.

Вероятность безотказной работы такой системы $P_c(t)$ в течение времени t определяется как произведение вероятностей безотказной работы составляющих ее элементов:

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^n P_{\varphi_i}(t), \quad (1)$$

если $P_{\varphi_i}(t) = P_{\varphi}(t)$, то $P_c(t) = (P_{\varphi}(t))^n$.

Известно, что в общем случае вероятность безотказной работы

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}, \quad (2)$$

Если известны интенсивности отказов элементов $\lambda_{\varphi_i}(t)$, то

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^n e^{-\int_0^t \lambda_{\varphi_i}(t) dt} = e^{-\sum_{i=1}^n \int_0^t \lambda_{\varphi_i}(t) dt}, \quad (3)$$

если $\lambda_{\varphi_i}(t) = \lambda_{\varphi}(t)$, то $P_c(t) = e^{-n \int_0^t \lambda_{\varphi}(t) dt}$ (4). [4,5]

Зададимся зависимостями для случайных событий и параметрами на основе которых и будет вестись аналитический расчет надежности механического привода.

Для определения надежности подшипниковых узлов быстроходной и тихоходной передач чаще всего используют распределение Вейбулла с заданными параметрами износа b и вероятностью безотказной работы $P(t)$ на интервале времени t , которым мы и воспользуемся.

Для определения надежности зацепления в механических передачах воспользуемся определением вероятности безотказной работы по критериям сопротивления контактной усталости P_H и изгибной выносливости P_F . На основании определения вероятности того, что контактное напряжение σ_H не превышает предела контактной выносливости (предельного значения расчетного параметра) $[\sigma_H]$:

$$P_H = \text{вер} (\sigma_H < [\sigma_H]). \quad (5).$$

Вероятность безотказной работы по критерию сопротивления контактной усталости P_H определяется по таблице в зависимости от величины квантили U_{pH} :

$$U_{pH} = -\frac{\overline{n_H} - 1}{\sqrt{\overline{n_H}^2 * V_{P_H}^2 + V_{\sigma_H}^2}}, \quad (6)$$

$\overline{n_H}$ – коэффициент запаса прочности по средним напряжениям, равный:

$$\overline{n_H} = \frac{\overline{\sigma_{H \lim B}}}{\sigma_H}. \quad (7)$$

На основании критерия изгибной выносливости напряжение изгиба σ_F не превышает предела изгибной выносливости (предельного значения расчетного параметра) $[\sigma_F]$:

$$P_F = \text{вер} (\sigma_F < [\sigma_F]). \quad (8).$$

Вероятность безотказной работы по критерию сопротивления изгибной выносливости P_F определяется по таблице в зависимости от величины квантили U_{pF} :

$$U_{pF} = -\frac{\overline{n_F} - 1}{\sqrt{\overline{n_F}^2 * V_{P_F}^2 + V_{\sigma_F}^2}}, \quad (9)$$

$\overline{n_F}$ – коэффициент запаса прочности по средним напряжениям, равный:

$$\overline{n_F} = \frac{\overline{\sigma_{F \lim B}}}{\sigma_F}. \quad (10)$$

В результате, для определения общей надежности механического привода при линейной структурной системе надежности будет равна:

$$P = P_F * P_H * P_{Ft} * P_{Ht} * P(t)_{\text{под}}. \quad (11).$$

Но с учетом структурной схемы, надежность всего привода не будет превышать надежность наиболее слабого звена.

Использование аналитического метода расчета надежности механического привода позволяет не только определить вероятный срок службы, но и выявить наименее надежное звено.

Библиографический список

1. Войнов К. Н., Есбулатова А. Ж. Управляем надежностью через допуски на изготовление деталей пар трения // Евразийский Союз Ученых. Технические науки. 2015. № 10 (19). С.41–42.
2. ГОСТ 31381-2009. Колеса зубчатые. Виды повреждений. Классификация и описание. Мн.: БелГИСС, 2009. 66 с.
3. ГОСТ 25.504-82 Расчеты и испытания на прочность. Методы расчета характеристик сопротивления усталости [Электронный ресурс]. URL: <https://docplan.ru/Index2/1/4294829/4294829383.htm>.
4. ГОСТ 27.301-95 Надежность техники. Расчет надежности. Основные положения. М. : ИПК изд-во стандартов, 1996. 16 с.
5. ГОСТ 27.002-89 Надежность техники. Основные понятия, термины и определения. М. : Изд-во стандартов, 1990. 38с.
6. Маликов А. А., Лихошерст В. В., Шалобаев Е. В. Анализ и классификация процесса изнашивания зубчатых передач // Справочник. Инженерный журнал. 2011. № 9. Приложение. С. 2–11.
7. Маликов А. А., Лихошерст В. В., Шалобаев Е. В. Процессы заедания и остаточной деформации в зубчатых передачах // Справочник. Инженерный журнал. 2011. № 9. Приложение. С. 12–18.
8. Маликов А. А., Лихошерст В. В., Шалобаев Е. В. Дефекты зубчатых передач редукторов // Справочник. Инженерный журнал. 2011. № 9. С. 19–24.
9. Сидоров В. А., Сотников А. Л. Эксплуатация подшипников качения. Донецк : Технопарк ДонГТУ "УНИТЕХ", 2014. 175 с.

Особенности преподавания графических дисциплин в современном университете

Червоняк Т. Ф. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технической механики и инженерной графики, e-mail: tamara_cher@mail.ru)

Аннотация. Статья посвящена особенностям преподавания графических дисциплин в современном вузе, проведен анализ проблем и приведены возможные пути их преодоления.

Abstract. The article is devoted to the features of teaching graphic disciplines in a modern university. Analysis of the problems is carried out and possible ways to overcome them are given.

Ключевые слова: начертательная геометрия, инженерная графика, компьютерная графика, черчение

Key words: descriptive geometry, engineering graphics, computer graphics, draftsmanship

В последнее время все чаще задают вопрос: нужна ли начертательная геометрия и инженерная графика в вузе или нет? Если нужна, то в каком объеме?

Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо разобраться в особенностях преподавания графических дисциплин в современных условиях.

Начертательная геометрия и инженерная графика являются дисциплинами, составляющими общетехническую подготовку инженеров различных отраслей техники. Графические дисциплины учат будущих специалистов пространственно мыслить, владеть языком техники – чертежом, способствуют раскрытию творческого потенциала первокурсников.

В настоящее время современный специалист должен обладать не только знаниями и умениями в соответствующей предметно-отраслевой области, но и обладать способностью работать в различных структурных подразделениях предприятия, быстро адаптироваться к специфическим требованиям рабочего места, обладать способностью и желанием постоянно учиться. Поэтому главной задачей преподавателя становится не просто передать знания студенту, а сформировать у него способность и стремление самостоятельно получать эти знания, умения и навыки.

У студентов младших курсов такие навыки практически отсутствуют. Кроме того, преподавание графических дисциплин в настоящее время осложнено еще несколькими объективными причинами.

К ним можно отнести, в первую очередь, плохую базовую (школьную) подготовку по черчению (предмет полностью выведен из общеобразовательного стандарта) и геометрии (в последнее время количество часов на изуче-

ние геометрии постоянно уменьшается, в основном упор делают на алгебру), что негативно сказывается на развитии пространственного и логического мышления и образного воображения. А осознание студентом своего низкого уровня подготовки резко снижает мотивацию к обучению графическим дисциплинам. Дефицит аудиторных часов в рабочей программе не позволяет отводить часть занятий для коррекции этих знаний.

Следующей причиной, которая влияет на качество преподавания и усвоения графических дисциплин, является сокращение количества аудиторных часов в вузе на изучение начертательной геометрии и инженерной графики.

В учебных планах дисциплина "Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика" зачастую изучается за один семестр (2 часа в неделю), или за два семестра (один час в неделю). Такая ситуация приводит к тому, что ряд тем излагается и усваивается поверхностно, лишь на уровне понятий.

Еще одной причиной сложности усвоения графических дисциплин является неподготовленность первокурсников – вчерашних школьников – к восприятию информации в большом коллективе. Темп чтения, метод подачи информации необычен для слушателя, бывшего школьника, что затрудняет усвоение учебного материала. Такой способ передачи информации, а это, как правило, монолог, не вовлекает студента непосредственно в процесс обучения.

Традиционно считается, что начертательная геометрия является одной из сложных дисциплин в вузе. Часть изучаемого материала отводится на самостоятельную проработку. Для студентов младших курсов навыки самостоятельной работы практически отсутствуют.

Новые условия жизни первокурсников, их социально-психологическая и организационная неподготовленность к условиям обучения в вузе также являются объективным фактором сложности усвоения графических дисциплин.

Еще одна причина, которая влияет на статус графических дисциплин, это то, что данная дисциплина не воспринимается студентами первого курса как необходимая в их дальнейшей учебной и производственной деятельности.

Можно еще назвать одну проблему, снижающую интерес к графическим дисциплинам, это кадровая проблема. Отсутствует специальная подготовка кадров для преподавания графических дисциплин в условиях динамично развивающихся и усложняющихся технологий.

Вот неполный круг проблем, который объясняет особенности преподавания начертательной геометрии и инженерной графики в современном вузе.

Как решить эти проблемы преподавания графических дисциплин? Как повысить мотивацию к обучению? Если возможно найти ответы на эти вопросы, то и возможно ответить на вопрос: нужна ли нам начертательная геометрия в вузе?

В процессе изучения графических дисциплин студенты технического вуза должны приобрести навыки работы с любой по назначению и виду графической информацией: от традиционного чертежа и текстового документа до презентационного ролика, выполненного современными средствами графики.

Чертеж является основным средством выражения инженерной мысли, а методы начертательной геометрии являются теоретической базой для решения задач технического черчения. Для этого требуются знания теоретических основ построения изображений объектов, уметь видеть в многообразии объектов их геометрическую сущность и представлять возможности их взаимодействия. Начертательная геометрия изучает закономерности перевода пространственных объектов в плоскостное изображение на основе определенных правил и алгоритмов. Эти знания важны при работе над графической частью курсового проекта, изучении теории машин и механизмов, деталей машин, специальных дисциплин. Изучение графических дисциплин формирует будущего инженера и его готовность к профессиональной проектно-конструкторской деятельности.

Графический способ представления информации имеет преимущества в сравнении с вербальным способом. Образы, создаваемые на основе зрительного восприятия, обладают большей ассоциативной силой, чем вербальное описание. А изображение является универсальным языком интернационального общения, тогда как вербальное общение требует для понимания, как минимум знания языка собеседника.

Изучая курс "Инженерная графика", студенты осваивают общие требования к выполнению чертежей в соответствии с ГОСТами ЕСКД, основы геометрического и проекционного черчения, выполняют чертежи машиностроительного направления, основанные на методах проецирования начертательной геометрии. Однако, при всей значимости графической подготовки для последующего профессионального образования, изучение графических дисциплин в рамках общеобразовательной школы осуществляется в явно недостаточном объеме.

Для выявления трудностей, возникающих у студентов первого курса при изучении начертательной геометрии и инженерной графики, необходимо

использовались такие методы, как входной контроль по определению остаточных знаний, устные опросы студентов.

Педагогические наблюдения и беседы со студентами и преподавателями, осмысление личного преподавательского опыта позволили сделать вывод о том, что подавляющее большинство студентов не имеют развитых навыков самостоятельной работы; а методическое обеспечение учебного процесса не всегда соответствует уровню обученности и способностей студентов.

Навыки самостоятельной работы в основном сводятся к выполнению домашних заданий. При ограниченном объеме часов, отводимых на аудиторские занятия по графическим дисциплинам, некоторые разделы курсов студенты должны прорабатывать полностью самостоятельно. Эта ситуация является для начинающих студентов во многом непривычной и новой. Решить эти проблемы можно, если имеется в наличии методическое обеспечение в доступной форме и при относительно небольшом объеме позволяющее разобраться с изложенными в разделе курса вопросами, вынесенными на самостоятельную проработку. При этом на начальном этапе необходимо довести, где и в каком объеме изложен этот материал, так как студент впервые сталкивается с проблемой поиска источников информации такой направленности. Как правило, это либо методические руководства, разработанные на кафедре, имеющиеся в напечатанном виде или размещенные на образовательном портале, либо имеющиеся в библиотеке университета учебники.

Объем самостоятельной работы, соотношение между часами аудиторской и самостоятельной работы будет зависеть от преподавателя, его педагогического опыта и методики, а также использования информационных образовательных технологий. Еще немаловажный фактор – возможность получения консультаций у преподавателя по возникающим вопросам. Для этого нужно увеличить количество часов на консультации вне сетки расписания, но включать их в нагрузку преподавателей. В таком общении преподаватель может оценить личность студента и его потенциал.

Во время первого года обучения трудно определить, в какой степени нужна та или иная учебная дисциплина, так как неизвестно, где будет работать будущий специалист. Необходимо приводить примеры из других дисциплин, где будут применяться знания и умения, приобретенные на курсе начертательной геометрии и инженерной графики.

Критики начертательной геометрии утверждают, что при современных системах компьютерной графики любая задача начертательной геометрии

решается просто, наглядно, точно и быстро. Однако весьма сомнительно существование таких графических редакторов, которые могли бы без использования знаний по начертательной геометрии и ее алгоритмов решать любые задачи. Никто не оспаривает необходимость использования компьютерных технологий в инженерно-графической подготовке. Но компьютер является лишь инструментом, который должен помогать в усвоении дисциплины, поможет избежать рутинной работы и сделает процесс решения творческим. Но подменять начертательную геометрию машинной графикой или другим аналогичным курсом нельзя.

Мнение некоторых преподавателей о том, что невозможно развить пространственное мышление у студента, тоже считаю ошибочным. Опыт работы в вузе, результаты тестирования, контрольных срезов, итогового контроля показывают, что большинство студентов после изучения дисциплины имеют пространственное мышление или развили его на более высоком уровне. Огромную роль в этом играют кадры кафедры. Поэтому проведение таких мероприятий, как профильные методические конференции, олимпиады и конкурсы различных уровней позволяют находить пути дальнейшего развития преподавателей высшей школы.

Для повышения интереса к дисциплине необходимо широко использовать компьютерную поддержку обучения, сочетать различные виды лекций и практических занятий с привлечением мультимедийных средств. Несмотря на это в настоящее время существуют противники лекционного изложения материала. В нашем вузе для студентов ряда направлений отменены лекционные курсы по дисциплине. Считаю, этот вид занятий при правильной организации является ведущим. Необходимо использовать как традиционные, так и нетрадиционные формы проведения лекций.

Активное вовлечение первокурсников в научную и внеучебную жизнь университета помогает сократить сроки адаптации и снизить негативное влияние на процесс обучения. В нашем университете проводятся ежегодные внутри вузовские научные и практические конференции, которые расширяют кругозор обучающихся, помогают осмыслению правильности выбора будущей профессии. При вузе работают подготовительные курсы, в том числе и по повышению графической грамотности.

Таким образом, изучив различные публикации на тему особенностей и проблем преподавания графических дисциплин, а также проведя анализ

собственного более чем двадцатилетнего педагогического опыта преподавания в вузе, можно сделать следующие выводы:

1. Начертательная геометрия – развивающаяся наука, следовательно, нет никаких обоснованных причин для изъятия начертательной геометрии из учебных планов инженерных специальностей.

2. Начертательная геометрия служит фундаментом при создании новых средств автоматизированного проектирования.

3. Определяющую роль в формировании профессиональных навыков играет самостоятельная работа студентов университета.

4. Самостоятельная работа требует огромной предварительной работы преподавателя в процессе обучения.

Библиографический список

1. Афонина Е. В. Направления совершенствования геометро-графической подготовки в техническом вузе [Электронный ресурс]. URL: <http://fiercest.ru/lecture/e-v-afonina-bryanskii-gosudarstvenny-i-tehnicheskii-universitet>.

2. Боровиков И. Ф. Стоит ли отменять начертательную геометрию? // Современные проблемы информатизации геометрической и графической подготовки инженеров : тр. Всерос. науч.-метод. конф. Саратов, 2007. С. 164–168.

3. Боровиков И. Ф., Потапова Л. А. Начертательная геометрия и инженерное образование // Машиностроение и инженерное образование. 2009. №1. С. 62–67.

4. Верстаков Е. В. Особенности преподавания дисциплины "Инженерная и компьютерная графика" // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 6. Университетское образование. 2012. № 13. С. 88–91.

5. Липовский В. И., Тарасенко Ю. В. Некоторые проблемы изучения инженерной графики [Электронный ресурс]. URL: http://www.rusnauka.com/10_NPE_2008/Pedagogica/29822.doc.htm???history=0&sample=38&ref=0

6. Лунина И. Р., Покровская М. В., Резчикова Е. В. Об опыте интеграции педагогических технологий в техническом университете // Высшее образование в России. 2013. № 2. С. 90–95.

7. Русинова Л. П. Развитие пространственного мышления у студентов в начале изучения курса "Начертательная геометрия" // Молодой учёный. 2012. № 3. С. 391–394.

**Информационно-коммуникативные технологии
и проблемы их использования в современном профессиональном
образовании на примере преподавания графических дисциплин**

Шамрина О. П. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный
технический университет", кафедра технической механики и инженерной
графики, e-mail: shamrinaop@mstu.edu.ru)

Аннотация. В данной статье анализируется процесс создания качественно новой предметно-учебной среды путем объединения педагогических и информационных технологий образования.

Abstract. This article analyzes the process of creating a qualitatively new subject-learning environment by combining pedagogical and information technologies of education.

Ключевые слова: информационно-коммуникативные технологии, профессиональное образование, графические дисциплины, преподавание

Key word: Communication technologies, professional education, graphic disciplines, teaching

В Концепции модернизации российского образования обозначены основные цели модернизации – доступность, эффективность и качество. Главный критерий качества образования – уровень самореализации личности в деятельности, в том числе в профессиональной. Основными критериями качества здесь выступают внешние показатели: успеваемость, организация образовательного процесса, информационные технологии обучения и т. д.

Проблема становления и развития ИТО (информационных технологий обучения) – в настоящее время актуальна и многоаспектна. Внедрение ИТО в учебный процесс может стать основой для становления принципиально новой формы непрерывного образования, опирающейся на объективную самооценку, поддерживаемую технологическими средствами и мотивированную результатами самообразовательной активности человека. ИКТ (информационно-коммуникативные технологии) широко используются для организации, управления и мониторинга учебного процесса, поддержки электронного документооборота, дистанционного взаимодействия участников образовательного процесса, организации доступа к учебным базам данных, электронным библиотекам, методическим материалам и т. п. [1]

Информационно-коммуникативные технологии обучения создают инновационную информационную среду обучения и имеют ряд дидактических возможностей, среди которых:

- обратная связь между педагогом и обучаемым;

- компьютерная визуализация объектов и процессов;
- хранение больших объемов информации;
- компьютерное моделирование процессов и явлений;
- автоматизация вычислений и поиска информации;
- автоматизация управления учебным процессом и контроля учебной деятельности обучающихся [2].

Предметом исследования в данной статье являются те дидактические возможности ИКТ, которые внедряются на кафедре Технической механики и инженерной графики при изучении графических дисциплин.

В Мурманском государственном техническом университете традиционно уделяется большое значение техническому образованию, где графический язык занимает одно из важнейших мест. Выпускнику технического вуза в условиях современной глобальной информатизации и компьютеризации необходима базовая графическая подготовка, владение навыками использования компьютерных графических программ, обеспечивающая трудовую мобильность, и при необходимости переквалификацию.

Сегодня основная проблема графической подготовки заключается в том, что мы часто рассматриваем ее с традиционной позиции как начертательную геометрию и инженерную графику, в то время как инженерная графическая деятельность более многогранна. Поэтому введением в графическую подготовку высшей школы должно стать ознакомление с прикладными аспектами компьютерной графики.

Инженерная графика – дисциплина, целью которой является изучение правил оформления конструкторской документации. Основным графическим конструкторским документом является чертеж, содержанием которого является плоская информационная модель изделия. Конструктор, проектируя изделие, должен на основании дизайнерских решений и технических расчетов создать геометрическую модель, а затем дополнить ее информацией, необходимой для технологической подготовки производства.

Инструментальные возможности современных систем автоматизированного проектирования позволяют на этапе формирования геометрической модели создавать не плоскую, а трехмерную модель. Таким образом, при проектировании изделия мы имеем возможность создать виртуальную модель изделия и проверить ее работоспособность, что значительно сокращает подготовку производства планируемого изделия.

В связи с этим в процессе обучения инженерной графике студент должен приобрести навык создания трехмерной модели детали, используя программы компьютерной графики. Кроме того, можно выделить специальную графическую подготовку, предполагающую приобретение навыков работы с системами автоматизированного проектирования профильного назначения, в зависимости от направления подготовки.

Студенты и курсанты инженерных специальностей, обучающиеся в МГТУ, получают возможность эффективно использовать программы САПР для освоения графических дисциплин при изучении курсов "Инженерная и компьютерная графика", "Компьютерная графика", "САПР", "Основы художественного конструирования" с использованием программ AutoCAD, Компас и их приложений.

Несомненно также, что глубокая подготовка специалистов, владеющих современными технологиями в области проектирования, возможна лишь при условии сквозного применения САПР на всех общеинженерных и специальных кафедрах и закрепления навыков проектирования во время целевой подготовки специалистов. В этом случае обучающиеся будут проявлять интерес к изучению различных систем компьютерного моделирования, что положительно отразится на качестве их подготовки.

Развитая функциональная, системная, профессиональная компьютерная компетентность включает в себя ряд новых, все усложняющихся личностных характеристик обучающихся, опирается на их мотивы и интересы, способности и опыт (знания, умения), формирование которых требует от преподавателей продуманного личностно-ориентированного обучения [3].

В условиях глобальной информатизации и компьютеризации перед преподавателями кафедры ТМ и ИГ поставлены следующие задачи: облегчить понимание и освоение студентами курсов графических дисциплин в рамках государственного образовательного стандарта третьего поколения, поколения 3+ и 3++ в условиях разной степени графической базовой подготовки студентов (начиная от нулевой); повысить качество и эффективность подготовки студентов технических специальностей; повысить интерес студентов к изучаемым графическим дисциплинам

Для решения этих задач на кафедре ТМ и ИГ приоритетным направлением было определено совершенствование традиционных методов обучения при графической подготовке студентов с использованием информационных технологий и средств компьютерной графики.

Решение задачи использования на кафедре ТМ и ИГ информационно-коммуникативных технологий находится в интенсификации учебной и научно-методической деятельности преподавателей. Современной высшей школе требуется преподаватель, являющийся не просто носителем информации, знаний и умений по определенной дисциплине, а педагог – мыслитель, способный использовать инновационные технологии, руководить научно-исследовательской работой, знать психофизические особенности студентов, для того, чтобы научить их самостоятельно совершенствоваться, ведь именно этим студенты будут заниматься после окончания вуза. В рамках решения этой задачи преподаватели кафедры ТМ и ИГ проходят курсы профессиональной переподготовки в Институте дополнительного профессионального образования, созданного на базе МГТУ.

Приоритетной задачей является создание современной информационной базы данных полнотекстовых изданий научно-методической литературы для всех графических дисциплин, преподаваемых на кафедре, разработка информационно-образовательной среды на основе индивидуализации и дифференциации обучения с целью повышения качества преподавания графических дисциплин.

В настоящее время на кафедре ведутся разработки по совершенствованию организационно-педагогического и учебно-методического обеспечения инженерной графики в направлении соответствия современному информационному и технологическому прогрессу и современным квалификационным требованиям, предъявляемым к выпускникам технических вузов [4].

Создаются учебно-методические разработки и методические пособия для облегчения восприятия материала, необходимого для самостоятельной работы студентов, в процессе которой закладываются основы творческого развития, стендовые и демонстрационные материалы, которые помогут организовать аудиторную работу преподавателя и студента и повысят наглядность и эффективность учебного процесса.

Важная роль в контроле качества усвоения знаний и управлении качеством подготовки специалистов отводится на кафедре ТМ и ИГ развитию технологий компьютерного тестирования, которая становится составной частью учебного процесса по контролю знаний. В настоящее время ведется работа по созданию банков тестовых заданий.

Следует отметить, что повысить интенсификацию процесса обучения компьютерной графике возможно, если строить занятия и разрабатывать за-

дания таким образом, чтобы студенты принимали участие в создании и реализации учебно-методического комплекса графических дисциплин для себя и для последующих поколений студентов. Эта творческая работа будет способствовать не только успешному освоению трудной для них дисциплины, но и формированию профессиональной компетентности будущих специалистов.

Одной из составляющей контроля качества обучения и применения ИКТ на кафедре ТМ и ИГ является мониторинг успеваемости студентов по результатам промежуточных и итоговых аттестаций, их анализ и проведение мероприятий по повышению успеваемости студентов и курсантов, учитывая интересы, способности и разные уровни подготовки обучаемых.

Объединение педагогических и информационных технологий образования приводит к созданию качественно новых предметно-учебных комплексов – учебно-информационных комплексов. Это новые системы, которые можно рассматривать как универсальные дидактические структуры, их отличие от традиционных в том, что они имеют дидактическую компьютерную среду. Этой средой, созданной преподавателями кафедры, пользуются студенты, обучающиеся на базе Института дистанционного обучения МГТУ.

Разработана система адаптации студентов – первокурсников к условиям восприятия нового уровня знаний по графическим дисциплинам учебных планов направлений подготовки (специальностей), заключающаяся в создании подготовительного модуля, направленного на решение конкретной задачи: углубление знаний первокурсников по дисциплине "черчение".

При разработке программ изучения дисциплины преподаватели руководствовались Государственными образовательными стандартами общего (среднего) образования. Помимо этого, каждый преподаватель учитывает в программе дисциплины модуль рабочие программы вузовских графических дисциплин, что дает возможность облегчить процесс адаптации студентов – первокурсников к учебе в вузе. Преподаватель также ориентируется на результаты входного контроля знаний по изучаемой графической дисциплине, что позволяет оценить подготовленность первокурсников, выявить проблемные для них темы. По результатам тестирования возможно сделать вывод о степени подготовленности первокурсника к обучению в вузе, определить стратегию и тактику формирования общекультурных и профессиональных компетенций в процессе подготовки специалистов по графическим дисциплинам, что послужит рекомендациями по выработке корректирующих действий.

Для организации учебной работы в период подготовительного модуля необходимо применение личностно-ориентированных педагогических технологий, эффективных форм организации образовательного процесса с использованием активных методов обучения. Цель преподавателя на данном этапе заключается в эффективном управлении группой в процессе занятия, максимальном вовлечении студентов в образовательный процесс, в поддержании высокой познавательной активности на протяжении занятия. Преподаватель становится наставником, который развивает коммуникативные способности, аналитическую деятельность и исследовательские умения студентов. Важно также развивать у студентов навыки в самостоятельной работе: умение планировать и организовывать свою деятельность, умение использовать различные источники информации, в том числе глобальной сети Интернет. К занятиям по программе подготовительного модуля привлекаются наиболее опытные преподаватели, имеющие опыт практической работы в школе.[5]

На кафедре разработаны материалы для проведения входного и выходного тестирования по изучаемой графической дисциплине. При этом не просто проверяется степень усвоения материала, процесс также носит обучающий характер. По итогам подготовительного модуля проводится анализ результатов на основании тестирования первокурсников в начале и при завершении подготовительного модуля, итогов промежуточной аттестации, мнения ведущих преподавателей. Конечным итогом такого анализа является выявление и развитие потенциальных способностей студентов, а также поиск новых более эффективных форм, методов и принципов обеспечения учебного процесса, проводимого на кафедре.

Реализация дидактических возможностей ИКТ включает новые виды информационной деятельности в образовательном процессе, создание инновационной модели обучения на основе интерактивного взаимодействия педагогов с обучающимися на основе дистанционных технологий, использование программных средств и сети Интернет.

На кафедре ТМ и ИГ внедрение ИКТ проходит поэтапно с целью повышения качества обучения графическим дисциплинам на разных формах обучения, для студентов разных курсов, специальностей, с разной степенью подготовленности.

Объединение педагогических и информационных технологий образования приводит к созданию качественно новой предметно-учебной среды,

что позволяет интенсифицировать процесс обучения графическим дисциплинам и повысить качество этого обучения.

Библиографический список

1. Тарамова Э. А. Проблемы и перспективы использования ИКТ в высшей школе // Актуальные задачи педагогики : материалы VI Междунар. науч. конф. (г. Чита, январь 2015 г.). Чита : Изд-во Молодой ученый, 2015. С. 155–157.

2. Нестерова И. А. Информационно-коммуникативные технологии [Электронный ресурс] // Энциклопедия ODiplom.ru. URL: <http://odiplom.ru/lab/informacionno-kommunikativnye-tehnologii.html>. (Дата обращения: 01.05.2019)

3. Беспалов П. В. Компьютерная компетентность в контексте личностно-ориентированного обучения // Педагогика. 2003. № 4. С. 45–50.

4. Шамрина О. П. Методические проблемы графической подготовки в техническом вузе на современном этапе // Материалы XVIII международной науч.-метод. конф. "Современное образование: содержание, технологии, качество", г. Санкт-Петербург, 18 апреля 2012. СПб., 2012. Т. 1. С. 164–166.

5. Червоняк Т. Ф., Шамрина О. П., Григорьева О. П., Селякова Н. Ю. Повышение качества графической подготовки специалистов путем интегрированного взаимодействия инженерной и компьютерной графики // Материалы XVII междунар. науч.-метод. конф. "Современное образование: содержание, технологии, качество", г. Санкт-Петербург, 20 апреля 2011. СПб., 2011. С. 230–232.

**РАДИОЛОКАЦИЯ, РАДИОНАВИГАЦИЯ
И РАДИОСВЯЗЬ**

**Проблемы использования бесплотинных гидроэлектростанций
для обеспечения радиосвязи в труднодоступных районах
Северного морского пути**

Борисова Л. Ф.,¹ Коробко А. Н.² (г. Мурманск, ФГБУ ВО "Мурманский государственный технический университет", ¹кафедра радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования, ²малое инновационное предприятие "ИНТЭЖ", e-mail: lfborisova@mail.ru)

Аннотация. Предложена конструкция малой бесплотинной гидроэлектростанции для энергоснабжения труднодоступных и малорентабельных районов.

Abstract. The small dam-free hydropower plant design for electrification inaccessible and marginal areas has been proposed.

Ключевые слова: энергия электрическая, бесплотинная гидроэлектростанция, поток воды, гидротурбина

Key words: electrical energy, dam-free hydropower plant, water flow, hydroturbine

Введение

Перспективы освоения и развития судоходства вдоль трассы Северного морского пути выводят на первый план проблемы обеспечения безопасности мореплавания и обеспечения проводки судов с помощью радиоэлектронных средств, размещенных не только на судах, но и в береговых зонах вдоль трассы СМП, в которых нерешенными остаются проблемы энергоснабжения.

Россия обладает большим гидроэнергетическим ресурсом, но использует его крайне низко – только на 20 %. Основная доля мощности гидроэнергетики располагается на Дальнем Востоке. Хотя спрос на электроэнергию здесь в последние годы уверенно растет, однако гидроресурсы региона освоены слабо – только на 5 %., так большая часть потребителей электроэнергии находится в европейской части России, а доставка электроэнергии до потребителей экономически неоправдана. Особенно это касается труднодоступных территорий, к числу которых относится береговая зона Северного морского пути. Имеется ряд острых проблем в области энергетики, которые традиционными способами не решить. Выходом может стать использование бесплотинных гидроэлектростанций.

К настоящему времени накоплен значительный опыт строительства и эксплуатации гидравлических электростанции (ГЭС), который позволяет сформулировать их основные недостатки. Наиболее известны три вида гидравлических электростанций, использующих для выработки электрической энергии

напор воды [1]: гидроэлектростанции (ГЭС), приливные гидроэлектростанции (ПЭС) и гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС).

Гидроэлектростанции используют искусственно созданные плотину и водохранилище (верхний бьеф), турбинный водовод с гидрогенератором для выработки электрической энергии и нижний бьеф, куда стекает сброшенная вода. Чем больше перепад высот между верхним и нижним бьефами, тем большую мощность вырабатывает гидрогенератор. Стоимость электроэнергии невысока, однако себестоимость постройки ГЭС достаточно большая.

Приливные станции используют водный напор, создаваемый приливной волной. Основным недостаток ПЭС – зависимость выработки электроэнергии от приливов и отливов воды. Стоимость сооружений ПЭС также достаточно велика.

Гидроаккумулирующие электростанции работают при циклическом перемещении воды между двумя бассейнами – верхним и нижним. Ночью потребность в электроэнергии мала, и вода перекачивается из нижнего бассейна в верхний за счет потребления излишков производимой ГАЭС энергии. Днем потребление электричества резко возрастает, и вода через турбины сбрасывается из верхнего бассейна в нижний, вырабатывая дополнительную энергию. Таким образом сглаживаются пиковые нагрузки.

Гидравлические электростанции считаются эффективными источниками энергии. К недостаткам ГЭС можно отнести большие удельные капиталовложения в строительство искусственных плотин и водохранилищ; длительные сроки строительства; большие потери земельных площадей; ущерб рыбному хозяйству в нерестовый период из-за сбросов и подъемов уровня бассейна; экологический вред от загрязнения бассейна; невозможность остановки технологического процесса.

Для обеспечения электроэнергией оборудования и узлов радиосвязи в труднодоступных районах трассы Северного морского пути применение крупных ГЭС экономически не эффективно или невозможно. Перспективной в этих условиях может стать малая гидроэнергетика.

Настоящая работа посвящена разработке нового конструктивного решения для мини-ГЭС, отличающегося от аналогов отсутствием необходимости в строительстве плотин, искусственных водохранилищ или резервуаров и позволяющая повысить эффективность энергоснабжения по сравнению с традиционным подходом.

Конструкция бесплотинной погружной универсальной береговой гидроэлектростанции

Прототипом разработки послужил "сифонный агрегат с восходящим отводом воды", разработанный Ж- Арну и Ж- Клясуан и описанный в [2]. Это вертикальный агрегат с генератором, расположенным под турбиной, в котором вода через направляющий аппарат подаётся снизу на рабочее колесо и отсасывается с помощью аппарата, расположенного над рабочим колесом. К достоинствам агрегата авторы относят отсутствие машинного здания, экономичность в строительных материалах, простоту монтажа, достаточно высокий КПД (70–74 %) при не слишком больших нагрузках.

Недостатком является создание глубокого разрежения в отсасывающем агрегате, риск возникновения "закипания жидкости при низком давлении" при увеличении высоты напора, увеличенный вес из-за большого диффузора.

В качестве аналогов также были использованы разработки в области создания океанских тепловых электростанций (ОТЭС), принцип действия которых основан на использовании энергии температурного градиента морской воды, получаемой за счет разницы температур на поверхности и в глубине мирового океана [3].

ОТЭС имеют ряд дополнительных преимуществ: большой выбор районов установки; возможность опреснения воды; кондиционирование зданий; охлаждение почвы в сельском хозяйстве; улучшение авкакультуры за счет перемешивания океанических вод в процессе эксплуатации и поднятия богатой биоактивными компонентами и питательными веществами воды из глубин, что способствует бурному росту планктона на поверхности; экономичное производство водорода с помощью электролиза с использованием ОТЭС электроэнергии; возможность генерирования энергии в ночное время, при сильной облачности и в безветренную погоду;

Недостатки гидротермальной энергетики связаны в первую очередь с несовершенством существующих технологий постройки электростанций. КПД станций не превышает 8 %, что объясняется большими энергетическими потерями из-за низкой эффективности конструкции генерирующих установок. Энергозатратным является подъём холодной воды с глубин. Кроме того для работы требуется специальная подводная техника, изготовленная с применением дорогих композитных, синтетических материалов и дефицитных металлов, в том числе магния и титана. Существует ряд других проблем [4].

Однако центральной причиной низкой эффективности существующих технологий постройки гидротермальных электростанций на наш взгляд является конструктивный недостаток, заложенный ее разработчиком французским физиком Жоржем Клодом еще в первую в мире гидротермальную станцию (1927–1930 гг.) [5]. С того времени тепловую машину принято располагать на поверхности океана, а холодную воду закачивать с помощью насоса по трубе на поверхность, что связано с большим расходом энергии. Множество стран в течение десятилетий пытаются, затрачивая массу усилий и средств, усовершенствовать эту, по сути, бесперспективную идею. И хотя экономические расчёты свидетельствуют о перспективности гидротермальной энергетики, отсутствие технологического прогресса в конструкции значительно тормозит развитие данного сектора.

Предлагаемое конструктивное решение основано на свойстве однородной жидкости (рабочего тела), помещенной в сообщающиеся сосуды, занимать положение устойчивого равновесия. Известно, что при этом давление на жидкость в нижних точках сообщающихся сосудов (P_1 , P_2) зависит от плотности жидкости, ускорения свободного падения и высоты столба (h_1 , h_2) и не зависит от формы столба. При условии равенства высот столбов ($h_1 = h_2$) давление в нижних точках сообщающихся сосудов будет равным ($P_1 = P_2$). Уменьшение высоты ($h_1 \neq h_2$) в любой ветви сообщающихся сосудов приведет к нарушению равенства давлений ($P_1 \neq P_2$) и движению однородной жидкости к состоянию устойчивого равновесия, при котором соблюдаются соотношения $h_1 = h_2$ и $P_1 = P_2$.

Разработанная конструкция бесплотинной погружной универсальной береговой гидроэлектростанции отличается от традиционного технологического решения тем, что вода не закачивается в трубу с помощью насоса снизу вверх для поднятия ее к тепловой машине, расположенной на поверхности, а поднимается с глубины сама под давлением океанической воды по принципу сообщающихся сосудов и откачивается из трубы наверх посредством осевого насоса, расположенного на поверхности. Гидротурбина, соединенная с генератором устанавливается в водоем на глубине (приблизительно 700 метров) у основания трубы-водовода с отверстиями для входа воды в трубу. Гидравлическое давление на гидротурбину создается при движении воды вверх по трубе к положению устойчивого равновесия и возврате воды в водоем. Синхронный генератор вырабатывает электроэнергию про-

мышленной частоты и напряжения. Разработанное технологическое решение защищено патентом [6].

Предложенное техническое решение снимает ограничение на размещение мини-ГЭС. Для его реализации не нужны дорогостоящие плотины, искусственные водохранилища, углеводороды. Бесплотинная мини-ГЭС может быть размещена на берегу или на крыше высотного здания, перекачивая воду внутри трубы-водовода по замкнутому циклу и обеспечивая кондиционирование в жаркое время года. Кроме того, разработанная бесплотинная погружная модульная универсальная береговая гидроэлектростанция обладает следующими положительными признаками:

1. Низкие удельные капиталовложения.
2. Расширенная область установки (океан, море, озеро, дрейфующие льдины).
3. Возможность наращивания генерирующих мощностей путем соединения энергетических модулей в единую систему.
4. Не используется органическое топливо, солнечная, атомная, приливная, ветровая энергия.
5. Неисчерпаемость естественного гидроресурса.
6. Экологическая безопасность.
7. Простая схема запуска, остановки и регулирования генерирующей мощности.
8. Возможность повышения комфортности жилья путем кондиционирования воздуха в помещении.

Заключение

Разработанная бесплотинная погружная универсальная береговая гидроэлектростанция устраняет большинство из перечисленных выше недостатков традиционного подхода.

В последние годы во многих странах пытаются найти коммерчески выгодный способ использования энергии морей и океанов. В России альтернативная гидроэнергетика пока является в основном экспериментальной по причине обилия традиционных энергоресурсов. Однако в России получили развитие различные гибридные проекты – дизель-солнечные электростанции, биогазовые станции. Альтернативные источники рассматриваются в качестве перспективы электроснабжения Крыма.

Предложенное техническое решение позволяет создавать мини-ГЭС в прибрежных зонах, размещая станции на берегу, в горах, на высотных зда-

ниях, перекачивая воду по трубе в замкнутом цикле. Для этого не требуется строительства плотин, искусственных водохранилищ и резервуаров, не нужны углеводороды и другие добываемые источники энергии. Нет необходимости в глубинных водоемах – достаточно опустить гидротурбины на глубину 100–200 метров и можно получать любую необходимую мощность, наращивая модульность энергосистемы.

Россия, обладая протяженной береговой линией, проходящей по большей части в труднодоступных районах, может, используя бесплотинные электростанции, решить в кратчайшие сроки не только проблему обеспечения судоходства вдоль трассы Северного морского пути, но и аналогичные проблемы электрификации прибрежных районов Крыма и Дальнего Востока, обеспечить электроэнергией островные территории, где прокладка традиционных линий электропередач затруднена или экономически нецелесообразна, а задачи наращивания судоходства требуют инновационных решений.

Предложенное изобретение на XV111 Московском международном Салоне изобретений и инновационных технологий 2–5 апреля 2015 г. было награждено Серебряной медалью.

Библиографический список

1. Сибикин Ю. Д., Сибикин М. Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учеб. пособие. 2-е изд., стер. М. : КНОРУС, 2012. 232 с.
2. Шапов Н. М. Турбинное оборудование гидроэлектростанций. М. ; Л. : Госэнергоиздат, 1961. 319 с.
3. Градиент-температурная энергетика (системы ОТЕС) [Электронный ресурс]. URL: <http://nek-npo.ru/novaya-energetika/teplovaya-energiya-okeana/gradient-temperaturnaya-energetika-sistemy-otes.html>.
4. Проблемы и перспективы гидротермальной энергетики [Электронный ресурс]. URL: <https://cosmos.mirtesen.ru/blog/43328252444/Vyirabotka-energii-iz-temperaturnogo-gradienta-vodyi>.
5. Преобразование тепловой энергии океана. Идея Д'Арсонваля и работы Клода [Электронный ресурс]. URL: <http://vuzlib.su/books/>.
6. Бесплотинная погружная модульная универсальная береговая гидроэлектростанция и энергетический комплекс, состоящий из нескольких модульных гидроэлектростанций, объединенных общей платформой : пат. 2520336 Рос. Федерация / Коробко А. Н. № 2012146067/13 ; заявл. 29.10.2012 ; опубл. 20.06.2014, Бюл. № 17.

Возможности применения систем спутниковой связи для обеспечения судоходства в Арктике

Кузнецова О. Б. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения, e-mail: kuznetsovaob@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье проведено исследование возможности применения систем спутниковой связи для обеспечения судоходства в Арктике и определение перспектив их развития в этом направлении.

Abstract. The aim of this work is to research possibility of using satellite communication systems for navigation in arctic regions and determination of prospects of their development in this direction.

Ключевые слова: системы спутниковой связи, Inmarsat, Iridium

Key words: Satellite communication systems, Inmarsat, Iridium

В последнее время на первый план выходят вопросы освоения Арктических регионов. Ключевой транспортной магистралью в этом случае становится Северный морской путь.

По данным ФГКУ "Администрация Севморпути" и ФГУП "Атомфлот" объем перевозок по Северному морскому пути с учетом транзитных грузов начиная с 2013 г. увеличился в 5 раз. Данные по объемам перевозок представлены в таб. 1 [1].

Таблица 1 – Объем перевозок по Северному морскому пути с учетом транзитных грузов (тыс. т)

2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
3 930	3 982	5 392	7 265	10 691	19 700

Росморречфлот прогнозирует, что к 2020 г. объем перевозок грузов по Северному морскому пути составит 44 млн т, а к 2030 г. он возрастет до 70 млн т [1].

Развитие судоходства на Северном морском пути требует соответствующего обеспечения надежной связью, которое гарантирует безопасность мореплавания, в том числе передачу сигналов о бедствии, оперативное взаимодействие с другими судами и береговыми службами, связи членов экипажа и пассажиров судна с берегом.

На сегодняшний день в мире существует четыре основные системы спутниковой связи: Inmarsat, Iridium, Thuraya и Globalstar. В табл. 2 представлено сравнение указанных систем по обеспечиваемой ими зоне покрытия Земли.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика систем спутниковой связи по обеспечиваемой ими зоне покрытия Земли

Характеристика	Наименование системы			
	Inmarsat	Iridium	Thuraya	Globalstar
Год ввода в эксплуатацию	1982	1979	2001	1998
Тип орбиты	GEO	LEO	GEO	LEO
Высота орбиты, км	35 786	780	36 000	1 414
Число спутников, шт	4	66	3	48
Зона покрытия	не покрыты полярные области	100 % покрытие Земли	покрыты только районы Африки, Европы, Азии и Австралии	не покрыта Африка и полярные области
	<i>Глобальное покрытие</i>		<i>Региональное покрытие</i>	

Как показывает проведенный сравнительный анализ, только две системы спутниковой связи – Inmarsat и Iridium – оказывают услуги в глобальном масштабе. Соответственно, рассмотрим подробнее системы Inmarsat и Iridium.

Инмарсат была основана по инициативе Международной Морской Организации (ИМО) в качестве Международной организации морской спутниковой связи Инмарсат (International Maritime Satellite Organization Inmarsat) и имела статус межгосударственной организации.

Система Inmarsat – единственная официальная система обеспечивающая безопасность мореплавания.

Работу системы обеспечивают 4 геостационарных спутника, зона охвата которых соответствует четырем океанским районам (табл. 2) [2].

Таблица 2.2 – Океанские районы функционирования системы Inmarsat

Атлантический океан – Запад	Atlantic Ocean Region – E	AOR-E	15,5°W
Тихий океан	Pacific Ocean Region	POR	178°E
Индийский океан	Indian Ocean Region	IOR	64,5°E
Атлантический океан – Восток	Atlantic Ocean Region – W	AOR-W	54°W

Спутники Inmarsat имеют точные географические координаты относительно Земли, которые схематично представлены на рис. 1.

Береговые земные станции (БЗС) обеспечивают связь между спутниками и наземными сетями связи и принадлежат национальным операторам сети Inmarsat. В Российской Федерации расположены 2 БЗС – БЗС "Нудоль" (Московская обл.) и БЗС "Находка" (Приморский край). Оператором обеих БЗС является ФГУП "Морсвязьспутник".

Название системы спутниковой связи Iridium произошло от названия химического элемента Иридий и предполагалось, что будут работать 77 спут-

ников, так как именно под этим номером Иридий находится в таблице Менделеева.

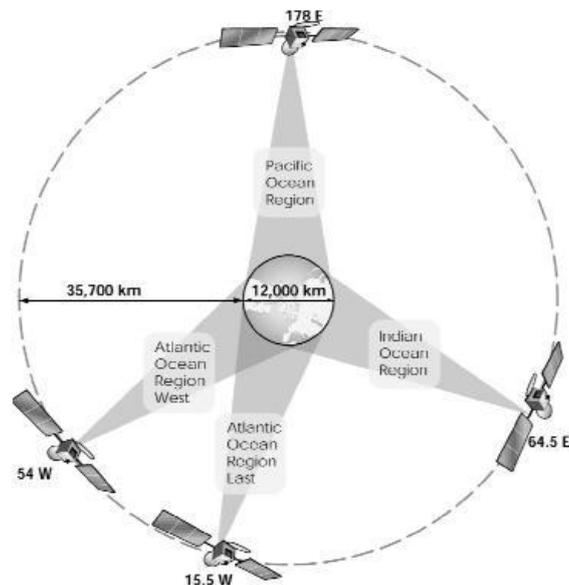


Рисунок 1 – Координаты спутников Inmarsat

Система использует низкоорбитальные спутники и обеспечивает 100 % покрытие земной поверхности – это единственная система, зона действия которой включает арктические регионы.

Схематично зона покрытия системы Iridium представлена на рис. 2 [3].

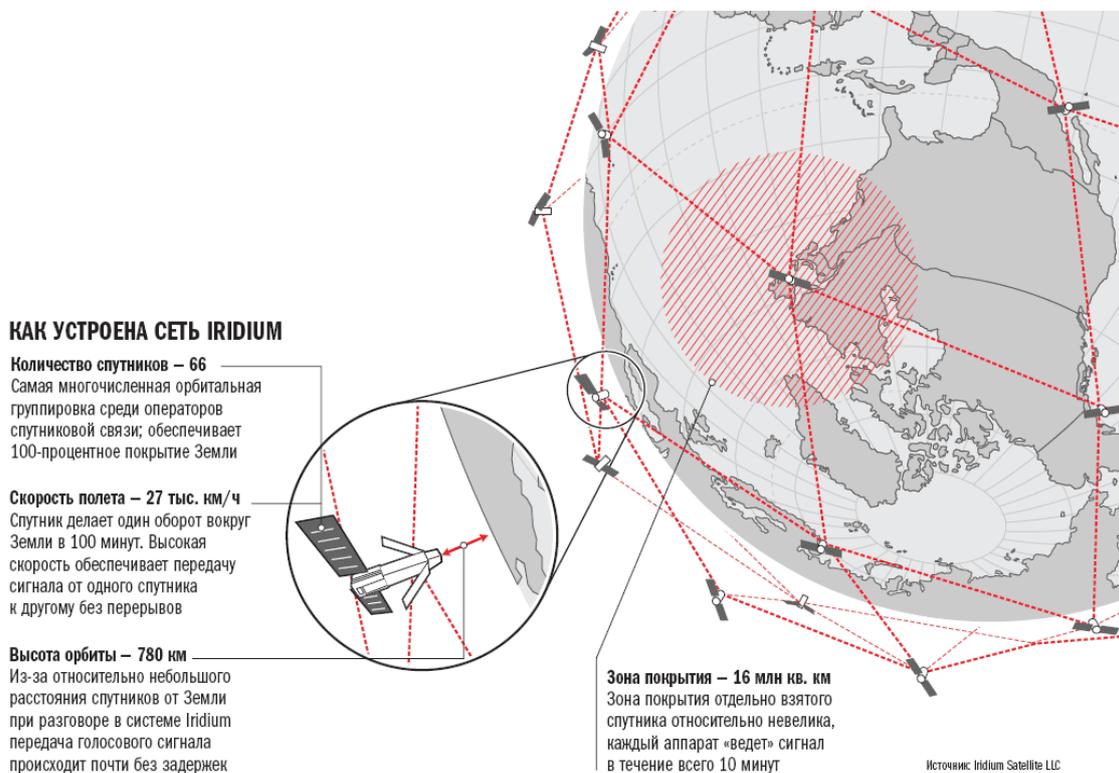


Рисунок 2 – Зона покрытия системы спутниковой связи Iridium

В системе реализованы уникальные механизмы межспутникового переключения, внутриспутникового переключения и межспутниковых связей.

Межспутниковое переключение – переключение обслуживания с одного спутника на другой – и внутриспутниковое переключение – переключение с одного луча спутника на другой – происходит при выходе абонента из зоны действия спутника (например, уход спутника за горизонт) или луча, что позволяет не прерывать сеанс связи. Более того, если абоненты находятся не в зоне действия одного спутника, задействуется механизм межспутниковых связей – сигнал с одного спутника системы передается на другой, без ретрансляции этого сигнала на Землю, до тех пока не достигнут спутника, в зоне действия которого находится вызываемый абонент [4].

В Российской Федерации использование системы Iridium была одобрено в сентябре 2012 г.

В 2016 г. в Ижевске была введена в эксплуатацию российская наземная станция сопряжения наземного и космического сегментов, строительство которой началось в 2013 г. С началом ее работы весь трафик получаемый с территории России, проходит через станцию сопряжения в Ижевске. Станция с момента ввода готова для работы со спутниками Iridium NEXT [5].

Система спутниковой связи Inmarsat самостоятельно не обеспечивает связь в арктических регионах и требует совместного использования дополнительного оборудования или других действующих систем спутниковой связи, например Iridium.

Система спутниковой связи Iridium полностью пригодна для эксплуатации в арктических регионах и проходит процедуру признания в качестве системы ГМССБ.

В мае 2018 г. система Iridium была одобрена Международной морской организацией для предоставления услуг ГМССБ, став вторым из признанных поставщиков подобных услуг [6].

В апреле 2019 г. компания Iridium объявила о подписании Соглашения о предоставлении услуг общего пользования с Международной организацией мобильной спутниковой связи, что является ключевым шагом к тому, чтобы Международная организация мобильной спутниковой связи выпустила письмо о соответствии компании Iridium требованиям, заявив, что компания готова начать предоставлять свои услуги ГМССБ [7].

Компания планирует завершить разработку своей системы ГМССБ до конца 2019 г. и начать предоставление услуг ГМССБ в начале 2020 г. и впервые расширить охват до самых удаленных точек мировой акватории [6].

Получив признание, она станет вторым признанным поставщиком услуг ГМССБ, что будет свидетельствовать о прекращении многолетней монополии Inmarsat.

Это историческое событие может повлечь за собой не только изменение состава оборудования ГМССБ, но и морских районов плавания, районов предупреждения, и как следствие принципов построения ГМССБ.

Библиографический список

1. Широты высокой важности // "Review" "Арктический форум". Приложение №53 от 29.03.2017. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3254502> (дата обращения: 03.04.2019).

2. Инмарсат. URL: <https://www.marsat.ru/technologies>.

3. Зона покрытия спутниковой связи Iridium. URL: <http://p3c.ru/product-category/sputnikovye-telefony>.

4. Маринич А. Н., Припотнюк А. В., Устинов Ю. М. Мониторинг судов на трассах Северного морского пути с помощью спутниковых систем связи. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/monitoring-sudov-na-trassah-severnogo-morskogo-puti-s-pomoschyu-sputnikovyh-sistem-svyazi>.

5. Iridium запустил российскую станцию сопряжения наземного и космического сегментов в Ижевске. URL: http://www.cnews.ru/news/line/2016-11-18_iridium_zapustil_rossijskuyu_stantsiyu_sopryazheniya.

6. Iridium создает историю морской индустрии. URL: <https://www.iridium-russia.com/news/index.php?ID=25633>.

7. Iridium продолжает готовиться к запуску услуг ГМССБ. URL: <https://www.iridium-russia.com/news/?ID=29132>.

Разработка беспроводного канала связи датчика ветра для судов ледового класса

Холодов Г. Г. (г. Мурманск, ФГБУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования, e-mail: hgg54@mail.ru)

Аннотация. Анализируются датчики ветра, судов оснащенных системами динамического позиционирования (ДП). Решается задача создания резервного радиоканала передачи данных с ультразвукового анемометра на судовые информационные системы по беспроводной связи.

Abstract. The paper analyzes the characteristics of wind sensors on ships equipped with dynamic positioning systems. The task of creating a backup radio channel for transmitting data from an ultrasonic anemometer to onboard information systems over wireless communication is also being solved.

Ключевые слова: датчик ветра, судно, беспроводная связь

Key words: wind sensors, vessel, wireless communication

Введение

Актуальность темы

При освоении месторождений на шельфе Северного ледовитого океана приоритетными являются суда, осуществляющие позиционирование без применения якорей, оснащенные системами динамического позиционирования, удерживающими суда в данной точке при помощи подруливающих устройств. Таким судам предстоит работать в специфических условиях арктического района. С одной стороны, суда должны отвечать достаточно жестким требованиям, предъявляемым к их мореходным качествам, а с другой – решать задачи освоения месторождений с применением новых технологий эффективного и безопасного позиционирования [1].

Таким образом, ввод дополнительного, резервного радиоканала передачи данных для судового анемометра, работающего в системе динамического позиционирования судов работающих в районе плавания А4, следует относить к разряду достаточно актуальных задач.

Целью исследования является:

1. Систематизация существующих датчиков ветра, их преимущества и недостатки.
2. Модернизация судовых датчиков ветра с применением инновационных технологий, позволяющих улучшить их работу в арктических условиях.
3. Предоставление технического решения для улучшения радиоканала передачи данных судового датчика ветра.

Задачи исследования:

1. Изучить основные типы анемометров используемых на судах.
2. Выделить лучший тип датчика ветра для работы в условиях крайнего севера.
3. Предложить вариант для резервирования канала передачи данных с анемометра на судовые информационные системы по беспроводной связи.

Новизна исследования:

Передача данных по радиоканалу с анемометров в судовые информационные системы ранее не применялась.

1. Выбор инновационного датчика ветра для судов и ПШБУ работающих в Арктических широтах

1.1. Систематизация существующих датчиков ветра, их преимуществ и недостатки

В системах СДП, используемых в настоящее время, только скорость и направление ветра непосредственно измеряются высокоточными датчиками, остальные параметры внешних воздействий вычисляются по эмпирическим формулам с использованием математической модели движения судна. Поэтому, информация о скорости и направлении ветра требует максимальной достоверности в каждый момент времени, так как его показания учитываются в формировании суммирующего вектора судового движительного комплекса, воздействующего на внешний фактор [2]. Существуют несколько типов датчиков ветра, которые контрастно различаются только по принципам и способам измерения скорости ветра, а принцип определения направления ветра в них, как правило, одинаков.

Существует три типа анемометров, которые используются судами. Такие как Чашечные, Крыльчатые и Ультразвуковые.

1.1.1. Чашечные анемометры

Более всего распространены чашечные анемометры из-за простоты конструкции и дешевизны. В совершенных анемометрах ротор связан с тахогенератором, выходной сигнал которого (напряжение) подаётся на вторичный измерительный прибор (вольтметр), или используются тахометры, основанные на иных принципах. Такие анемометры сразу показывают мгновенную скорость ветра, без дополнительных вычислений, и позволяют следить за изменениями скорости ветра в реальном времени [3].

Но существенный минус таких анемометров, высокая подверженность обледенению механических частей датчика и как следствие искажение показаний, которые недопустимы в работе приборов в системе динамического

позиционирования судов. Использование в Арктических районах вызывает много времени на обслуживание датчика.

Чашечный анемометр AM706 (рис. 1.1) – это комбинированный прибор, который измеряет скорость и направление ветра. При подключении анемометра к GPS приемнику, пользователь может отслеживать курс, направление и скорость ветра, или порывов ветра. Датчик выполнен из нержавеющей стали и исправно работает даже при скорости ветра до 50 м/с. Вся необходимая информация отображается на ЖК-дисплее, выполненном в соответствии с требованиями в прочном, влагозащищенном корпусе [5].



Рисунок 1.1 – Анемометр AM706

Таблица 1.1. – Краткие технические характеристики AM706

Диапазон измерений	0...360 °С (направление) 2...50 м/с (скорость)
Точность	±1° (направление) ±5 % (мин: 0,1 м/с) (скорость)
Диапазон рабочих температур	–20...+85 °С
Потребляемая мощность	менее 5W (24 В постоянного тока)
Рабочее напряжение	24 В постоянного тока (20–32 V) Через адаптер может подключаться к 110 / 220 В 50 / 60Гц AC

1.1.2. Крыльчатый анемометр

Главное отличие этого типа анемометра от чашечного, в том что деталь улавливающая скорость ветра выполнена в форме вентилятора. Ветер, попадая на него вращает лопасти и скорость их вращения измеряется.

По своему внешнему виду крыльчатый анемометр может быть также похож на флюгер. По принципу флюгера он меняет свое направление от направления ветра, выстраиваясь вдоль его. А лопасти закрепленные на его конце вращаются со скоростью ветра. Таким образом, кроме скорости, этот прибор определяет также направление ветра [4].

За время исследования в ФГУП "Атомфлот", было установлено, что данный тип датчиков ветра, является основным на судах атомного флота. Главная причина использования – дешевизна и надежность.

Главный минус таких анемометров, как и у чашечного типа, высокая подверженность обледенению механических частей датчика и как следствие искажение показаний, которые недопустимы в работе приборов в системе динамического позиционирования судов. Использование в Арктических районах вызывает много времени на обслуживание датчика.

Корабельный крыльчатый анемометр КИВ-2. предназначен для дистанционного определения скорости и направления ветра, измеряемых на уровне установки датчика ветра (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Анемометр КИВ-2

Принцип действия изделия основан на преобразовании значений метеорологических параметров в электрические величины, отсчитываемые визуально по показаниям соответствующих приборов.

В состав изделия входят: датчик ветра, центральный прибор, репитер, построитель. Для измерения скорости и направления ветра используется зависимость между скоростью ветра и числом оборотов вертушки, между направлением ветра и положением свободно ориентирующегося флюгера датчика ветра. Скорость и направление ветра при помощи сельсинной передачи дистанционно передаются в пульт – центральный прибор [6]. В центральном приборе происходит осреднение величины скорости ветра при помощи программно-наборного механизма и сглаживания величины направления ветра при помощи демпфирующего механизма.

Таблица 1.2. – Краткие технические характеристики КИВ-2

Диапазон измерений	0...360 °С (направление) 2...50 м/с (скорость)
Точность	±0,2° (направление) ±0,2° м/с (скорость)
Диапазон рабочих температур	-55...+70 °С
Рабочее напряжение	10–30 В

1.1.3. Ультразвуковой анемометр

Принцип действия анемометров ультразвукового типа основан на измерении скорости звука, которая изменяется в зависимости от ориентации вектора движения воздуха (направления ветра) относительно пути распространения звука.

Скорость звука в таких анемометрах измеряется по времени прохода ультразвуковых импульсов между фиксированным расстоянием от излучателя до ультразвукового микрофона, затем измеренные времена пересчитываются в две или три компоненты скорости движения воздуха [7].

Данные с датчика ветра поступают на вход компьютера через аналогово-цифровые платы преобразователей. Оператор ДП может контролировать силу и направления ветра на главном информационном мониторе в векторной форме (силу в узлах, направление в градусах) или на пульте оператора или на дисплее в виде цифр. Показания технических неисправностей датчика ветра выводятся на плазмовом дисплей или устройство печати. Но реальность показаний силы ветра не контролируется. Эти показания может оценить только оператор.

Так как скорость звука в воздухе зависит ещё от температуры (возрастает пропорционально корню квадратному из абсолютной температуры в ультразвуковых анемометрах обязательно есть термометр, по показаниям которого вносятся поправки в вычисления скорости ветра.

Такие анемометры больше подходят для работы в условиях крайнего Севера так как не имеют подвижных частей и требуется только для самих принимающих головок датчика. Что требует меньшего потребления энергии. Именно ультразвуковой датчик ветра выбран в данной дипломной работе для модернизации.

2. Ультразвуковые судовых датчиков ветра

2.1.1. Анализ существующих ультразвуковых судовых датчиков ветра

Ультразвуковой датчик ветра **WMT700** (рис. 2.1) определяет скорость и направление ветра, а затем отправляет результаты измерений в системы сбора данных [7]. Полностью компенсируется влияние температуры, влажности и давления. Поскольку датчики ветра серии WMT700 не имеют движущихся частей, они практически не требуют техобслуживания. Работа датчиков не ухудшается из-за износа, на нее не влияют естественные загрязнители, такие как соль, пыль и песок. Краткие технические характеристики указаны в табл. 2.1.

Таблица 2.1. – Краткие технические характеристики WMT700

Диапазон измерений	0...360 °С (направление) 0...75 м/с (скорость)
Точность	±2° (направление) ±2 % от показаний (скорость)
Диапазон рабочих температур	-55...+70 °С
Рабочее напряжение	10–30 В



Рисунок 2.1 WMT700

Ультразвуковой датчик ветра **WMT52** (рис. 2.2) подходит для использования в морских условиях. Корпус с монтажным комплектом водостойкий.



Рисунок 2.2 WMT52

Прост в установке, может быть установлен на мачте либо на отдельной платформе.

Имеет функцию обогрева, позволяющую работать при сильных заморозках и снегопаде. Функция включается автоматически при приближении температуры к точке замерзания. Имеет низкое энергопотребление.

Таблица 2.2 – Краткие технические характеристики WMT52

Диапазон измерений	0...360 °С (направление) 0...60 м/с (скорость)
Точность	±3° (направление) ±3 % от показаний (скорость)
Диапазон рабочих температур	-50...+60 °С
Рабочее напряжение	5–35 В

Анемометр **P6022** (рис. 2.3) подходит для использования в наземных и морских условиях. Корпус имеет малый вес и высокую прочность. Датчики дополнительно защищены внешней крышкой, которая ограничивает доступ птиц к антеннкам устройства и частичную защиту от осадков. Может быть установлен на мачте либо на отдельной платформе. Имеет функцию обогрева, позволяющую работать при заморозках и снегопаде.



Рисунок 2.3 P6022

Таблица 2.3. – Краткие технические характеристики P6022

Диапазон измерений	0...359 °С (направление) 0...60 м/с (скорость)
Точность	±3° (направление) ±2 % от показаний (скорость)
Диапазон рабочих температур	-35...+70 °С
Рабочее напряжение	9-30 В

На основании кратких характеристик, можно сделать вывод – **WMT700** обладает лучшими характеристиками для работы в Арктических широтах, имеет высокую точность измерений, простоту конструкции, позволяет вести измерения при скорости ветра до 70 м/с.

Именно его решено модифицировать для улучшения работы на морских судах. А именно добавить резервный канал для передачи информации на судовые информационные системы. Основной канал передачи идет по проводам, напрямую от датчика к компьютеру. Резервный канал сделать беспроводным.

Для этих целей найдены готовые радиомодули, способные принять данные от анемометра и передать их на приемное устройство.

3. Техническое решение для улучшения радиоканала передачи данных судового датчика ветра

3.1. Радиомодули

3.1.1. HC-12

Модули HC-12 работают как беспроводной удлинитель UART и не вносят каких-либо изменений в передачу информации – что отправлено с одного устройства, то получено на другом.

Данные модули позиционируются в продаже как заменяющие Bluetooth модули:

- намного больший радиус передачи;
- компактное исполнение модуля (на рис. 3.1 представлены сравнительные размеры Bluetooth модуля HC-05 и модуля HC-12);

- возможность использования внешней антенны;

К минусам этого модуля можно отнести следующие пункты:

- отсутствует штатная антенна;
- для работы понадобится ещё один, аналогичный модуль для приёма на конечном устройстве.

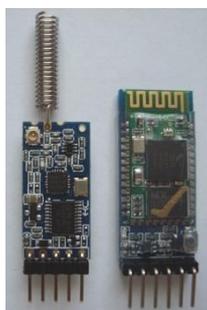


Рисунок 3.1 – Модули HC-12 с антенной (слева) и модуль HC-05 (справа)

Для начала технические характеристики беспроводных модулей HC-12 [8]:

- Рабочая частота – 433,4 – 473,0 МГц;
- Используется только внешняя антенна;
- Дальность передачи информации – до 1000 – 1800 м на открытом пространстве в зависимости от режима работы;
- Мощность передатчика – до 100 мВт (доступны настройки для 8 уровней мощности);
- Количество каналов передачи данных – 100;
- Интерфейс для коммуникации с внешними устройствами – UART;
- Потребляемый ток – от 3,6 мА до 16 мА в зависимости от режима работы;
- Потребление тока в ждущем режиме – 80 мкА;
- Напряжение питания – от 3,2 В до 5,5 В;
- Настройка модуля AT командами [11].

3.1.2 NRF24L01

Радио модуль nRF24L01(PA(Power Amplifier)+LNA (low noise amplifier) на базе чипа NRF24L01, с подключенной внешней антенной и радиусом действия до 1100 метров [9].

Модуль имеет встроенный усилитель и порт SMA (разъём для подключения коаксиального кабеля 50 Ом) для подключения внешней антенны. NRF24L01 (PA+LNA) представлен на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 – модуль nRF24L01 PA LNA с антенной

Характеристики:

- Рабочая частота: 2400 МГц ~ 2524 МГц;
- Имеет возможность подключения внешней антенны;
- Максимальная мощность передачи: 100 мВт;
- Напряжение питания: 2.7~3.6 В;
- Потребление в режиме передачи max: 115 мА;
- Потребление в режиме приема max: 45 мА;

3.1.3 ESP8266 (ESP-07)

Wi-Fi модуль разработанный на базе модуля ESP8266. Для работы не требуется дополнительный, аналогичный модуль. Сигнал принимается обычным Wi-Fi роутером. ESP-07 (рис. 3.3) создает собственную сеть, к которой можно подключаться с любого устройства способного работать по Wi-Fi [10].



Рисунок 3.3 – Wi-Fi модуль ESP8266 (модификации 07)

Технические характеристики:

- Рабочие частоты 2.4–2.5 ГГц;
- Напряжение питания 1.7–3.6 В;
- Режимы работы: Клиент (STA), Точка доступа (AP), Клиент+Точка доступа (STA+AP).
- Есть разъем для подключения антенны.

3.1.4. Сравнение модулей

В связи с тем, что на судне имеется большое количество радиоустройств, необходимо следить за тем, чтоб выбранный модуль не создавал помех для их работы. Сравнение приведенных модулей приведено в табл. 3.1 [8–10].

Таблица 3.1. Краткое сравнение модулей HC-12. nRF24L01 и ESP8266

	HC-12	nRF24L01	ESP-07
Частоты	433–473 МГц	2.4–2.5 ГГц	2.4–2.5 ГГц
Напряжение питания	3.2–5 В	2.7–3.6В	1.7–3.6 В
Требование аналогичного модуля в приемном устройстве	да	да	нет

Рабочие частоты радиооборудования ГММСБ [11]:

- УКВ носимая радиостанция: 156,8МГц;
- Радиолокационный ответчик: 9,2–9,5 ГГц;
- Аварийные радиобуи: COSPAS-SARSAT – 406 МГц, 121,5 МГц ;
INMARSAT-E – 1,6 ГГц; УКВ – частота 156,525 МГц (70 канал);
- УКВ радиостанция: 156–174 МГц;
- ПВ-КВ радиостанция: 1605–27500 кГц;
- Спутниковая связь Inmarsat: Inmarsat-C – 1530–1545МГц / 1626,5–1646,5 МГц;
- Приемник NAVTEX: 518кГц;
- РЛС оборудование FURUNO FAR-1518, работающее на частотах 300 МГц – 18 ГГц [12].

Исходя из сравнения, модуль ESP-07 более удобен для использования, так как можно выбрать протокол Wi-Fi, позволяющий работать без конфликтов с судовой РЛС, второго модуля не требуется.

3.1.6. RS-232

RS-232 – проводной дуплексный интерфейс. Метод передачи данных аналогичен асинхронному последовательному интерфейсу UART [13].

Информация передаётся по проводам двоичным сигналом с двумя уровнями напряжения. Логическому "0" соответствует положительное напряжение (от +5 до +15 В для передатчика), а логической "1" – отрицательное (от –5 до –15 В для передатчика). Для электрического согласования линий RS-232 и стандартной цифровой логики UART выпускается большая номенклатура микросхем драйверов, например, MAX3232 [13].

На практике в зависимости от качества применяемого кабеля требуемое расстояние передачи данных в 15 метров может не достигаться, составляя, к примеру, порядка 1,5 м на скорости 115200 бод для неэкранированного плоского или круглого кабеля.

3.1.7. Расчёт потребляемой мощности

Потребляемая мощность всей платы будет зависеть от потребляемой мощности отдельных элементов, и количества микросхем. Зная напряжение

питания схемы и суммарную потребляемую мощность по формуле определяем необходимый ток, которым должен обеспечить источник питания устройство контроля.

Потребляемая мощность каждой микросхемы рассчитывается по формуле:

$$P = I_{\text{сс}} \times U_{\text{сс}}, \text{ Вт},$$

где $I_{\text{сс}}$ – ток потребления от источника питания для данной микросхемы;

$U_{\text{сс}}$ – напряжение питания. < p;

Сравним потребляемую мощность каждого модуля в табл. 3.3.

Таблица 3.3 – Таблица параметров микросхем

Микросхема	$U_i, \text{ В}$	$I_i, \text{ мА}$	$P_i, \text{ мВт}$
HC-12	5,5	16	88
NRF24L01	3,6	115	414
ESP8266 (07)	3,6	215	774

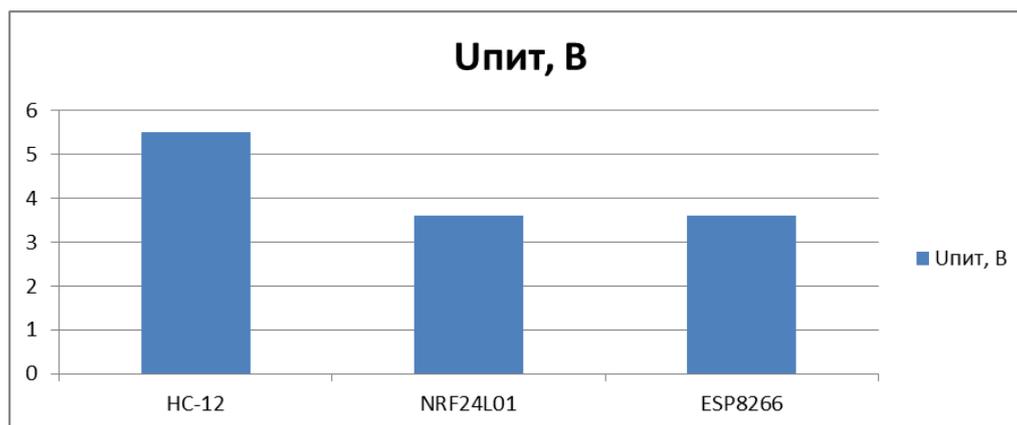


Рисунок 3.5 – Сравнение рабочего напряжения модулей

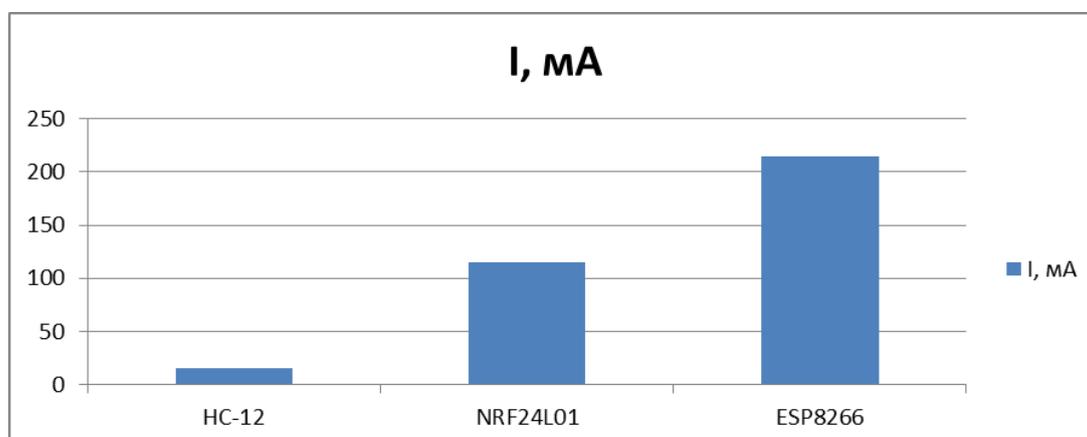


Рисунок 3.6 – Сравнение модулей по потребляемому току

Для работы модуля запитаем его от питания анемометра, через стабилизатор напряжения LM2596-3.3 (рис. 3.7). Характеристики стабилизатора ниже.

- Входное напряжение – от 2.4 до 40 вольт (до 60 вольт в версии HV);
- Выходное напряжение – фиксированное либо регулируемое (от 1.2 до 37 вольт);
- Выходной ток – до 3 ампер (при хорошем охлаждении – до 4.5 А);
- Частота преобразования – 150 кГц;
- Корпус – D2PAK-5 (поверхностный монтаж);
- КПД – 70–75 % на низких напряжениях, до 95 % на высоких.

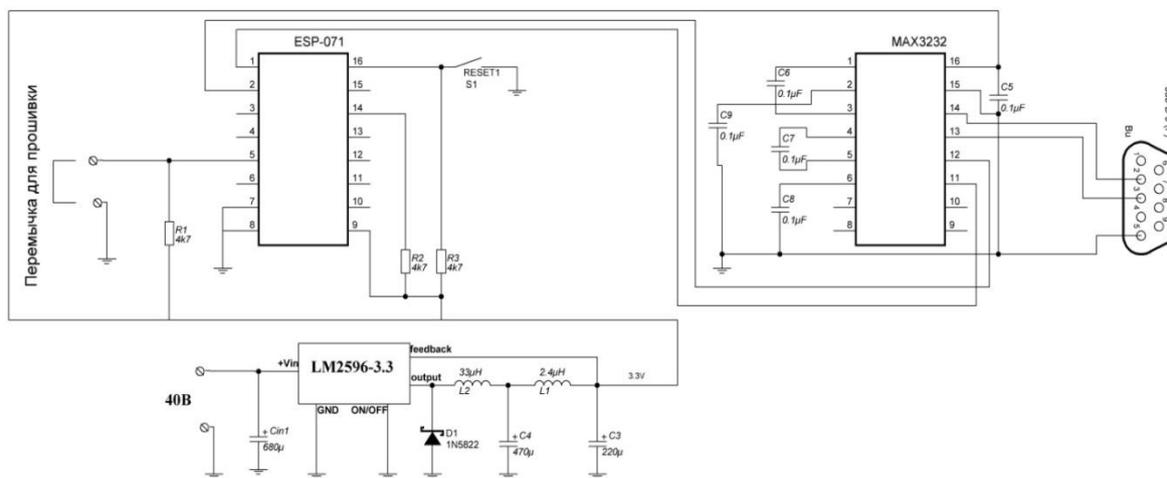


Рисунок 3.7 – Подключение ESP-07 к Анемометру через RS-232 и LM2596-3.3

3.1.8. Расчет надежности

Расчет надежности заключается в определении показателей надежности изделия по известным характеристикам надежности составляющих компонентов и условиям эксплуатации [14].

Исходные данные:

Наработка на отказ рассчитывается по формуле (1):

$$T_0 = \frac{1}{\Lambda_{PЭУ}} (1), \text{ где } \Lambda_{PЭУ} = K_{э.об} \times \sum \lambda_{oj} n_j, \quad (1)$$

$K_{э.об} = 7,6$ (Морская защита).

Таблица 3.4 – Данные для расчёта $\Lambda_{PЭУ}$

Наименование	Среднегрупповое значение отказа, *10 ⁻⁶	Кол-во шт. в группе
R (резисторы)	0,01	6
C(конденсаторы)	0,02	5

Наименование	Среднегрупповое значение отказа, *10 ⁻⁶	Кол-во шт. в группе
L (катушки индуктивности)	0,5	2
T (транзисторы)	0,5	1
Mc (микропроцессоры)	0,01	2
D (диоды)	0,2	1

$$\Lambda_{PЭУ} = 7,6 \times (0,01 \times 6 \times 10^{-6} + 0,02 \times 5 \times 10^{-6} + 0,5 \times 1 \times 10^{-6} + 0,01 \times 2 \times 10^{-6} + 0,2 \times 1 \times 10^{-6} + 0,5 \times 2 \times 10^{-6}) = 14,28 \times 10^{-6} \quad (2)$$

$$\text{Отсюда: } T_0 = \frac{1}{\Lambda_{PЭУ}} = \frac{1}{14,28 \times 10^{-6}} = 69988,8 \approx 69989 \text{ ч} \approx 8 \text{ лет}$$

Средняя наработка на отказ за 1 год будет равна:

$$P_{PЭУ}(\text{год}) = e^{-8760/69989} \approx 0,939. \quad (3)$$

Выводы:

1. Выбран датчик ветра WMT700 как источник информации о силе и направлении ветра.
 2. Выбран модуль Wi-Fi ESP8266 (ESP-07).
 3. Разработана электрическая принципиальная схема устройства.
 4. Рассчитано среднее время наработки на отказ 69989 часов.
- Рассчитана вероятность безотказной работы в течении заданной наработки 0,939.

Библиографический список

1. Холодов Г. Г. Требования национальных морских классификационных обществ к работам на морских шельфах и системам ориентации судов, оснащенных системами динамического позиционирования, и их классификация // Вестник МГТУ. 2010. № 4 (Специальный выпуск). С. 712–718.
2. Холодов Г. Г. Безопасное позиционирование судна с учетом особенностей профессиональной деятельности и информированности оператора : дис. ... канд. тех. наук : 05.22.19. Мурманск, 2011. 128 с.
3. Чашечный анемометр [Электронный ресурс]. URL : <http://arx.org.ua/books/17258-anemometr.html>.
4. Крыльчатый анемометр [Электронный ресурс]. URL: <http://zapadpribor.com/kiv-ii/>.
5. Анемометр AM706 [Электронный ресурс]. URL: <http://cirspb.ru/equipment-and-service/navigation anemometers/am706-system>.

6. Анемометр КИВ-2 [Электронный ресурс]. URL: <http://s-t-r.ru/products/31131--ii.aspx>.
7. Ультразвуковой анемометр [Электронный ресурс]. URL: http://www.kipis.ru/info/index.php?ELEMENT_ID=2260032.
8. Обзор беспроводных модулей HC-12 [Электронный ресурс]. URL: <http://cxem.net/review/review26.php>.
9. Обзор модуля NRF24L01+ [Электронный ресурс]. URL: http://homes-smart.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=43&Itemid=183.
10. Обзор модуля ESP8266 (07) [Электронный ресурс]. URL: <http://mysku.ru/obschie/obzor-wifi-modulya-esp8266-esp07.html>.
11. Акмайкин Д. А., Лоскутов Н. В., Пописташ В. Н. Базовые принципы ГМССБ. Владивосток : Морской Государственный Университет, 2010. 114 с.
12. Описание FURUNU FAR-1518 [Электронный ресурс]. URL: <http://seacomm.ru/catalog/395/9823/>.
13. Аппаратные средства поддержки работы периферийных устройств: контроллеры, адаптеры, мосты [Электронный ресурс]. URL: <http://pastebin.com/EVjVmc1x>.
14. Боровиков С. М., Цырельчук И. Н., Троян Ф. Д. Расчёт надёжности. Минск : БГУР, 2010. 68 с.

БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ

Оптимизация объема контрольных мероприятий при оценке готовности судна к плаванию в ледовых условиях

Боев Н. В., Рудич А. С., Меньшиков В. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовождения, e-mail: kseniamgtu @rambler.ru)

Аннотация. Предложена задача по оценке готовности судна к безопасному плаванию в ледовых условиях при восстановлении судовых технических средств, например, методом замены резервными средствами. Предлагается аналитическое выражение показателя готовности судна к безопасному ледовому плаванию с учетом структуры комплекса операций технического обслуживания, характеристик надежности и достоверности результатов контроля. Показано, что технические средства судна должны быть проверены, а члены его экипажа, участвующие в операции по ледовой проводке, должны быть проинструктированы, причем проверка технических средств и инструктирование членов экипажа должны проводиться с обязательным акцентом на потенциальные риски.

Abstract The task of assessing the readiness of the ship for safe navigation in ice conditions during the restoration of shipboard technical means is proposed, for example, by replacing it with reserve means. An analytical expression is proposed for the indicator of ship readiness for safe ice navigation, taking into account the structure of the maintenance operations complex, the reliability and reliability characteristics of the inspection results. It is shown that the technical means of the vessel should be checked, and members of its crew involved in the ice-wiring operation should be instructed, and testing of technical means and instructing crew members should be carried out with an obligatory focus on potential risks.

Ключевые слова: технические средства, судно, надежность, условия ледового плавания, безопасность ледового плавания.

Key words: technical means, vessel, reliability, ice navigation conditions, ice navigation safety.

Если исходить из того, что оценка готовности судна к плаванию в ледовых условиях определяется как некоторая последовательность независимых событий, связанных в единую технологическую операцию, то вероятность "целостности" всей контрольной операции, можно найти так

$$P = \prod_{i=1}^n P_i, \quad (1)$$

где P_i – вероятность сохранности состояния готовности отдельных судовых систем к плаванию в ледовых условиях.

Сохранность состояния готовности судна при контроле n судовых систем по m параметрам будем оценивать сложной величиной $m(n)$. Тогда выражение (1) можно уточнить, записав его так:

$$P = \prod_{i=1}^n \left(\prod_{m=1}^{m(n)} P_i \right) = \prod_{i=1}^n \prod_{m=1}^{m(n)} P_{mi}, \quad (2)$$

где P_{mi} – вероятность, определяющая состояние готовности n -ой судовой системы по m – му параметру к плаванию в ледовых условиях.

Для иллюстрации практического применения выражений (1) и (2) рассмотрим конкретный пример. Пусть проверка готовности судна к ледовому плаванию состоит из достаточно большого, но конечного числа независимых контрольных операций. Пусть при уровне несоответствия каждого определяющего параметра, имеет место не более 10 несоответствий на миллион правильных действий. Тогда при проверке состояния готовности судна, включающей 1000 последовательных контрольных действий (по 10 определяющих параметров в каждом) вероятность того, что состояние готовности к ледовому плаванию судна в процессе проверки будет "правильно" определена равна:

$$P = (1 - 10^{-5})^{1000 \times 10} = 0,900.$$

Если снизить уровень несоответствий до величины равной 1 ppm, то в этом случае вероятность P окажется равной 0,990. Сравнивая значения вероятностей складывается представление о том, что проведение многопараметрического контроля состояния готовности судна к ледовому плаванию абсолютно без перспективна, поскольку простые контрольные мероприятия не способны обеспечить уровень несоответствий в единицы ppm. Однако отмеченная особенность аналогична типовой ситуации в практической метрологии, когда показания "грубого" средства измерения "обесцениваются", хотя эти показания могут и совпадать с истинными значениями измеряемой величины.

Для разработки модели многопараметрического контроля готовности судна к ледовому плаванию можно воспользоваться хорошо известной в теории надежности и широко применяемой в практике оценке надежности сложных систем теоремой о нижней доверительной границе вероятности безотказной работы. При разработке модели многопараметрического контроля к плаванию в ледовых условиях эту теорему можно представить как следующее суждение: "нижняя доверительная граница вероятности целостности

некой последовательности, состоящей из любого числа контрольных событий любой сложности, с коэффициентом доверия γ , не может быть меньше значения рассчитанного так:

$$P_n = \min (P_{ni}), \quad (3)$$

где P_{ni} – нижняя, γ – доверительная граница сохранности эксплуатационных свойств отдельно взятой i -й технической системы, причем минимум вероятностей должен определяться по всем m параметрам, измеренных в процессе всех n контрольных операций.

Пусть при использовании модели многопараметрического контроля в плановой последовательности контрольных операций, определяющих безопасность ледовой проводки судна, по априорной и текущей информации исключены все возможные риски. Тогда по всем m (n) определяющим параметрам минимальное значение нижней γ – доверительной границы P_{ni} для любого события из этой последовательности, в соответствии с формулой Кроппера – Пирсона можно найти так

$$P_{ni} = (1 - \gamma)^{1 / I(\min)}, \quad (4)$$

где $I(\min)$ – минимальный объем экспериментальной информации, полученной по результатам проведенного многопараметрического контроля готовности судна к ледовому плаванию.

Тогда, для планов с минимизацией рисков и при минимуме экспериментальной информации нижняя γ – доверительная граница вероятности сохранности всем судном состояния готовности к плаванию в ледовых условиях, должны обеспечивать безопасную эксплуатацию этого судна, с вероятностью равной:

$$P_n = (1 - \gamma)^{1 / I(\min)}. \quad (5)$$

При этом величина вероятности состояния готовности судна к ледовому плаванию равна единице, а точечные оценки величин (1) или (2) будут удовлетворять неравенству вида:

$$P_n \leq P \leq 1.$$

Статистический смысл выражения (5) заключается в том, что все технические средства судна, должны быть проверены, а "человеческий фактор", участвующий в операции по проведению ледовой проводки проинструктирован. Проверка технических средств и инструктирование членов экипажа

должны осуществляться с акцентом на возможные риски и в информационном объеме не менее чем величина равная $I(min)$. В тех случаях, когда статистическая корректность выражения (3) – (5) подтверждена, то величина верхней границы отношения несоответствия состоянию готовности судна к условиям его безопасной эксплуатации при ледовом плавании с коэффициентом доверия γ не превысит величины:

$$Q \leq 1 - P_n = 1 - (1 - \gamma)^{1/I(min)}. \quad (6)$$

Таким образом, величина отношения несоответствия готовности судна к ледовому плаванию при различных значений коэффициента доверия γ и минимального информационного объема наблюдений позволяет оценить безопасность будущего плавания судна при ледовых проводках.

Библиографический список

1. Гладышевский М. А., Пасечников М. А., Пеньковская К. В. Организационно-технические структуры, обеспечивающие безопасную эксплуатацию судна / под общ. ред. В. И. Меньшикова. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2008. 212 с.
2. Кукуи Ф. Д., Анисимов Н. А., Анисимов А. А. Основные процессы в структурах безопасной эксплуатации судна / под общ. ред. В. И. Меньшикова. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2008. 185 с.

Методика разработки планов судовых операций

Лапин М. Г., Макаровский Е. А., Матонин А. В., Меньшиков В. И.
(г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовождения, e-mail: kseniamgtu @rambler.ru)

Аннотация. Разработан метод преобразования планов стандартных операций, рекомендуемых ИМО (Международной Морской Организацией) в судовые планы операций, причем этот метод основан на использовании сетевых моделей, составленных в терминах базовой структуры, которая достаточно универсальна и обеспечивает прозрачность действий специалистов, при возможности вносить в свою структуру изменения. Сформулировано решение проблемы неоднозначности при определении состояния в плане судовой операции можно за счет дополнительного использования замкнутого и конечном множестве терминов (словаря терминов), хотя такое условие не носит обязательного характера. Показано, что сетевая модель, позволяет осуществить переход от стандарта, к стандартизированным описаниям судовых операций, сохраняя свойства безопасности и эффективности, заложенные в этот стандарт ИМО.

Abstract A method has been developed for converting standard operations plans recommended by IMO (International Maritime Organization) into shipboard operations plans, and this method is based on the use of network models composed in terms of a basic structure that is sufficiently universal and provides transparency for the actions of specialists to make changes in their structure. The solution to the problem of ambiguity in determining the state in terms of the ship operation is possible through the additional use of a closed and finite set of terms (glossary of terms), although this condition is not mandatory. It is shown that the network model allows the transition from the standard to standardized descriptions of shipboard operations, while maintaining the safety and efficiency features of this IMO standard.

Ключевые слова: стандарт операции, сетевая модель, план судовой операции

Key words: operation standard, network model, ship operation plan

Разработка судового плана ликвидации аварийных разливов нефти основывается на установлении наилучшей последовательности выполнения действий с максимальным быстродействием. Стандартизация судовой операции должна быть проведена, согласно заданным критериям экстремальности или оптимизации, хотя в руководстве этот критерий определен нечетко.

В общем случае динамичность ситуации аварийного разлива нефти, требует построения такой системы действий судового экипажа, которая была бы достаточно универсальной и обеспечивала большую четкость действий специалистов, но позволяла бы вносить в свою структуру изменения. По сути, судовой план ликвидации аварийного разлива должен быть корректируемым планом, реализуемым на принципах последовательного анализа вариантов.

Контентный анализ "Руководства к составлению судовых планов чрезвычайных мер по борьбе с загрязнением нефтью" показывает, что любой стандартизированный судовой план по ликвидации аварийного разлива нефти обязан содержать следующие отправные точки:

– процедуру, выполняемую лицами, несущими ответственность за экологическую безопасность, по передаче сообщения об инциденте, связанном с разливом нефти;

– перечень организаций и лиц, с которыми устанавливается связь в случае инцидента, вызывающего загрязнение;

– описание действий, которые необходимо предпринять для уменьшения сброса нефти, и управлений операциями, направленными на минимизацию сброса;

– описание связи и расположение технических средств этой связи необходимых для координации действий с национальными и местными властями по борьбе с загрязнением, осуществляемых на борту судна.

Судовой план должен с любой требуемой степенью детализации определять все промежуточные действия судового экипажа и представлять собой информационную и силовую модель всей технологической операции по ликвидации аварийного разлива в целом. Кроме того, планируемую операцию следует представлять, во-первых, множеством состояний операции $S_i \in S$, $i = 1, N$, а, во-вторых, множеством действий судового экипажа $L_{ij} \in L$, которые обеспечивают переход операции из состояния i в состояние j . Допустимо считать, что в классе состояний планируемой операции S могут существовать такие конкретные состояния S_i , признаки которых могут быть не однозначно поняты командованием операцией. Поэтому снять проблему неоднозначности при определении состояния $S_i \in S$, $i = 1, N$ в плане операции может дополнительное использование замкнутого и конечном множестве терминов Ω (словаря терминов), хотя такое условие в руководстве по планированию операции не носит обязательного характера. И, наконец, при планировании стандартной операции необходимо обладать множеством допустимых решений R , которое состоит из конечного числа решений $r_{ij} \in R$, определяющих направление перехода из одного состояния операции i в другое состояние j .

Тогда для описания процесса планирования операции по ликвидации аварийного разлива можно привлекать объединение множеств S , L и Ω , R которые образуют структуру вида:

$$H = (S, L, \Omega, R).$$

При ситуационной оценке результата, получаемого при проведении стандартной операции по ликвидации аварийного разлива, структура является основой языка для модели этой операции. Структура носит название базовой, а ее элементами являются: множеством базовых понятий S ; множеством базовых действий L ; множеством базовых определений Ω (алфавит действий и команд); множеством базовых решений R .

Одним из вариантов стандартизации операции, по данным приведенным в Руководстве является составление графической сетевой модели в терминах базовой структуры H на языке теории графов. Граф, составленный в рамках базовой структуры H , отражает некоторую обобщенную модель операции, отвечающую абстрактному понятию аварийного разлива и абстрактных действий по его ликвидации.

По своей структуре судовые планы, выполненные в виде графовой модели, могут быть представлены или в канонической, или в альтернативной форме. В канонической форме, которая наиболее широко применяется на практике, сеть состояний операции является фиксированной структурой. Фиксированная структура состояний операции, в свою очередь, обеспечивает возможность во всех вершинах графа осуществлять над состояниями одну единственную логическую операцию "И". Такое свойство плана означает, что переход в любое последующее состояние начинается лишь после завершения всех без исключения действий присущих этому состоянию операции и принятия решения из множества R .

Следовательно, сетевая модель планирования операции по ликвидации аварийного разлива может служить основой для построения специальных сценариев в системах организационного управления типа СУБ судна на протяжении всего времени проведения операций по ликвидации аварийного разлива.

Если далее использовать модель планирования, то можно зафиксировать сеть $G_0(S, L, R)$ в виде конечного ориентированного графа без контуров. Именно такая форма представления плана ликвидации аварийного разлива будет иметь ряд преимуществ, таких, например, как наглядность, простота использования, возможность обновления применительно к конкретным задачам, возникающим при конкретном аварийном разливе.

Принимая во внимание отправные точки, выделенные из Руководства и принципы построения графа, то один из вариантов типового плана чрезвычайных мер по борьбе с загрязнением нефтью можно представить на рисунке так.

Сравнение лингвистического описания плана по ликвидации аварийного разлива из Руководства и плана представленного в виде сетевой модели показывает, что эта модель, с одной стороны, может быть переведена на естественный язык. С другой стороны, в ней сохранены основные стандартные состояния операции и действия, проводимые в этих состояниях, а так же решения, определяющие направленность переходов операции из состояния в состояние. Кроме того, предложенная сетевая модель при стандартизации судовых планов операций достаточно формальна, и позволяет описать сценарий конкретной операции весьма обобщенно, но с учетом особенностей текущего состояния.

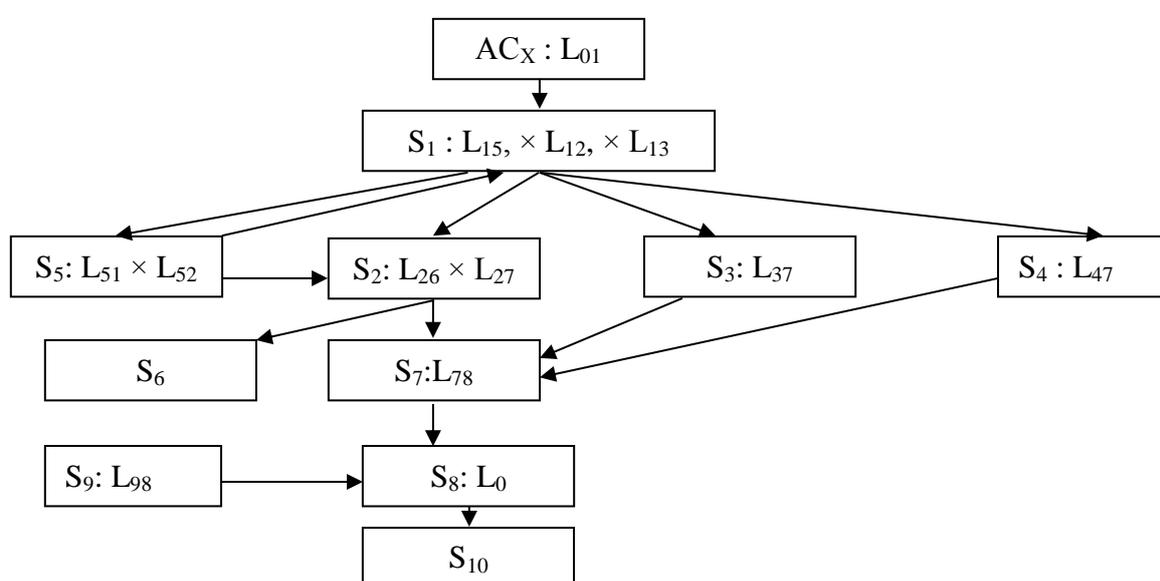


Рисунок 1 – Сетевая модель преобразования стандарта в судовую план операции

Таким образом, предложенная сетевая модель, позволяет осуществить переход от стандарта, к стандартизированным описаниям судовые операций, сохраняя свойства безопасности и эффективности, заложенные в этот стандарт, предложенный ИМО.

Библиографический список

1. Гладышевский М. А., Пасечников М. А., Пеньковская К. В. Организационно-технические структуры, обеспечивающие безопасную эксплуатацию судна / под общ. ред. В. И. Меньшикова. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2008. 212 с.
2. Кукуи Ф. Д., Анисимов Н. А., Анисимов А. А. Основные процессы в структурах безопасной эксплуатации судна / под общ ред. В. И. Меньшикова. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2008. 185 с.

Оценка соответствия между подготовкой морского специалиста и требованиями его рабочего места

Мезенцев И. В., Рыжов С. И., Карташов С. В., Пеньковская К. В.

(г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовождения, e-mail: kseniamgtu@rambler.ru)

Аннотация. Предлагается метод оценки отношения соответствия между подготовкой судового специалиста и требований рабочего места к нему, который следует рассматриваться, как задачу идентификации и оценки этого отношения, сформулированную в рамках теории распознавания образов. Показано, что идентифицировать кластер судовых специалистов, способность которых отвечает требованиям рабочего места или требованиям дополнительной подготовки можно, если, например, использовать экспертную систему, оснащенную диагностическим тестом, состоящим из конечного множества стандартных вопросов. Из всех существующих подходов по созданию групп субъектов, отвечающим требованиям рабочего места наибольший интерес представляет древовидная кластеризация, поскольку позволяет интерпретировать последовательное объединение наиболее схожих субъектов (морских специалистов) в графы со структурой иерархического дерева.

Abstract A method is proposed for evaluating the correspondence relationship between the training of a ship specialist and the requirements of the workplace to him, which should be considered as the task of identifying and evaluating this attitude, formulated within the framework of the pattern recognition theory. It is shown that a cluster of shipboard specialists, whose ability meets the requirements of the workplace or the requirements of additional training, can be identified if, for example, an expert system equipped with a diagnostic test consisting of a finite set of standard questions is used. It is shown that the network model allows the transition from the standard, to standardized descriptions of shipboard operations, while maintaining the safety and efficiency features of this IMO standard.

Ключевые слова: соответствие, рабочее место, возможности специалиста, иерархическая древовидная кластеризация, оценка соответствия

Key words: compliance, workplace, specialist capabilities, hierarchical tree clustering, conformity assessment

Предлагаемый метод оценки отношения соответствия между подготовкой судового специалиста и требований рабочего места к нему должна рассматриваться, как задачи идентификации и оценки этого отношения, сформулированные в рамках теории распознавания образов. При этом конкретизированную задачу можно рассматривать как процесс отнесения состояний судовых специалистов к одному из трех возможных групп субъектов – кластеров E_q , $q = 1, 2, 3$, где E_1 – кластер судовых специалистов способность которых отвечает требованиям рабочего места, E_2 – кластер судовых специа-

листов способность которых не соответствует требованиям рабочего места, E_3 – кластер судовых специалистов состояние которых требует дополнительной подготовки.

Для судовых процессно-функциональных организационных структур объектами исследования должны быть судовые специалисты из кластера E_1 , которые способны обеспечивать такую производственную деятельность на рабочих местах, которая способна реализовываться без ущерба для безопасности и эффективности навигационного или производственного процесса. Кроме того, процессы идентификации и оценки можно рассматривать как мероприятия, которые способны предсказывать и противодействовать появлению у судовых специалистов феномена профессиональной деформации [1; 2].

Идентифицировать кластер судовых специалистов способность которых отвечает требованиям рабочего места E_1 или требованиям дополнительной подготовки E_3 можно если, например, использовать экспертную систему, оснащенную диагностическим тестом, состоящим из конечного множества T стандартных вопросов. Такая экспертная система способна обеспечить многофазное исследование состояний судовых специалистов, поскольку в тесте вопросы из множества T должны группироваться по отдельным шкалам (социальной, психофизической, профессиональной и т. д.). Тогда алгоритм тестирования будет относить ответы судовых специалистов на тестовые вопросы к той или иной шкале наблюдений P_j , $j = 1, K$, что позволит признаки принадлежности к кластерам E_q , $q = 1, 2, 3$ представлять точками в K – мерном числовом пространстве. Более того такой тест должен допускать графическую интерпретацию, например, с помощью метода параллельных координат. Такая интерпретация конструируется в виде двумерных геометрических моделей (профилей судовых специалистов) в K – мерном евклидовом пространстве в которой на плоскости с осями координат $\rho\sigma$ на равных расстояниях друг от друга по оси σ располагаются K профессиональных профилей судовых специалистов, а по оси ρ результаты тестирования или ось шкал наблюдений.

С формальной точки зрения профессиональный профиль судового специалиста можно представить вектором значений, графически изображаемый в виде ломаной линии. Каждый судовой специалист обладает своим профилем – своеобразной "кардиограммой", которая отображает способностей судового специалиста. Сходство между профилями отдельных судовых специали-

стов, полученных в результате тестирования, можно найти, если использовать три геометрических элемента такого профиля:

– форма – спуски и подъемы ломаных линий для всех выделяемых признаков, которые определяют профессиональные способности судовых специалистов;

– рассеяние – дисперсия значений признаков относительно их средней формы; уровень (или сдвиг) – среднее значение для субъекта тестирования по всем признакам.

При этом профили судовых специалистов будут различаться по признакам, которые имеют наивысшие числовые значения (пики). Для интерпретации первичных данных тестирования, в программном обеспечении экспертной системы следует использовать матрицу размерностью $N \times K$, состоящую из N строк (по числу судовых специалистов, проходящих тестирование) и K столбцов (по числу признаков, определяющих профиль судового специалиста):

$$\Sigma = \{\sigma_{ij}\}, i = 1, N, j = 1, K.$$

при этом строка из этой матрицы вида

$$\Sigma_i = (\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \dots, \sigma_{iK})$$

является совокупностью значений K признаков, вычисляемых алгоритмом тестирования у i -го судового специалиста, а матрица Σ задает отношение "судовой специалист – профессиональный признак". Тогда по этим данным можно найти матрицу отношений сходства судовых специалистов с помощью используемой нормы r_{ij} .

Матрица сходства должна быть симметричной, с размером $N \times N$, и фиксирует отношение "субъект – субъект" в виде:

$$R\{r_{ij}\}, i, j = 1, N,$$

где элементы r_{ij} этой матрицы являются значениями некоторой нормой сходства между двумя судовыми специалистами Σ_i и Σ_j соответственно. Известно, что (18) самой распространенной и эффективной нормой сходства в практических приложениях управления состоянием членов судового экипажа, при описании их профессионального состояния в терминах профилей, является коэффициент корреляции [3]:

$$r_{jl} = \frac{\sum_{i=1}^K (\sigma_{ij} - \sigma_j^*) (\sigma_{il} - \sigma_l^*)}{\sqrt{\sum_{i=1}^K (\sigma_{ij} - \sigma_j^*)^2 \sum_{i=1}^K (\sigma_{il} - \sigma_l^*)^2}}, j, l = 1, N$$

где σ_{ij} , σ_{il} – значения параметров профессиональных признаков i -й шкалы для j и l -го специалистов тестирования, а σ_j^* , σ_l^* – средние значения параметров этих признаков j и l -го специалистов, подлежащих тестированию, соответственно.

Далее необходимо предполагать, что геометрическая близость точек $\Sigma_1, \dots, \Sigma_N$ в K – мерном пространстве профессиональных признаков обозначает близость фактических профессиональных состояний соответствующих специалистам подлежащих тестированию. Существуют различные подходы к созданию групп (кластеров) специалистов, но интерес в данном случае представляет только древовидная кластеризация. Такая кластеризация интерпретирует последовательность объединение наиболее схожих специалистов в иерархическое дерево.

Алгоритм иерархической древовидной кластеризации должен предусматривать следующие шаги:

- все тестируемые специалисты должны считаться отдельными кластерами;
- два самых близких кластера (по матрице сходства) должны быть объединены в один кластер;
- уточняется матрица сходства и осуществляется переход ко второму шагу.

Правила группировки в алгоритме иерархической древовидной кластеризации можно формализовать следующим образом:

$$r_{ce} = \alpha_g r_{cg} + \alpha_h r_{ch} + \beta r_{gh} + \gamma |r_{cg} - r_{ch}|,$$

где r_{ce} – мера сходства (метрика), например, между кластерами c и e , причем кластер e является результатом предварительного объединения кластеров g и h в ходе реализации второго шага алгоритма.

Параметры α_g , α_h , β и γ определяют конкретный вид группировки. Так, например, существует алгоритм "средней связи", который вычисляет среднее арифметическое расстояние между кластерами, подлежащими объединению. Он предназначен для поиска кластеров не слишком сложной формы, например, гиперэллипсоидной. Параметры этого алгоритма:

$$\begin{aligned}\alpha_g &= m_g / (m_g + m_h); \\ \alpha_h &= m_h / (m_g + m_h); \\ \beta &= 0, \gamma = 0,\end{aligned}$$

где m_g , m_h – число судовых специалистов в кластерах g и h , соответственно.

Интерес представляет также алгоритм, известный как "гибкая стратегия". Он применяется для любых норм сходства и определяется четырьмя ограничениями:

$$\alpha_g + \alpha_h + \beta = 1$$

$$\alpha_K = \alpha_h;$$

$$\beta < 1; \gamma = 0.$$

Таким образом, предложенная методика идентификации и оценки состояния судового специалиста по отношению к его рабочему месту способна показывать как качество его конвенционной подготовки, так и влияние этой подготовки на безопасную эксплуатацию судна. Кроме того, для повышения объективности результатов тестирования целесообразно использование несколько различных норм сходства с обязательным сравнением полученных результатов.

Библиографический список

1. Пеньковская К. В., Меньшиков В. И. Математическая модель развития синдрома эмоционального выгорания у судовых специалистов на рабочем месте // Вестник научных конференций. 2015. № 1–3 (1). Современное общество, образование и наука: по материалам международной научно-практической конференции 30 сентября 2015 г. Часть 3. 164 с.

2. Гроховский В. А., Меньшиков В. И., Пеньковская К. В. Математическая модель развитие феномена профессиональной деформации у судового специалиста // Рыбное хозяйство. 2016. № 2. С. 87–89.

3. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т. 2. М. : Мир, 1976. 435 с.

Механизм сертификации морских объектов

Тагиев Т. Г., Попович В. А., Пеньковский Д. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовождения, e-mail: tagiev-1svf@mail.ru)

Аннотация. Показано, что безопасная эксплуатация судов в транспортных и рыболовных компаниях и обеспечение высокого качества транспортных услуг и качества морских продуктов возможно лишь при выполнении положений Международной Конвенции СОЛАС – 74 и приложения к девятой главе этого документа составленного в виде кодекса. Международный кодекс по управлению безопасностью (МКУБ) и стандарты по управлению качеством продукции или услуг (ИСО) предусматривают сертификацию объектов и средств. Сформулировано, что задача сертификации сводится к проверке достоверности гипотезы: при заданной конкурирующей и требует лишь проверки, равенства математического ожидания параметра состояния объекта из заданного класса математическому ожиданию параметра сертифицируемого объекта. Показано, что для заданного уровня значимости α правильность принятия решения о сертификации объекта можно найти путем сравнения наблюдаемого значения критерия и величины критической точки.

Abstract. It is shown that the safe operation of ships in transport and fishing companies and the provision of high quality transport services and the quality of marine products is possible only if the provisions of the International SOLAS – 74 Convention and the Annex to the ninth chapter of this document are compiled as a code. The International Safety Management Code (ISM Code) and the Quality Management Standards for Products or Services (ISO) provide for certification of objects and facilities. It is stated that the task of certification is to reduce the validity of a hypothesis: for a given competing one, it only requires verification that the expectation equality of the state parameter of an object from a given class is equal to the expectation of the parameter of the object being certified. It is shown that for a given level of significance α , the correctness of the decision to certify an object can be found by comparing the observed criterion value and the critical point value.

Ключевые слова: безопасная эксплуатация судов, морская отрасль, сертификация, рыболовные компании, транспортные услуги

Key words: safe operation of ships, marine industry, certification, fishing companies, transport services

Безопасная эксплуатация судов в транспортных и рыболовных компаниях и обеспечение высокого качества транспортных услуг и качества морских продуктов возможно лишь при выполнении положений Международной Конвенции СОЛАС – 74 и приложения к девятой главе этого документа составленного в виде кодекса. Международный кодекс по управлению безопасностью (МКУБ) и стандарты по управлению качеством продукции или

услуг (ИСО) предусматривают сертификацию объектов и средств. Процесс сертификация объектов и средств морской и рыболовной отрасли осуществляется с целью установления соответствия безопасной эксплуатации судов в транспортных и рыболовных компаниях и обеспечения качества транспортных услуг и качества морской продукции декларируемым требованиям изложенных в МКУБ или стандарте (ИСО).

Проиллюстрируем решение задачи по сертификации объекта, привлекая для этой цели отношение идентичности, являющегося одним из элементов системы отношений.

Пусть класс объектов морской индустрии задан так:

$$X \sim \text{mod } T,$$

где T – теория класса X .

Пусть далее в классе X определены объекты морской индустрии $x_j \in X$, $j = 1, N$, которые в соответствии с теорией класса T имеют состояние, определяемое через количественный параметр $y_j(t)$, при этом численная величина параметра $y_j(t)$ является нормальным эргатическим случайным процессом. Тогда при таких допущениях любой объект x_j , $j = 1, N$ из заданного класса X , однозначно может быть определен через математическое ожидание параметра $M[y_j(t)] = \text{const}$ и его дисперсию $\sigma_y^2 = \text{const}$. Следует заметить, что такие допущения явно или не явно фиксируются в теории класса T .

В процессе решения задачи по сертификации некоего объекта морской индустрии z , состояние которого определяется через параметр и наблюдается в виде реализации $w(t)$ должны быть определены математическое ожидание $M[w(t)]$ и дисперсия σ_w^2 . Тогда задача сертификации может быть сведена к проверке гипотезы:

$$H_0: M[y_j(t)] = M[w(t)]$$

при конкурирующей гипотезе

$$H_1: M[y_j(t)] \neq M[w(t)].$$

Таким образом, требуется проверить, что математическое ожидание параметра состояния объектов из класса X равно математическому ожиданию параметра сертифицируемого объекта z .

Если окажется, что нулевая гипотеза справедлива, и различие между математическими ожиданиями параметров состояний объектов y_j , $j = 1, N$ и w

при известных дисперсиях σ_y^2 и σ_w^2 . не значимо, то тогда можно утверждать, что справедлива принадлежность вида $z, \in X$ на уровне отношения идентичности.

Таким образом, при справедливости гипотезы H_0 на уровне отношения идентичности объект z может быть сертифицирован, как принадлежащий классу и отвечающий всем лингвистическим элементам из теории класса T .

В качестве критерия проверки доминирования нулевой гипотезы над гипотезой H_1 можно использовать величиной:

$$g = (M[y_j(t)] - M[w(t)]) / \sqrt{(\sigma_y/n + \sigma_w/m)}, \quad (1)$$

где g – нормированное нормальное случайное значение.

Подтверждение свойства доминирования гипотезы H_0 по критерию g над гипотезой H_1 следует искать в двухсторонней критической области, исходя из условия, чтобы вероятность попадания величины g в эту область была равна заданному уровню значимости α .

Наибольшая мощность критерия (1) (вероятность попадания величины g в критическую область при наличии конкурирующей гипотезы H_1) достигается тогда, когда "левая" и "правая" точки области выбраны так, что вероятность попадания величины g в интервалы критической области равна $\alpha/2$:

$$\begin{aligned} P(g < g_{лев.кр}) &= \alpha/2, \\ P(g < g_{прав.кр}) &= \alpha/2. \end{aligned}$$

Поскольку g нормированная нормальная случайная величина, а распределение такой величины симметрично относительно нуля то достаточно найти, например, правую границу, чтобы определить всю двухстороннюю критическую область. Замыкания двухсторонней критической области должны отвечать неравенствам вида:

$$g < -g_{кр}, g > g_{кр},$$

а область принятия решения о доминировании нулевой гипотезы можно фиксировать так:

$$(-g_{кр}, g_{кр}).$$

Чтобы найти, например, правую границу двухсторонней критической области $g_{кр}$ можно воспользоваться функцией Лапласа $\Phi(g)$. Функция $\Phi(g)$ позволяет определить вероятность попадания нормированной нормальной случайной величины g в интервал $(0, g)$ так:

$$P(0 < \xi < g) = \Phi(\xi).$$

Поскольку распределение величин g симметрично относительно нуля, то вероятность попадания величин g в интервал $(0, \infty)$ равна $1/2$. Тогда если разбить этот интервал точкой $g_{кр}$ на не пересекающиеся интервалы $(0, g_{кр})$ и $(g_{кр}, \infty)$ по теореме сложения имеем:

$$P(0 < \xi < g) + P(g > g_{кр}) = 1/2.$$

или

$$\Phi(g_{кр}) + \alpha/2 = 1/2..$$

Следовательно,

$$\Phi(g_{кр}) = (1 - \alpha)/2.$$

Чтобы найти правую границу двухсторонней критической области достаточно найти значение аргумента функции Лапласа, которому соответствует значение этой функции, равное $(1 - \alpha)/2$.

Таким образом, двухсторонняя критическая область определяется неравенствами

$$g < -g_{кр}, g > g_{кр}$$

или равносильным неравенством

$$|g| > g_{кр},$$

а область принятия решения о доминировании нулевой гипотезы можно определить так

$$-g_{кр} < g < g_{кр}$$

или равносильным неравенством вида:

$$|g| < g_{кр}.$$

В заключение сформулируем общее правило сертификации объектов в морской индустрии. Так для того чтобы при заданном уровне значимости α подтвердить правильность решения задачи сертификации морского объекта необходимо вычислить наблюдаемую величину $g_{набл}$, а затем по таблице функции Лапласа найти критическую точку $\Phi(g_{кр}) = (1 - \alpha)/2$. Если $|g_{набл}| < g_{кр}$, то задача по сертификации морского объекта решена, а если $|g_{набл}| > g_{кр}$ то задача по сертификации не решена.

Библиографический список

1. Гладышевский М. А., Пасечников М. А., Пеньковская К. В. Организационно-технические структуры, обеспечивающие безопасную эксплуатацию судна / под общ. ред. В. И. Меньшикова. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2008. 212 с.
2. Кукуи Ф. Д., Анисимов Н. А., Анисимов А. А. Основные процессы в структурах безопасной эксплуатации судна / под общ ред. В. И. Меньшикова. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2008. 185 с.
3. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения : в 2 т. М. : Мир, 1967. Т. 1. 498 с.

ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Очистка шахтных вод подземных рудников Кировского филиала АО "Апатит" от взвешенных веществ

Вергелес Ю. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра техносферной безопасности, e-mail: Apatity403@icloud.com)

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные проблемы загрязнения природных вод сточными водами горнодобывающего предприятия Мурманской области. Проанализированы характерные вещества, образующиеся в шахтных водах при осуществлении горных работ. Особое внимание обращено проблеме образования взвешенных веществ в сточных водах подземных и открытого рудников. Рассмотрены мероприятия по очистке сточных вод, выполняемые на предприятии. Выявлены основные направления дальнейшего исследования проблем загрязнения природных вод.

Abstract. This article discusses the main problems of natural water pollution by wastewater of a mining enterprise in the Murmansk region. The characteristic substances formed in mine waters during mining operations are analyzed. Particular attention is paid to the formation of suspended solids in the wastewater of underground and open mines.

Ключевые слова: горнодобывающее предприятие, шахтные воды, взвешенные вещества, территория, рудник, отстойник, коллектор, резервуар, акватория

Key words: Mining company, Mine water, Suspended substances, Territory, Mine, Sedimentation tank, Collector, Storage tank, Water area

На сегодняшний день огромное внимание специалистов во всем мире привлекает проблема количественного и качественного истощения водных ресурсов, определяемая непрерывным ростом водопотребления в промышленности, сельском хозяйстве и быту (количественное истощение) и загрязнением вод (качественное истощение).

В современном мире человечество потребляет более 14 % общего объема речного стока. К наиболее водопотребляющим отраслям промышленности относится энергетика, горноперерабатывающая, горнодобывающая, металлургическая и химическая [4].

Кольский полуостров является базой для абсолютно всех вышеуказанных отраслей промышленности. Регион располагает разнообразными природными ресурсами. В недрах Кольского полуострова открыто более 60 крупных месторождений различных видов минерального сырья. В настоящее время добывается более трех десятков полезных ископаемых, наибольшую ценность из которых имеют медно-никелевые, железные, апатито-нефелиновые руды и руды редких металлов [4].

Большой вклад в загрязнение поверхностных вод Кольского полуострова в частности вносит горно-химическое предприятие Кировский филиал АО "Апатит" (далее – КФ АО "Апатит").

Территория промышленных районов КФ АО "Апатит" располагается в пригородной зоне города Апатиты Мурманской области на расстоянии 20 км к юго-западу от г. Кировск и 4–5 км северо-восточнее г. Апатиты, в долине р. Белой, у подножья горы Вудъяврчорр и связана с этими городами автомобильными магистралями. Промышленные площадки КФ АО "Апатит" находятся в непосредственной близости от селитебных зон, оз. Имандра, оз. Большой Вудъявр и уникального по качеству воды – оз. Умбозеро.

В эксплуатации находятся 6 месторождений: Кукисвумчоррское, Юкспорское, апатитовый Цирк, Плато Расвумчорр, Коашвинское и Ньюрпахкское. Руда добывается тремя рудниками как открытым, так и подземным способом: Кировский, Расвумчоррский, Восточный рудники. Переработка руды осуществляется на обогатительных фабриках.

Воздействие горного производства на водный бассейн проявляется в изменении водного режима, загрязнении и засорении вод. Отличительной особенностью горного производства является необходимость осушения месторождений полезных ископаемых [1]. Осушение месторождения приводит к резкому изменению естественного режима подземных и поверхностных вод. При осушении месторождений, особенно при открытых горных работах, прежде всего, истощаются запасы высококачественных пресных вод [3].

Существенное влияние на режим и состояние поверхностных, грунтовых и подземных вод оказывают отвалы и гидротехнические сооружения горных предприятий. Крупные отвалы обладают большой площадью водосбора. Воды атмосферных осадков, стекающие с поверхности отвалов или профильтровавшиеся через толщу пород, загрязняются, засоряются и, в свою очередь, загрязняют и засоряют поверхностные водоемы и водотоки.

Отвод сточных вод на КФ АО "Апатит" осуществляется по 8 водовыпускам, в водные объекты преимущественно 2-ой категории рыбохозяйственного назначения. Самым крупным и значимым является выпуск № 4 – в озеро Большой Вудъявр. Он принимает шахтные и карьерные воды с 3-х рудников: Кировского, Расвумчоррского и Восточного посредством рек Саамская и Юкспорйок. Выпуск представлен комплексом гидротехнических сооружений (далее – ГТС) в северо-восточной части озера Большой Вудъявр

и представляет собой рассеивающую дамбу, ограждающую пруд отстойник сточных вод (рис. 1).



Рисунок 1 – рассеивающая дамба на озере Большой Вудъявр

В данной работе рассмотрены основные технологические процессы, в результате которых на объектах Кировского и Расвумчоррского рудников КФ АО "Апатит" формируются сточные воды.

Основной объем сточных вод рудников приходится на карьерные и шахтные воды. Качество шахтных и карьерных вод напрямую связано с компонентным составом разрабатываемой КФ АО "Апатит" рудой.

Образующиеся при добыче минерального сырья карьерные сточные воды содержат, как правило, загрязняющие вещества в виде взвешенных веществ, нефтепродуктов, нитратов, нитритов, а также растворенных веществ, соответствующих составу добываемых полезных ископаемых.

Характерной особенностью вод этой категории является исключительная неравномерность притока, водоприток в горные выработки имеют резко выраженную сезонность, зависят в полной мере от водности года и от изменения климатических факторов в течение года.

В настоящее время очистка рудничных стоков происходит в сооружениях механической очистки и естественным путем при прохождении по самотечным подводящим и отводящим коллекторам через отстойники, по реке Саамской, далее по подводящему каналу поступают в ершовый смеситель, хлораторную и в огражденную рассеивающей дамбой часть озера Большой Вудъявр. Количество сбрасываемых сточных вод 60,6 млн м³ в год.

Кировским рудником (далее – КР) отрабатываются 2 апатит-нефелиновых месторождения. Горные выработки КР находятся в зоне постоянного водонасыщения, ниже абсолютной отметки +450 м. На руднике применяется схема принудительного водоотлива ГВУ (горными водоотливными установками).

Объем ливневых вод складывается из объема ливневых вод с территории промплощадок Кировского и Юкспорского крыльев КР, с прилегающих к промплощадке территорий и воды, поступающей от очистных сооружений гаражей рудника.

Производственные сточные воды включают в себя воды от систем аспирации, мойки, уборки просыпи в галерее, также пылеподавления при бурении в подземных горных выработках.

Производственные воды совместно с шахтными и ливневыми водами отводятся на существующие очистные сооружения шахтных вод подземных рудников КФ АО "Апатит".

В состав очистных сооружений входят:

- отстойники механической очистки;
- комплексы реагентной доочистки;
- комплексы обеззараживания шахтных вод гипохлоритом;
- отстойная емкость, образованная в акватории озера Большой Вудьявр за счет строительства фильтрующей дамбы.

Шахтные воды Кировского рудника, с учетом технологии ведения горных работ, формируются и поступают на очистные сооружения с различных точек.

В настоящее время общий объем шахтных вод КР распределяется на два отстойника:

- отстойник № 2. Максимальная возможность откачки водопритока рабочими насосами менее чем за 24 часа – 10200 м³/час;
- отстойник № 1. Максимальная возможность откачки водопритока рабочими насосами менее чем за 24 часа – 10260 м³/час.

Отстойник № 1. Габариты каждой секции отстойника 140 x 35 x 4,0 м. Отстойник предусмотрен для очистки поступающих шахтных вод после обработки их реагентами. Каждая секция отстойника, с учетом дополнительных технологических решений, имеет расчетную пропускную способность для приема и очистки 5000–5500 м³/час.

Отстойник № 2. Конструктивно расчетный расход системы фильтрации каждой секции определен в значении 6500–6700 м³/час (с учетом нахождения части водоприемных фильтрационных труб в ремонте), что является показателем пропускной способности отстойника.

Очищенные шахтные воды отводятся по руслу реки Саамская (Лопарская) в отстойник, образованный на водосборной площади озера Большой

Вудъявр, и далее после отстаивания, очищенный сток фильтруется через дамбу непосредственно в озеро Большой Вудъявр – Выпуск № 4.

Расвумчоррским рудником разрабатываются 2 месторождения Горные выработки рудника находятся в зонах переменного и постоянного водонасыщения. Водоотлив рудника самотечный, рудничные воды по водоотводным канавам собираются в общий коллектор и сбрасываются в реку Юкспорйок и далее в озеро Большой Вудъявр.

Водопритоки в горные выработки Расвумчоррского рудника складываются из динамических притоков, за счет атмосферных вод, инфильтрации атмосферных осадков на водосборных площадях и притоков из водоносного горизонта трещинных и трещинно-жильных вод коренных пород. Поскольку основные горные выработки рудника находятся в зоне переменного водонасыщения, то и водопритоки в рудник по большей части зависят от количества атмосферных осадков.

Шахтные воды формируются в результате вскрытия водоносных горизонтов подземными горными выработками, поступающими в них атмосферными осадками через трещины и вода, используемая в технологических процессах.

Шахтные и карьерные воды совместно с водами Кировского рудника отводятся в систему очистки шахтных и карьерных вод КФ АО "Апатит.

Схема очистки шахтных вод трех рудников выглядит следующим образом:

- сбор в общий коллектор и подача в резервуар, который выполняет функцию первичного отстойника для выделения крупных фракций грубых дисперсных примесей – ГДП;

- обработка сточных вод реагентами (флокулянт ВПК 402) с введением раствора реагента в коллектор. В зимний период для предотвращения замерзания реагента в раствор добавляется хлористый кальций в определенном соотношении;

- отстаивание и выделение в отстойнике скоагулированных взвешенных веществ и эмульгированных нефтепродуктов;

- обработка сточных вод гипохлоритом натрия, который вводится в поток после отстойника с целью снижения содержания нитритов вследствие их окисления в нитраты активным хлором;

- вторичное отстаивание сточных вод во вторичном отстойнике, представляющем собой часть акватории озера Большой Вудъявр, отделенной от остальной части озера фильтрующей дамбой;

– доочистка очищенных шахтных вод путем сорбционного фильтрования через слой "природного сорбента" – апатита (мелко дробленной апатит-нефелиновой руды), размещаемого по всему откосу дамбы в зоне фильтрации рудничных вод;

Очищенные шахтные воды отводятся в акваторию, образованную на водосборной площади озера Большой Вудьявр.

Контроль эффективности работы очистных сооружений отслеживается ежемесячно в соответствии с Программой регулярных наблюдений, по перечню химических веществ и по микробиологическим параметрам – ежеквартально.

При мониторинге и изучении состава сточных вод КФ АО "Апатит" было установлено, что существенной проблемой предприятия является загрязнение вод большим количеством загрязняющих веществ, в том числе – взвешенными веществами. Эта проблема является особенно актуальной, так как река Белая является источником водоснабжения для города Кировск и близлежащих сел.

Анализ результатов мониторинговых данных свидетельствует о высоком потенциале загрязнения природных вод и многократном превышении фоновых концентраций в зоне влияния предприятия КФ АО "Апатит". Это свидетельствует о необходимости разработки природоохранного мероприятия, обеспечивающего снижение воздействия предприятия на гидросферу.

Библиографический список

1. Монгайт И. Л., Текиниди К. Д., Николадзе Г. И. Очистка шахтных вод. М. : Недра, 1978. 173 с.
2. Пааль Л. Л. Справочник по очистке природных и сточных вод. М. : Высшая школа, 1994. 336 с.
3. Пашкевич М. А. Техногенные массивы и их воздействие на окружающую среду. СПб. : СПбГИ (ТУ), 2000. 230 с.
4. Певзнер М. Е. Горное дело и охрана окружающей среды. М. : МГТУ, 2001. 300 с.

Геоэкологическая характеристика родников г. Мурманска и его пригорода

Глазова В. А.¹, Гапоненков И. А.¹, Федорова О. А.² (г. Мурманск, ¹ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра техносферной безопасности, ²Центр лабораторного анализа и технических измерений по Мурманской области, e-mail: glazova.valerya@yandex.ru)

Аннотация. В статье обоснована актуальность изучения родниковых вод и приводятся результаты классификации родников по геоэкологическим признакам. Подобная классификация позволяет более подробно изучить родники и скорректировать задачи по изучению и охране родников в рамках природоохранных мероприятий.

Abstract. The article substantiates the relevance of the study of spring waters and presents the results of the classification of springs on geoecological grounds. Such a classification allows more detailed study of the springs and adjust the tasks for the study and protection of springs as part of environmental activities.

Ключевые слова: родники, геоэкологические признаки, антропогенное загрязнение

Key words: springs, geological features, anthropogenic pollution

Изучение родников – естественных выходов подземных вод на поверхность земли – и охрана водных ресурсов от антропогенного загрязнения, которое негативно сказывается на качестве воды подземных источников, представляет собой комплексную задачу особой значимости.

Анализ и систематизация опубликованных научных материалов по оценке качества подземных вод Арктического бассейна позволяет сделать выводы о низкой степени изученности этого вопроса. Мониторинговые исследования качества воды в Арктике, как правило, осуществляются на водных объектах – приемниках сточных вод (в локальных зонах загрязнения), и концентрируются на измерении содержания отдельных компонентов загрязнения без учета всего комплекса физико-химических и биологических процессов, протекающих в водных объектах.

Однако, в общей проблеме охраны вод заметное место отводится защите от загрязнения и истощения подземных вод, как одного из видов природных ресурсов, являющихся источником хозяйственно-питьевого водоснабжения населения. Загрязнение подземных вод могло бы являться одним из важных показателей – индикатором экологического состояния Арктического бассейна.

Для повышения эффективности мероприятий по изучению и защите родниковых вод от загрязнений необходима комплексная классификация родников. На ее основе возможно дальнейшее моделирование процессов протекающих в водоисточниках, а так же осуществление природоохранной деятельности, направленной на улучшение экологической обстановки на площадях водосбора источников подземных вод [1].

В ходе многолетнего исследования была составлена комплексная классификация родников г. Мурманска и его пригорода по основным геоэкологическим признакам (таблица).

Почти все рассматриваемые родники по типу питания относятся к источникам поровых грунтовых вод и только родник по дороге в ОАО "Аэропорт Мурманск" (Архейский) обладает смешанным типом питания.

По дебиту и характеру режима все родники рассматриваемой территории относятся к классу малodeбитных постоянных и сезонно дествующих. Для всех родников характерны сезонные колебания дебитов в течение года. Наименьшие значения дебита наблюдаются в осенне-зимний период – с ноября по март. С апреля регистрируется увеличение объема родниковой воды, что связано с активной инфильтрацией во время снеготаяния и выпадения атмосферных осадков.

По температурному режиму воды исследованных родников относятся к холодным. Температура их в течение года колеблется незначительно.

По ландшафтным условиям участки расположения родников были отнесены к селитебным территориям, в непосредственной близости к которым расположены сельскохозяйственные земли, транспортная инфраструктура, гаражные кооперативы.

По санитарно-техническому состоянию каптажа родника и подхода к нему были выделены следующие группы родников:

– родники, относящиеся к хорошо оборудованным родникам с удобным подходом к месту забора воды;

– родники, с удовлетворительным состоянием каптажа.

По безопасности в бактериологическом отношении были выделены две группы родников:

– безопасные (родники в п. Причальное, по дороге в ОАО "Аэропорт Мурманск");

– опасные (родники в пгт. Мурмаши, по ул. Фадеев ручей).

Таблица – Классификация родников по геоэкологическим признакам

Основные геоэкологические признаки	Родник в п. Причалное (Домашний)	Родник по дороге в ОАО "Аэропорт Мурманск" (Архейский)	Родник в пгт. Мурмаши	Родник по ул. Фадеев ручей
по связи с безнапорными и напорными водами	родник относится к нисходящим	родник относится к восходящим	родник относится к нисходящим	родник относится к нисходящим трещинным
по типу питания	родник относится к грунтовым источникам (питание происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков)	родник относится к смешанному типу (напорный трещинно-жильный горизонт архея и инфильтрация атмосферных осадков)	родник относится к грунтовым источникам (питание происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков)	родник относится к грунтовым источникам (инфильтрация атмосферных осадков на водосборной площади ручья)
по дебиту и характеру режима	родник относится к классу малодебитных сезонных (дебит изменяется от 0,17 до 0,6 л/с)	родник относится к классу малодебитных сезонных (дебит изменяется от 0,02 до 0,69 л/с)	родник относится к классу малодебитных сезонных (дебит изменяется от 0,01 до 0,80 л/с)	родник относится к классу малодебитных постоянно действующих (дебит от 0,16 л/с до 1,25 л/с)
по температурному режиму	воды родника относятся к холодным (температура воды изменяется от +2,5°C до +3,8°C)	воды родника относятся к холодным (температура воды изменяется от +2,2°C до +3,7°C)	воды родника относятся к холодным (температура воды изменяется от +2,7°C до +4,0°C)	воды родника относятся к холодным (температура воды изменяется от +2,2°C до +5,0°C)
по ландшафтным условиям	участок расположения родника можно отнести к селитебной территории (в непосредственной близости сельскохозяйственных районов)	участок расположения родника можно отнести к лесному массиву (в непосредственной близости сельскохозяйственных районов)	участок расположения родника можно отнести к селитебной территории	участок расположения родника можно отнести к селитебной территории

Основные геоэкологические признаки	Родник в п. Причальное (Домашний)	Родник по дороге в ОАО "Аэропорт Мурманск" (Архейский)	Родник в пгт. Мурмаши	Родник по ул. Фадеев ручей
по санитарно-техническому состоянию каптажа родника и подхода к нему	родник относится к хорошо оборудованным родникам с удобным подходом к месту забора воды	родник относится к хорошо оборудованным родникам с удобным подходом к месту забора воды	родник относится к хорошо оборудованным родникам с удобным подходом к месту забора воды	родник, с удовлетворительным состоянием каптажа
по химическому составу вода	гидрокарбонатная кальциевая, ультрапресная	сульфатно-гидрокарбонатная, ультрапресная	сульфатно-хлоридная кальциевая, ультрапресная	сульфатно-, хлоридно-гидрокарбонатная кальциевая-натриевая, ультрапресная
по безопасности в бактериологическом отношении	безопасная (ОМЧ в норме, ОКБ и ТКБ отсутствуют)	безопасная (ОМЧ в норме, ОКБ и ТКБ отсутствуют)	опасная (ОМЧ в норме, ОКБ обнаруживались, ТКБ отсутствуют)	опасная (ОМЧ в норме, ОКБ и ТКБ присутствуют)

Подобная классификация, учитывающая не только физико-химические характеристики родников, но и геоэкологические условия формирования питающих их вод, позволяет скорректировать задачи по изучению и охране родников в рамках природоохранных мероприятий, моделировать процессы, протекающие в родниках и составить карты антропогенной нагрузки.

Подземные воды, в том числе родниковые, находятся в постоянном контакте с различными компонентами окружающей среды и их качество напрямую зависит от сложных физико-химических процессов, возникающих в результате этих контактов. Изменение качества подземных вод в результате загрязнения особенно заметно в промышленных зонах и в районах повышенной антропогенной нагрузки [2].

С помощью геоэкологической классификации родников г. Мурманска и его пригорода, было установлено что большинство изученных родников относится к источникам грунтовых вод (питание происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков), а следовательно, они могут являться своеобразными индикаторами антропогенного загрязнения в Арктическом регионе.

В таких условиях весьма актуальна проблема своевременного выявления и охраны подземных вод от загрязнения.

Библиографический список

1. Рассказов А. А., Васильева Е. Ю. Комплексная классификация родников по геоэкологическим признакам (на примере территории Сергиево-Посадского района Московской области) // Вестник РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. 2010. № 3. С. 71–76.

2. Моисеенко Т. И., Водные ресурсы Евро-Арктического региона и ключевые проблемы изменения их качества // Природопользование в Евро-Арктическом регионе: опыт XX в. и перспективы. 2004. С. 17–32. URL: <http://www.kolasc.net.ru/russian/innovation/ksc70/1.1.pdf>.

Влияние деятельности Кольской атомной электростанции на изменение химического состава донных отложений озера Имандра

Даувальтер В. А.^{1,2} (¹г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электроэнергетики; ²Институт проблем промышленной экологии Севера ФГБУН ФИЦ "Кольский научный центр РАН", e-mail: vladimir@inper.ksc.ru)

Аннотация. Проведены исследования содержания элементов, в том числе и тяжелых металлов (Ni, Cu, Co, Zn, Cd, Pb, As, Hg), в донных отложениях Йокостровской и Бабинской Имандры в зоне влияния стоков Кольской атомной электростанции. В донных отложениях плесов происходит осаждение тяжелых металлов, связанное с поступлением загрязняющих веществ со стоками промышленных предприятий.

Abstract. The content of elements, including heavy metals (Ni, Cu, Co, Zn, Cd, Pb, As, Hg), was studied in the sediments of the Yokostrovskaya and Babinskaya Imandra in the zone of influence of the Kola Nuclear Power Plant. Heavy metals are deposited in the sediments that are associated with the flow of pollutants from the effluent of industrial enterprises.

Ключевые слова: атомная электростанция, озеро Имандра, донные отложения, тяжелые металлы

Key words: Nuclear Power Plant, Lake Imandra, sediments, heavy metals

С целью определения особенностей гидрохимических характеристик акватории оз. Имандра проводились комплексные исследования в зоне влияния деятельности Кольской АЭС. Район работ охватывал губу Молочную, восточную часть акватории плеса Бабинская Имандра, западную часть акватории плеса Йокостровская Имандра (губа Зашеечная), а также участки подводящего и сбросного каналов Кольской АЭС. Отбирались образцы донных отложений (ДО) на 6 станциях (В-3, С-10, D-5, D-7, Е-5, F-11) Бабинской и Йокостровской Имандры (рис. 1) отборником колонок открытого гравитационного типа. Колонки ДО были послойно разделены на слои по 1 см, помещены в предварительно помытые кислотой полиэтиленовую посуду и отправлены в лабораторию для анализа. Первичная обработка проб ДО и определение содержания тяжелых металлов (ТМ – Ni, Cu, Co, Zn, Cd, Pb, As, Hg) проводились в лаборатории ИППЭС по методикам, описанным ранее [1; 2]. На некоторых станциях (В-3, D-7, F-11) были отобраны колонки ДО в тех же местах, на которых были отобраны образцы во время проведения гидрохимической съемки в 1993 г., результаты которой опубликованы ранее [1; 3]. Перечень анализируемых ТМ по сравнению с 1993 г. был дополнен As и Hg.

Вследствие загрязнения оз. Имандра сточными водами горно-металлургического комплекса, коммунально-бытовыми стоками населенных пунк-

тов и промышленных предприятий на водосборе озера, ДО озера претерпели серьезные преобразования химического состава [4; 5]. Эти изменения затронули также и акватории Йокостровской и Бабинской Имандры [1; 3; 6].

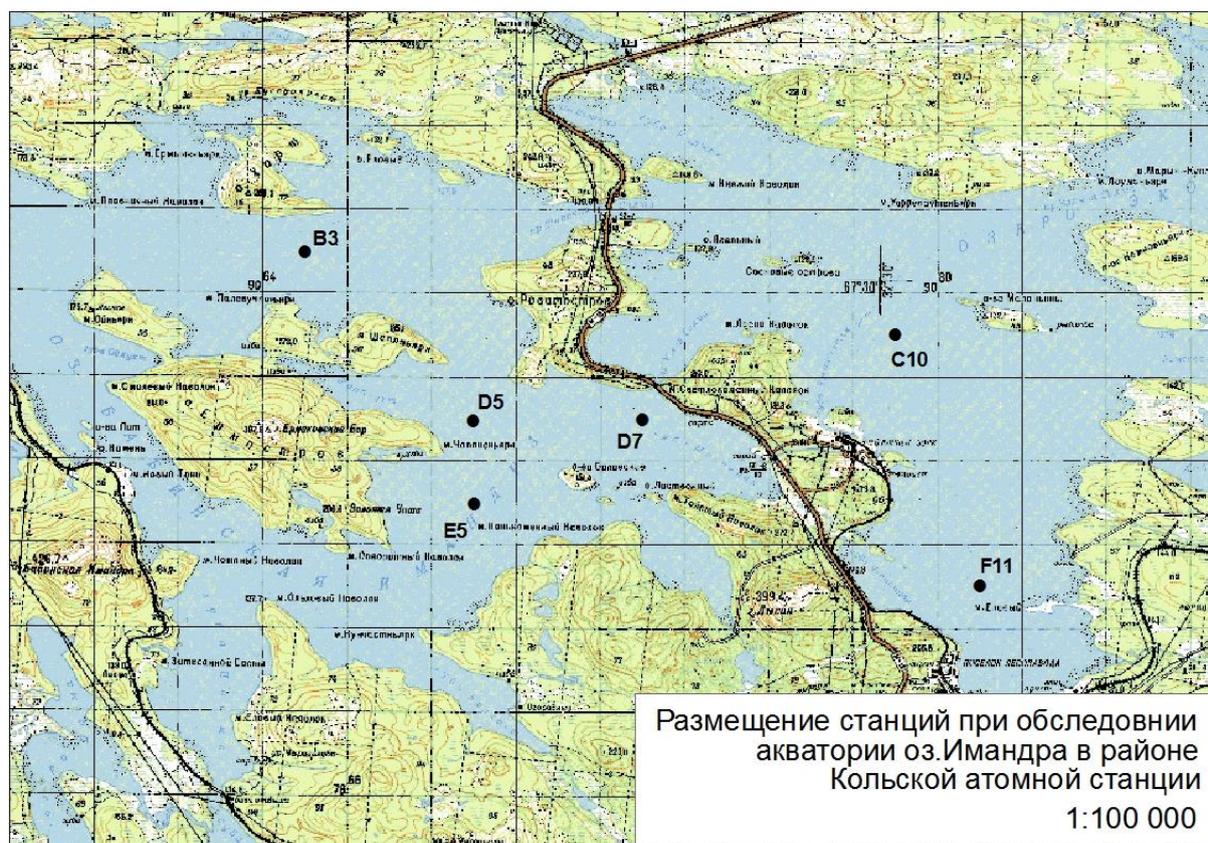


Рисунок 1 – Схема отбора гидрохимических проб и ДО на оз. Имандра

Наиболее значительные изменения произошли в толще ДО станции С-10 (Йокостровская Имандра). Здесь прослеживается аккумуляция ТМ, отмеченная ранее [1] на акватории Большой Имандры. Увеличение концентраций Ni в поверхностных слоях по сравнению с фоновыми произошло почти в 20 раз (с 38 до 700 мкг/г), Pb – в 4 раза (с 3.6 до 14.3 мкг/г), Cd – в 4 раза (с 0.20 до 0.83 мкг/г), Cu – в 3 раза (с 40 до 120 мкг/г), As – в 3 раза (с 8 до 25 мкг/г). Наряду с этими металлами, наблюдается также и рост содержаний Mn в 21 раз (с 0.17 до 3.6 %), Fe в 3.6 раза (с 4.1 до 15 %) и Sr в 3.3 раза (с 35 до 114 мкг/г). Увеличение содержания металлов по направлению к поверхности ДО связано с влиянием сточных вод комбината "Североникель", АО "Апатит", Оленегорского ГОКа и Африкандского рудоуправления, содержащих повышенные концентрации ТМ, сульфатов, флотореагентов.

На станции F-11 (Зашеечная губа), на которой были зафиксированы максимальные концентрации в поверхностных слоях ДО практически всех ТМ, четкого разделения на загрязненные и фоновые слои не зафиксировано. Это

связано с тем, что на акватории этой станции происходило интенсивное осаждение взвешенного материала, связанное с изменением гидрологических условий, в первую очередь, с изменением скорости течения. Поэтому на этой станции скорости осадконакопления достаточно высокие, и 16-см колонки было недостаточно, чтобы захватить фоновые слои ДО, отложившиеся до индустриального освоения водосбора оз. Имандра. Другим объяснением высоких концентраций ТМ по всей отобранной колонке на этой станции может быть также то, что в пос. Зашеек, находящимся вблизи станции F-11, недалеко от истока р. Нива, долгое время существовал лесозавод, к которому сплавляли лес по оз. Имандра. Дно озера в этом месте было усеяно древесным мусором и топляком, перемещение которого и могло привести к интенсивному перемешиванию верхней части ДО. В колонке ДО, отобранной на станции F-11 в Зашеечной губе в 1993 г. [1], наблюдается довольно четкое разделение толщи ДО – на поверхностную (0–6 см) загрязненную с повышенными концентрациями приоритетных загрязняющих металлов (Ni и Cu) и более глубокую, с фоновыми содержаниями ТМ.

Довольно значительные изменения химического состава произошли в толще ДО самых глубоких станций – D-5 и E-5 (33 и 38 м соответственно). Увеличение содержания Ni и Cu зафиксировано в верхних 2–4 см ДО. Заметное увеличение концентраций Pb отмечается на большей глубине ДО – начиная с 12 см на станции D-5 и 7 см на станции E-5. Установленная закономерность (заметное увеличение концентраций Pb на больших глубинах, чем содержания Ni и Cu) отмечается и на станции C-10. Этот факт может свидетельствовать о более раннем загрязнении Pb акваторий Йокостровской и Бабинской Имандры по сравнению с загрязнением Ni и Cu, источником которых являются предприятия горно-металлургической промышленности, в первую очередь комбинат "Североникель". Источником более раннего поступления Pb является, вероятно, глобальное загрязнение атмосферы Северного полушария, которое может быть также и источником начального загрязнения другими халькофильными высокотоксичными элементами, такими как Hg и As, значительное загрязнение которыми происходит в поверхностных частях ДО станций D-5 и E-5. В последние годы большой вклад в загрязнение этими элементами вносят индустриальные источники, в первую очередь горно-металлургические предприятия [2].

Не столь значительные изменения отмечены в толще ДО станции B-3, но они заметны в верхних 3 см колонки, особенно для таких ТМ, как Ni, Cu, Cd, Pb, Hg (рис. 2). Концентрации практически всех ТМ (за исключением Co)

в поверхностных слоях ДО на этой станции меньше, чем на станциях D-5 и E-5. Зафиксировано существенное увеличение концентраций As в слое 3–4 см до 25 мкг/г с 1.3 мкг/г в самом глубоком слое этой колонки (19–20 см). Затем в верхних слоях происходит снижение содержания As до 8.2 мкг/г в поверхностном слое. Подобное распределение этого элемента отмечено и в колонке ДО станции E-5, в которой в интервале 7–9 см происходит увеличение концентраций As до 17 мкг/г, а далее они уменьшаются в слое 2–7 см и увеличиваются до 9 мкг/г в поверхностном 1-см слое. Для Ni, Cu, Co, Zn и Pb отмечено практически полное совпадение в распределении содержания в колонках, отобранных в 1993 и 2011 гг., особенно для Ni и Cu. Это говорит о том, что, во-первых, условия седиментации не изменились за последние 20 лет, а, во-вторых, это является очень хорошим контролем качества проведения химических анализов в лаборатории водных экосистем ИППЭС. Концентрации Co немного выше в колонке, отобранной в 2011 г., а содержание Pb, наоборот, в ДО, отобранных 1993 г., выше в 2–3 раза, но профили распределения содержания этих ТМ в толще ДО, отобранных в 1993 и 2011 гг., совпадают.

В Молочную губу Бабинской Имандры сбрасываются подогретые на 10–12°C воды, используемые для охлаждения агрегатов Кольской атомной электростанции и забираемые из Глубокой губы Йокостровской Имандры. Поэтому акватория Молочной губы, наряду с тепловым загрязнением, испытывает также и влияние относительно более загрязненных вод Йокостровской Имандры (рис. 3). Вследствие этого, в колонке ДО станции D-7 наблюдается рост концентраций в поверхностных слоях Hg почти в 6 раз (с 0.01 до 0.058 мкг/г), Pb, Cd и Ni примерно в 3 раза (с 5.4 до 20, с 0.14 до 0.45 и с 52 до 130 мкг/г соответственно), As – в 2 раза (с 3.7 до 7.3 мкг/г). Вместе с тем, отмечено снижение концентраций Mn, Fe, Sr, Cr и Al по направлению к поверхности ДО. Повышенные содержания Ni и Cu отмечены только в самом поверхностном слое, а в интервале 1–4 см отмечается снижение концентраций этих металлов до минимальных значений в колонке ДО станции D-7 (рис. 3). Вероятно, это связано с аккумуляцией грубообломочного материала на акватории Молочной губы, связанной со строительством и первыми годами эксплуатации подводящего и сбросного каналов, да и в целом всей Кольской АЭС. Этот грубообломочный материал мог поступать не только по каналам, но и воздушным путем с пылью со строительных площадок. Как и на станции B-3, отмечено практически полное совпадение в распределении содержания Ni, Cu и Zn в колонках, отобранных в 1993 и 2011 гг. Для Pb также зафиксирована аналогичная картина – содержание металла в ДО,

отобранных 1993 г., выше в 2–3 раза по сравнению с колонкой 2011 г., но профили распределения содержания Рb полностью совпадают.

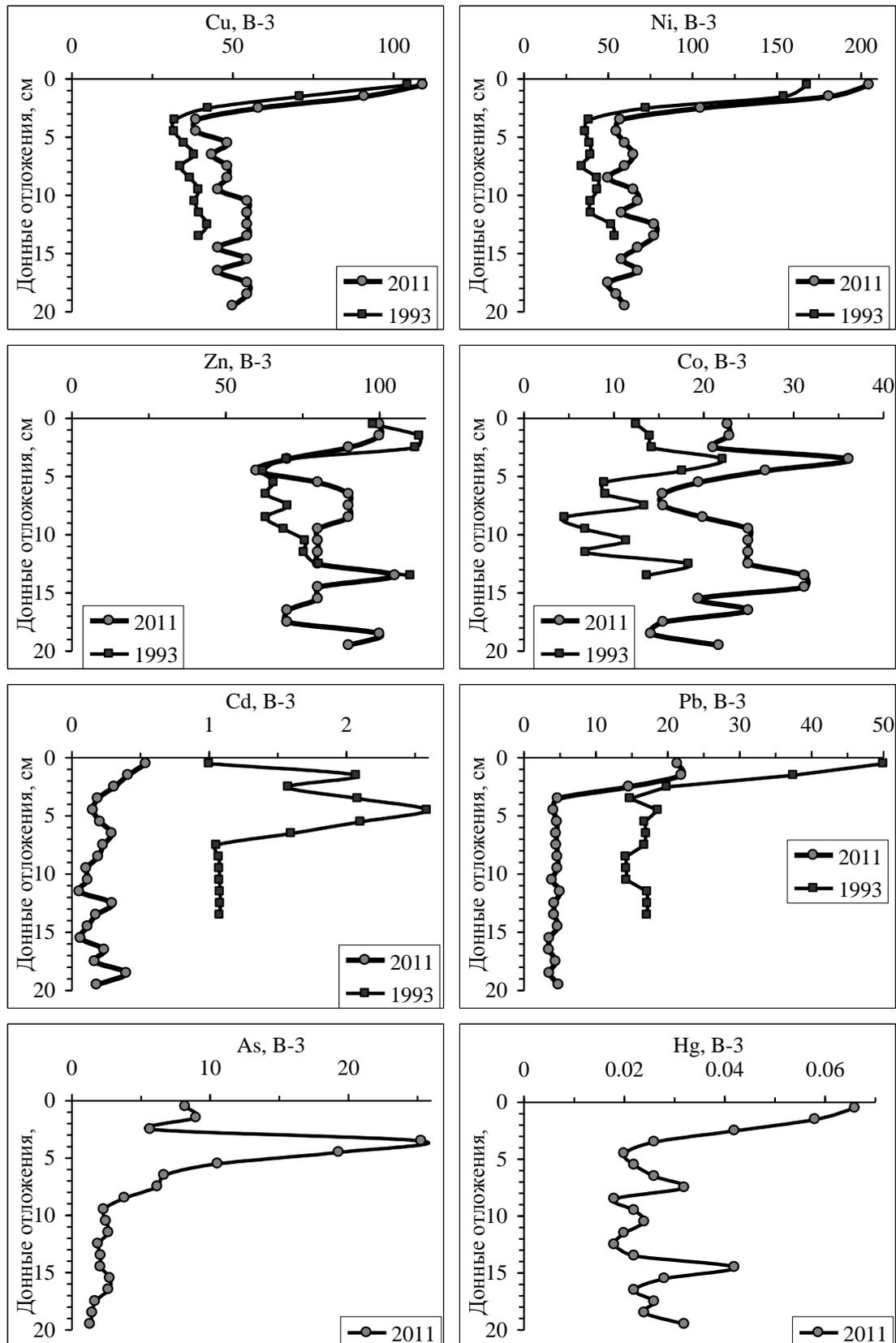


Рисунок 2 – Вертикальное распределение ТМ (мкг/г сух. веса) в ДО станции В-3

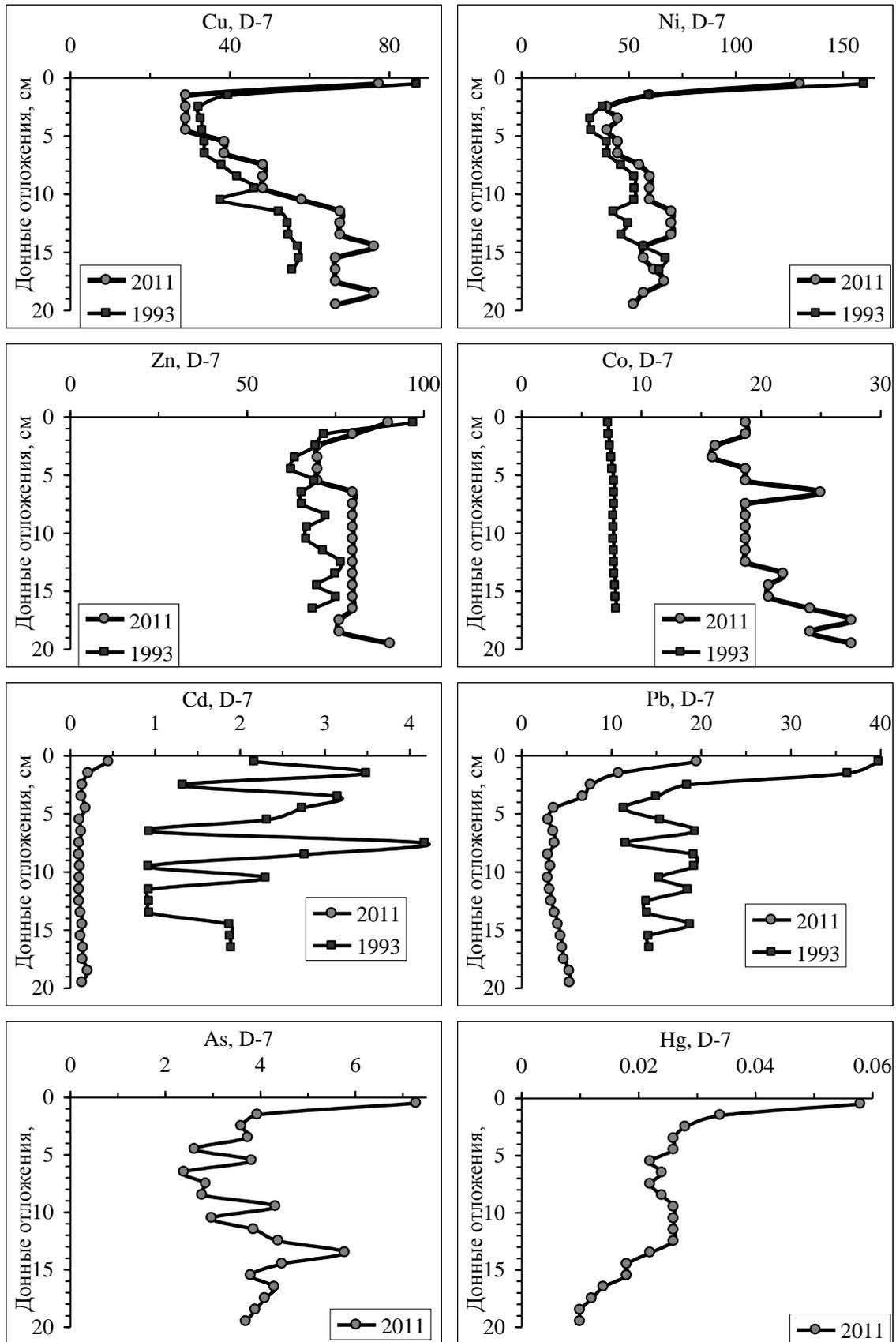


Рисунок 3 – Вертикальное распределение ТМ (мкг/г сух. веса) в ДО станции D-7.

Практически для всех колонок ДО исследуемых станций характерно увеличение содержания Ni и Cu в верхних 1–4 см. Различная мощность отложений, загрязненных этими ТМ, может свидетельствовать о разных скоростях осадконакопления в отдельных акваториях Бабинской и Йокостровской Имандры. По результатам исследований ДО можно сделать вывод, что влияние деятельности Кольской АЭС на загрязнение Бабинской Имандры является незначительным, а основной вклад в него вносят горно-металлургические предприятия.

Библиографический список

1. Моисеенко Т. И., Даувальтер В. А., Лукин А. А., Кудрявцева Л. П. [и др.]. Антропогенные модификации экосистемы озера / под ред. Т. И. Моисеенко. Имандра. М. : Наука, 2002. 487 с.
2. Даувальтер В. А. Геоэкология донных отложений озер. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2012. 242 с.
3. Моисеенко Т. И., Родюшкин И. В., Даувальтер В. А., Кудрявцева Л. П. Формирование качества вод и донных отложений в условиях антропогенных нагрузок на водоемы арктического бассейна (на примере Кольского Севера). Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1996. 263 с.
4. Даувальтер В. А., Кашулин Н.А. Влияние деятельности горно-металлургических предприятий на химический состав озера Имандра, Мурманская область // Биосфера. 2015. Т. 7, № 3. С. 295–314.
5. Даувальтер В. А. Гидрохимия озер в зоне влияния стоков производства железорудного сырья // Вестник МГТУ. 2019. Т. 22, № 1. С. 167–176.
6. Денисов Д. Б., Даувальтер В. А., Кашулин Н. А. Диатомовые комплексы донных отложений озера Имандра в зоне влияния подогретых вод Кольской АЭС // Труды Карельского научного центра РАН. 2015. № 9. С. 10–24.

Анализ изменения показателей качества воды родников города Мурманска

Кобец А. Ю.,¹ Широнина А. Ю.² (г. Мурманск, ¹АО "Мурманский морской рыбный порт", ²ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра техносферной безопасности, e-mail: nkbec@rambler.ru)

Аннотация. Часть населения г. Мурманска и Мурманской области использует родниковую воду для питьевых и бытовых целей. Однако, информации о качестве этой воды, как правило, немного. Более того, в последние десятилетия в результате интенсивного антропогенного воздействия на все компоненты окружающей среды химический состав не только поверхностных, но и подземных вод заметно изменился. Целью исследований является проведение мониторинговых исследований и оценка качества питьевой воды родников города Мурманска.

Abstract. Part of the country's population uses spring water for drinking and domestic purposes. However, there is little information about the quality of this water. Moreover, in recent decades, as a result of intensive anthropogenic impact on all components of the environment, the chemical composition of surface water, but also groundwater has changed markedly. The purpose of the research is to conduct monitoring studies and assess the quality of drinking water of the streams of Murmansk city.

Ключевые слова: гидрохимический анализ, родники, питьевая вода

Key words: hydrochemical analysis, springs, drinking water

Вода является важнейшим ресурсом, без которого не возможна жизнь на Земле. Это самое распространённое соединение на планете, обладающее уникальными физическими и химическими свойствами. Вода необходима для нормальной жизнедеятельности всех живых организмов [1].

Часть населения страны использует для питьевых и бытовых целей родниковую воду. По классическому понятию родники – это концентрированные выходы подземных вод непосредственно на земную поверхность. Вода родников употребляется населением для питьевых и хозяйственных нужд без предварительной очистки, по этой причине они являются источники нецентрализованного водоснабжения.

В Мурманской области насчитывается около 70 родников, из них 25 ежегодно контролируются. Имеются родники, пользующиеся популярностью у местного населения. Часть людей использует родниковую воду в силу своих предубеждений или из-за отсутствия доступа к централизованным источникам водоснабжения. Однако, информация о качестве этой воды, как правило, практически отсутствует. Более того, в последние десятилетия в результате интенсивного антропогенного воздействия на все компоненты окружающей

среды химический состав не только поверхностных, но и подземных вод заметно изменился [2].

К сожалению, в связи с отсутствием принадлежности родников кому либо, а зачастую и с безответственностью водопотребителей, выходы родников на поверхность захламляются, загрязняя не только собственно состав родниковой воды, но и образуя источники загрязнения подземных вод.

В докладе Министерства природных ресурсов и экологии Мурманской области за 2017 г. [3] отсутствует информация о качестве воды источников нецентрализованного водоснабжения на соответствие нормативным показателям, в то время как в докладе за 2016 г. [4] данная информация была. Хотя при этом не указывалось, из каких источников производился водозабор, а также по каким показателям осуществлялся контроль.

Целью настоящего исследований являлось проведение мониторинговых исследований и оценка качества питьевой воды родников города Мурманска. В частности, особое значение имеет контроль содержания ионов тяжелых металлов в родниковой воде, так как, попадая в организм, они способны накапливаться в органах и оказывать негативное влияние на здоровье человека.

Отбор проб родниковой воды производился в соответствии с ГОСТ 31861-2012 ежемесячно с ноября 2018 г. по апрель 2019 г.

Определение содержания ионов тяжелых металлов производили вольтамперометрическим методом на анализаторе "Экотест-ВА" по методике МУО8-47/269 "Массовой концентрации меди, свинца, кадмия, цинка, висмута, марганца, кобальта и никеля в питьевых, минеральных, природных, морских и очищенных сточных водах" [5].

Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов представлены в СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения" [6].

Таблица 1 – Содержание ионов меди в воде родников, мкг/л

	Архейский	Мурмаши	Причальное	Фадеев ручей	Минькино
Ноябрь	—*	—*	—*	—*	—*
Декабрь	5,18	1,04	—*	2,60	8,12
Январь	—*	—*	—*	—*	—*
Февраль	14,10	—*	27,50	—*	108,50
Март	25,30	—*	—*	—*	—*
Апрель	2,77	2,72	1,69	3,00	—*

* содержание ионов меди ниже границы определения прибором.

Таблица 2 – Содержание ионов свинца в воде родников, мкг/л

	Архейский	Мурмаши	Причальное	Фадеев ручей	Минькино
Ноябрь	0,543	0,113	0,279	0,207	0,338
Декабрь	2,22	0,639	–*	0,385	0,184
Январь	–*	0,113	–*	–*	2,78
Февраль	1,84	0,295	1,07	0,151	0,157
Март	0,134	0,144	–*	–*	1,32
Апрель	2,19	0,283	–*	0,288	–*

* содержание ионов свинца ниже границы определения прибором.

По результатам анализа на содержание ионов тяжелых металлов, чаще всего прибор регистрировал концентрации меди и свинца, однако превышения значений предельно допустимых концентраций не было зафиксировано.

Библиографический список

1. Буймова С. А., Бубнов А. Г. Комплексная оценка качества родниковых вод на примере Ивановской области / под ред. А. Г. Бубнова. Иваново : Ивановский гос. химико-технологический ун-т, 2012. 463 с.
2. Патрушева Н. Е Родниковая вода: Резервный источник водоснабжения или фактор риска // Дальневосточная весна. 2016. С. 310–312.
3. Доклад Министерства природных ресурсов и экологии Мурманской области "О состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2017 г." Мурманск, 2018. 165 с.
4. Доклад Министерства природных ресурсов и экологии Мурманской области "О состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2016 г." Мурманск, 2017. 180 с.
5. МУ 08-47/269. Методика измерений "Массовой концентрации меди, свинца, кадмия, цинка, висмута, марганца, кобальта и никеля в питьевых, минеральных, природных, морских и очищенных сточных водах", 2013.
6. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Введ. 2002-09-26. М.: Минздрав России, 2001.

Оценка влияния Кольского залива на термический режим прибрежной территории города Мурманска

Кузнецова М. О.,¹ Козелов Б. В.² (г. Мурманск, ¹ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра техносферной безопасности, ²ФГБНУ "Полярный геофизический институт",
e-mail: marina.free1@yandex.ru)

Аннотация. С сентября по декабрь 2018 г. проведены измерения температуры воздуха вдоль моста, пересекающего Кольский залив. Выраженной положительной аномалии над заливом не было обнаружено. Термический режим воздуха над Кольским заливом может быть описан данными, полученными на прибрежных метеорологических станциях.

Abstract. From September to December 2018 the air temperature was measured along the bridge crossing the Kola Bay. A pronounced positive anomaly over the bay was not detected. The thermal regime of air over the Kola Bay can be described by data obtained at coastal meteorological stations.

Ключевые слова: аномалия температуры воздуха, Кольский залив, трансформация воздушной массы, микроклиматические вариации

Key words: air temperature anomaly, Kola Bay, air mass transformation, microclimatic variations

Мурманск располагается на восточном побережье Кольского залива примерно в 50 км от акватории Баренцева моря. Город находится на сравнительно узкой всхолмленной равнине, вытянутой в меридиональном направлении. К востоку от города находятся ряд сопок, абсолютные высоты которых достигают 100–150 м. Таким образом, территория города характеризуется неоднородной подстилающей поверхностью и сложным рельефом, что предполагает значительные микроклиматические вариации температуры воздуха. Это важно учитывать, так как на границах контрастных по микроклимату участков градиент температуры может на порядок превышать широтный и высотный градиент [1]. Микроклиматические вариации ограничивают использование метеорологических наблюдений на локальных гидрометеорологических станциях для оценки гидрометеорологических условий большой территории.

Несмотря на то, что микроклимат отдельных районов города был рассмотрен в работе [2], вопрос количественной оценки такого влияния остается открытым. Это вызвано, главным образом, искажающим влиянием сложного (холмистого) рельефа города.

Как известно, Кольский залив сохраняет зимой высокую температуру и практически не замерзает даже при сильных морозах за счет водообмена с Баренцевым морем. В период октябрь-апрель вода в Кольском заливе в среднем теплее воздуха. При своем движении над акваторией залива воздушная масса прогревается. В мае-августе температура воды в заливе ниже, чем температура воздуха. Но термический контраст между водой и сушей в это время года ослабевает и охлаждающий эффект водных акваторий должен быть меньшим по абсолютной величине [3].

В отдельные холодные зимы южное и среднее колено Кольского залива покрывается льдом толщиной до 30 см. Однако даже под льдом крупные водоемы "работают" как огромные резервуары тепла [3].

Измерения проводились в сентябре-декабре 2018 г. при слабом (не более 3–5 м/с) ветре, отсутствии осадков и облачности (в этих условиях в наибольшей степени проявляются микроклиматические различия). Для измерения использовался прибор, собранный в Полярном геофизическом институте, в состав которого входит цифровой термодатчик DS18S20 и GPS-приемник. Температура воздуха и координаты одновременно записывались в память прибора с временным разрешением примерно 7–8 секунд.

Датчик температуры монтировался на автомобиль. Для исключения влияния солнечной радиации все измерения проводились в темное время суток. Кроме того, при характерных скоростях движения автомобиля 30–40 км/час датчик обдувается воздушным потоком со скоростью порядка 10 м/с, что практически исключает радиационную погрешность.

Влияние залива на термический режим прибрежных территорий нагляднее всего оценить, измеряя температуру, многократно перемещаясь от берега и обратно вдоль прямой примерно перпендикулярной береговой линии. В г. Мурманске из-за сложного рельефа такое перемещение не представляется возможным. По этой причине основное внимание было сосредоточено многократным измерениям на мосту через Кольский залив. Высота моста примерно 25 м над заливом и не остается постоянной, но в нашем эксперименте влияние изменения высоты моста не учитывалось, так как задачей было обнаружение только факта теплой аномалии над акваторией залива.

На рис. 1, 2, 3, 4, 5 приведены схемы движения автомобиля по мосту и прилегающим к нему дорогам (в ходе каждого эксперимента автомобиль осуществлял развороты по подъездным путям и совершал несколько проездов через мост), относительные изменения температуры воздуха и высоты.

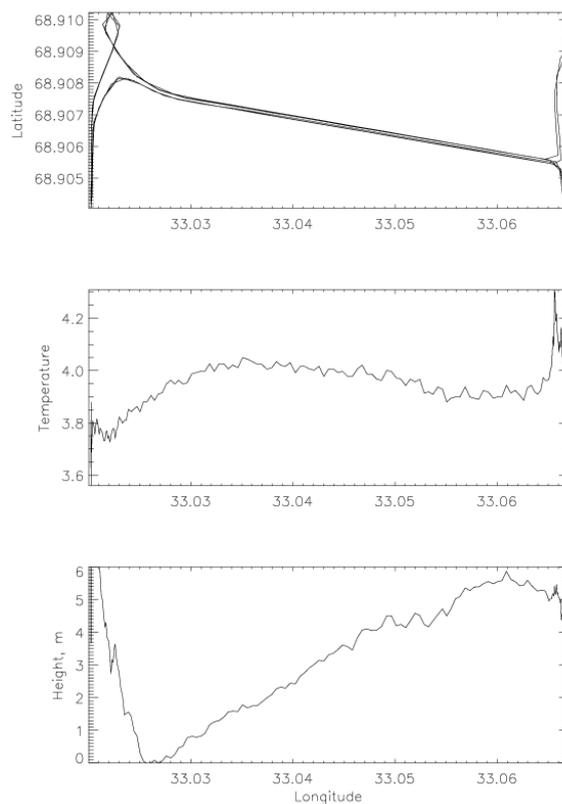


Рисунок 1 – Схемы движения автомобиля, температура воздуха (°C) и относительные изменения высоты 30 сентября 2018 г.

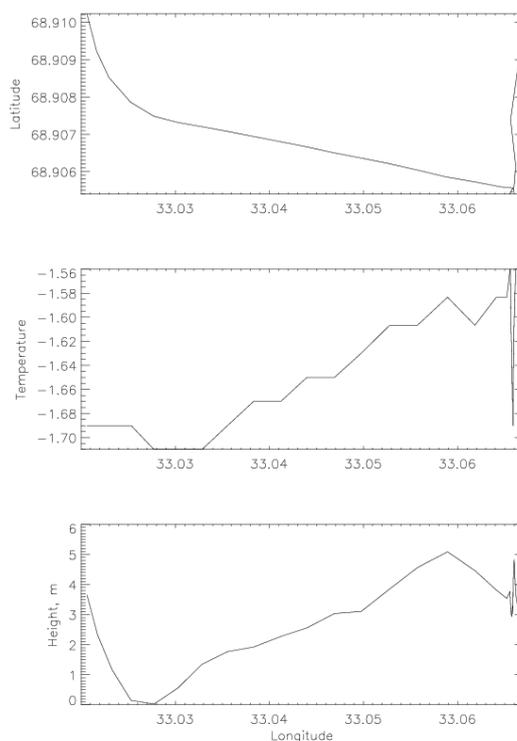


Рисунок 2 – Схемы движения автомобиля, температура воздуха (°C) и относительные изменения высоты 24 октября 2018 г.

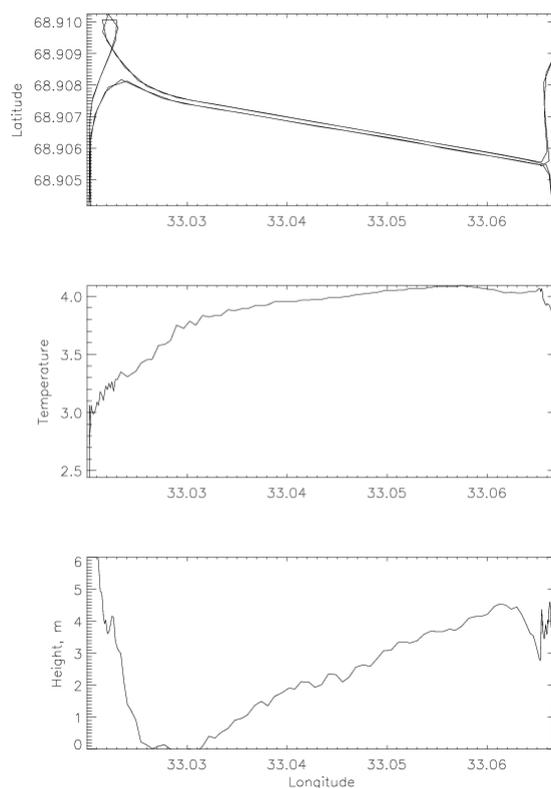


Рисунок 3 – Схемы движения автомобиля, температура воздуха (°C) и относительные изменения высоты 6 ноября 2018 г.

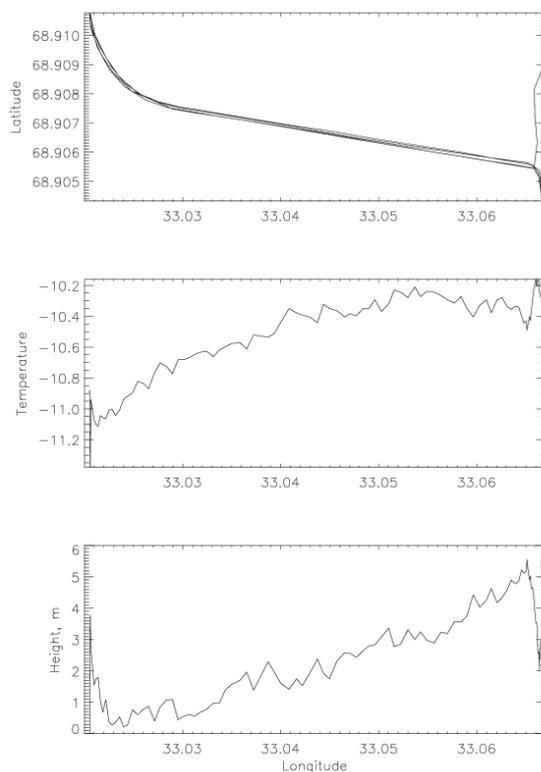


Рисунок 4 – Схемы движения автомобиля, температура воздуха (°C) и относительные изменения высоты 27 ноября 2018 г.

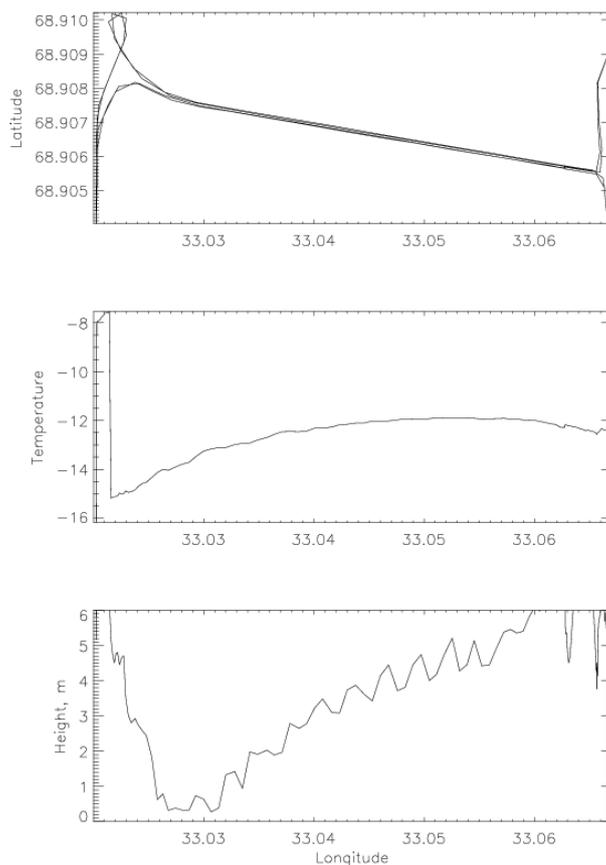


Рисунок 5 – Схемы движения автомобиля, температура воздуха (°С) и относительные изменения высоты 22 декабря 2018 г.

Как показали наши измерения, в период сентябрь-декабрь 2018 г., отопляющее влияние Кольского залива на температуру воздуха уверенно не обнаруживается. Так, например, 27 ноября 2018 г. температура воздуха во второй половине дня в г. Мурманске по данными ГМС "Мурманск" и автоматической метеорологической станции, установленной на здании ПГИ (ул. Халтурина) менялась в диапазоне $-12...-10^{\circ}\text{C}$. Такую температуру имел воздух, натекающий на Кольский залив с суши (потoki Ю-ЮВ направления). Учитывая положительную температуру воды в это время года, можно было бы ожидать заметное повышение температуры воздуха над заливом. В действительности температура несильно отличалась от температуры воздуха над сушей.

Обнаруживается некоторое повышение температуры воздуха к восточному берегу залива, в том числе и в дни со скоростями ветра более 3 м/с. Восточный берег залива занимает город. Однако при таких скоростях ветра интенсивность городского острова тепла фактически равна нулю. Можно предположить большую атмосферную турбулентность у восточного берега

залива в районе моста. Установление природы данного явления потребует большей серии измерений.

Отсутствие выраженного тепляющего влияния залива может быть вызвано тем, что метеорологические условия в районе Мурманске в целом неблагоприятны для возникновения крупных микроклиматических неоднородностей в поле температуры воздуха. Так, например, сильные ветра создают интенсивное турбулентное перемешивание, способствующее быстрому выносу тепла от придонного слоя воздуха как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях, вследствие чего повышение температуры воздуха в слое воздуха прилегающего к акватории залива незначительное. Сказалась, по всей видимости, и значительная высота моста. Трансформационные изменения уменьшаются с высотой места.

Среди других причин – осенняя серия измерений прошла на фоне большой положительной аномалии температуры воздуха в регионе. Так, например, средняя аномалия температуры воздуха в г. Мурманск с 1 по 15 декабря 2018 г. составила $+4.5^{\circ}\text{C}$, а в ноябре $+4.7^{\circ}\text{C}$. Таким образом, контраст температуры между водой в заливе и воздуха в период эксперимента оказался гораздо меньше ожидаемого, что в конечном счете сказалось на величине тепляющего эффекта.

По первым результатам можно достаточно уверенно предполагать слабый тепляющий эффект залива (по крайней мере, на высоте моста). Предполагается проведение дополнительных измерений во второй половине зимы (январь-февраль), когда контраст температуры усилится. Предполагается также расширить район измерений, включив в него участки, более удаленные от залива.

Библиографический список

1. Динамическая метеорология / под ред. Д. Л. Лайхтмана. Л. : Гидрометеиздат, 1976. 608 с.
2. Яковлев Б. Я. Климат Мурманска. Мурманск : Мурманское кн. изд-во, 1961. 180 с.
3. Кольский залив. Кольский залив: освоение и рациональное природопользование / отв. редактор Г. Г. Матишов ; ММБИ. М. : Наука. 2009. 381 с.

Исследование сорбентов для ликвидации разливов нефтепродуктов на морской акватории

Павлов А. В., Васильева Ж.В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра техносферной безопасности, e-mail: sane32@list.ru)

Аннотация. Исследована возможность использования сорбентов с иммобилизованными микроорганизмами для ликвидации разливов нефтепродуктов на морской акватории в климатических условиях Арктики. По результатам исследований дана оценка целесообразности использования данных сорбентов. Также проведены исследования эффективности применения коммерческих сорбентов для ликвидации разливов нефтепродуктов на поверхности морской воды.

Abstract. The possibility of use of sorbents with the immobilized microorganisms for elimination of oil spills on the sea water area in climatic conditions of the Arctic is investigated. By results of researches an assessment of expediency of use of these sorbents is given. Researches of efficiency of application of commercial sorbents for elimination of oil spills on the surface of sea water are also conducted.

Ключевые слова: нефть, аварийные разливы нефтепродуктов, сорбенты, иммобилизация микроорганизмов

Key words: oil, emergency oil spills, sorbents, immobilization of microorganisms

Увеличение темпов развития нефтегазовой отрасли и планов по освоению арктического шельфа несёт большую вероятность загрязнения водных ресурсов, несмотря на современные технологии и оборудование по предотвращению аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.

В настоящее время для сбора нефти и нефтепродуктов с водной поверхности существует множество коммерческих сорбентов. Однако остается открытым вопрос о фактической эффективности ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов данными сорбентами в акваториях морей. В тоже время в ряде публикаций говорится о том, что перспективным направлением разработки сорбционных материалов является иммобилизация углеводородокисляющих микроорганизмов на поверхности сорбента [1; 3].

Актуальным направлением исследований является в этом случае исследование фактической эффективности коммерческих сорбентов и эффективности сорбентов с иммобилизованными микроорганизмами в условиях реального разлива нефтепродуктов.

Целями данной работы являлось исследование возможности использования сорбентов с иммобилизованными микроорганизмами для ликвидации разливов нефтепродуктов на морской акватории в климатических

условиях Арктики и исследование эффективности применения коммерческих сорбентов для ликвидации разливов нефтепродуктов на поверхности морской воды.

В качестве объектов исследования были выбраны следующие сорбенты: природный сорбент "Унисорб-экстра" (ТУ 0391-011-67072902-2011), натуральный сорбент "СоНет-1" (ТУ 2164-001-74347883 – 2006), природный сорбент "Лессорб" (ТУ 9010-002-35615057-99 /ТУ 0390-001-35615057-99), сорбент кремнеуглеродный ТШР (ТУ 2164-011-02698192-2006); в качестве носителя иммобилизованной микрофлоры были выбраны: керамзит (ГОСТ 9757-90) крупность фракций 5–10 мм и природный сорбент "Лессорб" (ТУ 9010-002-35615057-99 /ТУ 0390-001-35615057-99).

Иммобилизация микроорганизмов избыточного активного ила на керамзите и сорбенте "Лессорб" проводилась по методике, изложенной в работе [1]. Определение сорбционной ёмкости материалов проводили согласно [2].

Моделирование загрязнения морских вод осуществляли посредством внесения различных образцов нефти и нефтепродуктов (НП) в морскую воду, отобранную в Кольском заливе Баренцева моря. В качестве модельных загрязнителей были выбраны: дизельное топливо (плотность 820 кг/м³), моторное масло (плотность 910 кг/м³) и нефть (плотность 891 кг/м³). Выбор данных загрязнителей обусловлен наиболее вероятными разливами каждого нефтепродукта в результате аварийных ситуаций на судах в морской акватории Кольского залива и Баренцева моря. Нефтепродукты вносились в объёме 2 мл в ёмкости, объемом 2 л, наполненные морской водой Кольского залива в случае сравнительного анализа эффективности снижения концентраций нефтепродуктов в очищаемой воде при использовании сорбентов с иммобилизованными микроорганизмами и без них; в количестве 5 мл в ёмкости, объемом 4 л, наполненные морской водой Кольского залива, в случае определения эффективности очистки нефтезагрязненных вод при использовании коммерческих сорбентов. Имитируя условия реальной ликвидации разлива нефтепродуктов с учетом времени начала мероприятий от момента разлива, образцы загрязненной воды размешивались и выдерживались в течение часа перед нанесением сорбентов на поверхность воды.

Моделирование процесса сорбции производили следующим образом: сорбент равномерно распределялся по поверхности загрязненной воды. Процесс сорбции продолжался в течение 30 минут, затем сорбент с адсорбированным нефтепродуктом извлекался из воды.

Содержание нефтепродуктов в морской воде определяли стандартным флуориметрическим методом согласно ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 с использованием анализатора жидкости "Флюорат-02", при этом отбор проб воды производился ниже нефтяной пленки.

Исследования сорбционной емкости материалов представлены в табл. 1. Анализ полученных данных показал, что сорбционная емкость каждого материала незначительно колеблется в отношении сорбции различных видов нефтепродуктов и существенно отличается в зависимости от вида сорбента. При этом необходимо отметить, что сорбент на основе керамзита с иммобилизованными на поверхности микроорганизмами характеризовался низкой сорбционной емкостью по дизельному топливу, моторному маслу и сырой нефти: 0,108; 0,145; 0,150 г/г соответственно. В связи с низкими показателями сорбционной емкости было принято решение не использовать данный сорбент в дальнейшем исследовании. Сорбционная емкость сорбента на основе торфа фирмы "Лессорб" с иммобилизованными на поверхности микроорганизмами оказалась значительно выше предыдущих показателей: 2,65; 3,08; 3,69 г/г соответственно. Для сравнения была определена сорбционная емкость сорбента фирмы "Лессорб" без проведения иммобилизации микроорганизмов, которая оказалась равна соответственно 3,19; 3,57; 4,02 г/г. Уменьшение сорбционной емкости сорбента с иммобилизованными на поверхности микроорганизмами, по всей видимости, связано с частичным закупориванием пор.

Таблица 1 – Сорбционная емкость исследованных материалов

Образец НП	Керамзит +ИАИ*	Лессорб +ИАИ*	Лессорб	Унисорб-экстра	ТШР	СоНет-1
Нефть	0,150	3,69	4,02	1,638	6,61	1,48
Дизельное топливо	0,108	2,65	3,19	1,608	6,76	1,108
Моторное масло	0,145	3,08	3,56	1,66	7,30	1,33

* ИАИ – микроорганизмы избыточного активного ила

На основе данных табл. 1 был определен эффективный расход сорбента для сбора нефтепродуктов с водной поверхности. В зависимости от вида нефтепродукта (дизельное топливо, моторное масло, нефть) эффективный расход сорбента "Лессорб" с иммобилизованными микроорганизмами оказался равен соответственно 0,38; 0,32; 0,27 г сорбента/1 мл НП и 0,31; 0,28; 0,25 г сорбента/1 мл НП для сорбента "Лессорб", на котором иммобилизация микро-

организмов не проводилась. Однако, в дальнейшем, несмотря на полученные данные, определения эффективного расхода сорбента, в связи с неравномерностью распределения нефтепродукта в реализованном эксперименте на поверхности воды, а также возможным поглощением воды сорбентом, массу вносимого сорбента пришлось увеличить до 1 г сорбента/1 мл НП.

Результаты исследования использования выбранных сорбционных материалов для снижения концентрации нефтепродуктов при разливе нефти на водной поверхности приведены табл. 2. Анализ динамики содержания НП показал значительное снижение концентраций загрязнителей уже в первые сутки. Так, концентрация НП на поверхности воды при разливе дизельного топлива, моторного масла и сырой нефти до применения сорбентов составляла соответственно 3,98; 5,2; 5,7 г/л, а после использования сорбента "Лессорб" с иммобилизованными микроорганизмами концентрация НП в воде снижалась соответственно до значений 0,275; 0,047; 0,108 г/л. После применения сорбента "Лессорб" без иммобилизованных микроорганизмов концентрация НП в воде составила соответственно 0,218; 0,038; 0,095 г/л.

Таблица 2 – Показатели снижения концентрации нефтепродуктов в пробах нефтезагрязненных вод при использовании исследуемых сорбентов

Нефтепродукт	Концентрация нефтепродуктов в сутки, г/л														
	0	1		2		3		4		5		6		7	
		1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**
Дизельное топливо	3,98	0,275	0,218	0,225	0,210	0,213	0,208	0,207	0,204	0,205	0,204	0,205	0,202	0,204	0,200
Моторное масло	5,2	0,047	0,038	0,047	0,035	0,046	0,035	0,046	0,035	0,046	0,035	0,046	0,033	0,045	0,033
Нефть	5,7	0,108	0,095	0,087	0,078	0,075	0,070	0,070	0,062	0,070	0,060	0,070	0,060	0,067	0,060

* – Сорбент "Лессорб" с иммобилизованными микроорганизмами

** – Сорбент "Лессорб"

Анализ последующего снижения остаточного загрязнения (табл. 2) на протяжении недели показал практически отсутствие динамики. Снижение концентрации НП в 2–3 сутки после удаления сорбентов с поверхности воды наиболее вероятно связано с испарением легких фракций НП, нежели с действием микроорганизмов, так как в обоих случаях результаты снижения концентрации сопоставимы. Значения концентраций НП на 4–7 сутки практически не меняются.

Как известно, нефтепродукты способны к естественной деградации под действием различных природных факторов [4], поэтому, чтобы учесть вклад естественного разложения нефтепродуктов в морской среде, были проведены исследования динамики содержания НП в морской воде без применения сорбентов (табл. 3). Так, концентрация НП в пробах воды с дизельным топливом и сырой нефтью продолжала увеличиваться на протяжении 4 суток исследований. Динамика увеличения концентрации НП в пробах воды, загрязненных моторным маслом, наблюдалась в течение первых суток, однако результаты последующих анализов показали прекращение роста концентрации НП. Вероятно, это связано с сокращением водорастворимой фракции соединений нефти в моторном масле.

Таблица 3 – Изменения содержания нефтепродуктов в морской воде при аварийном разливе

Нефтепродукт	Период					
	1 ч	10 ч	24 ч	48 ч	72 ч	96 ч
Нефть, мг/л	0,660	2,72	5,44	6,94	7,36	8,10
Дизельное топливо, мг/л	4,20	6,93	13,26	16,08	16,98	17,16
Масло, мг/л	0,12	0,24	0,66	0,66	0,68	0,68

Сравнительный анализ эффективности использования коммерческих сорбентов и сорбентов с иммобилизированной микрофлорой для снижения содержания нефтепродуктов в морской воде при аварийных разливах нефти показал следующее (рис. 1). Отмечена высокая эффективность снижения содержания нефтепродуктов при использовании сорбента ТШР – 87,9 %. Значительное снижение уровня загрязнения наблюдается при использовании сорбента "Лессорб" – 84,5 %. В меньшей степени эффективен сорбент "Лессорб" с иммобилизованными микроорганизмами, что возможно объясняется неспецифичностью иммобилизованных микроорганизмов избыточного активного ила в отношении способности деструктуризации нефтепродуктов. Наименьшую эффективность снижения содержания нефтепродуктов в условиях проведенного эксперимента показал сорбент "Унисорб-экстра".

Результаты проведенного исследования позволяют оценить эффективность использования коммерческих сорбентов и сорбентов с иммобилизированной микрофлорой активного ила в условиях аварийных разливов нефти в морской акватории. В условиях проведенного эксперимента показана низкая эффективность использования иммобилизации микроорганизмов активного ила и сравнительно низкая эффективность использования сорбента

"Унисорб-экстра", однако авторы исследования считают необходимым продолжить исследования с учетом вариабельности различных параметров и условий аварийного разлива нефтепродуктов в акватории северных морей. В целом, результаты работы позволяют сделать вывод о высокой эффективности использования исследованных коммерческих сорбентов для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в морских условиях.

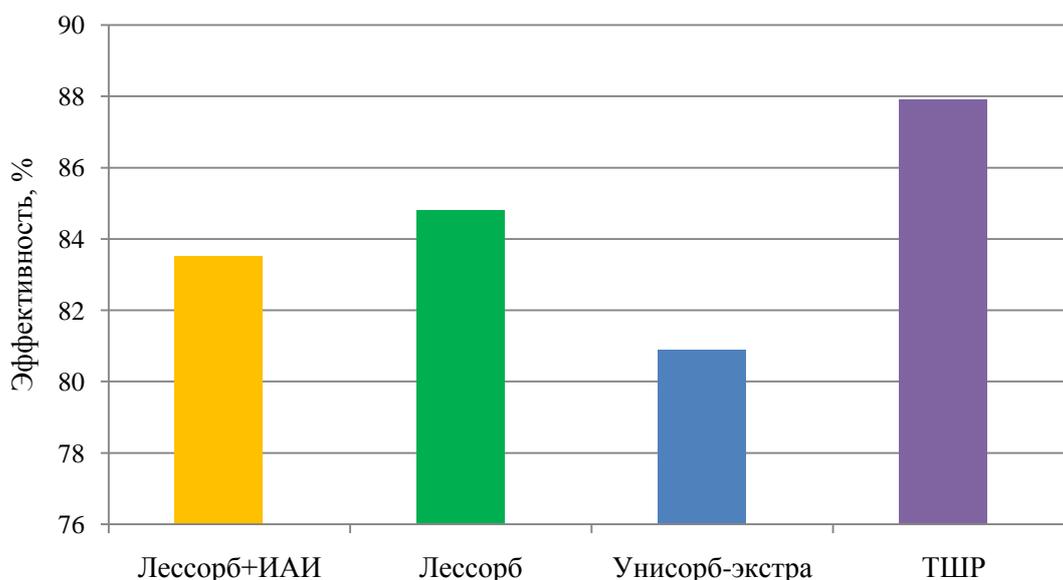


Рисунок 1 – Эффективность снижения содержания нефтепродуктов в морской воде при использовании сорбентов

Библиографический список

1. Калашникова М. Е., Белик Е. С., Рудакова Л. В. Исследование способов адсорбционной иммобилизации углеводородокисляющих микроорганизмов на карбонизате // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. 2013. Т. 1. С. 76–84.

2. Лим Л. А. В. А. Реутов, А. А. Руденко, А. С. [и др.]. Нефтеемкость сорбента: проблема выбора методики определения // Успехи современного естествознания. 2018. № 10. С. 144–150.

3. Морозов Н. В., Хуснетдинова Л. З., Жукова О. В. Использование иммобилизованных на органическом сорбенте нефтеокисляющих микроорганизмов для очистки воды от нефти // Фундаментальные исследования. 2011. № 12 (3) С. 576–579.

4. Перетрухина И. В., Ильинский В. В., Литвинова М. Ю. Определение скоростей биodeградации нефтяных углеводородов в воде литорали Кольского залива // Вестник МГТУ. 2006. Т.9. № 5. С. 828–832.

Анализ качества воды родника в селе Минькино (Мурманская область)

Синицына К. И., Гапоненков И. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра техносферной безопасности, e-mail: kristina5596@mail.ru)

Аннотация. В работе представлены результаты исследования гидрохимических показателей качества воды родника Минькино в Мурманской области. За период 2017–2019 гг. установлено, что химический состав воды в исследуемом роднике крайне редко не соответствовал требованиям нормативных документов. В статье также предложены рекомендации по эксплуатации нецентрализованного источника водоснабжения.

Abstract. The paper presents the results of the study of hydrochemical indicators of water quality of the Minkino spring in the Murmansk region. During the period of 2017–2019 it was established that the chemical composition of water in the studied spring rarely did not meet the requirements of regulatory documents. The article also offers recommendations for the operation of a non-centralized water supply source.

Ключевые слова: питьевая вода, родник, качество воды, гидрохимические показатели, сухой остаток

Key words: drinking water, spring, water quality, hydrochemical indicators, solids

В Российской Федерации (РФ) водопотребление достаточно высокое. Среди регионов федерального округа Мурманская область (МО) занимает первое место по бытовому водопотреблению на душу населения [1]. На территории МО эксплуатируются 68 источников централизованного водоснабжения [2]. Но водопроводная вода по своим санитарно-гигиеническим показателям не всегда соответствует нормативным требованиям.

Так 5 мая 2017 г. администрация Кольского района уведомила жителей с. Минькино о том, что ухудшилось качество питьевой воды, поставляемой в централизованную систему водоснабжения села (на основании поступившего уведомления от ГОУП "Мурманскводоканал" от 05.05.2017 № 06/2755) [3]. В связи с этим был организован подвоз питьевой воды, соответствующей гигиеническим нормативам, а также альтернативным источником водопроводной питьевой воды являлась вода родника, расположенного на территории жилого района с. Минькино. Исходя из этого факта, анализ качества родниковых вод является чрезвычайно актуальным.

Целью исследования является анализ показателей качества воды родника в селе Минькино.

Родник в селе Минькино располагается в районе дома 108. Каптажное укрепление родника представляет из себя железную бочку с камнями внутри (рис. 1). Струя воды выходит по специально подготовленному желобу. Вос-
требован для жителей как самого поселка, так и для прилегающего поселка Абрам-мыс.



Рисунок 1 – Родник в с. Минькино

Пробы родниковой воды отбирались ежемесячно с ноября 2017 г. по июнь 2018 г. и с ноября 2018 г. по апрель 2019 г. Контроль качества воды осуществлялся по следующим гидрохимическим показателям: цветность, общая жёсткость, общая щёлочность, окисляемость перманганатная (ПОК), хлориды (Сl), нитраты (NO_3^-), нитриты (NO_2^-), сульфаты (SO_4^{2-}), железо общее, кальций, фосфаты, сухой остаток. Анализ родниковой воды по перечисленным показателям проводился согласно утвержденным методикам измерений и ГОСТам.

Все полученные в ходе лабораторных исследований результаты сопоставлялись с нормами качества СанПиН 2.1.4.1175-02 "Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения" [4] и СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения" [5]. В табл. 1 представлены результаты лабораторного анализа качества воды родника Минькино.

**Международная научно-практическая конференция
"Наука и образование в Арктическом регионе"**

Таблица 1 – Концентрации загрязнителей в воде родника с. Минькино

<i>р. Минькино</i>	Ноябрь 2017	Декабрь 2017	Январь 2018	Февраль 2018	Март 2018	Апрель 2018	Май 2018	Июнь 2018	Ноябрь 2018	Декабрь 2018	Январь 2019	Февраль 2019	Март 2019	Апрель 2019
Цветность, градусы	8	7	6	4	3	2	3	3	0	0	0	3	3	2
ПОК, мг/дм ³	3,52	3,52	3,52	3,26	3,08	3,34	4,05	1,06	0,18	0,26	0,26	0,35	0,35	0,35
Общ. жесткость, мг-экв./дм ³	1,2	1,1	0,96	0,94	1,26	0,86	0,9	0,9	0,86	0,88	1,0	0,9	1,0	0,88
Общ. щелочность, мг-экв./дм ³	1,2	1,1	1,0	1,1	0,9	0,8	1,0	0,9	1,1	1,0	0,9	1,0	1,1	1,2
Хлориды, мг/дм ³	12,76	10,5	<10	12,76	9,22	12,05	8,51	9,93	9,2	9,2	11	9,2	11	12,05
Сульфаты, мг/дм ³	27,12	25,23	22,41	7,69	10,47	9,34	4,49	5,01	6,43	8,37	11	8,37	8,37	10,47
Нитраты, мг/дм ³	0,41	0,35	0,28	<0,1	0,13	0,35	0,24	0	<0,1	0,09	<0,1	0,09	0,09	0,09
Нитриты, мг/дм ³	0	0	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	0,05	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	0,04
Фосфаты, мг/дм ³	0	0,07	0,16	<0,05	0,06	0,12	<0,05	0,13	0	0	0	0	<0,05	0,07
Общ. железо, мг/дм ³	0,08	0,06	<0,05	0,10	0,12	0,14	0,19	0,16	0	0	<0,05	0	<0,05	<0,05
Кальций (Ca), мг/дм ³				9,62	9,22	9,22	7,62	9,22	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42
Сухой остаток, мг/дм ³				126	317	653	2738	584	54	69	122	107	154	136

Выводы:

1) Большинство исследованных гидрохимических показателей качества воды родника с. Минькино в Мурманской области за период ноябрь 2017 – апрель 2019 соответствовали нормативным требованиям. Из 162 отобранных на анализ образцов лишь одна проба по показателю сухого остатка не отвечала санитарным нормам (рис. 2).

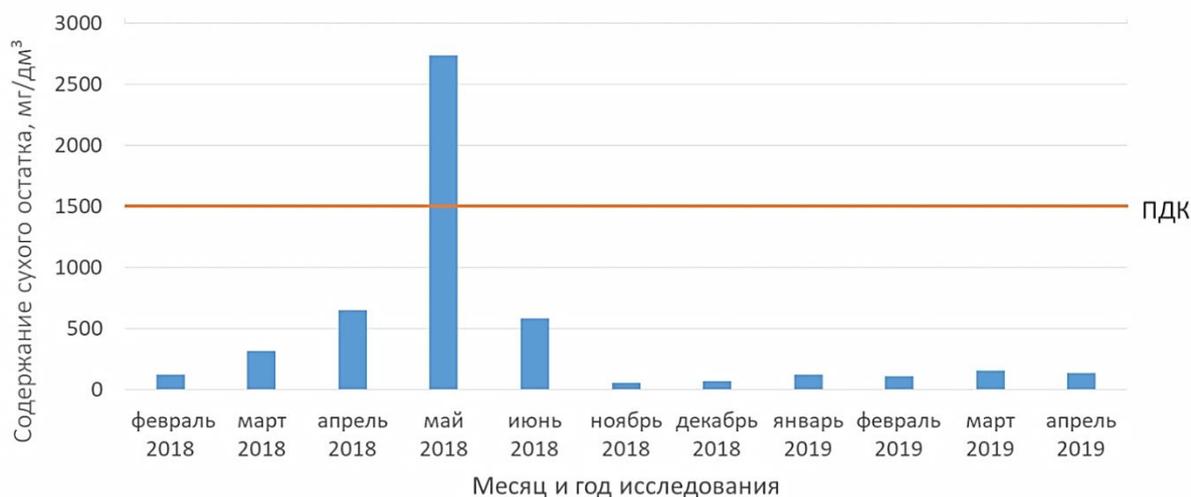


Рисунок 2 – Массовые концентрации сухого остатка в воде родника с. Минькино

В мае 2018 г. было выявлено превышение ПДК по сухому остатку в 1,8 раз. Такое увеличение сухого остатка можно оправдать тем, что природа родниковых вод инфильтрационная и в период обильного снеготаяния и выпадения осадков вода фильтруется через почву и земные слои, вымывая из них соли, которые и попадают в подземные воды. Повышенное содержание растворенных в воде солей – сухого остатка – не представляет большой опасности для здоровья человека, однако это указывает на непригодность воды к использованию из эстетических соображений. Таким образом, в случае превышения допустимого значения величины сухого остатка воды требуется ее дополнительная очистка с помощью фильтров.

2) Содержание хлоридов и сульфатов в воде родника колебалось от 8 до 13 мг/дм³ и от 4 до 28 мг/дм³ соответственно, что не превышало ПДК. Вариабельность этих показателей характерна для подземных вод и связана в основном с вымыванием солей из горных пород и выпадением атмосферных осадков.

3) Беря во внимание тот факт, что превышение ПДК по гидрохимическим показателям качества воды фиксировалось лишь один раз (в мае 2018 г.), можно сделать вывод о том, что вода пригодна для питьевого использования.

Рекомендации. Необходим регулярный санитарный контроль за подземным источником водоснабжения. Рекомендуется использование фильтров по очистке воды со сменными картриджами и кипячение воды перед непосредственным ее использованием.

Библиографический список

1. Родники, колодцы, ключи, святые источники Мурманской области [Электронный ресурс]. URL: <http://svyato.info/7665-rodniki-kljuchi-istochniki-murmanskojj-oblasti.html>.

2. Доклад Министерства ПР и экологии по МО "О состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2016 г." [Электронный ресурс]. URL: <https://mpr.gov-murman.ru/activities/okhrana-okruzhayushcheystry/00.condition/index.php>.

3. Постановление администрации Кольского района "Об организации снабжения населения с. Минькино сельского поселения Междуречье Кольского района питьевой водой в условиях ухудшения качества питьевой воды в централизованной системе водоснабжения с. Минькино и о реализации мероприятий по улучшению качества питьевой воды" от 05.05.2017 № 529 г. Кола [Электронный ресурс]. URL: <https://akolr.gov-murman.ru/documents/12387/212666>.

4. СанПиН 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Введ. 2003-03-01. М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. 31с.

5. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы [Текст]. Введ. 2002-01-01. М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. 90 с.

**Потенциальные экологические риски при освоении
шельфовых месторождений Арктической зоны РФ.**

Оценка общей уязвимости Баренцева моря и Кольского залива

Судак С. Н. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра управления судном и промышленного рыболовства, e-mail: sudaksn@mstu.edu.ru)

Аннотация: В статье представлены обзор исследований и кратко рассмотрены методы реагирования на возможные нефтяные загрязнения берегов арктических морей РФ, с использованием международной системы индексов экологической чувствительности ESI (Environmental Sensitivity Index), адаптированной к арктическим берегам.

Abstract: The article presents an overview of the research and briefly describes methods for responding to possible oil pollution of the shores of the Arctic seas of the Russian Federation, using the international system of environmental sensitivity indices ESI (Environmental Sensitivity Index) adapted to the Arctic shores.

Ключевые слова: арктическая зона, разливы нефти и нефтепродуктов, нефтяные загрязнения шельфовые районы арктических морей, экосистемы

Key words: the Arctic zone, oil and oil product spills, oil pollution offshore areas of the Arctic seas, ecosystems

Береговая линия России в Северном Ледовитом океане составляет 20 тыс. км. Площадь континентального шельфа Арктической зоны более 4 млн км², из них 70 % континентальный шельф Российской Федерации.

В пределах Арктической зоны РФ сосредоточены основные запасы минерального сырья; ведутся геологоразведочные работы; размещены крупные объекты нефтегазовой отрасли: морские ледостойкие платформы, терминалы различного типа, нефте- и газопроводы, предприятия по добыче, переработке и хранению газа, нефти и нефтепродуктов, атомные электростанции, химически опасные объекты, взрывопожароопасные объекты, важные элементы коммуникаций [1].

В арктической зоне Дальнего Востока насчитывается 47 потенциально опасных производственных объектов (ОПО), в том числе: 5 химически опасных, 37 пожаро-, взрывоопасных и 4 гидротехнических сооружения, а также один радиационно опасный первого класса опасности – Билибинская атомная электростанция. В число ОПО входят склады нефтепродуктов (общим объёмом находящихся на хранении ГСМ свыше 430 тыс. т), склады взрывчатых материалов, тепловые электроцентралы, предприятия пищевой от-

расли, использующие аварийно-химические отравляющие вещества в своей технологии [2].

Более 2/3 мировых арктических шельфовых нефтегазовых месторождений находится в российской шельфовой зоне, это 80 % общероссийских разведанных запасов газа промышленных категорий. Из них 70 % находятся на шельфе Баренцева и Карского морей [6].

Шельфовые районы арктических морей РФ оцениваются как наиболее перспективные в нефтегазовом отношении. До 2020 г. будут проводиться изыскательские работы по поиску углеводородного сырья на шельфе Восточно-Сибирского, Чукотского и Берингова морей с целью дальнейшего их освоения и добычи [8].

Нарастание хозяйственной деятельности с высокой степенью техногенной нагрузки в высоких широтах создает потенциальную опасность нефтяных загрязнений арктических морей РФ. Актуальными становятся разработки эффективных мероприятий по мониторингу, снижению токсических нагрузок на экосистемы, предотвращению и устранению последствий разливов нефтепродуктов.

Освоение шельфовых месторождений РФ

В 2008 г. впервые в мировой практике в арктических условиях был построен и введен в эксплуатацию нефтеотгрузочный терминал ОАО "Варандейский терминал" (п. Варандей, берег Баренцева моря), позволяющий осуществлять круглогодичную отгрузку нефти среди полярных льдов в объеме свыше 12 млн т. Стационарный морской ледостойкий отгрузочный причал (СМЛОП) находится на расстоянии 22 км от берега. Создана комплексная инфраструктура по добыче и отгрузке нефти нефтегазовых месторождений Тимано-Печорской провинции. В акваториях Баренцева и Белого морей расположены морские торговые и рыбные порты, крупные нефтеперегрузочные терминалы, а также базируется Северный флот [8].

В настоящее время происходит интенсивная добыча и транспортировка нефти в Сибири и на Дальнем Востоке. С 2013 г. работает месторождение нефти Приразломное в юго-восточной части шельфа Печорского моря (Нефтеюганский район Ненецкого автономного округа). Морская ледостойкая нефтедобывающая платформа "Приразломная" расположена в 60 км от материка. По плану платформа должна пробурить 36 скважин и обеспечить годовой объем нефтедобычи в 6,5 млн т. С 2016 г. работает нефтегазоконденсатное месторождение Новопортовское (полуостров Ямал). Арк-

тический нефтеналивной терминал "Ворота Арктики" находится в море, его мощность до 8,5 млн т нефти в год. Нефть поступает до побережья Обской губы по трубопроводу длиной более 100 километров.

Потенциально возможные разливы углеводородного сырья и распространение нефти вдоль береговой зоны, а также непосредственный контакт углеводородов с берегом и проникновение нефтепродуктов в отложения пляжей арктических морей опасны для арктических экосистем.

Арктические береговые экосистемы отличаются крайне низкой устойчивостью к техногенному воздействию и требуют всесторонней оценки рисков с учетом имеющихся представлений о геоморфологии и литодинамике береговой зоны арктических морей. В Арктической зоне свыше 5300 км (около 50 %) береговой линии в море Лаптевых и около 2200 км (20 %) в Карском море соответствуют высокому индексу экологической чувствительности и требуют первоочередной защиты в случае возникновения разлива нефти [2].

В мировой практике, естественное восстановление экосистемы (самоочищение морской среды) является приоритетным. Это возможно, если токсическая нагрузка не превысила допустимых пределов. В этом случае, процессы распространения и взаимодействия нефтяного разлива с морской средой включают: физический перенос, эмульгирование, окисление, деструкцию, микробное разложение, агрегирование, растворение и седиментацию. В результате, нефть теряет свои первоначальные свойства, разделяется на группы углеводородов и фракции, состав и химическая структура которых трансформируются, а содержание падает в результате рассеивания и распада вплоть до исчезновения [2; 3].

Большинство доступных методов очистки (механизированные, немеханизированные, ручные; физико-химического и механического взаимодействия нефтепродуктов с осадками) способны причинять вторичный вред окружающей среде, помимо самого разлива. Некоторые из них могут вызывать серьезные повреждения рельефа, растительных и животных биоценозов, существенно задерживать процесс естественной регенерации.

Выбор приемлемых методов ликвидации разливов нефти осуществляется на основе анализа суммарной экологической выгоды и должен основываться на научных принципах, с учётом длительности ледового периода, типа аварийных ситуаций, модели распространения нефтяного пятна (дрейфа, растекания и пр.), особенности взаимодействия нефти с различным субстратом, особенности распределения углеводородов в высокоширотных экосистемах

(в импактных и фоновых районах), а также с учётом гидродинамической активности среды [4].

В настоящее время выбор возможных методов реагирования, способов локализации и ликвидации нефтяных загрязнений возможен с использованием карт экологической чувствительности ESI для арктических берегов.

Современная Международная система индексов экологической чувствительности (ESI – Environmental Sensitivity Index, 2002г) адаптирована к арктическим условиям и отражает комплексную экспертную оценку экологической чувствительности, характеризует интегральную восприимчивость берегов к разливам нефти и нефтепродуктов.

В системе ESI насчитывается 10 основных уровней (индексов): от 1 (низкая чувствительность) до 10 (высокая чувствительность). В основе лежат базовые принципы, суть которых в том, что чувствительность к нефти возрастает по мере увеличения защищенности берега от воздействия волн, проникновения нефти в подстилающий слой почвы, времени естественного удержания нефти на берегу и биологической продуктивности береговых и прибрежных сообществ.

Отдельные уровни ESI включают 25 типов берегов, обозначаемых буквенными индексами. Каждый тип имеет утвержденную цветную кодировку в соответствии с увеличением индекса экологической чувствительности от холодного цвета к теплomu. Это обеспечивает идентификацию экологической чувствительности берега при картографировании и работе с геоинформационными системами, позволяет выделять наиболее ранимые (чувствительные) и более устойчивые к загрязнению участки [2; 5].

Согласно международной методике ESI в основу ранжирования положены три основных фактора:

1. характеристика береговой линии (гранулометрический состав отложений, профиль береговой зоны), определяющая возможность проникновения и/или захоронения нефти на берегу и их перемещения;
2. воздействие волнения и приливной энергии, определяющее время естественной устойчивости (сохранности) нефти на берегу;
3. общая биологическая продуктивность и чувствительность берега.

Основная задача таких карт – разработка тактики и стратегии реагирования ликвидаторов нефтяного разлива. Карты экологически уязвимых зон являются основанием для принятия оптимального решения при устранении аварии.

Эколого-геоморфологический подход, основанный на базовых принципах ранжирования берегов в соответствии с международной системой индексов ESI, является ее более широким аналогом, дополняющим упрощенную типизацию по отдельным критериям ранжирования. Геоморфологический анализ способен нивелировать недостаток информации о берегах труднодоступных районов [2; 5].

Согласно международной методике ESI, меньшей чувствительностью к углеводородному загрязнению обладают открытые скалистые абразионные берега, выработанные в прочных коренных породах, и ледяные берега (индексы 1А и 1С). Наиболее чувствительными к разливам нефти в море являются низменные, пойменные участки дельтовых берегов и устьевое взморье. Такие берега у морей Карского и Лаптевых соответствуют высокому индексу экологической чувствительности (индекс 10Е), к тому же, они труднодоступны со стороны моря и берега.

Использование карт экологической уязвимости (чувствительности) окружающей среды от нефти не имеет в России такого широкого применения, как в западных странах. Единой электронной базы систематизированных данных пока не существует.

Оценка общей уязвимости Баренцева моря и Кольского залива

В настоящее время карта экологически уязвимых зон по ESI для Баренцева моря не разработана. С точки зрения уязвимости акватории Баренцева моря, пелагиали и (в определенной степени) донных сообществ без учета воздействия нефти на берег, наиболее уязвимыми являются районы Баренцева моря вблизи побережья Кольского полуострова – небольшой участок вдоль побережья Мурмана и западное побережье Новой Земли [7].

В соответствии с существующими картами экологически уязвимых зон по ESI, дана оценка общей уязвимости для Кольского залива. Согласно ESI мелководье в кутовой части залива и устье р. Лавна, а также западное побережье залива в районе Абрам-мыса, п. Минькино, Северо-западное побережье среднего колена залива из-за наличия осыхающих отмелей характеризуется повышенным индексом чувствительности ESI=7.

На восточном берегу среднего колена Кольского залива преобладают скалистые берега и портовые сооружения в районе г. Североморска и п. Сафоново с не высокой чувствительностью. Побережье от м. Мохнаткин до м. Чалмпушка и восточное побережье на самом юге среднего колена Коль-

ского залива обладают повышенной чувствительностью с индексом ESI = 6 – 7 (каменные осыпи; берега мелководных районов – осыхающие отмели) [7].

Максимально уязвимыми в Кольском заливе являются берега близ о. Сальный с плоскими пляжами и зарослями из водорослей и трав (индекс ESI = 8). На обоих берегах северного колена преобладают выходы трещиноватых пород и скально-глыбовые развалы на открытых участках (ESI = 2). В губах Средняя, Тюва и Большая Волоковая восточного побережья осыхающие отмели и каменные осыпи (ESI = 6) [7].

подавляющее большинство скалистых островов в заливе (о. Торос, о. Сальный, о. Медвежий, о. Зеленый и ряд более мелких островов) характеризуется малым индексом чувствительности ESI = 2.

Общая уязвимость Кольского залива оценена из вклада каждого из типов побережья по ESI в общей протяженности береговой линии Кольского залива. Распределение чувствительности береговой линии следующее: берега с индексом 1 – 23,6 % (главным образом в южном колене), с индексом 2 – 34,2 % (преимущественно в северном колене), с индексом 3 – 0,5 %, с индексом 4 – 1,0 %, с индексом 6 – 14,0 %, с индексом 7 – 26,1 % (с максимальной протяженностью на западном берегу среднего колена), с индексом 8 – 0,3 %. Берега с индексами 5, 9 и 10 на картосхеме чувствительности Кольского залива не выявлено [7].

Таким образом, наиболее чувствительными являются берега западного побережья Кольского залива в южном и особенно среднем колене, где преобладают осыхающие отмели, поэтому они требуют приоритетной защиты в случае нефтяного загрязнения.

Вывод

Нарращивание хозяйственной деятельности в высоких широтах должно осуществляться исключительно на основе бережного отношения к экологической системе Арктики. Шельфовые районы и береговая линия арктических морей Российской Федерации соответствуют высокому индексу экологической чувствительности и требуют первоочередной защиты в случае возникновения разлива нефти. Этот фактор должен учитываться и быть приоритетным при освоении шельфовых месторождений, при разработке природоохранных мероприятий, при планировании и проведении мероприятий по ликвидации ЧС с разливом углеводородного сырья.

В арктических районах добычи, перевалки и транспортировки углеводородного сырья необходимо создавать соответствующие объекты инфраструктуры, разрабатывать и вводить спутниковый и наземный мониторинг.

Нужна Единая электронная база систематизированных данных, в виде карт экологически уязвимых зон арктических морей. Современная Международная система индексов экологической чувствительности (ESI – Environmental Sensitivity Index) адаптированная к арктическим условиям позволит оперативно принимать решения в чрезвычайной ситуации и эффективно планировать действия по ликвидации разливов нефти.

Библиографический список

1. Демчишин И. В. Проблемы совершенствования системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Дальневосточного федерального округа в современных условиях // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2010. № 4. С. 65–71.
2. Ермолов А. А. Экологическая безопасность арктических берегов России: углеводородное загрязнение и методы восстановления // Вести газовой науки. 2017. № 5 (33). С. 116–124.
3. Руководство по ликвидации разливов нефти на морях, озерах и реках. СПб.: ЦНИИМФ, 2002. 344 с.
4. Немировская И. А. Нефть в океане (загрязнение и природные потоки). М. : Научный мир, 2013. 432 с.
5. Environmental Sensitivity Index guidelines. Version 3.0 : NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 11 [Electronic resource] / J. Petersen [et al.]. Seattle, Washington, 2002. URL:
http://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/ESI_Guidelines.pdf.
6. Предупреждение чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации. URL:
<https://www.mchs.gov.ru/upload/site1/activities/results/5.2GosDoklad2011.pdf>.
7. Калинка О. П. Оценка уязвимости акватории Кольского залива и чувствительности его берегов при разливах нефти : дис. ... канд. географ. наук : 25.00.28. Мурманск, 2015. 164 с.
8. URL: <http://trans.lukoil.ru/ru/About/Structure/VarandeyTerminal>.
9. Шавыкин А. А., Ильин Г. В. Оценка интегральной уязвимости Баренцева моря от нефтяного загрязнения. Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2010. 110 с.

Специфика образования и очистки сточных вод специализированных медицинских учреждений в Арктической зоне Российской Федерации

Тарановская Е. В., Широнова А. Ю. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра техносферной безопасности, e-mail: doctor_mur@rambler.ru)

Аннотация. В статье рассматриваются основные вопросы образования и очистки сточных вод специализированных медицинских учреждений, которые не являются лечебными и не привлекают такого пристального внимания, как больницы, однако являются источником значительного количества опасных отходов и сточных вод, нуждающихся в очистке и утилизации.

Abstract. The article discusses the basics of occurrence and wastewater treatment of specialized medical institutions that are not curative and do not attract as much attention as hospitals, but they are a source of significant amounts of hazardous waste and wastewater that need to be cleaned and disposed of.

Ключевые слова: медицинское отходы, бюро судебно-медицинской экспертизы, медицинские учреждения, сточные воды, утилизация медицинских учреждений, Арктический регион

Key words: Medical waste, forensic medical bureau, medical institutions, wastewater, disposal of medical institutions, Arctic region

Введение

Арктическая зона – это уникальная область Российской Федерации. Несмотря на чрезвычайно суровый климат, с сильными ветрами и низкими среднегодовыми температурами, несмотря на продолжительную полярную ночь и очень короткие межсезонья, Арктика является регионом, не только богатым природными ресурсами, но и крайне уязвимым к любым изменениям и вредным воздействиям [1].

В результате хозяйственной деятельности человека в Арктическом регионе уже много лет отмечаются значительные изменения. Транспорт и промышленность, добыча полезных ископаемых и биоресурсов – влияние всех этих отраслей на состояние окружающей среды Арктики является объектом пристального внимания ученых. И, тем не менее, существует область, которая довольно скромно освещена в научных публикациях с точки зрения влияния на окружающую среду – это здравоохранение.

В отличие от промышленности и транспорта речь идет не о получении прибыли, развитии региона и неприкосновенности его границ. Речь идет

о безопасности жизни и здоровья людей, населяющих регион. А также о том, как обеспечение здоровья этих людей может сказаться на компонентах окружающей среды, куда менее защищенных с точки зрения законодательства и человеческой ответственности.

Целью работы является изучение специфики образования и очистки сточных вод специализированных медицинских учреждений в Арктической зоне Российской Федерации.

Результаты и обсуждение

Функционирование медицинских учреждений сопровождается образованием отходов, обращение с которыми регламентировано на законодательном уровне [2].

В зависимости от степени их эпидемиологической, токсикологической и радиационной опасности, а также негативного воздействия на среду обитания медицинские отходы подразделяются на пять классов опасности: класс А – эпидемиологически безопасные отходы, приближенные по составу к твёрдым бытовым отходам; класс Б – эпидемиологически опасные отходы (материалы и инструменты, предметы, загрязнённые кровью и / или другими биологическими жидкостями); класс В – чрезвычайно эпидемиологически опасные отходы (которые могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения и требуют проведения мероприятий по санитарной охране территории); класс Г – токсикологически опасные отходы 1 – 4 классов опасности (лекарственные, диагностические, дезинфицирующие средства, не подлежащие использованию, а также ртутьсодержащие предметы, приборы и оборудование); класс Д – радиоактивные отходы.

Данная классификация в большей степени касается твердых отходов медицинской деятельности. В специализированных медицинских учреждениях отходы классов Б, В и Г не только образуются в ходе осуществления деятельности, но и поступают в систему канализации со сточными водами. К подобным специализированным медицинским учреждениям можно отнести бюро судебно-медицинской экспертизы (далее – бюро СМЭ).

Бюро судебно-медицинской экспертизы в Российской Федерации представляют собой государственные судебно-экспертные учреждения и находятся в непосредственном подчинении органа управления здравоохранением субъекта Российской Федерации.

Судебная медицина – это отрасль медицины, которая представляет собой систему научных знаний, методик исследования и экспертной оценки фактов (объектов, процессов, явлений), на основе которой решаются вопросы медико-биологического характера, возникающие в деятельности работников правоохранительных органов в процессе судопроизводства, и некоторые конкретные задачи практического здравоохранения.

Спецификой работы бюро СМЭ является отсутствие превентивной оценки опасности образующихся отходов. В лечебных учреждениях клинического профиля, проводятся диагностические мероприятия. Пациенты проходят обследование, образующиеся при этом медицинские отходы обеззараживаются и утилизируются исходя из технологий, имеющихся в распоряжении персонала учреждения.

Судебная медицина подразумевает установление диагноза после осуществления всех необходимых манипуляций с поступающим биологическим материалом. Информация о его состоянии и о возможной степени опасности для окружающей среды может появиться у эксперта спустя значительное время после того как исследование завершено, образовавшиеся отходы утилизированы, а сточные воды поступили в систему канализации.

По этой причине, обработка стоков и отходов бюро СМЭ может быть недостаточно полной, в результате чего они могут служить потенциальным источником опасности для ОС и здоровья людей.

Твердые медицинские отходы класса А и Б бюро СМЭ утилизируются согласно Санитарно-эпидемиологическим требованиям к обращению с медицинскими отходами – СанПиН 2.1.7.2790-10 [2]. Однако не существует строгого регламента по очистке сточных вод специализированных медицинских учреждений. Правила по устройству и эксплуатации помещений патологоанатомических отделений и моргов (патогистологических и судебно-гистологических лабораторий) лечебно-профилактических и судебно-медицинских учреждений, институтов и учебных заведений [3], утвержденные в 1964 г., предписывают сбрасывать сточные воды учреждений подобного профиля непосредственно в городскую канализацию, при условии наличия в общегородских сооружениях систем обеззараживания. Позже, во Временных рекомендациях по очистке и обеззараживанию сточных вод инфекционных больниц и отделений 1978 г. появился пункт о том, что обеззараживать сточные воды лечебных медицинских учреждений нужно до сброса в общегородскую

систему канализации [4]. Специализированные медицинские учреждения могут использовать те же рекомендации, поскольку поступающий биологический материал может быть инфицирован различными патогенными микроорганизмами (возбудителями сифилиса, вирусных гепатитов В и С, пневмонии и т. д).

Кроме того стоки бюро СМЭ содержат высокотоксичные химические соединения: хлорсодержащие вещества для дезинфекции помещений и инструмента, а также для регулярных уборок, формалин для фиксации и обеззараживания биологического материала и моющие средства, содержащие ПАВ.

Помимо этого в профессиональной среде все чаще поднимается вопрос о появлении в сточных водах медицинских учреждений всех профилей антибиотиков [5]. В перспективе это может не только негативно повлиять на микрофлору водоемов, в которые производится сброс очищенных сточных вод, но и привести к росту резистивности возбудителей инфекционных заболеваний.

При этом существующие принципиальные схемы очистки сточных вод медицинских учреждений к настоящему времени значительно устарели.

В 2007 г. исследователями рассматривались различные варианты физических и плазмохимических методов очистки и обеззараживания сточных вод лечебных инфекционных учреждений, которые могли бы использоваться и в таких учреждениях, как бюро СМЭ [6]. Однако широкого применения данные методы на сей день не получили.

Разумеется, медицинские учреждения (в том числе и бюро СМЭ) не могут прекратить деятельность, подчиненную строгому законодательному регламенту, соответственно поступление в окружающую среду медицинских отходов и загрязненных сточных вод не прекратиться. Поэтому вопрос о влиянии подобных учреждений на окружающую среду, а также о возможных путях снижения этого воздействия остается открытым и требующим пристального внимания.

Библиографический список

1. Красулина О. Ю. Арктическая зона Российской Федерации: особенности природно-экономических и демографических ресурсов [Электронный ресурс]. URL: <https://eee-region.ru/article/4805>.

2. Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.7.2790-10 [Электронный ресурс]. URL:

https://medethod.ru/_mod_files/ftpfiles/medicinskie-othody-SanPin-2-1-7-2790-10-LPU.pdf.

3. Правила по устройству и эксплуатации помещений патологоанатомических отделений и моргов (патогистологических и судебно-гистологических лабораторий) лечебно-профилактических и судебно-медицинских учреждений, институтов и учебных заведений [Электронный ресурс]. URL: <https://www.algori-m.ru/files/78/pravila-468-64.pdf>.

4. Временные рекомендации по очистке и обеззараживанию сточных вод инфекционных больниц и отделений [Электронный ресурс]. URL: <https://www.lawmix.ru/med/18571>.

5. Wang Q, Wang P, Yang Q. Occurrence and diversity of antibiotic resistance in untreated hospital wastewater. URL:

<http://www.dntpasteur.ru/news.php?number=1221>.

6. Назаров В. Д., Гараев И. Ф., Назаров М. В. [и др.]. Физико-химические методы очистки и обеззараживания сточных вод туберкулезных и инфекционных больниц [Электронный ресурс]. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/v/fiziko-himicheskie-metody-ochistki-i-obezrazhivaniya-stochnyh-vod-tuberkuleznyh-i-infektsionnyh-bolnits>.

Способы снижения негативного воздействия хозяйственно-бытовых сточных вод предприятия N на водный объект

Фомина Е. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра техносферной безопасности, e-mail: elefom2015@yandex.ru)

Аннотация. В современных условиях актуальна проблема загрязнения водоемов сточными водами промышленных предприятий. Превышение допустимого значения загрязняющих веществ в очищенных хозяйственно-бытовых сточных водах предприятия N, в первую очередь, связано со смешиванием сточных вод с солеными водами залива из-за аварийного состояния канализационной сети предприятия. В качестве решения задачи снижения техногенного воздействия на водный объект предложено использование метода "чулка" для герметизации труб. Данный метод позволит снизить капитальные затраты на реконструкцию канализационных сетей и дальнейшую эксплуатацию имеющихся очистных сооружений, а также обеспечить очистку хозяйственно-бытовых сточных вод до нормативов допустимого воздействия на водный объект.

Abstract. The problem of water pollution is very important nowadays. As a solution to the problem of reducing the industrial impact on a water body, the use of the stocking method for sealing pipes has been proposed.

Ключевые слова: водный объект, очистные сооружения, промышленное предприятие, нормативы допустимого воздействия, хозяйственно-бытовые стоки, очистка сточных вод
Key words: body of water, treatment facilities, industrial enterprise, standards of permissible environmental impact, domestic wastewater, wastewater treatment

Введение

Вода является ценнейшим природным ресурсом. Она играет исключительную роль в процессах обмена веществ, составляющих основу жизни. Дефицит чистой пресной воды уже сейчас становится мировой проблемой. Защита водных ресурсов от истощения и загрязнения – одна из самых значимых экологических задач. Одной из основных проблем водохозяйственного комплекса Российской Федерации является сохраняющийся высокий уровень негативного антропогенного воздействия на водные объекты [1; 2].

Одним из источников загрязнения и засорения водоемов является недостаточно очищенные сточные воды промышленных и коммунальных предприятий. Загрязняющие вещества, попадая в природные водоемы, приводят к качественным изменениям воды, которые в основном проявляются в изменении физических свойств воды; в изменении химического состава воды, в частности, появление в ней вредных веществ, в наличии плавающих веществ на поверхности воды и откладывании их на дне водоемов. Производственные сточные воды загрязнены в основном отходами и выбросами произ-

водства. Количественный и качественный состав их разнообразен и зависит от отрасли промышленности.

Многочисленный опыт передовых стран свидетельствует о возможности реализации бессточных систем путем повторного использования очищенных сточных вод. Повторное использование очищенных сточных вод в системе промышленного водоснабжения в полной мере зависит от конкретных местных условий, применяемых технологий и определяется главным образом его возможностью и целесообразностью. Многие крупные предприятия располагают заводскими очистными сооружениями, которые имеют установки для механической, физико-химической и биологической очистки. Однако в большинстве своем, такие системы существенно устарели. В такой ситуации в водоемы попадает воды с высоким содержанием фосфора, азота, бактерий и другой органики, что приводит к ухудшению экологии региона. Наличие систем оборотного водоснабжения позволяет снижать количество сбрасываемых сточных вод и уменьшать потребности в свежей воде, что дает большой экономический и экологический эффект. Данная система предприятия исключает попадание промышленных сточных вод в водные объекты или системы канализации. И позволяет решить важнейшие экологические и экономические задачи: значительно сократить водопотребление промышленного предприятия, снизить потери ценных компонентов со сточными водами, избежать платы за водоотведение и превышение предельно допустимых концентраций – таковые системы очистки технологической воды позволяют повторно использовать её в технологическом цикле [3].

Очистные сооружения на большинстве крупных промышленных предприятий старые и требуют реконструкции. Так же временному воздействию подвержены канализационные сети предприятий.

Рассматриваемое в данной работе предприятие N расположено на берегу залива. Общая протяженность водного объекта составляет 54,7 км. В районе водопользования приливное течение направлено на юго-восток. Его скорость составляет 0,3 узл. Отливное течение направлено на северо-запад, скорость его составляет 0,4 узл. Общая площадь предприятия более 12 500 кв. м. Численность работников составляет 1500 человек. Предприятие имеет 12 выпусков сточных вод. В данной работе рассмотрен выпуск № 1, где отводятся хозяйственно-бытовые сточные воды. Максимальный объем сброса выпуска № 1 составляет 216 тыс. м³/год. Сточные воды проходят очистку на станции биологической очистки с продленной аэрацией (СБО), производительностью 700 м³/сут. Запуск в эксплуатацию и пуско-наладоч-

ные работы очистных сооружений были выполнены в 1982 г. Обратного водоснабжения не предусмотрено.

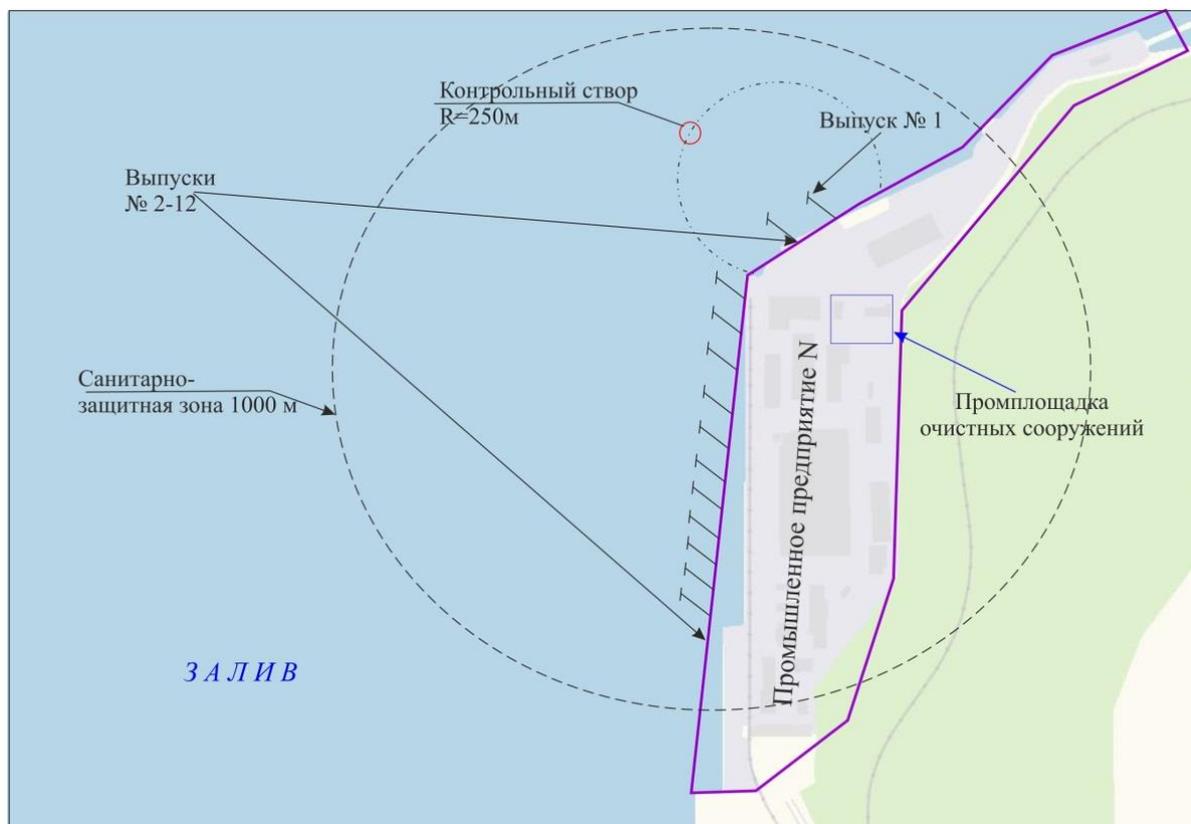


Рисунок 1 – Ситуационный план местности с привязкой территории предприятия N

Технологическая схема очистки хозяйственно-бытовых сточных вод. Хозяйственно-бытовые воды двумя насосными станциями подаются на площадку очистных сооружений. На площадке сточные воды собираются в камере гашения, которая служит для перевода сточных вод из напорного в самотечный режим. Их камеры сточные воды направляются в песколовку, которая служит для улавливания ВВ минерального происхождения. Выгрузка осадка осуществляется гидроэлеваторами на песковые площадки. Дренажные воды площадок собираются в приемный резервуар дренажных вод и далее перекачиваются в усреднитель. Из песколовки сточные воды направляются в усреднитель, служащий для усреднения сточных вод по расходу и концентрации загрязнений. Из усреднителя сточные воды забираются насосами и направляются в 2-х секционный блок емкостей (аэротенк, отстойник, контактный резервуар), служащий для биологической очистки сточных вод и контакта их с раствором хлора. Далее воды направляются в узел доочистки, для доочистки стоков от ВВ и частично по БПК. Следующим этапам очистки является обеззараживание. Обеззараживание избыточного ила осуществляется

на центрифугах с последующей дегельментизации осадка. Очищенные сточные воды сбрасываются в дренажную ливневую канализацию и далее в залив.

В 2018 г. объем загрязненных сточных вод, сброшенный в водный объект предприятием N, составил 99.9 тыс. м³. В табл. 1 представлены максимальные значения содержания загрязняющих веществ и микроорганизмов в хозяйственно-бытовых сточных водах (разрешенные и фактически выпускаемые).

Таблица 1 – Содержание загрязняющих веществ в хозяйственно-бытовых стоках предприятия N

№ п/п	Наименование загрязняющих веществ и показателей	Содержание загрязняющих веществ (мг/дм ³) (разрешенное)	Содержание загрязняющих веществ (мг/дм ³) (фактическое)
1	Взвешенные вещества	21,9	49,6
2	Нефтепродукты	0,29	0,31
3	СПАВ	0,28	0,24
4	Аммоний-ион	7,28	4,42
5	Нитраты	9,97	11,4
6	Фосфаты (по Р)	0,16	0,20
7	Сухой остаток	8002	9938
8	Нитриты	0,96	0,57
9	БПК полн.	12,3	14,3

Превышение допустимого значения загрязняющих веществ, в первую очередь, связано со смешиванием сточных вод предприятия с солеными водами залива, из-за аварийного состояния канализационной сети предприятия. Канализационные сети разгерметизированы, вследствие чего происходит смешивание соленой воды со сточными водами в результате приливно/отливных процессов, происходящих на водном объекте. Биологически активный ил, используемый в очистных сооружениях, не может функционировать в соленой воде, вследствие чего очистные сооружения не справляются с поставленной задачей.

Аварийное состояние сетей не новая проблема для промышленных предприятий. Находящиеся в эксплуатации водопроводные и водоотводящие трубопроводы подвергаются как естественному старению, так и преждевременному износу, что требует их восстановления или санации. Восстановление предполагает проведение ремонтных работ на всем протяжении поврежденного участка трубопровода, а санация – проведение пространственно-ограниченных ремонтно-восстановительных работ на отдельных участках трубопроводов, включая сооружения и арматуру на сети. В результате санации участку трубопровода придается требуемая механическая

прочность, полное восстановление структуры (отсутствие дефектов по длине труб и в местах стыковок) и соблюдение проектной пропускной способности (установленных гидравлических параметров) [4; 5].

Проведя анализ основных методов реконструкции канализационных сетей, наилучшим вариантом для восстановления сети является использование метода "чулка" для санации аварийного трубопровода [6]. Используя такую технологию, в трубопровод, который подлежит ремонту, вставляется специальный "чулок" из синтетического войлока. Этот "чулок" пропитан специальным композитным материалом. В итоге "чулок" твердеет и, внутри старого трубопровода формируется новая труба. Несущая способность новой сформировавшейся трубы совершенно не уменьшается, и по показателям сравнима с реконструируемой. Данным методом, получившим широкое распространение в России, восстанавливаются напорные трубопроводы сетей водоснабжения и водоотведения, а также безнапорные трубопроводы сетей водоотведения из различных материалов – сталь, чугун, железобетон, рекомендуемые диаметры до 1000 мм. Основными особенностями, выделяющими данный метод реконструкции трубопровода среди других вариантов релейнинга, являются: высокая скорость проведения работ; возможность осуществления работ не зависимо от среды, в которой находится труба, подлежащая реконструкции (бетон, грунт, камень и т. д.); возможность осуществления работ не зависимо от материала, из которого изготовлена труба, подлежащая восстановлению; отсутствие необходимости разрушения коллекторов и расширения канализационных колодцев; возможность проводить реконструкцию участков большой протяженности непрерывно; высокая степень адаптации новой трубы под изменяющееся сечение старой. Восстановленная труба по своим характеристикам не уступает совершенно новой трубе. Срока службы старой трубы увеличивается не менее чем на 50 лет, как за счет самонесущих свойств композитного материала, так и за счет его высокой химической стойкости. Труба становится полностью герметичной, что исключает попадания стоков в грунт, а грунтовых вод в новый трубопровод.

Так же необходимо отметить, что данный метод исключает огромные финансовые и трудовые затраты по сравнению с традиционными методами ремонта трубопроводов. И, что немало важно, технология является экологически чистой [7].

Заключение

Рациональное использование водных ресурсов – это прежде всего охрана водных пространств от загрязнения, а так как промышленные стоки зани-

мают первое место по объёму и ущербу, который они наносят, то именно в первую очередь необходимо решать проблему их сброса. Ввиду стремительно развивающихся отраслей промышленности, роста населённых пунктов, численности населения потребление водных ресурсов неминуемо растёт, также в результате процесса водопользования увеличиваются объёмы сточных вод. Именно поэтому особое значение имеет развитие современной системы водоотведения бытовых и производственных сточных вод, обеспечивающих высокую степень защиты окружающей нас среды от всевозможных загрязнений. Предпосылками успешного решения этих задач являются разработки, выполняемые высококвалифицированными специалистами, использующими новейшие достижения науки и техники в области строительства и реконструкции водоотводящих сетей и очистных сооружений. Таким образом, эффективное удаление всевозможных видов загрязнений из сточных вод позволит обеспечить наиболее благоприятные условия использования водных ресурсов во всех сферах антропогенной деятельности.

Библиографический список

1. Воспроизводство и использование природных ресурсов: гос. Программа Российской Федерации: утв. Постановлением Правительства РФ 15.04.2014 N 322: в редакции 31.03.2017 №384 [Электронный ресурс] // Консультант-Плюс. URL: [http:// www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)

2. О федеральной целевой программе "Развитие водохозяйственного комплекса РФ в 2012–2020 гг.": Постановление Правительства РФ от 19.04.2012 г. N350: с изменениями на 13.08.2016[Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. URL: [http:// www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)

3. Колесников В. П., Вильсон Е. В. Современное развитие технологических процессов очистки сточных вод в комбинированных сооружениях / под ред. В. К. Гордеева-Гаврикова. Ростов-на-Дону : Юг, 2005. 212 с

4. Яковлев С. В., Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод : учеб. 3. изд., доп. и перераб. М. : Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2004. 702 с.

5. Яковлев С. В., Ласков Ю. М. Канализация (водоотведение и очистка сточных вод). М. : Стройиздат, 1978. 319 с.

6. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. Бюро НТД. 2015.

7. URL: <http://rekat.org/>

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА

Проект "Судометрика" как гарант обеспечения достижения заявленной технологической точности

Пашеева Т. Ю. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологии материалов и судоремонта, e-mail: tatjana-pasheeva@rambler.ru)

Аннотация. Проблема точности в судостроении остается актуальной. Отсутствие единой системы измерений в судостроении вызвало необходимость открытия проекта "Судометрика", комплекса технических решений по измерениям геометрических и физических параметров, необходимых при судостроении.

Abstract. The problem of accuracy in shipbuilding remains relevant. The lack of a unified measurement system in shipbuilding necessitated the opening of the Sudometrika project, a set of technical solutions for measuring the geometric and physical parameters required in shipbuilding.

Ключевые слова: судостроение, технологический процесс сборки, качество, геометрическая точность, технические измерения, технический контроль

Key words: shipbuilding, assembly process, quality, geometric accuracy, technical measurements, technical control

Качество, надежность, экономичность, сроки постройки и стоимость определяют эффективность и конкурентоспособность судостроительного производства. Показатели надежности и долговечности в период постройки судна обеспечиваются путем выбора и соблюдения соответствующей технологии, методов и средств контроля качества работ.

Обеспечение качества продукции – важнейший инструмент в поддержании и укреплении конкурентоспособности судостроения России. Качество достигается в результате конструктивной технологической разработки и технологического процесса изготовления. Определенному технологическому процессу присущи характерные отклонения, искажения геометрической формы деталей. Измерения необходимо спланировать таким образом, чтобы стало возможно обнаружение непредвиденных, неожиданных искажений формы деталей [1].

Измерения как процесс познания носят рекуррентный характер: на основе имеющейся информации строится некоторая первоначальная модель объекта измерений, планируются и выполняются измерения, их результаты обрабатываются, интерпретируются и на их основе уточняется модель объекта измерений, и процесс повторяется (рис. 1).

Несмотря на то, что в современном мире достигнуты колоссальные успехи в измерительной и вычислительной технике, в технических измерениях практически не используются новейшие достижения теории измерений, иденти-

фикации и планирования эксперимента. Традиционные способы организации и выполнения измерений, которые осуществляются с целью определения или контроля геометрической точности прецизионных деталей сложной формы, связаны с проведением и обработкой результатов одномерных (скалярных) измерений по двухточечной схеме. Интерпретация полученных результатов делается на основе априорно выбранной модели объекта измерений, в качестве которой часто используется идеальная модель детали, приведенной в технической документации на нее. Подобная технология измерений чревата значительными методическими погрешностями и является причиной низкой достоверности контроля геометрической точности деталей сложной формы [1].

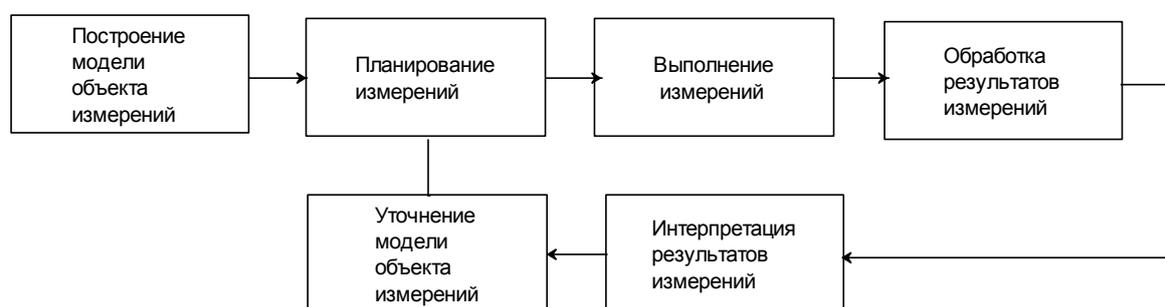


Рисунок 1 – Рекуррентный процесс измерений [1]

В процессе формирования корпуса современного судна на построечном месте выполняют комплекс установочных, проверочных, сборочных и сварочных работ. Сборка – одна из основных операций при изготовлении корпусных конструкций, от правильности сборки соединяемых деталей и узлов зависят качество сварных соединений, объем сварки, размеры и форма конструкции, необходимость правки конструкции после сварки, работоспособность и внешний вид конструкции корпуса [2].

Процесс сборки состоит из основных операций: подготовки деталей, сборочных единиц; соединения сопрягаемых деталей, сборочных единиц по основным и вспомогательным базам; проверки точности взаимного расположения собираемых деталей и сборочных единиц; пригонки, фиксации положения собираемых деталей и сборочных единиц; технического контроля сборки. Объектами контроля в сборочном производстве являются исходные материалы, детали и сборочные единицы, технологические процессы сборки, собранная изделия, средства технологического оснащения, а также соблюдение технологической дисциплины. Качество сборки изделий определяется полнотой конструкторско-технологической документацией, состоянием оборудования, приспособлений, оснастки и инструментов, степенью готовности деталей и сборочных единиц, уровнем контроля сборки изделия. Особен-

ность сборки судовых корпусных конструкций в отличие от сборки объектов машиностроения заключается в необходимости приложения к элементам конструкции в процессе их сопряжения значительных сборочных усилий по причине недостаточной точности изготовления средств технологического оснащения и изготовления элементов корпусной конструкции [3].

При подготовке к сборке особое внимание должно быть обращено на точность сопрягаемых размеров, потому как проблема точности изготовления конструкций современных корпусов имеет большое значение, как в техническом, так и в экономическом отношениях. Повышение скорости хода судов, снижение относительного веса корпусов, создание современных эстетических форм плавных обводов судна – все это заставляет повышать требования к точности корпусных конструкций. Одновременно необходимо упростить сборочные операции, устранить подгонку и достичь при сборке максимально совпадения совмещаемых элементов корпуса с соблюдением необходимых зазоров под сварку.

Под точностью детали необходимо понимать степень ее приближения к геометрически правильному ее прототипу. Изготовить любую деталь абсолютно точно, т. е. в полном соответствии с ее геометрическим представлением, практически невозможно, поэтому за меру точности принимают величины отклонений от теоретических значений. Точность подгонки сопряжения, изготовления составного элемента, части или целого судового корпуса – это соответствие размеров и формы элементов требованиям, которые определяются функциональными, технологическими и экономическими условиями в установленных пределах. Степень соответствия размеров и формы реальных объектов их идеальным прототипам определяется величинами погрешностей, которые неизбежно остаются после любой технологической операции. В судостроительных конструкциях встречаются разнообразные погрешности, например погрешности формы и размеров, внутреннего строения, физико-металлургические и т. д. Для корпусных конструкций проблема точности исчерпывается учетом геометрических погрешностей, систематических и случайных. Случайные погрешности вызываются множеством случайно изменяющихся факторов: припуском на обработку, механическими свойствами материалов, измерительной силой и т. д. Случайные погрешности изготовления проявляются в рассеянии размеров деталей: однотипные детали имеют в одном и том же сечении различные размеры. Наличие случайных погрешностей измерения обнаруживается в том, что при повторном измерении с одинаковой тщательностью одной и той же величины получа-

ются различные числовые результаты. Полностью устранить случайные погрешности невозможно, но уменьшить их можно, например, в результате более равномерного припуска на обработку, стабилизации сил зажима детали в приспособлении и измерительного усилия. Влияние случайных погрешностей учитывается допуском на размер или другой параметр. Значение каждой из случайных погрешностей заранее определить невозможно. Случайные погрешности являются случайными величинами: размеры деталей при обработке, зазоры в подвижных соединениях, результаты повторных измерений одной и той же величины и др. Пределы измерения и значение суммарной случайной погрешности можно приблизительно оценить с помощью методов теории вероятностей и математической статистики.

Следует заметить, что современные технологии изготовления деталей корпуса судна, сборки и сварки судовых корпусных конструкций обеспечивают возможность строительства корпусов судов всех классов и назначений с заданным уровнем качества, но при этом необходимое качество сварных корпусов судов достигается в основном за счет выполнения дополнительных пригоночных работ при сборке конструкций. Пригоночные работы, сборка и сварка конструкции в значительной степени выполняются в неблагоприятных условиях, с применением тяжелого ручного труда, а это в свою очередь оказывает отрицательное влияние на технико-экономические показатели строительства и конкурентоспособности судов.

Сущность пригоночных работ заключается в том, что в собираемой конструкции выполняются дополнительные работы с целью доведения поступивших на сборку деталей до необходимых форм и размеров. К первому типу пригоночных работ можно отнести технологические операции, связанные с недостаточным качеством правки и гибки деталей, низким качеством сборочных стенов и постелей, операции, приводящие при сборке стыковых соединений к недопустимым зазорам, разностенностям, смещением притуплений и т. п. Ко второму типу пригоночных работ относятся технологические операции, вызванные недостаточным качеством деталей по геометрическим параметрам (габаритные размеры, прямолинейность и конструктивные элементы подготовки кромок) и приводящие при сборке стыковых соединений к недопустимым зазорам, углам разделки кромок, смещениям притуплений и т. п. [4].

В судостроении для выполнения проверочных работ применяют различный измерительный и проверочный инструмент: для линейных измерений – металлические рулетки различной длины, складные металлические

метры, измерительные металлические линейки; для проверки величины зазоров под сварку – щупы; для угловых измерений – транспортиры, угломеры, малочники. Распространенным проверочным инструментом являются уровни, отвесы шнуровые, рейки и др. Следует указать на существенные недостатки указанных проверочных инструментов, невысокую точность и высокую трудоемкость проверочных операций с их применением. В настоящее время современное судостроительное производство укомплектовано всего лишь на 25 % от потребности современными средствами лазерной метрологии (сканерами, трекерами, тахеометрами) [6].

Отсутствие единой системы измерений в судостроении вызвало необходимость открытия проекта "Судометрика", который направлен на обеспечение достижения заявленной технологической точности, что позволит полностью уйти от подгоночных операций и создать единое измерительное пространства с целью строительства точно в размер [5].

Проект "Судометрика" станет базисом и создаст возможность выполнять строительство крупными интегрированными блоками "в чистый размер" с точностью до одного миллиметра [6].

В настоящее время проблема точности в судовом корпусостроении остается актуальной. При решении этой проблемы необходимо создать научные методы обоснования технических решений, предъявляемых к точности на различных этапах постройки корпуса судна, разработать технологии и технические средства для выполнения этих требований [4].

Библиографический список

1. Фундаментальные проблемы теории точности / под ред. В. П. Булатова, И. Г. Фридлиндера. СПб. : Наука, 2001. 504 с.
2. Александров В. Л., Смирнов В. А., Соколов В. Ф. Сборщик металлических корпусов судов : учебник. 40е изд., доп. СПб. : Судостроение, 1998. 432 с.
3. Никитин В. А. Средства технологического оснащения для сборки и сварки секций корпуса судна. СПб. : ОАО "ЦТСС", 2015. 196 с.
4. Горбач В. Д., Головченко В. С., Автоматическая дуговая сварка с ЧПУ судовых конструкций / под общ.ред. В. Д. Горбача. СПб. : Судостроение, 2004. 344 с.
5. URL: <https://sudostroenie.info/novosti/17277.html>.
6. URL: http://www.up-pro.ru/library/modernization/modernization_teh/osk-tehpolitika.html.

Вопросы применения средств, методов и инструментов управления качеством при эксплуатации морской техники

Семенов В. П. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологии материалов и судоремонта, e-mail: vps@etu.ru)

Аннотация. Рассмотрены основные средства, методы и инструменты управления качеством, распространенные в международной практике деятельности организаций разного профиля и различных отраслей. Эти методы и инструменты менеджмента и инжиниринга качества могут быть успешно применены в современных условиях в отечественных организациях морского флота при эксплуатации морской техники и других этапах жизненного цикла продукции. Представлены рекомендации по применению различных инструментов менеджмента и инжиниринга качества.

Abstract. The fixed assets, methods and instruments of quality management widespread in the international practice of activity of the organizations of a different profile and various industries are considered. These methods and instruments of management and engineering of quality can be successfully applied in modern conditions in the domestic organizations of navy at operation of marine facilities and other stages of life cycle of products. The recommendations about use of various instruments of management and engineering of quality are submitted.

Ключевые слова: управление качеством, средства, методы и инструменты управления качеством, методы менеджмента и инжиниринга качества

Key words: quality management, means, methods and instruments of quality management, methods of management and engineering of quality

Управление качеством – это вид деятельности, который в настоящее время все шире внедряется не только на отечественных предприятиях судостроения и морского флота, но и в других организациях разного профиля. В России понятие качества традиционно сводится к одной из важных его составляющих – качеству продукции. Однако понимание определения качества применительно к процессам деятельности организации (качество управления, качество производства и др.) намного сложнее и шире.

Идеи решения проблем развития менеджмента качества, требующих улучшения деятельности предприятий, процессов, качества продукции и систем качества активно разрабатывались Э. Демингом, Дж. Джураном, А. Фейгенбаумом, Ф. Кросби, К. Исикавой, Г. Тагути и другими известными специалистами. Устойчивое развитие организации невозможно без постоянного улучшения менеджмента, процессов, оптимизации ресурсов, а также без постоянного обучения персонала организации средствам, методам и инструментам управления качеством.

Российские предприятия отстают от своих зарубежных конкурентов в применении современных средств и методов управления качеством, хотя это направление в нашей стране имеет свою историю, огромный потенциал и развивается с начала XX в.

Современное развитие средств и методов менеджмента качества в международной практике демонстрирует очень большое разнообразие всевозможных концепций, методологий и инструментов. В литературе встречаются различные подходы к их классификации. В любом случае в этом многообразии, как и в любой систематике, можно выделить некоторый верхний уровень средств и методов менеджмента качества, в который входят так называемые концепции (методологии, философии, теории) и модели, среди них в качестве наиболее известных примеров, можно перечислить следующие [1]:

- Философия "Всеобщего менеджмента качества" (Total Quality Management – TQM);
- Производственная система Тойота (Toyota Production System – TPS);
- Концепция "Бережливого производства" (Lean Production – LP);
- "Теория ограничений" Голдратта (Theory of Constraint – TOC);
- Концепция KAIZEN;
- Концепция "Шесть сигм" (Six Sigma – SS);
- Методология решения проблем (Global 8D);
- Сбалансированная система показателей (Balanced Score Card – BSC);
- Бенчмаркинг (Benchmarking);
- Реинжиниринг бизнес-процессов (Business Process Reengineering – BPR);
- Модели систем качества на основе международных стандартов, в том числе и отраслевых.

Необходимо согласиться с мнением ряда специалистов [2, 3], что мода на реинжиниринг в настоящее время прошла. Сегодня он превратился из разрушительной силы в один из способов перестройки организации. Чаще стали использоваться методы анализа и решения проблем, стимулирующие развитие и использование творческого потенциала, в отличие, например, от подхода "6 сигм", который не получил большого распространения в организациях. Сохранил свои позиции и продолжает успешно применяться бенчмаркинг. Не получил должного распространения проектный подход. Среди подходов, которые успешно развиваются в организациях и активно влияют на ситуацию, специалисты отмечают систему сбалансированных показателей и направление "Управление знаниями".

Организации успешно применяют также различные методы инжиниринга качества (инженерные методы повышения качества) [4]:

– Статистические методы управления качеством (Statistical Quality Control, SQC), включающее: SPC – Statistical Process Control (статистическое управление процессами (ГОСТ Р 50779.40 и др.); выборочный статистический контроль (ГОСТ Р 50779.30 и др.); Process Capability (Аппарат индексов пригодности и воспроизводимости);

– Риск-менеджмент;

– Анализ опасностей и оценка рисков;

– Анализ видов и последствий потенциальных дефектов (Failure Mode and Effect Analysis – FMEA);

– Методы Генити Тагути;

– Структурирование функций качества (Quality Function Deployment – QFD);

– Анализ дерева отказов (Failure Trees Analysis – FTA);

– IDEF, ARIS и другие методы моделирования процессов;

– Q7. Семь "простых" инструментов качества (диаграмма Исикавы, контрольный листок, стратификация, гистограмма, диаграмма Парето, диаграмма разброса (рассеивания), контрольные карты);

– N7. Семь "новых" инструментов качества (диаграмма процесса осуществления программы, диаграмма сродства, древовидная диаграмма, матричная диаграмма, анализ матричных данных, диаграмма отношений, стрелочная диаграмма);

– Мозговой штурм (Мозговая атака);

– SWOT-анализ и множество других инструментов.

Важным фактором для эффективного применения методов менеджмента и инжиниринга качества является правильный выбор инструментов в зависимости от этапа жизненного цикла продукции.

В условиях возрастания наукоемкости производства, перехода на создание проектно-ориентированной продукции поставка продукции, как правило, не обходится без предоставления сопутствующих услуг. Речь идет не только о гарантийном обслуживании, но и о других этапах эксплуатации продукции, в рамках которой проводятся мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту, и которая имеет наибольшее значение среди этапов жизненного цикла, как по длительности, так и по стоимости.

Поэтому необходима высокая компетентность персонала в вопросах выбора, разработки и применения методов менеджмента и инжиниринга качества. В соответствии с этим, менеджеры и специалисты в области качества, должны хорошо разбираться в перечисленных методах менеджмента и инжиниринга качества. Каждый менеджер (и менеджер по качеству тоже) должен разбираться (должен быть компетентен) в элементарных статистических методах:

- алгоритмы (блок-схемы) процесса;
- диаграммы Исикавы;
- контрольные листки;
- гистограммы;
- диаграммы Парето;
- диаграммы разброса (рассеивания);
- контрольные карты;
- факторное планирование эксперимента и др.

Он также должен уметь описывать, поддерживать и улучшать систему менеджмента качества, ставить ее диагноз и решать:

- какие вариации признаются особыми и потребуют действий на уровне ответственности руководства цеха;
- какие вариации признаются общими и потребуют действий на уровне ответственности высшего руководства, а также руководить командами людей, имеющих разные уровни образования и др.

Как уже было отмечено, рассмотренные методы менеджмента и инжиниринга качества могут с успехом применяться в разных сочетаниях на каждом из этапов полного жизненного цикла продукции. Для технической эксплуатации флота наиболее подходящими инструментами, на наш взгляд, являются Q7 и N7.

Следует подчеркнуть, что многие из перечисленных методов менеджмента и инструментов инжиниринга качества в принципе могут быть применены в системе менеджмента предприятий любой отрасли. Однако, некоторые предприятия пытаются использовать достаточно сложные методы менеджмента и инжиниринга качества, такие как "Six Sigma", "20 ключей менеджмента" Кобаяси, методы Тагути, и сталкиваются с проблемами, связанными со сложностями во внедрении и поддержании методов, с проблемами поиска значительных ресурсов.

Если ресурсы предприятия ограничены, то в рамках постоянного улучшения процессов системы менеджмента руководителям процессов нужно в первую очередь использовать наиболее простые, но, тем не менее, эффективные методы менеджмента и инжиниринга качества, такие как: упорядочение "5S", семь "простых" инструментов качества, метод Киплинга, метод "Пять почему?" и др. Применение сложных методов менеджмента и инжиниринга качества быстро приводит к разочарованию персонала и отказу от применения этих методов.

Библиографический список

1. Семенов В. П. Актуальные проблемы и перспективы применения методов и инструментов менеджмента качества в организациях // Дискурс. 2018. № 1. С. 40–47.
2. Заика И. Т., Смоленцев В. М., Федулов Ю. П. Системное управление качеством и экологическими аспектами. М. : ИНФРА-М, 2014. 384 с.
3. Семенов В. П., Михайлов Ю. И. Проблемы и направления развития менеджмента качества в условиях индустриально-сырьевой экономики // Записки Горного института. 2017. Т. 226. С. 497–502. DOI: 10.25515/PMI.2017.4.497.
4. Владимирцев А. В., Марцынковский О. А., Загорулько Ю. В. [и др.]. Процессный подход и интегрированные системы менеджмента // Методы менеджмента качества. 2010. № 1. С. 18–23.

Методы диагностики зубчатого зацепления судовых редукторов

Сергеев К. О. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовых энергетических установок, e-mail: sergeevko@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье рассмотрены методы диагностики, которые могут применяться для определения технического состояния зубчатого зацепления судовых редукторов. Рассматриваются как применение норм Российского морского регистра судоходства, так и другие методики для определения технического состояния, основанные на практике применения методов диагностики на судах рыбопромыслового флота.

Abstract. The article deals with diagnostic methods that can be used to determine the technical condition of the gear gearing of marine gearboxes. The application of the norms of the Russian Maritime register of shipping and other methods for determining the technical condition based on the practical application of diagnostic methods on fishing vessels are considered.

Ключевые слова: редуктор, безразборная диагностика, дефекты, нормирование вибрации

Key words: reducer, without dismantling diagnostics, defects, normalization of vibration

Введение

Одним распространённых механизмов судовой энергетической установки является редуктор. Они используются и в составе пропульсивного комплекса, и для обеспечения работы швартовых и грузоподъемных механизмов. В состав всех редукторов входит зубчатое зацепление определение технического состояния, которого является одной из задач безразборной диагностики.

Методы применяемые для определения технического состояния зубчатого зацепления

Методы, применяемые для диагностики технического состояния зубчатого зацепления можно разделить на две группы: методы вибродиагностики и методы диагностики по продуктам износа в масле.

Вибродиагностику можно проводить сравнением виброактивности зубчатого зацепления (редуктора) с диагностической нормой по треть октавному или узкополосному спектру [1].

Российский морского регистр судоходства (РМРС) который в своих документах регламентирует проведение диагностики редукторов (и зубчатых передач) нормирует вибрацию только турбо-зубчатых агрегатов (ТЗА) [2]. Это совершенно не применимо к редукторам грузоподъёмных устройств и с трудом применимо к диагностики зубчатого зацепления дизель-редук-

торных агрегатов (ДРА). ТЗА по своим габаритам и действующим усилиям, частотам вращения существенно отличаются от указанных выше механизмов. По этому, в практике применения диагностики нашли другие методы вибродиагностики – применение треть октавного спектра виброускорения в диапазоне до 5 кГц, узкополосного спектра в том же частотном диапазоне и анализ спектра огибающей высокочастотной компоненты вибросигнала [3].

Треть октавный спектр виброускорения более чувствителен к зарождающимся дефектам и позволяет определять типичные неисправности зубчатого зацепления: несоосность валов, нарушение пятна контакта, износ или поломку зубьев и т. д.

Узкополосный спектр позволяет получить значительно больше информации о состоянии зацепления, но он сложнее согласуется с нормами РМРС разработанными для третьоктавного спектра.

При использовании спектров виброускорения используются специально разработанные и согласованные с РМРС для каждого типа редуктора статистические нормы [3]. При обнаружении превышения уровня вибрации над статистической нормой в обязательном порядке проводится узкополосный анализ для уточнения причин превышения.

При отсутствии разработанных статистических норм возможно использование общетехнической нормы TS 4730-0005;

На рис. 1 и 2 показаны полученные при замерах для редуктора типа "Киев" судов проекта "Альпинист" третьоктавный спектр виброускорения в сравнении со статистической нормой и третьоктавный спектр виброскорости в сравнении с нормой РМРС. А на рис. 3 сравнение уровня вибрации редуктора с нормой TS 4730-0005.

Анализ спектра огибающей дает надежные результаты при диагностике подшипников, но, как показывает практика, мало применим для диагностики массивных зубчатых колес и шестерен судовых редукторов.

Диагностика зацепления у судовых редукторов имеет ряд особенностей. Как правило, модуляция дефектом проявляется на высших гармониках зубцовой частоты.

На редукторе MAV 90-30 судна типа "Иван Бочков (рис. 4) при очень серьезном дефекте – поломке зуба на шестерне понижающей ступени (на валовую линию) ведущего вала дефект проявлялся в виде модуляции зубцовых частот на крайних ведомых валах приводов валогенераторов.

**Международная научно-практическая конференция
"Наука и образование в Арктическом регионе"**

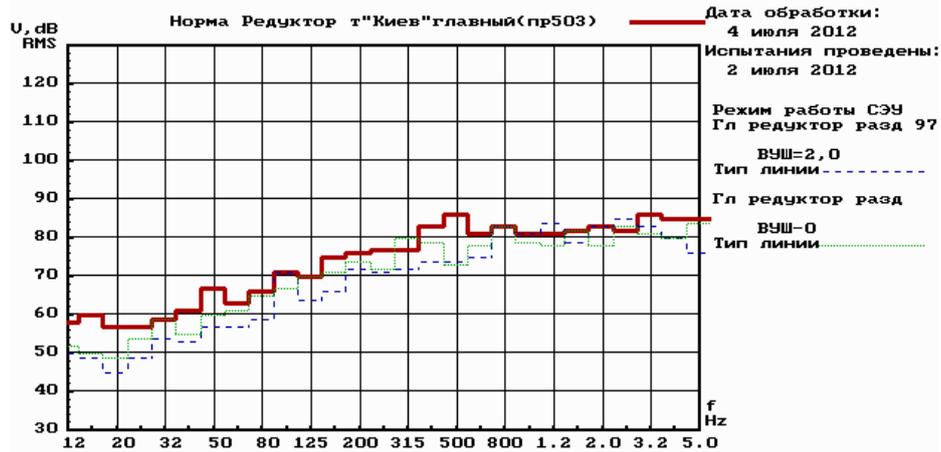


Рисунок 1 – Третьоктавный спектр виброускорения в сравнении со статистической нормой

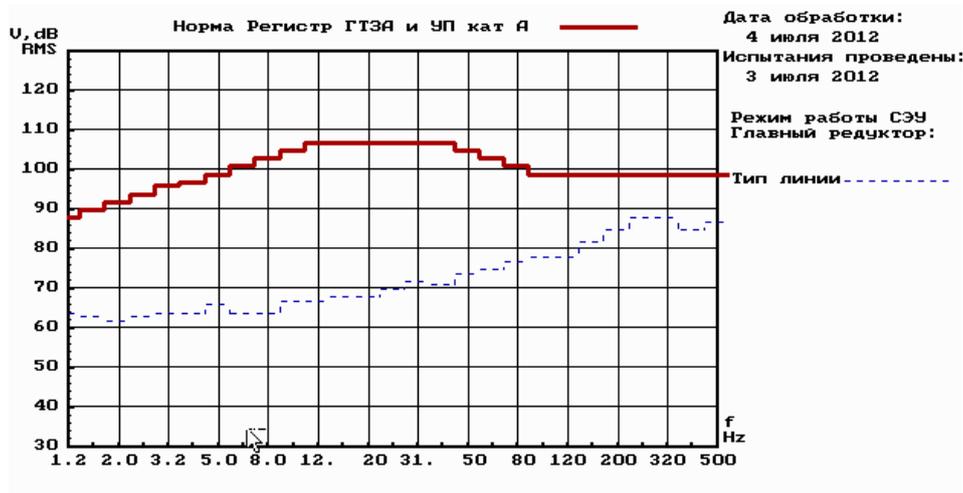


Рисунок 2 – Третьоктавный спектр виброскорости в сравнении с нормой РМРС

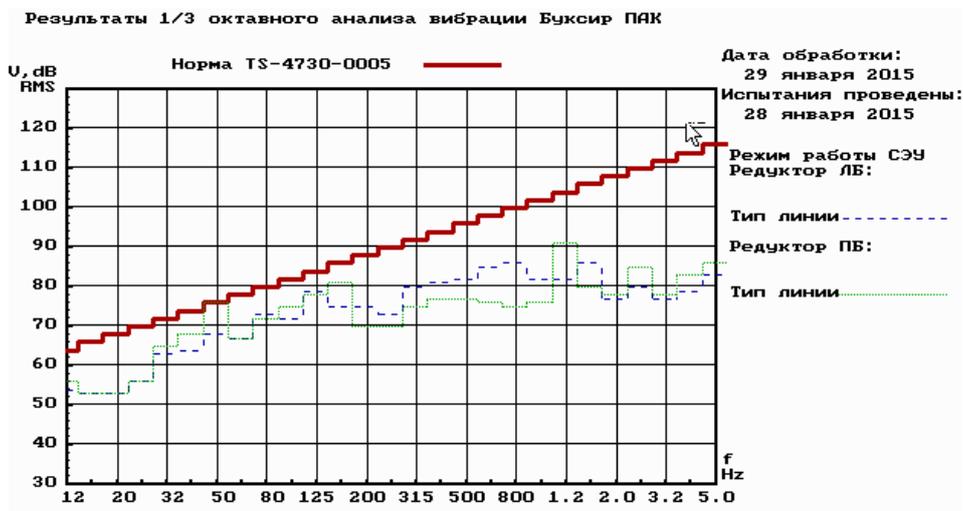


Рисунок 3 – Третьоктавный спектр виброускорения в сравнении с нормой NS-4730-0005

Оборудование, выпускаемое для такого вида анализа, имеет большую стоимость, по этому, можно использовать более дешевые приборы, например, ферроиндикатор ФЧМ-П, доработав его для определения размеров частиц при их гравитационном осаждении. Либо использовать прибор для определения чистоты жидкости ПКЖ – 904а, который можно использовать потому, что в масле редуктора отсутствуют частицы окисления масла, могущие существенно исказить результат [6].

Заключение

Наибольшее распространение получили виброакустические методы диагностики зубчатого зацепления судовых редукторов.

Нормы РМРС для ГТЗА практически не применимы для диагностики зубчатого зацепления большей части судовых редукторов.

Наиболее информативно применение диагностики на основе анализа третьоктавных спектров и узкополосных спектров виброускорения в частотном диапазоне до 5кГц.

Необходима разработка норм для диагностики редукторов на основе третьоктавных спектров виброускорения в частотном диапазоне до 5 кГц, а еще лучше для узкополосного спектра виброускорения, как более информативного, в том же частотной диапазоне.

Методики диагностика зацепления судового редуктора по продуктам износа с определением абсолютного содержания их в масле мало информативны. Необходимо применять методики, основанные на определении дисперсного состава этих продуктов.

Диагностика зубчатого зацепления судовых редукторов имеет ряд особенностей обусловленных более массивными зубчатыми колесами и более сложной конструкцией самих редукторов.

Библиографический список

1. Голуб Е. С, Мадорский Е. З., Розенберг Г. Ш. Диагностирование судовых технических средств : справочник. Москва : Транспорт, 1993. 150 с.
2. Правила классификации и постройки морских судов часть VII "Механические установки" НД:2-020101-114. СПб. : Рос. мор. регистр судоходства, 2019. 81 с.
3. Прыгунов А. И., Панкратов А. А. Применение методов технической диагностики для оценки технического состояния главных редукторов рыбо-

промысловых судов // Проблемы активации научно-технической деятельности в эксклавному регионе России : материалы второй областной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Калининградской области, Калининград, 4 июня 1996 г. Калининград : БГАРФ, 1996 г. С. 26.

4. Равин А. А. Диагностика узлов трения судовых механизмов путём анализа продуктов износа в смазочном масле // Судостроение. 2014. № 2. С. 37–40.

5. Sergeev K. O. Assessment of diagnostics' results of ship gearboxes by analyzing oil for the content of wear products // International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). 2018. Vol. 09, Iss. 13. P. 1673–1681.

6. Сергеев, К. О., Брянкин А. Ю. Применение прибора ПКЖ – 904а для диагностики судовых редукторов // Наука – производству [Электронный ресурс] : материалы междунар. на-уч.-практ. конф., Мурманск, 18–20 апреля 2018 г. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2018. С. 265–271.

Техническая диагностика как средство снижения затрат на эксплуатацию судовых энергетических установок

Сергеев К. О., Малов Д. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра судовых энергетических установок, e-mail: sergeevko@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье рассматриваются результаты диагностики различных механизмов входящих в состав судовых энергетических установок двух различных типов ледоколов. Приводится соотношение механизмов допущенных к эксплуатации без проведения ремонта к механизмам, которым ремонт необходим. Делаются выводы об эффективности применения технического обслуживания "по состоянию" для снижения затрат на проведение освидетельствований и ремонта судовых механизмов.

Abstract. The article considers the results of diagnostics of various mechanisms of two different types of icebreakers included in the ship's power plants. The ratio of the mechanisms allowed for operation without repair to the mechanisms that need repair is given. Conclusions are drawn about the effectiveness of the use of maintenance "as" to reduce the cost of inspections and repair of ship mechanisms.

Ключевые слова: техническое состояние, безразборная диагностика, нормы вибрации, диагностические параметры, судовые механизмы

Key words: technical condition, CIP diagnostics, vibration norms, diagnostic parameters, ship mechanisms

Введение

В практике эксплуатации судовых энергетических установок могут применяются следующие виды технического обслуживания [1].

1. По минимуму (до появления отказа).
2. Превентивное техническое обслуживание или обслуживание по плану.
3. Техническое обслуживание по состоянию (predictive maintenance) с применением методов безразборной диагностики.

Обслуживание "по минимуму" (до отказа) может быть рентабельным только во время гарантийного периода, когда большая часть затрат по ремонту ложится на поставщика оборудования в котором произошел отказ. Тем не менее, как это видно из диаграммы на рис. 1, он получил наибольшее распространение [1].

Обслуживание по плану – проведение ремонтов оборудования по графику (с заменой узлов и деталей), заданному изготовителем оборудования, приводит к существенному снижению затрат (до 15 %) [1], но тоже не является оптимальным, так как в этом случае часть заменяемых деталей не доработывает назначенный ресурс [2].

Техническое обслуживание по состоянию (predictive maintenance) возможно только с применением методов безразборной диагностики которая позволяет определить техническое состояние отдельных узлов и деталей судового оборудования и производить ремонт только механизмов нуждающихся в ремонте.



Рисунок 1 – Методы технического обслуживания судового оборудования

Применение методов безразборной диагностики устраняет необоснованную разборку механизмов и тем самым увеличивает ресурс оборудования, так как исключает дополнительные износы, возникающие при приработке деталей после разборки. На основе данных диагностики проводится корректировка графиков технического обслуживания продлевая сроки проведения того или иного мероприятия по обслуживанию, снижаются затраты на приобретение запасных частей которые могут приобретаться по мере необходимости. Кроме того проведение диагностики позволяет выявить потенциальные отказы, что повышает надежность оборудования.

Безусловно, прогнозирование остаточного ресурса деталей и узлов механизмов крайне сложная задача, приводящая к необходимости учитывать много факторов: возможность проведения текущих замеров в процессе дальнейшей эксплуатации, время нахождения судна в море, остаточный ресурс узла, который может быть исчерпан до срока следующего ремонта и т. д. [2].

В статье приводятся данные результатов диагностики механизмов и оборудования двух различных типов ледоколов. Суда отличаются изготовителем, временем постройки, качеством эксплуатации и сроком наработки механизмов. Ледоколы выбраны для проведения анализа, так как насыщены вспомогательными механизмами и отличаются тяжелыми условиями работы во время навигации в Арктике. Кроме того, развитие арктического региона немыслимо и без применения дизельных ледоколов которые широко исполь-

зуются (например, компанией Норильский Никель) и их надежность во время навигации и снижение затрат на эксплуатацию имеет важное значение.

Применяемые методы диагностики

Методы безразборной диагностики, которые применялись при определении технического состояния механизмов СЭУ ледоколов, приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Методы безразборной диагностики технического состояния механизмов СЭУ ледоколов

Наименование агрегата или узла	Метод диагностики
Вентиляторы	Сравнение уровня вибрации с нормами РМРС
Насосы, как агрегат	Сравнение уровня вибрации с нормами РМРС, контроль третьоктавного спектра в диапазоне до 5 кГц, контроль развиваемого давления и утечек через сальники.
Подшипники насосов	Метод анализа спектра огибающей высокочастотной компоненты вибросигнала
Подшипники ЭД	Метод анализа спектра огибающей высокочастотной компоненты вибросигнала

На рис. 2 приведены примеры диагностики на основе норм Российского морского регистра судоходства (РМРС). Используется норма по виброускорению, но в частотном диапазоне до 5кГц, хотя РМРС нормирует вибрацию до 500 Гц. [3]. Частотный диапазон до 5 кГц используется так как кавитация в насосах проявляется в частотах выше, чем 500 Гц. В приведенном примере вибрация одного из насосов существенно превышает норму и насос нуждается в ремонте.

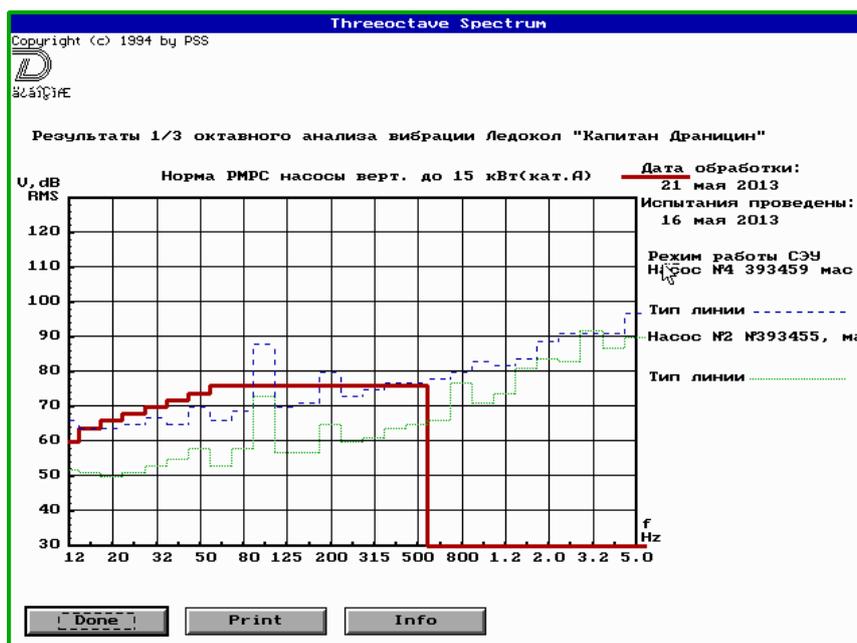


Рисунок 2 – Сравнение уровней вибрации вертикальных насосов с нормой РМРС

Результаты диагностики

Результаты диагностики СЭУ на ледоколе "Капитан Драницин"

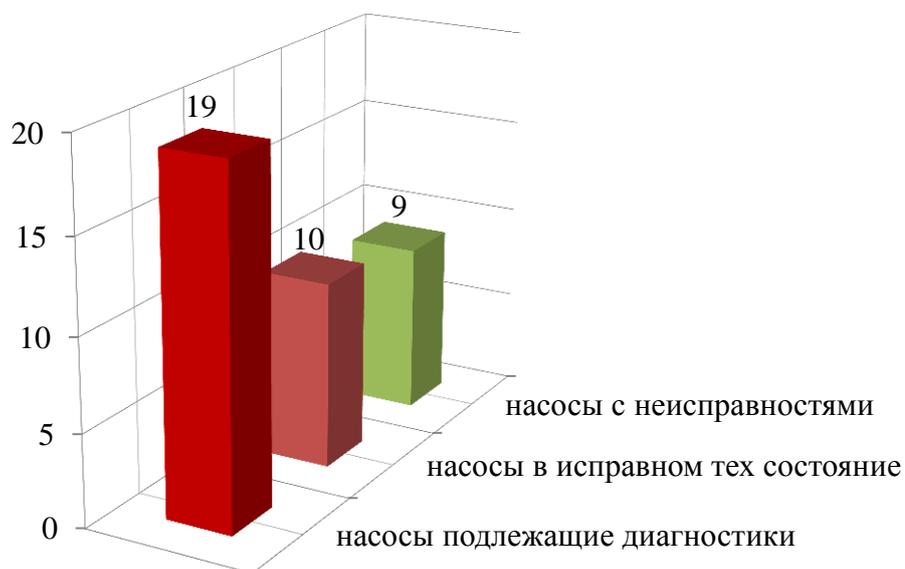


Рисунок 3 – Результаты диагностики насосов судовых систем

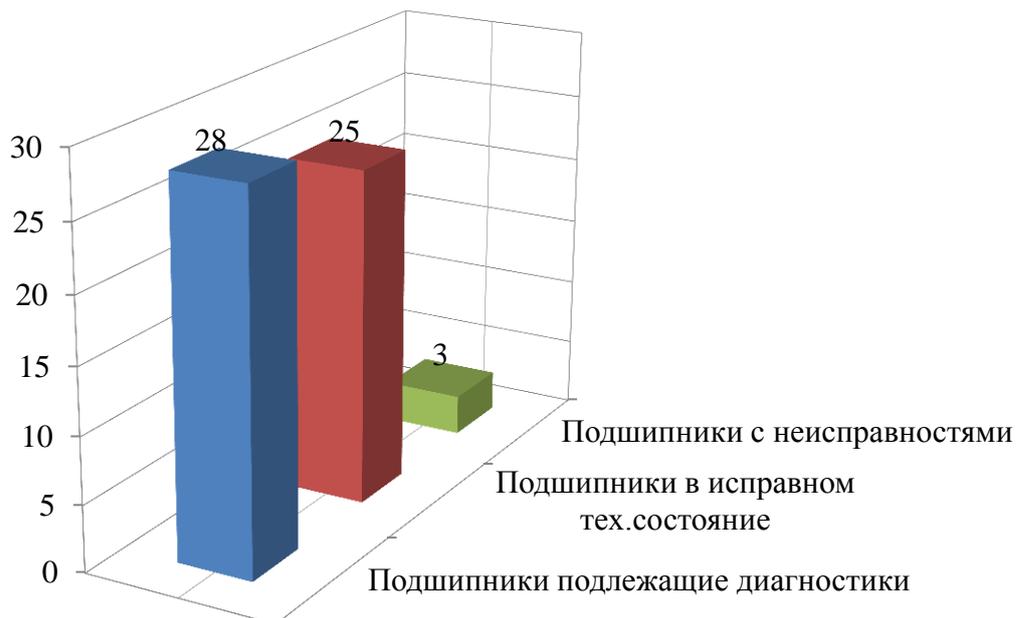


Рисунок 4 – Результаты диагностики подшипников судовых механизмов

Результаты диагностики механизмов на ледоколе "Дудинка"

На рис. 5 отобрано общее число продиагностированных механизмов СЭУ, количество допущенных к дальнейшей эксплуатации и нуждающихся в ремонте, а на рис. 6 те же соотношения для подшипников.

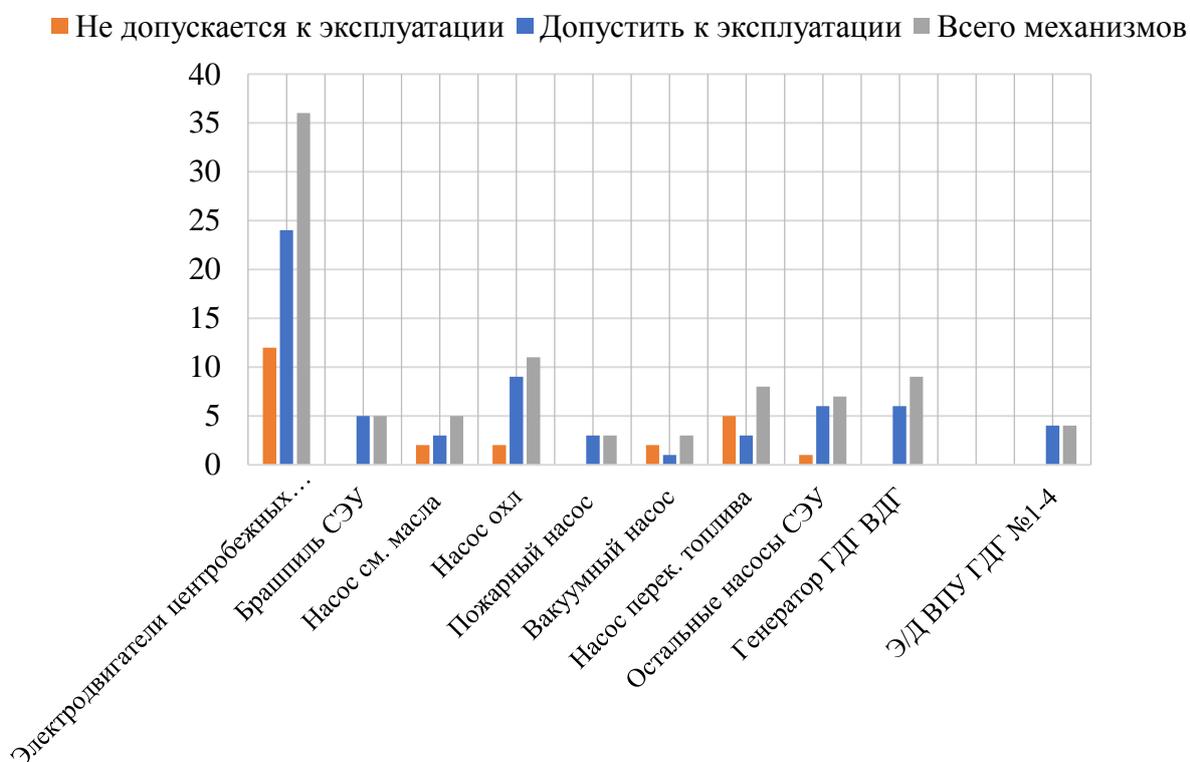
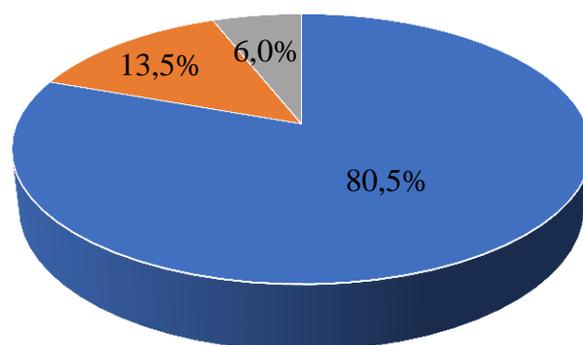


Рисунок 5 – Результаты диагностики судовых механизмов на ледоколе "Дудинка"



- Допускается к эксплуатации ■ Не допускается к эксплуатации
■ Усиленный контроль

Рисунок 6 – Соотношение подшипников допущенных к эксплуатации и забракованных по результатам диагностики

Следует отметить, что часть подшипников допускалась к эксплуатации с условием постоянного контроля за их техническим состоянием. Эти подшипники имели незначительные (зарождающиеся дефекты) Но, как правило, инспектора РМРС требовали их замены.

Закономерно, что подобные же результаты применения безразборной диагностики отмечаются и для "наземной" техники [4].

Выводы

Как видно из диаграмм, приведенных на рис. 3 и рис. 5 большое число продиагностированных механизмов не нуждается в разборке и ремонте. Аналогичная картина складывается и для подшипников (рис. 4 и рис. 6).

Больше 80 % подшипников на ледоколе "Дудинка" являются эксплуатационно пригодными, подобная же картина наблюдается и на ледоколе "Капитан Драницин".

При этом стоит подчеркнуть, что вибродиагностика позволяет определять дефекты на ранних стадиях их возникновения, что делает возможным проводить разумное планирование сроков проведения ремонтов.

Таким образом, к прямой экономии от применения методов безразборной диагностики можно отнести [1]:

- снижение затрат на ремонт оборудования;
- увеличение реального межремонтного периода за счет исключения необоснованных плановых ремонтов (по статистике необоснованные ремонты сокращают реальный межремонтный период на 15–30 %);
- снижение стоимости ремонта за счет выявления дефектов, устранение которых не требует демонтажа оборудования (расцентровки и дисбалансы);
- сокращение резервного оборудования в отдельных технологических процессах;
- снижение объема ремонтных работ.

К косвенной экономии можно отнести устранение потерь от затрат на ликвидацию последствий аварий и внеплановых простоев судна.

Библиографический список

1. Возницкий И. В., Пунда А. С. Судовые двигатели внутреннего сгорания : учеб. для вузов. СПб. : Моркнига, 2008. Т. 2. 468 с.
2. Вибродиагностика : [монография] / под ред. Г.Ш. Розенберга. СПб. : ПЭИПК, 2003. 284 с.

3. Правила классификации и постройки морских судов часть VII "Механические установки" НД:2-020101-114 – СПб. : Рос. мор. регистр судоходства, 2019. 81 с.

4. Дорошев А. Ю., Николайчук Д. Н. Вибродиагностика технического состояния подшипников электрических машин карьерных экскаваторов // Освоение георесурсов дальнего востока России и стран Азиатско-Тихоокеанского региона : отдельные статьи. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 12 (Специальный выпуск 38). С. 30–33.

5. Баркова Н. А. Вибрационная диагностика подшипников скольжения в машинах с рабочими колесами: научное издание // Материалы юбилейной научно-технической конференции, посвященной 100-летию Санкт-Петербургского государственного морского технического университета (кораблестроительного института), Санкт-Петербург, 18–21 мая, 1999. СПб : Изд-во С.-Петербург. гос. мор. техн. ун-та, 1999. Ч. 2. С. 272–276.

6. Баркова Н. А. Введение в виброакустическую диагностику роторных машин и оборудования. СПб : С.-Петербург. гос. мор. техн. ун-т, 2003. 159 с.

7. Лукьянов А. В., Перелыгина А. Ю., Чегаев Н. С. Обработка данных вибрационного контроля вспомогательных машин электровозов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017. № 3 (55). С. 119–125.

8. Лукьянов А. В., Лебедева Н. Ю. Повышение точности анализа вибрации по спектру // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2011. № 2. С. 32–37.

**ИЗУЧЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
В АРКТИКЕ**

Зависимость ширины запрещённой зоны четверного твёрдого раствора AlGaInP от температуры

Власова С. В.,¹ Власов А. Б.² (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", ¹кафедра общей и прикладной физики, ²кафедра электрооборудования судов, e-mail: vlasovasv@mstu.edu.ru)

Аннотация. В работе обсуждаются экспериментальные результаты, полученные при изучении спектров излучения полупроводниковых лазерных диодов, изготовленных на основе четверного твердого раствора AlGaInP. Экспериментально определены зависимости изменения ширины запрещённой зоны от температуры $E_g(T)$ в интервале 50–300 К. Обнаружены особенности зависимости $E_g(T)$, сведения о которых отсутствуют в литературе.

Abstract. The paper discusses the experimental results obtained in the study of the emission spectra of semiconductor laser diodes made on the basis of the AlGaInP quadruple solid solution. The dependences of the change in the width of the band gap on the temperature $E_g(T)$ in the range of 50–300 K were experimentally determined. The features of the $E_g(T)$ dependence were found, information about which is missing in the literature.

Ключевые слова: полупроводниковый лазерный диод, четверной раствор AlGaInP, лазерное излучение, зависимость длины волны излучения лазера от температуры, зависимость ширины запрещённой зоны материала лазера от температуры

Key words: semiconductor laser diode, AlGaInP quadruple solid solution, laser radiation, temperature dependence of the laser radiation wavelength, temperature dependence of the band gap of the laser material

В настоящее время интерес твердотельной электроники к материалам на основе соединений $A^{III}B^V$ и, в особенности, к четверным (ЧТР) и пятерным твердым растворам, а также гетероструктурам на их основе, определяется возможностью независимого управления фундаментальными физическими параметрами – шириной запрещенной зоны, периодом кристаллической решетки и другими. Твердый раствор AlGaInP был разработан в конце 1980-х и начале 1990-х гг. В настоящее время он является основой для изготовления сверхъярких диодов красного, оранжевого и желтого цветов [1].

Четверной твёрдый раствор $A^{III}B^V$ может состоять из атомов двух элементов III-ей группы A и B, произвольным образом распределённых по узлам подрешётки элементов III-ей группы, и атомов двух элементов V группы C и D, произвольным образом распределённых по узлам подрешётки элементов V группы. Такой твёрдый раствор соответствует формуле $A_xB_{1-x}C_yD_{1-y}$. Другая возможность получения четверного твёрдого раствора $A^{III}B^V$ заключается в том, что используют атомы трёх элементов III (или V) группы, про-

извольным образом распределённых по узлам подрешётки элементов III (или V) группы, и атомы одного элемента V (или III), занимающих все узлы подрешётки элементов V (или III) группы. Такой ЧТР описывается формулой $(A_x B_{1-x})_y C_{1-y} D$, где A, B и C – элементы III (или V) группы, а D – элемент V (или III) группы² [2].

В работе [3] приведена диаграмма, которая позволяет оценить возможные значения как ширины запрещённой зоны, так и период решётки ЧТР состава $(Al_x Ga_{1-x})_y In_{1-y} P$ (рис. 1).

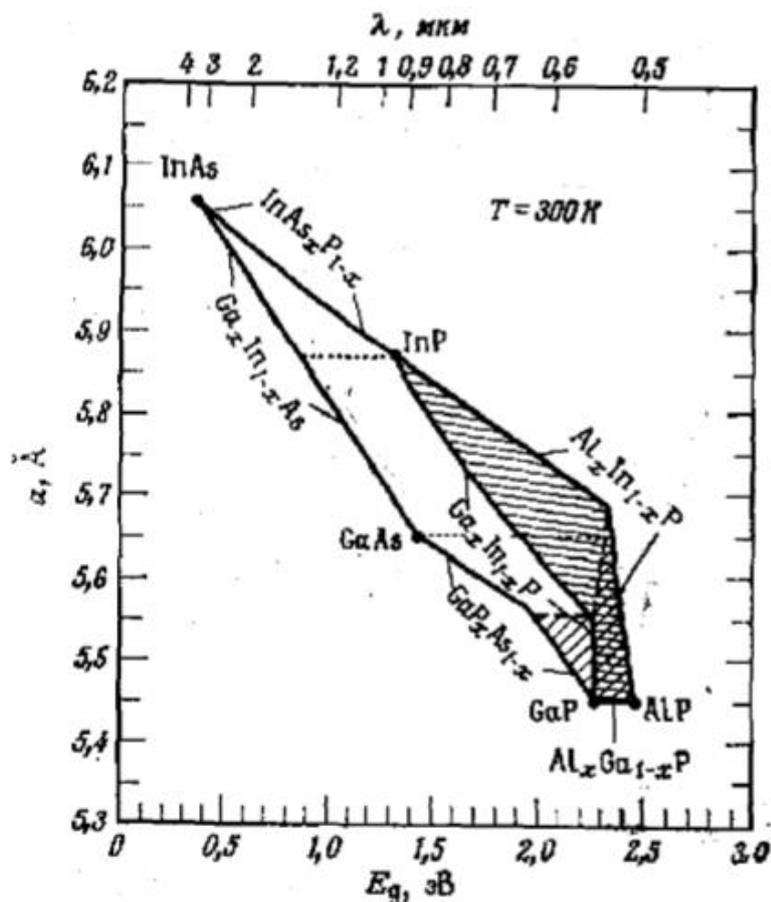


Рисунок 1 – Ширина запрещённой зоны и период решётки
 для $Ga_x In_{1-x} P_y As_{1-y}$ и $(Al_x Ga_{1-x})_y In_{1-y} P$ [3]

Область, относящаяся к $(Al_x Ga_{1-x})_y In_{1-y} P$, показана на рис. 1 горизонтальной штриховкой. Области непрямозонных составов показаны косой штриховкой. Пунктирными линиями указаны составы, изопериодические с бинарными соединениями [3].

² Параметр x и y изменяется от нуля до единицы (за исключением областей несмешивания) [2].

Из рис. 1 следует, что ширина запрещённой зоны E_g для ЧТР состава $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ при температур 300 К может изменяться от 1,42 эВ до 2,3 эВ (прямозонные составы) и от 2,0 до 2,45 эВ (непрямозонные составы). При этом период решётки может изменяться примерно от 0,555 нм до 0,585 нм (для прямозонных составов).

Из табл. 1, на которой представлены полученные нами экспериментальные результаты [4], видно, что ширина запрещённой зоны используемых в эксперименте лазерных диодов L1 и L2 при температуре 300 К равна 1,89 эВ (L1) и 1,95 эВ (L2), что, согласно рис. 1, соответствует прямозонным составам. Из рис. 1 также можно сделать вывод, что постоянная решётки a для диода L1 может лежать в пределах (0,568 ÷ 0,578) нм, а для диода L2 она может изменяться от 0,566 нм до 0,573 нм (если учитывать только прямозонные составы). Из этих фактов, в первом приближении, следует вывод, что постоянные решёток обоих материалов, из которых изготовлены диоды L1 и L2, могут иметь как близкие значения, так и различаться, в пределах указанных интервалов.

Таблица 1 – Длина волны в максимуме спектра излучения, ширина запрещённой зоны при различных температурах, температурный коэффициент изменения ширины запрещённой зоны в различных температурных интервалах для лазерных диодов L1 и L2

Диод	Т, К	$\lambda_{\text{макс}}$, нм	E_g , эВ	$\beta = \frac{dE_g}{dT}$, эВ/К
L1	0 (экстраполяция)	–	2,0	–
L1	50	625,42	1,988	–
L1	50–130	–	–	$-2,33 \cdot 10^{-4}$
L1	130–270	–	–	$-4,63 \cdot 10^{-4}$
L1	270	652,21	1,906	–
L1	300	–	1,89	–
L2	0 (экстраполяция)	–	2,05	–
L2	50	607,27	2,047	–
L2	50–130	–	–	$-2,0 \cdot 10^{-4}$
L2	130–225	–	–	$-3,33 \cdot 10^{-4}$
L2	225–298	–	–	$-5,0 \cdot 10^{-4}$
L2	270	629,67	1,969	–
L2	298	635,02	1,954	–
L2	300 (экстраполяция)	–	1,952	–

Из рис. 1 видно, что как ширина запрещённой зоны четверного твёрдого раствора E_g , так и постоянная решётки a зависят от его состава. Также следует учесть, что ширина запрещённой зоны полупроводниковых материалов E_g зависит для каждого материала от расстояния между атомами, поэтому E_g зависит и от температуры [5].

В работе [5] сделан вывод, что температурная зависимость $E_g(T)$ для полупроводниковых и диэлектрических кристаллов в области температур, далёких от абсолютного нуля, близка к линейной. Из наших экспериментальных результатов (см. табл. 1) следует, что вывод, сделанный в работе [5], не распространяется на ЧТР типа $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$. Нами было показано [4; 6], что для лазерных диодов, изготовленных на основе четверного твёрдого раствора $AlGaInP$, в температурном интервале (50–300) К на зависимости $E_g(T)$ можно выделить два (или три)³ температурных участка, в пределах которых скорость изменения ширины запрещённой зоны $\beta = \frac{dE_g}{dT}$ имеет разную величину (табл. 1). Опираясь на наши экспериментальные результаты, можно утверждать, что линейная экстраполяция для определения изменения ширины запрещённой зоны с изменением температуры, предлагаемая в работе [5], применима в пределах конкретного участка температур зависимости $E_g(T)$.

Из экспериментальных результатов, представленных в табл. 1, следует, что в температурном интервале (50 ÷ 130) К скорость изменения ширины запрещённой зоны с ростом температуры (величина коэффициента β) достаточна близка для обоих лазерных диодов ($-2,33 \cdot 10^{-4}$ эВ/К для диода L1 и $-2,0 \cdot 10^{-4}$ эВ/К для диода L2). После прохождения температуры 130 К, происходит изменение коэффициента β до значения $-4,63 \cdot 10^{-4}$ эВ/К (для диода L1) и до значения $\beta = -3,33 \cdot 10^{-4}$ эВ/К (для диода L2). Таким образом, при температуре 130 К значение β (по абсолютной величине) диода L1 возрастает на 2,3 эВ/К, а у диода L2 – на 1,33 эВ/К. Подчеркнём, что в обоих случаях при температуре 130 К наблюдается резкое возрастание скорости уменьшения ширины запрещённой зоны как функции температуры.

По мере роста температуры происходит увеличение размеров элементарной ячейки кристалла (и уменьшение ширины запрещённой зоны, как

³ Разное число участков соответствует различным маркам лазерных диодов, изготовленных на основе твердого четверного раствора $AlGaInP$ (обозначенных в работе L1 и L2).

это видно из рис. 1), причём в области температур, близких к 130 К, в структуре обоих лазерных диодов, очевидно, происходят некоторые изменения, приводящие, к более резкому уменьшению ширины запрещённой зоны. Считается, что влияние температуры на ширину запрещённой зоны обусловлено двумя основными факторами: зависимостью уровней энергии от объёма элементарной ячейки и электрон-фононным взаимодействием [7]. В рамках выполненного нами эксперимента невозможно ответить на вопрос, какой из двух названных факторов и в какой мере определяет резкое изменение коэффициента β вблизи температуры 130 К. Это может быть предметом дальнейших исследований.

Возникает и второй вопрос, почему по мере возрастания температуры на зависимости $E_g(T)$ могут проявиться два (или три) линейных участка, показывающие различную скорость изменения ширины запрещённой зоны $\frac{dE_g}{dT}$. Интересующая нас структура $AlGaInP$, на базе которой изготовлены исследуемые нами лазерные диоды L1 и L2, включает три элемента третьей группы (Al , Ga , In) и один элемент пятой группы (P). Особый интерес представляют области, в которых период решётки ЧТР (на рис. 1) совпадает с периодом какого-нибудь бинарного соединения [3] (такие материалы принято называть "изопериодические").

Из анализа диаграммы рис. 1 следует, что четверные твёрдые растворы $AlGaInP$, имеющие ширину запрещённой зоны при температуре 300 К в интервале (1,9 ÷ 2,25) эВ, будут являться прямозонными структурами. При этом, материал диода L1 является изопериодическим с GaAs, в то время как материал диода L2 не является изопериодическим с GaAs.

Можно отметить ещё один факт, который подтверждает этот вывод. В литературе отмечается, что твёрдый раствор $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ может быть изопериодическим с GaAs при всех значениях x , если $y = 0,51$ [3].

Для определения состава ЧТР $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ (т. е. значений x и y) рассмотрим плоскость составов (рис. 2). По левой (а также по нижней) стороне треугольника отложен параметр y для бинарного состава, изменяющегося от InP до AlP (на левой стороне) и от InP до GAP (на нижней стороне). На левой стороне треугольника (правее, внутри него) указана соответствующая ширина запрещённой зоны ЧТР состава при 300 К. Поскольку у лазерного диода L1 ширина запрещённой зоны E_g (при 300 К) равна 1,89 эВ

(табл. 1), то из рис. 2 следует, что параметр $x = 0,25$ и $y = 0,51$ в этом случае. Для диода L2 ширина запрещённой зоны равна 1,95 эВ и, соответственно, параметр $x = 0,28$ и $y = 0,55$. Т. о., состав диода L1 является изопериодическим с GaAs, в то время как состав диода L2 не является изопериодическим с GaAs.

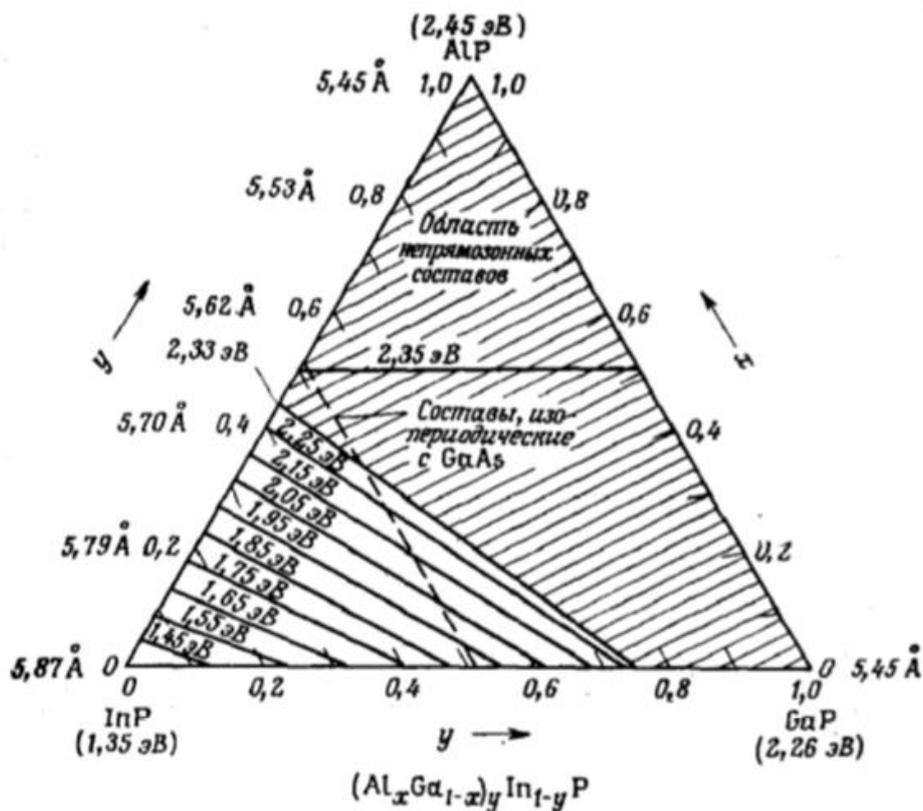


Рисунок 2 – Плоскость составов x - y для $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ при 300 К [3]

Исходя из вышесказанного, можно предположить, что изопериодическая структура ведёт себя более устойчивым образом при повышении температуры. Вследствие этого у диода L1 сохраняется постоянство величины $\beta = -4,63 \cdot 10^{-4}$ вплоть до 300 К, в то время, как у диода L2 уже при 230 К происходит следующая перестройка кристаллической решётки, приводящая к очередному "скачку" коэффициента β (по абсолютной величине) на 1,67 эВ/К. По нашему мнению, требуются дальнейшие экспериментальные исследования, которые позволили бы подтвердить этот вывод.

Выводы. В работе проанализированы экспериментальные зависимости ширины запрещённой зоны четверных твёрдых растворов $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ от температуры, полученные на основании лазерного излучения полупроводниковых диодов, изготовленных из этих материалов. Показано, что при

некоторых температурах может происходить резкое изменение ширины запрещённой зоны ЧТР $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$. Кроме того, обнаружено, что в интервале температур (50–300) К на зависимости ширины запрещённой зоны $E_g(T)$ может наблюдаться как два, так и три линейных участка. Сделан вывод, что для точного объяснения установления причины наблюдаемых явлений требуются дальнейшие эксперименты.

Библиографический список

1. Шуберт Ф. Светодиоды. М. : Физматлит, 2008. 496 с.
2. Кейси Х., Паниш М. Лазеры на гетероструктурах : в 2-х т. М. : Мир, 1981. Т.1. Основные принципы. 299 с.
3. Х. Кейси, М. Паниш. Лазеры на гетероструктурах : в 2-х т.. М. : Мир, 1981. Т. 2. От материалов для гетероструктур до изготовления и характеристик лазеров. 364 с.
4. Власова С. В., Власов А. Б. Шапочкин П. Ю. Особенности излучения лазерных диодов в различных температурных интервалах // Вестник МГТУ. 2017. Т.20, №4. С. 697–704. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2017-20-4-697-704>.
5. Магунов А. Н. Лазерная термометрия твёрдых тел. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. 224 с.
6. Vlasova S., Vlasov A.. Parameters of Laser Diodes Radiation in Different Temperature Intervals // International Journal of Multiphysics. 2019. Vol. 13, Iss. 1. P. 53–60.
7. Зубкова С. М., Русина Л. Н., Смелянская Е. В. Температурная зависимость зонной структуры политипов 3С, 2Н, 4Н и 6Н карбида кремния // Физика и техника полупроводников. 2003. Т. 37, Вып. 3. С. 257.

Нерезонансное ускорение заряженных частиц

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

Аннотация. В работе исследуется ускорение электронов в альвеновской кинетической волне. Продольная компонента электрического поля, направленная вдоль внешнего магнитного поля Земли, приводит к ускорению электронов вдоль и поперек магнитного поля, энергия электронов достигает нескольких кэВ для волн с напряженностью электрического поля ~ 1 В/м.

Abstract. The paper studies the acceleration of electrons in the Alfvén kinetic wave. The longitudinal component of the electric field, directed along the external magnetic field of the Earth, leads to the acceleration of electrons along and across the magnetic field; the electron energy reaches several keV for the wave with strength of the electric field ~ 1 V/m.

Ключевые слова: альвеновская волна, магнитосфера, ионосфера

Key words: alfvén waves, magnetosphere, ionosphere

Введение

В настоящей работе изучается механизм ускорения электронов кинетическими альвеновскими волнами [1]. Периоды колебаний альвеновских волн значительно больше гиропериода электронов даже в экваториальной плоскости магнитосферы на широтах авроральной ионосферы, поэтому резонансные механизмы ускорения электронов не применимы. В дискретных авроральных формах механизмы ускорения связаны со стационарными электрическими полями или квазистационарными, направленными вдоль магнитных силовых линий. Поток, высыпаящихся в ионосферу электронов над дискретными авроральными формами сияний, является либо моноэнергетическим и имеет пространственную структуру в виде перевернутой буквы "V" [2] или, наоборот, имеет достаточно широкий разброс энергий высыпаящихся в ионосферу электронов [3]. В первом случае механизм высыпания электронов связан со стационарным электрическим полем, направленным вдоль магнитных силовых линий. Во втором случае механизмы высыпания связывают с кинетическими альвеновскими волнами, в этом случае авроральные формы называются еще альвеновскими. Кинетическая альвеновская волна имеет вектор электрического поля, направленный под углом к магнитному полю Земли, поэтому имеется продольная составляющая электрического поля волны, направленная вдоль магнитного поля Земли. Электроны ускоряются вдоль магнитной силовой линии и переносят ток. Электрическое

поле в кинетической альвеновской волне направлено практически поперек внешнего магнитного поля, продольная составляющая электрического поля невелика, численное моделирование [4] дает значения $\sim 10^{-5} - 10^{-4}$ В/м. Учитывая достаточно большую продольную длину волны в тысячи километров, ускорение электронов альвеновскими волнами может быть достаточным для появления авроральных форм в ионосфере. В работе исследуется как ускорение магнитосферных электронов продольной компонентой электрического поля альвеновской волны. Поперечная компонента поля эффективна при резонансном ускорении электронов, если выполнено условие $\omega - (k\mathbf{v}) \approx \omega_B$, где ω – циклическая частота волны, \mathbf{k} – волновой вектор, \mathbf{v} – скорость электрона, $\omega_B = eB/m$ – гирочастота электрона, e , m , B – заряд электрона, масса электрона, индукция внешнего магнитного поля в области ускорения. В случае кинетических волн $\omega \ll \omega_B$ и этот механизм ускорения не реализуется.

Ускорение электронов продольной компонентой электрического поля волны

Уравнение движения электрона во внешнем магнитном поле \mathbf{B}_0 и электромагнитном поле волны $\mathbf{E}_\sim, \mathbf{B}_\sim$ имеет вид:

$$m d\mathbf{v}/dt = -e\mathbf{E}_\sim - e[\mathbf{v}, \mathbf{B}_0 + \mathbf{B}_\sim], \quad (1)$$

распишем это уравнения по координатам, для этого ось z направим вдоль внешнего магнитного поля B_0 , ось y вдоль магнитного поля волны B_\sim , тогда \mathbf{E}_\sim будет лежать в плоскости (x, z) под углом φ к оси x . Направление волнового вектора \mathbf{k} составляет угол φ с осью z рис. 1.

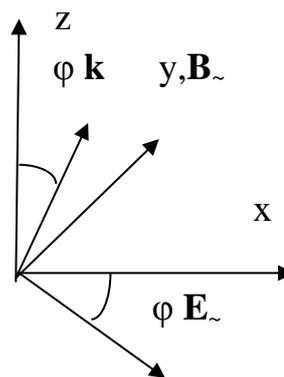


Рисунок 1 – Компоненты кинетической альвеновской волны

Уравнения движения электрона в декартовой системе координат:

$$m dv_z/dt = -eE_{z\sim} - ev_x B_{y\sim}, \quad (2)$$

$$m dv_x/dt = -eE_{x\sim} - ev_y B_0 + ev_z B_{y\sim}, \quad (3)$$

$$m dv_y/dt = ev_x B_0, \quad (4)$$

Связь между электрическим и магнитным полем плоской однородной волны дается уравнением:

$$[k\vec{E}] = \omega\vec{B} \text{ или } (k/\omega)E = B_{y\sim}, \quad (5)$$

волновое число k определяется из дисперсионного уравнения для кинетических альвеновских волн [5]:

$$\omega = k_z v_A / (1 + k_{\perp}^2 \lambda_e^2)^{1/2}, \quad (6)$$

где $\lambda_e = c/\omega_p$, c – скорость света в вакууме, $\omega_p = (e^2 n / \epsilon_0 m)^{1/2}$, n – концентрация электронов, ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума, $v_A = B_0 / (\mu_0 \rho)^{1/2}$ – альвеновская скорость, ρ – плотность магнитосферной плазмы, μ_0 – магнитная проницаемость вакуума.

Электрическое поле плоской волны $E = E_0 \cos(\omega t - k_z z - k_x x)$. Исключим из уравнений (2–4) $B_{y\sim}$ и v_y :

$$m dv_z / dt = -e E_0 (\sin\varphi + k/\omega v_x) \cos(\omega t - k_z z - k_x x), \quad (7)$$

$$d^2 v_x / dt^2 + \omega_B^2 v_x = -e/m (\cos\varphi - v_z k/\omega) d(E_0 \cos(\omega t - k_z z - k_x x)) / dt - (e/m)^2 (k/\omega) (\sin\varphi + k/\omega v_x) (E_0 \cos(\omega t - k_z z - k_x x))^2. \quad (8)$$

Заменяя $(\cos(\omega t - k_z z - k_x x))^2$ на $1/2 + 1/2 \cos(2\omega t - 2k_z z - 2k_x x)$ получим из (8):

$$d^2 v_x^* / dt^2 + \omega_s^2 v_x^* = -e/m (\cos\varphi - v_z k/\omega) d(E_0 \cos(\omega t - k_z z - k_x x)) / dt - (e/m)^2 (k/\omega) (\sin\varphi + k/\omega v_x) E_0^2 \cos(2\omega t - 2k_z z - 2k_x x), \quad (9)$$

где $v_x^* = v_x + (\omega/k) \sin\varphi / (1 + 2 \omega_B^2 / (ek E_0 / m\omega)^2)$, $\omega_s^2 = \omega_B^2 + 1/2 (ek E_0 / m\omega)^2$ частота волны $\omega \ll \omega_s$, тогда решение для x будем искать в следующем виде:

$$x = -(\omega/k) \sin\varphi / (1 + 2 \omega_B^2 / (ek E_0 / m\omega)^2) t + R(t) \cos(\omega_s t), \quad (10)$$

где $R(t)$ – медленно изменяющаяся функция.

$$v_x^* = (R(t) \cos(\omega_s t))' \quad (11)$$

$$v_x = -(\omega/k) \sin\varphi / (1 + 2 \omega_B^2 / (ek E_0 / m\omega)^2) + v_x^* \quad (12)$$

$$z(t) = \int v_z dt. \quad (13)$$

Подставим (10–11) в (9), учитывая, что $R^{(n)} \ll \omega_B^n R$ и пренебрегая малыми слагаемыми, получим:

$$R' \cos(\omega_s t) = -e/m E_0 (\omega - k_z v_z + k_x \omega_s R(t) \sin(\omega_s t)) / (2\omega_s^2) \sin[\omega' t - k_z z - k \cos\varphi R(t) \sin(\omega_s t + \pi/2)] - (e/m)^2 (k/\omega) (\sin\varphi + k/\omega v_x) E_0^2 \cos[2\omega' t - 2k_z z - 2k \cos\varphi R(t) \sin(\omega_s t + \pi/2)], \quad (14)$$

где $\omega' = \omega(1 + 1/2 \sin 2\varphi / (1 + 2 \omega_B^2 / (ek E_0 / m\omega)^2))$,

Воспользуемся разложением:

$$e^{iz \sin x} = \sum_{n=-\infty}^{n=\infty} J_n(z) e^{inx}, \quad (15)$$

где $J_n(z)$ – функция Бесселя, и сохраним в (14) слагаемые в правой части пропорциональные $\cos(\omega_s t)$, в результате получим:

$$R'(t) = e/mE_0 J_1(k_x R(t)) \{ [\omega - k_z v_z - k_x R(t) \sin(\omega_s t)] / (2\omega_s^2) \} \cos(\omega' t - k_z z) - (e/m)^2 (k/\omega) (\sin\varphi + k/\omega v_x) E_0^2 J_1(2k_x R(t)) \sin(2\omega' t - 2k_z z), \quad (16)$$

Точное решение системы уравнений (7,10,13,16) можно получить, используя численное моделирование. В этой работе мы ограничимся оценками продольного и поперечного ускорения электронов.

Оценки продольного и поперечного ускорения электронов

Исследуем ускорение электронов в направлении координаты y . Считая изменение $R(t)$ по времени малым по сравнению с изменением по времени $\sin(\omega_s t)$, воспользуемся приближенным выражением для v_x :

$$v_x \approx -(\omega/k) \sin\varphi / (1 + 2\omega_B^2 / (ek E_0 / m\omega)^2) + \omega_s R(t) \sin(\omega_s t). \quad (17)$$

Выражение для v_x состоит из постоянной части

$$v_{x0} = -(\omega/k) \sin\varphi / (1 + 2\omega_B^2 / (ek E_0 / m\omega)^2)$$

и быстро осциллирующей с частотой ω_s . Если пренебречь изменением $R(t)$ и усреднить быстро осциллирующие члены, уравнение (4) принимает вид:

$$\begin{aligned} mdv_y/dt &= ev_0 B_0, \\ v_y &= (ev_0 B_0 / m)t = (v_0 \omega_B)t, \end{aligned}$$

v_y компонента скорости нарастает с ускорением

$$a_y = v_0 \omega_B = (\omega \omega_B / k) \sin\varphi / (1 + 2\omega_B^2 / (ek E_0 / m\omega)^2).$$

Оценим величину ускорения a_y , пусть $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$, $\omega_B = 6 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$, $k = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^{-1}$, $E_0 = 1 \text{ В/м}$, $\sin\varphi = 0.2$.

$$a_y \approx 1.2 \cdot 10^{10} \text{ м/с}^2.$$

Перепишем уравнение для продольной скорости (7):

$$\begin{aligned} mdv_z/dt &= -e E_0 [\sin\varphi (1 - 1/(1 + 2\omega_B^2 / (ek E_0 / m\omega)^2)) + \\ &+ k/\omega (R(t) \cos(\omega_s t))] \cos(\omega t - k_z z - k_x x), \end{aligned} \quad (18)$$

Скорость $v_{x0} \ll \omega/k$, в этом случае пренебрежем слагаемыми с $R(t)$ в (18):

$$mdv_z/dt \approx -e E_0 \sin\varphi (1 - 1/(1 + 2\omega_B^2 / (ek E_0 / m\omega)^2)) \cos(\omega t - k \sin\varphi z), \quad (19)$$

На рис. 2 показаны численные расчеты v_z при заданных выше параметрах.

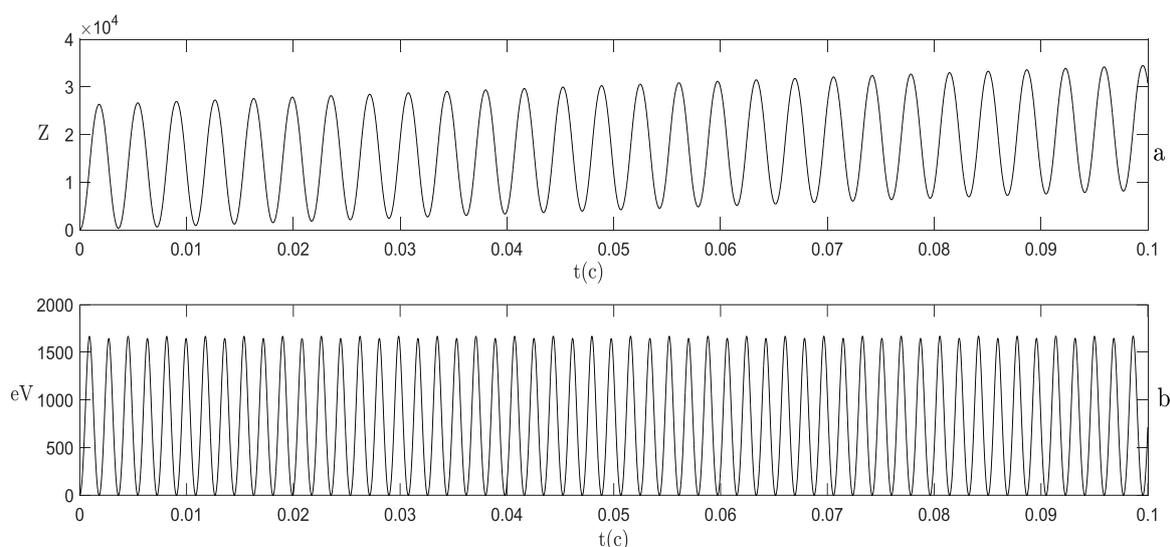


Рисунок 2 – Координата z (в метрах) электрона (а), энергия электрона в эВ

На рис. 2(а) показана координата z электрона, находящегося в электромагнитном поле волны. Из расчетов видно, что электрон захвачен полем волны, совершает колебания в поле волны и смещается вместе с волной, координата z растет. На рис. 2 (б) показана энергия захваченного электрона, она достигает 1.5 кэВ.

Выводы

Движение электрона в сильном электромагнитном поле кинетической альвеновской волны $E \sim 1 В/м$, когда электрон захвачен волной, и стационарном магнитном поле Земли описывается слагаемыми первого и второго порядка по напряженности электрического поля.

Электрон в сильном электромагнитном поле осциллирует и движется вместе с волной.

Энергия электрона возрастает как вдоль магнитного поля Земли, так и поперек. За счет движения электрона поперек магнитного поля линейно со временем возрастает у компонента скорости, направленная вдоль магнитного поля волны $B_{y\sim}$ с ускорением $a_y \approx 1.2 \cdot 10^{10} м/с^2$.

Кинетическая энергия электрона, захваченного волной, осциллирующего вдоль оси z достигает 1.5 кэВ.

Библиографический список

1. Lysak R. L. Feedback instability of the ionospheric resonant cavity // Journal of Geophysical Research. Space Physics. Vol. 96, Iss. A2. P. 1553–1568. DOI: <https://doi.org/10.1029/90ja02154>.

2. Mozer F. S. [et al.]. Satellite measurements and theories of low altitude auroral particle acceleration // *Space Science Reviews*. 1980. Vol. 27, Iss. 2. P 155–213. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf00212238>.

3. McFadden J. P., Carlson C. W., Ergun R. E. Microstructure of the auroral acceleration region as observed by FAST // *Journal of Geophysical Research. Space Physics*. 1999. Vol. 104, Iss. A7. P. 14453–1448. DOI: <https://doi.org/10.1029/1998ja900167>.

4. Волков М. А. Двумерные структуры электрического поля в холодной ионосферно-магнитосферной плазме // *Physics of Auroral Phenomena*”, Proc. XXXVIII Annual Seminar, Apatity, 2015. Kola Science Centre, Russian Academy of Science, 2015. P. 52–55.

5. Goertz C. K., Boswell R. W. Magnetosphere-ionosphere coupling // *Journal of Geophysical Research*. 1979. Vol. 84, Iss. A12. P. 7239–7246. DOI: <https://doi.org/10.1029/JA084iA12p07239>.

Диагностика магнитосферы по изучению динамического спектра атмосфериков

Волков М. А., Смирнов Д. Е. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования, e-mail: volkovma@mstu.edu.ru*)

Аннотация. В работе предлагается метод определения концентрации заряженных частиц в плазмосфере Земли по наземным измерениям динамической спектрограммы свистящих атмосфериков. Полученное значение концентрации согласуется со спутниковыми наблюдениями.

Abstract. The paper proposes a method for determining the density of charged particles in the Earth's plasmasphere from ground-based measurements of the dynamic spectrogram of whistling atmosphericics. The resulting density is consistent with satellite observations.

Ключевые слова: свистящие атмосферерики, плазмосфера

Key words: whistlers, plasmasphere

Введение

В работе предлагается методика определения концентрации заряженных частиц в плазмосфере Земли по динамическому частотному спектру атмосфериков или свистов [1-2], регистрируемых наземным приемником. Частоты свистовых волн лежат в диапазоне от 100 до 10000 Гц, слышимы ухом и воспринимаются как свист из-за частотной дисперсии. Вначале приходят высокочастотные составляющие сигнала, затем низкочастотные. На рис. 1 показан динамический частотный спектр свистовых волн [3]. Свисты можно отнести к направляемым волнам, они распространяются почти вдоль магнитного поля Земли. Вдоль магнитного поля в магнитосфере возникают области повышенной концентрации плазмы, дакты, вдоль которых как в волноводе распространяются свистовые волны. Возникают свисты в результате разрядов молний, существуют и другие механизмы генерации свистовых волн – горячими частицами радиационных поясов. В этом случае свистовые волны генерируются в экваториальной плоскости магнитосферы на расстояниях нескольких радиусов Земли и затем вдоль магнитной силовой линии распространяются к Земле. Скорость распространения зависит от частоты, индукции магнитного поля и концентрации заряженных частиц. Считая, что концентрация вдоль магнитного поля не меняется, и задавая магнитное поле Земли дипольным, можно рассчитать концентрацию плазмы в магнитосфере.

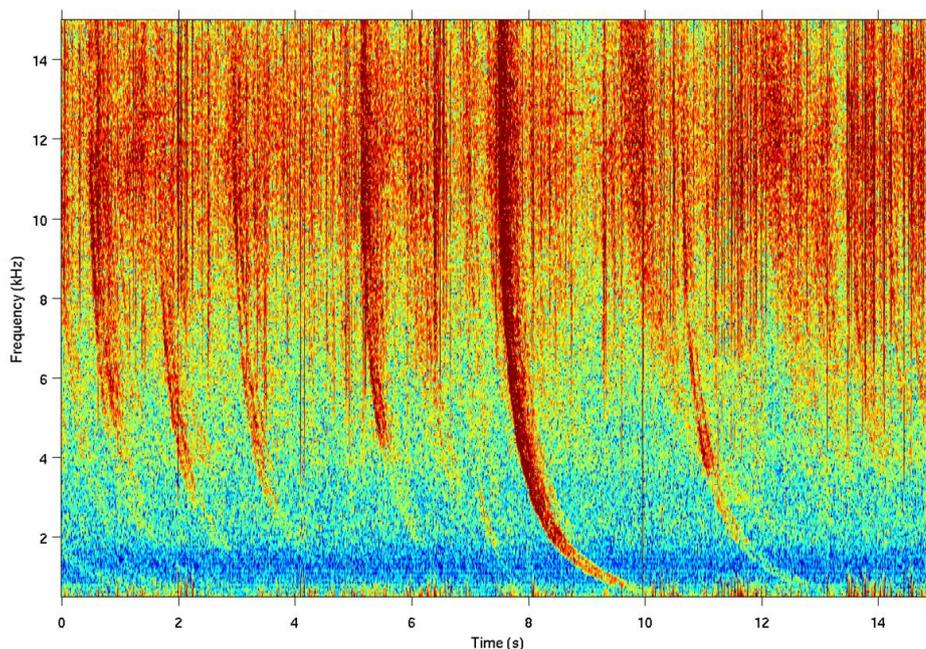


Рисунок 1 – Динамический спектр свистовых волн на станции Палмер

Описание модели магнитосферы

На рис. 2 изображены магнитные силовые линии Земли. На расстояниях в 3–4 радиуса Земли (R_3) магнитное поле достаточно точно описывается дипольной моделью:

$$r = r_0 \sin^2 \theta, \quad (1)$$

$$B = B_0 \left(\frac{R_3}{r} \right)^3 \sqrt{1 + 3 \cos^2 \theta}, \quad (2)$$

где B_0 – индукция магнитного поля на экваторе Земли в магнитной системе координат, $B_0 = 0.34 \cdot 10^{-4}$ Тл, r_0 – расстояние до магнитной силовой линии в экваториальной плоскости магнитосферы, θ – коширота рис. 2.

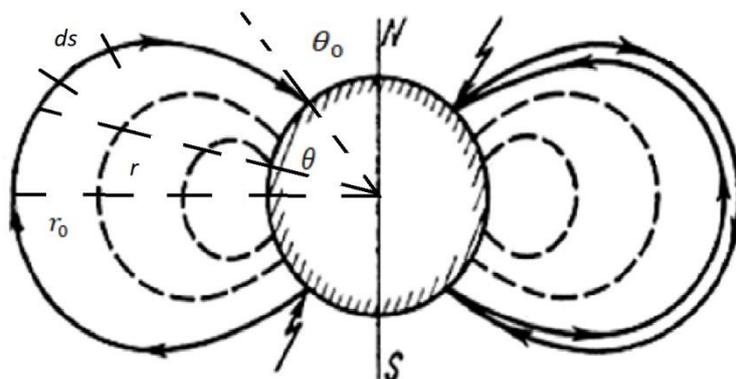


Рисунок 2 – Дипольная модель магнитосферы

Элемент длины магнитной силовой линии:

$$ds = \sqrt{(rd\theta)^2 + dr^2} = r_0 \sin \theta \sqrt{1 + 3\cos^2 \theta} d\theta. \quad (3)$$

Время распространения свистовой волны вдоль ds :

$$dt = \frac{ds}{v_\phi}, \quad (4)$$

где $v_\phi = \frac{c\sqrt{\Omega\omega}}{\omega_p}$ – фазовая скорость свистовой волны, $\Omega = \frac{eB}{m}$ – гирочастота

электрона, e – заряд электрона, m – масса электрона, $\omega_p = \sqrt{\frac{e^2 n}{\epsilon_0 m}}$ – плазменная частота, ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума, n – концентрация электронов.

Определение концентрации в плазмосфере

Для расчета концентрации электронов вдоль силовой линии определим геомагнитные координаты станции Палмер, на которой была получена спектрограмма рис. 1. Геомагнитную кошироту станции определим по формуле:

$$\cos \theta_m = \cos \theta \cos \theta_n + \sin \theta \sin \theta_n \cos(\lambda - \lambda_n), \quad (5)$$

где θ_n и λ_n – географическая коширота и долгота южного магнитного полюса соответственно на момент регистрации свистовых волн 2005 г.; θ и λ – географические координаты (коширота и долгота) станции, θ_m – геомагнитная коширота станции.

Подставляя значения координат станции, получим $\theta_m = 35,4^\circ$. Рассчитаем r_0 из уравнения $R_3 = r_0 \sin^2 \theta_m$, $r_0/R_3 \approx 3$.

Время распространения свистовой волны с частотой ω от экваториальной плоскости в магнитосфере до Земли (станция Палмер):

$$t = \frac{r_0}{\frac{c\sqrt{\omega}}{\omega_p}} \frac{1}{\sqrt{\frac{eB_0(R_3)}{m} \left(\frac{R_3}{r_0}\right)^3}} \int_{\theta_m}^{\pi/2} \sin^3 \theta \sqrt[4]{1 + 3\cos^2 \theta} d\theta. \quad (6)$$

На динамическом спектре выбираем две частоты $\omega_1 = 10$ кГц и $\omega_2 = 2$ кГц на временном интервале 7–10 с, определяем задержку низкочастотной составляющей по отношению к высокочастотной Δt и вычисляем ω_p по которой определяем n :

$$\omega_p = \frac{\Delta t \sqrt{\frac{eB_0(R_3)}{m} \left(\frac{R_3}{r_0}\right)^2} (c\sqrt{\omega_2} - c\sqrt{\omega_1})}{r_0 \int_{\theta_m}^{\pi/2} \sin^3 \theta \sqrt[4]{1 + 3\cos^2 \theta} d\theta}. \quad (7)$$

Получаем значение концентрации $n = 1,65 \cdot 10^9 \text{ м}^{-3}$.

Выводы

На рис. 3 показаны спутниковые измерения концентрации электронов в плазмосфере. Полученное значение хорошо согласуется с результатами измерений. Предложенный метод определения концентрации заряженных частиц в плазмосфере может дополнять спутниковые измерения.

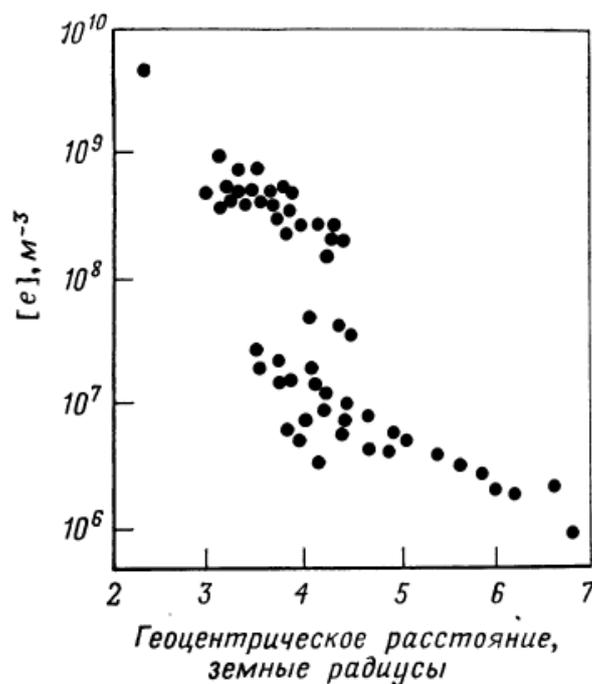


Рисунок 3 – Концентрация электронов в плазмосфере [4]

Библиографический список

1. Стикс Т. Теория плазменных волн. М. : Атомиздат. 1965. 345 с.
2. Молчанов О. А., Маркеева Ю. М. Методика обработки и интерпретации динамических спектров свистящих атмосфериков с целью определения электронной концентрации в магнитосфере Земли. М. : ИЗМИРАН. 1974. 64 с.
3. Атмосферик // Физическая энциклопедия : [в 5 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. М. : Советская энциклопедия, 1988. Т. 1 : Ааронова – Бома эффект – Длинные линии. 707 с.
4. Ратклифф Д. Введение в физику ионосферы и магнитосферы. М. : Мир – 1975. 294 с.

Исследование особенностей применения КВ-радиосвязи в Арктике

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

Аннотация. В работе исследуется вопрос проведения радиосвязи с судами, находящимися в Арктической зоне на коротковолновом частотном диапазоне. Для улучшения качества радиосвязи и увеличения ее надежности предлагается использование антенн, излучающих сигнал как вдоль поверхности моря, так и с близких к зенитным направлений. Рассмотрены вопросы прогнозирования и мониторинга радиотрасс.

Abstract. The paper investigates the issue of radio communication with vessels in the Arctic zone using the short-wave frequency range. To improve the quality of radio communications and increase its reliability, it is proposed to use antennas emitting a signal both along the sea surface and from close to zenith directions. The questions of forecasting and monitoring of radio paths are considered.

Ключевые слова: безопасность мореплавания, ГМССБ, коротковолновая радиосвязь, КВ антенны, высокоширотная ионосфера, прогнозирование распространения радиоволн, мониторинг КВ радиотрасс

Key words: Navigation safety, shortwave radio communication, HF antennas, high-latitude ionosphere, radio wave propagation prediction, monitoring of HF radio paths

Введение

Главные цели, основные задачи, стратегические приоритеты и механизмы реализации государственной политики Российской Федерации в Арктике, а также система мер стратегического планирования социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности России в регионе определены в "Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу", утвержденных Президентом Российской Федерации 18 сентября 2008 г. (Пр-1969). В документе дано определение АЗРФ, сформулированы основные национальные интересы Российской Федерации в Арктике:

1. использование Арктической зоны Российской Федерации в качестве стратегической ресурсной базы Российской Федерации, обеспечивающей решение задач социально-экономического развития страны;
2. сбережение уникальных экологических систем Арктики;
3. использование Северного морского пути в качестве национальной единой транспортной коммуникации Российской Федерации в Арктике. Безопасное развитие Северного морского пути требует повышенного информационного обмена.

Судовая радиосвязь

В настоящее время наиболее активно в Северных широтах развивается спутниковая связь с судами. Но при аварии на судне, капитан должен связаться с координационным спасательным центром при помощи оборудования ГМССБ, одобренного Российским морским регистром судоходства. В состав оборудования ГМССБ входит спутниковая система связи INMARSAT-C, производитель которой не дает гарантию надежного функционирования на широтах выше 70° СШ. Кроме INMARSAT-C остается один способ связи с СКЦ в рамках системы ГМССБ – применение наземной радиосвязи.

Для установления устойчивой радиосвязи нужно правильно выбрать диапазон используемых частот. Расстояние, на котором возможно осуществление радиосвязи, зависит от выбранной частоты, мощности передатчика, типа и размещения антенной системы, чувствительности приемника, условий распространения радиоволн. Для конкретного судового оборудования основным фактором, определяющим дальность связи, является выбранная частота.

В системе связи Морской подвижной службы выделены следующие частоты:

- УКВ (Ультракороткие волны) 156–174 МГц
- ПВ (Промежуточные волны) 1605–4000 кГц;
- КВ (Короткие волны) 4–27,5 МГц

Диапазон УКВ используется для наземной связи на дистанциях до $20 \div 30$ миль, Дальность действия УКВ-радиостанций ограничена дальностью прямой видимости, т. е. первыми десятками километров, промежуточные волны применяют для связи на расстоянии до $100 \div 110$ миль. Примечательно, что на коротких волнах, когда радиосигнал доходит до абонента путем отражения от ионосферы, дальность связи может достигать тысяч миль. С помощью коротких волн (КВ) специалисты обеспечивают максимально дальние связи, поднимая антенны как можно выше и используя все возможные средства, чтобы прижать главный лепесток излучения к горизонту и получить касательное отражение волн от ионосферы.

В рамках глобальной морской системы связи при бедствии (ГМССБ) используются выделенные частоты из диапазона $1,6 \div 27,5$ МГц в следующих поддиапазонах 1,6, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 18/19, 22 и 25/26 МГц.

Распространение ПВ-КВ радиоволн зависит от многих факторов: времени суток, сезона, также от возникновения особых явлений, к которым относятся замирание радиосигналов и наличие зон молчания; радиосвязь мо-

жет также нарушиться из-за возмущений в ионосфере. Наибольшее число ионосферных возмущений происходит вблизи магнитных полюсов.

При работе судов в акватории Баренцева или Белого моря с мурманским морским радиоцентром дальность радиосвязи будет находиться в пределах 50–400 миль.

Однако на таких, относительно небольших по меркам КВ радиосвязи расстояниях, возникают сложности, связанные с использованием судовой ПВ-КВ радиоустановки совместно с судовой штыревой широкополосной антенной.

Штыревая антенна плохо принимает сигналы, приходящие с направлений, близких к зениту. Для проведения связей в КВ диапазоне на коротких дистанциях прижатый к горизонту максимум излучения антенны совсем не оптимален и даже вреден. А если к этому добавить неподходящий выбор диапазона, ближние корреспонденты вообще могут оказаться в мертвой зоне, характерной для распространения КВ. Для исключения образования мертвой зоны в [1] предлагается использование антенн, способных принимать сигнал с направлений, близких к зенитным. Такие решения характерны для техники связи, названной NVIS – Near Vertical Incidence Skywave propagation. Эта техника предусматривает работу пространственной волной, падающей на ионосферный слой почти вертикально, и отражающейся тоже почти вертикально вниз, создавая значительную напряженность поля на небольших расстояниях (десятки – сотни километров) от передатчика. При этом нужно использовать частоты 2–12 МГц, чтобы ионосфера смогла отразить сигнал, распространяющийся почти вертикально вверх.

Антенны для NVIS, в шутку называемые "нагревателями облаков", должны излучать преимущественно вверх. Они плохо подходят для дальних связей, зато создают повышенную напряженность поля в ближней зоне, на расстояниях от 30 (где прямая поверхностная волна уже затухает) до 400 миль. Оптимальная ДН NVIS-антенны показана на рис 1.

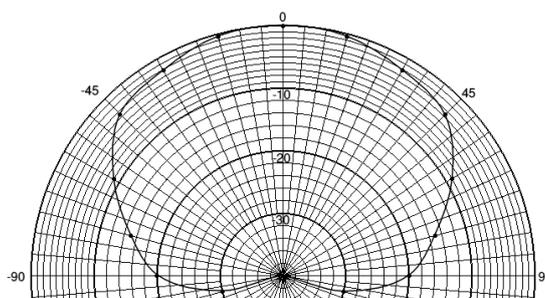


Рисунок 1 – Желательная диаграмма направленности КВ антенны, предназначенной для работы с ближними абонентами

Поэтому рекомендуется совместно со штыревой широкополосной ПВ-КВ антенной, одобренной РМРС использовать также дипольную либо Г-образную антенну, предназначенную специально для организации ближней радиосвязи в коротковолновом диапазоне (рис. 2).

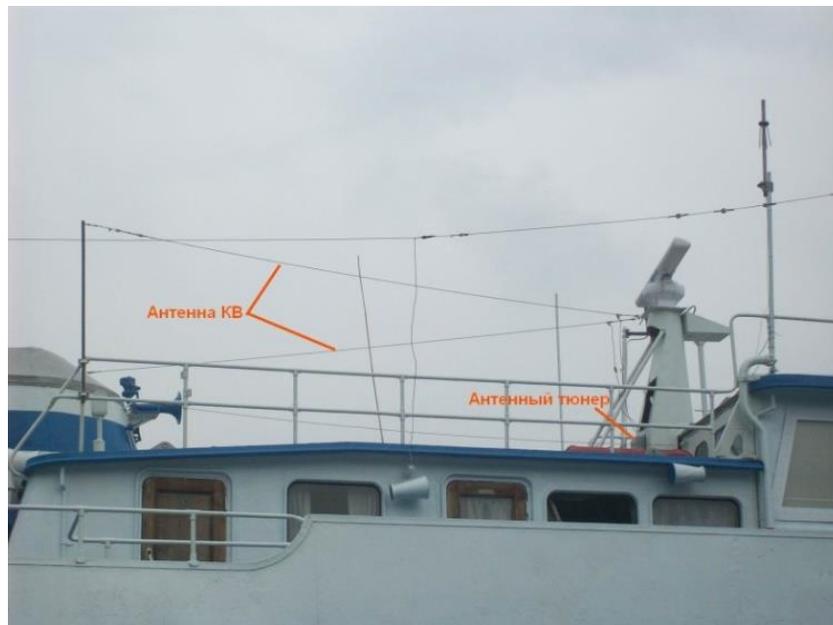


Рисунок 2 – Размещение на судне дипольной КВ антенны

Прогнозирование применимых для коротковолновой радиосвязи частот

Другим требованием к организации КВ радиосвязи является правильный выбор рабочих частот в соответствии со временем суток, временем года и геомагнитной обстановкой.

Рекомендации по выбору рабочих частот (таблица), даны в [2]. Эти рекомендации являются очень общими и слабо подходят для организации ближней КВ радиосвязи в Арктике, где нередки геомагнитные возмущения и сильно проявляется влияние смены не только времени суток, но и времени года.

Для улучшения надежности связи нужно использовать прогнозы распространения радиоволн для именно той радиотрассы, которая возникает при перемещении судна относительно судового радиоцентра. Такими прогнозами может обеспечить РосГидроМет [3]. В качестве бесплатных средств прогнозирования можно использовать специализированное ПО, Voasap [4] и Прогноз РРВ [5]. При прогнозировании определяются применимые для радиосвязи частоты и времена на текущую дату и некоторое время вперед.

Международная научно-практическая конференция "Наука и образование в Арктическом регионе"

Последние средства прогнозирования ионосферы часто используются радиолюбителями.

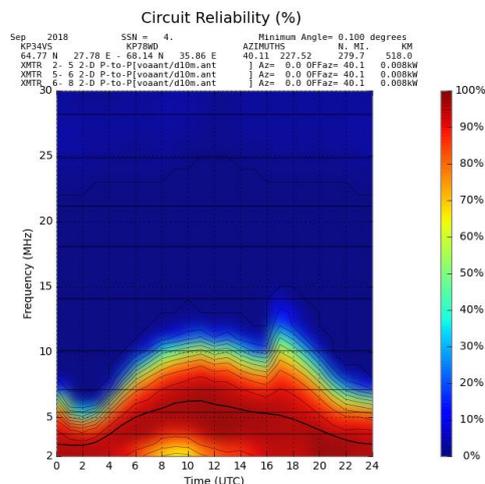


Рисунок 3 – Окно прогноз применимых частот ПО VOACAP

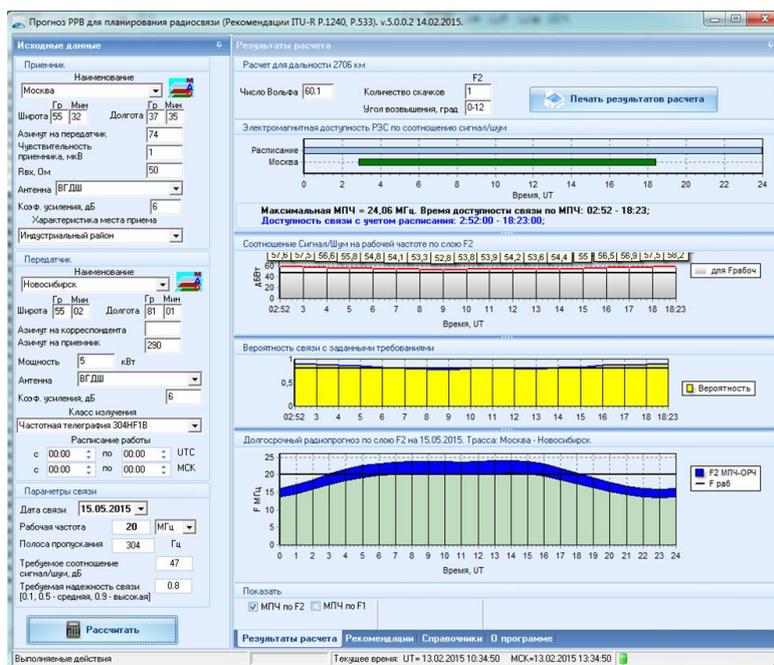


Рисунок 4 – Рабочее окно программы "Прогноз прохождения радиоволн и доступности связи на заданных частотах"

Программное обеспечение позволяет:

- проводить долгосрочное прогнозирование возможности ведения радиосвязи на заданных частотах и для заданных дальностей связи на длительные периоды;
- проводить краткосрочное прогнозирование (до 5 суток вперед от текущего времени) возможности ведения радиосвязи на заданных частотах и для заданных дальностей связи по текущим данным состояния ионосферы;

Для точного прогноза нужно регулярно обновлять версии программ и данные об ионосферных параметрах, которые они используют, для чего зачастую требуется подключение к сети Интернет, что может быть недоступно судну в море в Арктических широтах.

В целом, применение техники прогнозирования распространения радиоволн будет способствовать улучшению качества и надежности связи в КВ диапазоне.

Мониторинг КВ радиотрасс

Открытым остается вопрос надежности прогнозирования распространения радиоволн. Качество прогноза можно оценить при сравнении прогноза с данными мониторинга радиоканала. Такой мониторинг высокоширотного радиоканала проводился на кафедре РЭСиТРО в МГТУ.

Исследовалась трасса Соданкюля – Мурманск. Приемник и передатчик находятся за полярным кругом. Передающая станция находится в Географической обсерватории Соданкюля (Финляндия). Sodankylä Geophysical Observatory, расположенная в 120 км к северу от Полярный круг в Финляндии, является самостоятельной кафедрой университета Оулу. Принимающая станция Мурманск МГТУ. Максимальная мощность передатчика 150 Вт. Излучение в основном направленно вертикально вверх. Данная трасса позволяет понять закономерность прохождения радиосигнала при связи на коротких дистанциях по КВ.

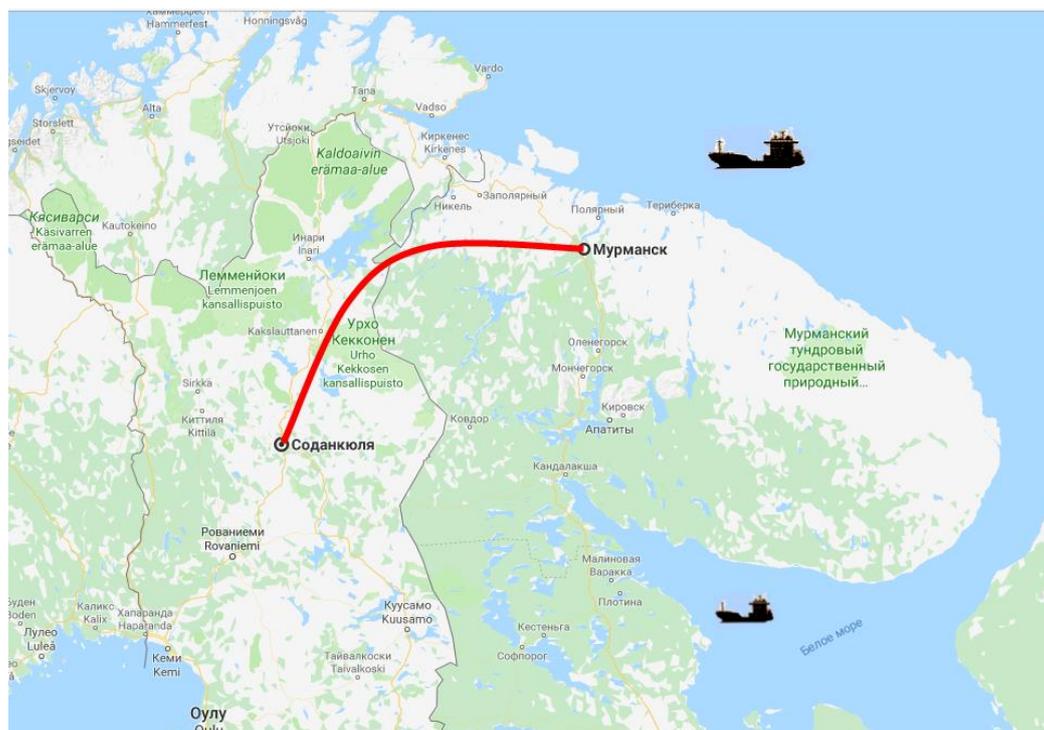


Рисунок 5 – Трасса Соданкюля – Мурманск

Средством мониторинга явился ЛЧМ ионозонд МИР, установленный на кафедре РЭСиТРО, предназначенный для зондирования ионосферы в режиме наклонного зондирования (НЗ) для измерения радиофизических характеристик ионосферы и ионосферных радиолиний. В результате работы получается набор цифровых ионограмм (рис. 6).

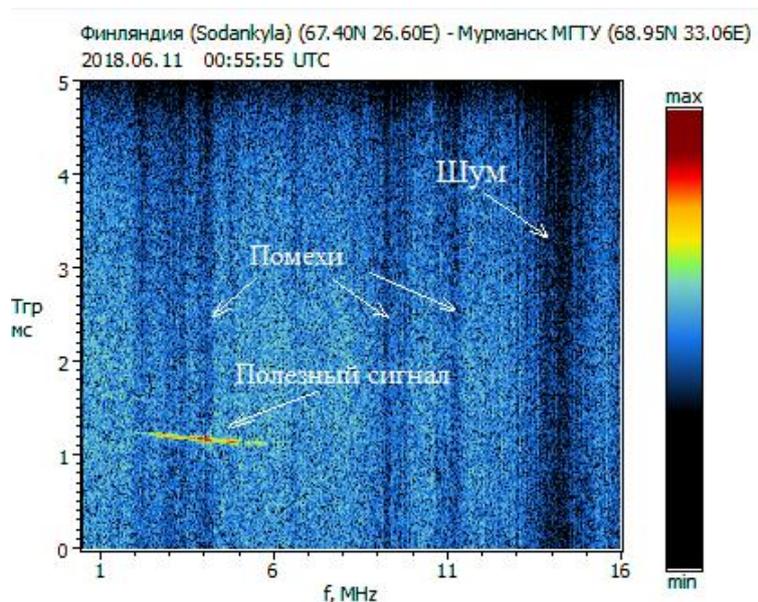


Рисунок 6 – Пример выходных данных ЛЧМ ионозонда МИР

Особое значение системы наклонного зондирования приобретают в периоды магнитно-ионосферных возмущений.

В результате анализа накопленных ионограмм за сутки получены графики для применимых частот для радиосвязи от времени, пример за 25 сентября 2018 г. показан на рис. 7.

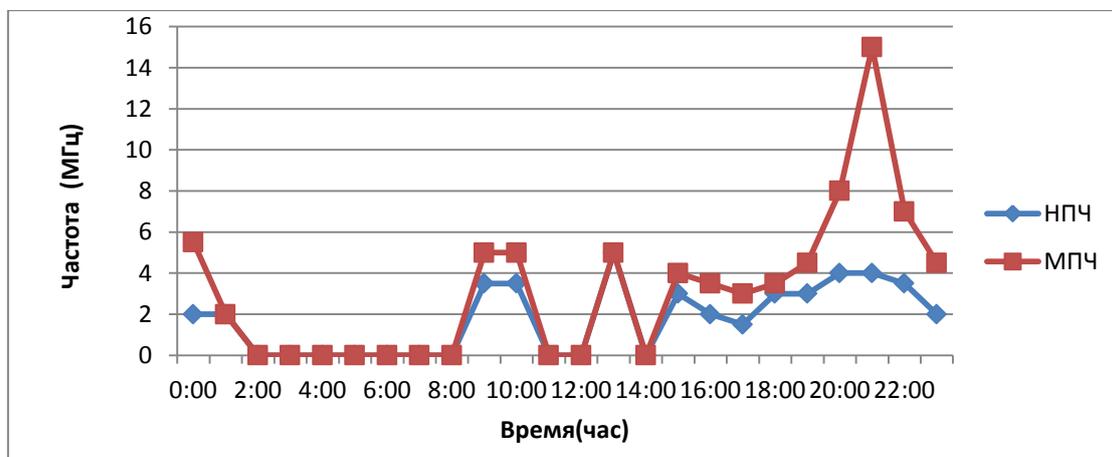


Рисунок 7 – График суточной зависимости применимых частот

Как показали результаты мониторинга, проведенного на кафедре РЭСиТРО летом-осенью 2018 г., прогноз хорошо согласуется с результатом мониторинга только в дни со спокойной геомагнитной обстановкой, всего за время наблюдения точность прогнозирования применимых частот для КВ радиосвязи в Арктике оказалась менее 60 %, и все ошибки прогноза связаны с геомагнитными возмущениями. Во время солнечных вспышек и магнитных бурь количество заряженных частиц в ионосфере увеличивается, причем так неравномерно, что создаются плазменные сгустки – нарушается ее структура и однородность. Это приводит к непредсказуемому отражению, поглощению, искажению и преломлению радиоволн. Ухудшается или пропадает коротковолновая связь, затрудняется работа систем навигации и радиолокации. Магнитные бури в высоких широтах могут практически полностью блокировать радиоэфир на несколько суток. Для повышения надежности КВ радиосвязи в таких условиях желательно иметь на судне средство мониторинга, которое предоставит информацию о применимых для связи в данный момент частотах.

Заключение

1. Коротковолновая радиосвязь может оказаться единственно возможным способом связи судна со спасательным координационным центром при бедствии в Арктике.
2. При работе в районах Баренцева и Белого морей с Мурманским радиоцентром радиотрассы, в основном, оказываются короткими.
3. Для эффективной связи на таких радиотрассах желательно применять антенны зенитной направленности (диполи, Г-образные антенны и т. п.)
4. Рабочие частоты для каждой радиотрассы желательно прогнозировать.
5. Во время геомагнитных возмущений можно попробовать провести связь на более высокой, нежели обычно частоте, используя отражение от Es-слоя, при этом, когда буря разовьется, установление радиосвязи на КВ будет очень затруднительно.
6. Для улучшения надежности радиосвязи на КВ можно проводить мониторинг состояния среды распространения радиоволн при помощи ЛЧМ-ионозонда, либо просто прослушивать и оценивать силу сигнала КВ радиомаяков, учитывая их географическое положение.

Библиографический список

1. Поляков В. Т. NVIS техника ближней связи на КВ // Спецтехника и связь. 2009. №1. С. 59–64.
2. Шарлай Г. Н., Пузачёв А. Н. Справочная книжка оператора ГМССБ. Глобальная морская система связи при бедствии : учеб. пособие для студентов специальностей морского транспорта. Владивосток : ДВ РОУМО. – 2008. 103 с.
3. Прогнозирование распространения радиоволн : сайт Росгидромета. URL: <http://www.meteorf.ru/activity/geophysics>.
4. Прогнозирование распространения радиоволн : сайт радиолобителя с позывным OG6G. URL: <http://www.voacap.com>.
5. Прогнозирование распространения радиоволн : сайт Радиан-М. URL: http://www.radian-m.ru/prognoz_kv.php.
6. Прогнозирование распространения радиоволн. URL: <http://radiokontrol.narod.ru/PrognRRW.htm>.
7. Свирский В. М., Ханычев В. В. Мониторинг ионосферных радиоканалов как основа обеспечения устойчивой радиосвязи в интересах освоения арктической зоны Российской Федерации // Морские информационно-управляющие системы. 2016. № 9. С. 86–91.

Наблюдения сигналов передатчиков радионавигационной системы "Альфа" в авроральной зоне и в области полярной шапки

Никитенко А. С., Пильгаев С. В., Ларченко А. В., Лебедь О. М., Филатов М. В., Федоренко Ю. В. (г. Мурманск, ФГБНУ "Полярный геофизический институт", e-mail: alex.nikitenko91@gmail.com)

Аннотация. Представлены результаты одновременных наблюдений в авроральной области и в области полярной шапки амплитуд и фаз компонент поля сигналов СДВ передатчика радионавигационной системы "Альфа". Показано, что в области полярной шапки эти параметры испытывают вариации, нетипичные для спокойных геомагнитных условий. Наблюдаемые вариации могут быть результатом существования в нижней ионосфере неоднородностей концентрации заряженных частиц.

Abstract. We present the results of simultaneous observations of phases and amplitudes of "Alpha" transmitters signals in the polar ice cap and the auroral region. In the polar ice cap, those parameters change untypically unlike variations under quiet geomagnetic conditions. Existence of the electron concentration irregularities in the polar ice cap ionosphere might result from the observed variations.

Ключевые слова: СДВ передатчик, авроральная зона, зона полярной шапки

Key words: VLF transmitter, auroral region, polar ice cap

Введение

Результаты регистрации компонент поля сигналов СДВ передатчиков радионавигационных систем широко используются для диагностики состояния нижней ионосферы, а также для исследования влияния существования в нижней ионосфере неоднородностей концентрации заряженных частиц на распространение этих сигналов и оценки ошибки позиционирования систем навигации. На сегодняшний день наименее изученными являются особенности распространения и состояния нижней ионосферы в авроральной зоне и в области полярной шапки.

Наиболее информативными для подобного рода наблюдений являются амплитуда и фаза компонент поля сигналов СДВ передатчиков. Эти параметры чувствительны к локальным изменениям в концентрации в нижней ионосфере. В данной работе представлены результаты наблюдений амплитуд и фаз компонент поля сигналов передатчика радионавигационной системы "Альфа", полученные в ходе одновременных наблюдений в авроральной зоне и в области полярной шапки.

Регистрация сигналов СДВ передатчиков

Для исследования особенностей распространения сигналов СДВ передатчиков в пространственно разнесенных точках произведена одновременная

регистрация горизонтальных компонент напряженности магнитного поля H_x , H_y и вертикальной компоненты напряженности электрического поля E_z этих сигналов. Первая точка регистрации расположена в обсерватории Ловозеро (авроральная зона), вторая – в области полярной шапки, на судне "Академик Трешников" во время экспедиции "Трансарктик-2019". В течение всего времени наблюдений положение судна менялось мало. Регистрировались компоненты поля сигнала передатчика радионавигационной системы "Альфа", расположенного в г. Комсомольск-на-Амуре и транслирующего на частоте 11905 Гц. На рис. 1 представлена карта с положением точек регистрации и трасс от передатчика до точек наблюдений. Для регистрации использован трехкомпонентный СНЧ/ОНЧ приемник с прецизионной синхронизацией с мировым временем (ошибка не превышает 1 мкс). Регистрация компонент H_x и H_y велась с использованием треугольных рамочных антенн. С помощью дипольной антенны производилась регистрация компоненты E_z .

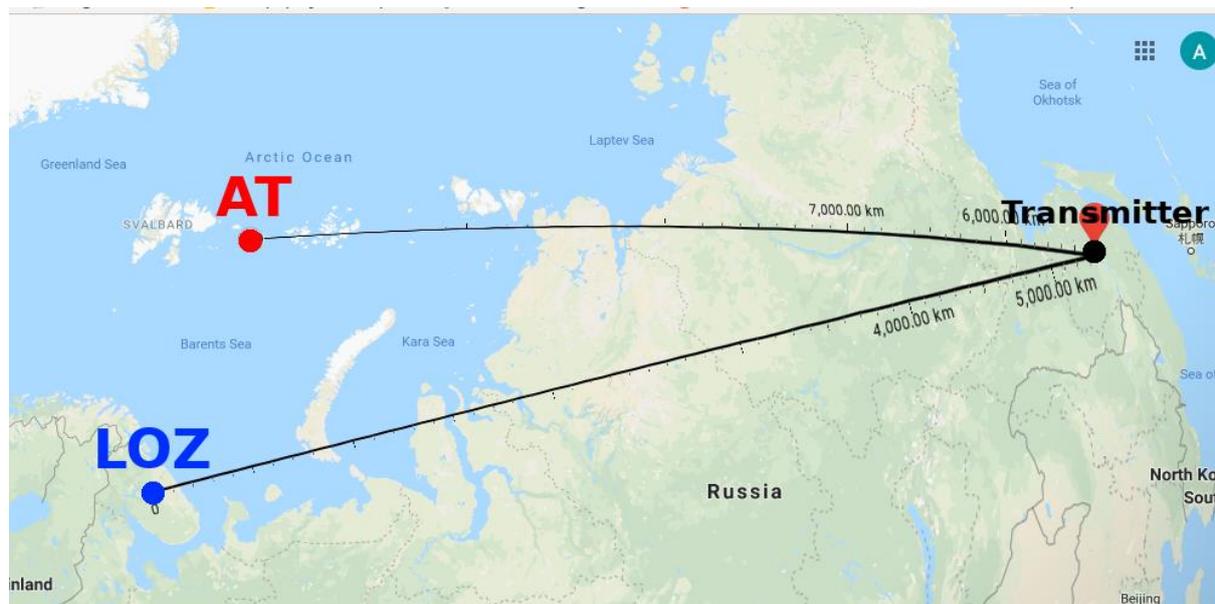


Рисунок 1 – Карта с положением точек регистрации и трасс от передатчика до точек наблюдений

Наблюдения

На рис. 2, а представлены зависимости от времени горизонтальной компоненты магнитного поля, определяемой $H_t = \sqrt{H_x^2 + H_y^2}$, и компоненты E_z , измеренных за интервалы, в которые регистрировались сигналы передатчиков в обеих точках: 12–16 и 19–26 апреля 2019 г. По результатам изме-

рений рассчитывалось отношение вертикальной компоненты напряженности электрического поля к горизонтальной компоненте магнитного E_z / H_t (рис. 2b). Кроме того, рассчитывалась разность абсолютных фаз $\Delta\varphi_z$ сигналов компоненты E_z , зарегистрированных в обеих точках наблюдений. Результаты расчетов разности фаз представлены на рис. 2, с.

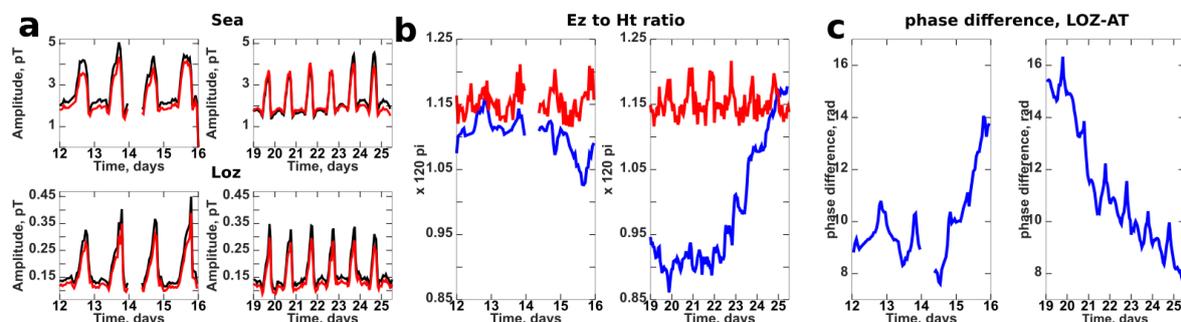


Рисунок 2 – а) Амплитуды горизонтальной компоненты напряженности магнитного поля (красные кривые) и вертикальной компоненты напряженности электрического поля (черные кривые) сигнала передатчика радионавигационной системы "Альфа" расположенного в г. Комсомольск-на-Амуре, по данным наблюдений в (море) (верхние рисунки) и в обсерватории Ловозеро (нижние рисунки) за интервалы 12–16 и 19–26 апреля 2019 г.; б) Зависимость от времени отношения E_z / H_t по данным измерения в (море) (синяя кривая) и в obs. Ловозеро (красная кривая) компонент напряженности электрического и магнитного полей сигнала передатчика радионавигационной системы "Альфа", расположенного в г. Комсомольск-на-Амуре; в) разность абсолютных фаз $\Delta\varphi_z$ между сигналами компоненты E_z , зарегистрированными в обеих точках в выбранные интервалы

Измерения проводились в спокойной геомагнитной обстановке. Максимальное значение индекса dst за интервал наблюдений составило -34 нТ. Риометрическое поглощение, измеренное в obs. Ловозеро, в основном было мало в течение всего интервала. В отдельных случаях поглощение не превышало значения 1 дБ.

Амплитуды регистрируемых в обеих точках компонент поля испытывают идентичный суточный ход, характеризующийся повышением амплитуды регистрируемого сигнала ночью и ее уменьшением днем. Отношение E_z / H_t , измеренное в obs. Ловозеро (рис. 2b), также испытывает суточные вариации и изменяется в интервале ~ 1.16 (ночью) – 1.22 (днем) за все время наблюдений. Рассчитанное по данным наблюдений в (море) отношение E_z / H_t имеет иной характер изменения. В интервал с 12-го по 14-е апреля значения этого отношения мало отличаются от значений, измеренных в obs. Ловозеро –

~1.10 днем и ~1.15 ночью. С 15-го апреля значение отношения E_z / H_t уменьшается. В интервал 19–23 апреля оно принимает значения 0.9–0.94. При этом суточный ход едва заметен. Начиная с 24 апреля, значения отношения E_z / H_t снова становятся близки к значениям, наблюдаемым в обс. Ловозеро.

Разность абсолютных фаз $\Delta\varphi_z$ между сигналами компоненты E_z , зарегистрированными в обеих точках в выбранные интервалы, с 12-го по 14-е апреля испытывает суточные вариации. Разница между дневными и ночными значениями $\Delta\varphi_z$ составляет 1.2–1.7 радиан. Стоит отметить, что максимум разности фаз совпадает с минимумом отношения E_z / H_t за этот интервал. Начиная с 15-го апреля, значение $\Delta\varphi_z$ начинает увеличиваться. В начале следующего интервала, т. е. 19-го апреля, разность фаз составляет значения почти такие же, какие наблюдались 15-го апреля. Затем происходит уменьшение значения разности фаз. С 21-го апреля становится отчетливо виден суточный ход. А с 24-го апреля значения разности фаз становятся близки тем, что наблюдались с 12-го по 14-е апреля.

Обсуждение результатов

Регистрируемый суточный ход в амплитудах компонент электрического и магнитного поля обусловлен наличием D-слоя ионосферы днем и отсутствием этого слоя ночью. Отношение E_z / H_t , измеренное в обс. Ловозеро, принимает значения, типичные для спокойных геомагнитных условий. Наблюдаемые результаты в обс. Ловозеро согласуются с теоретическими представлениями о характере распространения сигналов СДВ передатчиков в волноводе Земля-ионосфера при спокойных геомагнитных условиях.

Наблюдаемые отличия во временном ходе отношения E_z / H_t в обс. Ловозеро и в (море), обусловленные суточными вариациями D-слоя, могут быть объяснены различием в характере распространения сигнала передатчика до точки наблюдений вследствие разных условий распространения на радиотрассах Комсомольск-на-Амуре – Ловозеро и Комсомольск-на-Амуре – море. На больших расстояниях от передатчика радиосигнал с частотой 11905 Гц распространяется в волноводе Земля-ионосфера на модах TE и TM. При этом наиболее благоприятные условия для распространения остаются только у TE01 и TM01 мод, причем наименьшее затухание имеет TM01, а остальные моды быстро затухают при удалении от передатчика. Длина радиотрасс Комсомольск-на-Амуре – Ловозеро и Комсомольск-на-Амуре – (море) отличается примерно на 800 км, но большая часть первой трассы пролегает над грунтом, в то время как почти половина второй проходит над морем.

Поскольку удельная проводимость грунта значительно меньше проводимости морской воды, коэффициент отражения от поверхности морской воды значимо больше, чем от земной поверхности. Поэтому распространение СДВ волн в волноводе с нижней стенкой в виде морской воды будет происходить с меньшим затуханием, чем когда нижняя стенка представлена в виде земной поверхности. Отсюда следует, что вклад ТЕ01 моды в электромагнитное поле сигнала передатчика в море будет больше, чем в Ловозеро. Вследствие того, что ТЕ01 мода не имеет вертикальной компоненты электрического поля, ее присутствие приводит к уменьшению отношения E_z / H_t по сравнению с регистрируемым в обс. Ловозеро, где вклад этой моды ожидается незначительным вследствие ее затухания при распространении над земной поверхностью. Наблюдаемое увеличение значения разности фаз может быть как результатом уменьшения фазовой скорости сигнала передатчика, так и изменением положения регистрирующих систем относительно друг друга.

Выводы

Вариации отношения E_z / H_t , регистрируемых в (море), от типичных (регистрируемых в обс. Ловозеро), а также регистрируемое в это время изменение разности фаз, могут свидетельствовать о локальном изменении состояния верхней отражающей стенки волновода Земля-ионосфера. Одним из возможных механизмов такого изменения могут служить локальные высыпания энергичных частиц в ионосфере. Точка регистрации (море) находится в окрестности полярной шапки. Свойства ионосферы в этой области еще мало изучены. Результаты данного эксперимента могут быть полезны при исследовании ионосферы в области полярной шапки и особенностей распространения СДВ волн в данной области.

Библиографический список

1. Anirban Guha [et al.]. Response of the equatorial lower ionosphere to the total solar eclipse of 22 July 2009 during sunrise transition period studied using VLF signal // Journal of Geophysical Research: Space Physics. 2010. Vol. 115, Iss. A11. DOI: <https://doi.org/10.1029/2009JA015101>.
2. Clilverd M. A. [et al.]. Total solar eclipse effects on VLF signals: Observations and modeling // Radio Science. 2001. Vol. 36, iss.4. P.773–788. DOI: <https://doi.org/10.1029/2000RS002395>.
3. Hoy R. D. The effect of a total solar eclipse on the phase of long path V.L.F. transmissions // Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics. 1969. Vol. 31. Iss. 7. P. 1027–1028. DOI: [https://doi.org/10.1016/0021-9169\(69\)90149-4](https://doi.org/10.1016/0021-9169(69)90149-4).

**Сходство и различие между ориентацией поперечной анизотропии
мелкомасштабных неоднородностей и направлением дрейфа в F-слое
в зависимости выбора области наблюдения дрейфа
(московский регион, январь 2014 г.)**

Романова Н. Ю.,¹ Телегин В. А.,² Панченко В. А.,² Жбанков Г. А.³
(¹г. Мурманск, ФГБНУ "Полярный геофизический институт",
e-mail: romanova@rgi.ru, ²г. Москва, ФГБУН Институт земного магнетизма,
ионосферы и распространения радиоволн (ИЗМИРАН) им. Н. В. Пушкова
РАН, ³г. Ростов-на-Дону, НИИ физики Южного федерального универси-
тета, *e-mail: gzhbankov@sfedu.ru*)

Аннотация. Проведено численное сравнение между направлением дрейфа (ионозонд DPS-4, установлен в ИЗМИРАН) и ориентацией поперечной анизотропии мелкомасштабных (несколько сотен метров) неоднородностей электронной плотности F-слоя (радиотомографический приемник ПГИ, установлен в МГУ). На примере трёх случаев за январь 2014 г. показано, что сужение области наблюдения дрейфа ведёт к уменьшению различия между направлением дрейфа и ориентацией поперечной анизотропии.

Abstract. Numerical comparison between the drift direction (ionosonde DPS-4, located in IZMIRAN) and the orientation of cross-field anisotropy of small-scale (several hundreds meters) irregularities of electronic density in F-layer is made (radiotomographic receiver of PGI, located in MSU). On the example of three cases in January, 2014 it is shown that narrowing of observation field of drift reduced the difference between the drift direction and the orientation of cross-field anisotropy.

Ключевые слова: ионосферные неоднородности, ионозонд, радиотомография

Key words: ionosphere irregularities, ionosonde, radiotomography

Введение

Разработанный в Полярном геофизическом институте (ПГИ) метод радиозондирования с последующей математической обработкой амплитуды радиосигнала [1] позволяет исследовать мелкомасштабные (сотни метров поперёк магнитного поля) неоднородности электронной плотности в F-области ионосферы. Неоднородности анизотропны, т. е. вытянуты преимущественно вдоль геомагнитного поля (ось α – продольная ось анизотропии) и менее вытянуты в направлении поперёк геомагнитного поля (ось β – поперечная ось анизотропии). Т. е. форма поперечного геомагнитному полю сечения – эллипс с большей осью β . Величины осей для среднеширотной ионосферы определяются выражением $1 < \beta < \alpha$ и соотношение $\beta : \alpha$ варьирует от 1 : 2

до 1 : 20, в большинстве случаев составляя 1 : 7 [2]. Эти параметры схожи с соответствующими параметрами высокоширотных неоднородностей [3]. При различных геофизических условиях поперечная анизотропия (ось β) как в высоких широтах, так и в средних имеет различную ориентацию (угол Ψ_A) относительно направления на географический север. В работах [2; 3] показано, что причиной различной ориентации поперечной анизотропии Ψ_A является горизонтальный нейтральный ветер в первом случае и дрейф плазмы $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$ во втором случае.

Данная работа является продолжением исследования, начатого в работе [4], где при численном сопоставлении Ψ_A и Ψ_D (угол Ψ_D – направление дрейфа относительно географического севера) в немногих случаях (от общего их количества) различие между этими величинами было больше ожидаемого. В данной работе мы покажем причину этого на примере трёх случаев в январе 2014 г. в московском регионе.

Наблюдения

Радиотомографическая цепочка ПГИ (Шпицберген – Кольский п-ов – Карелия – Москва) много лет ведёт мониторинг ионосферы, принимая радиосигналы российских навигационных спутников с периодом обращения ~ 104 минуты и высотой ~ 1000 км. Из данных за январь 2014 г., полученных радиотомографическим приёмником в МГУ (г. Москва), выбраны 3 случая регистрации мелкомасштабных неоднородностей в спокойных геомагнитных условиях. Одновременно ионозондом DPS-4, установленном в ИЗМИРАН, были получены данные о направлении дрейфа.

Опишем кратко метод определения дрейфа. Измерение скорости дрейфа ионосферных крупномасштабных неоднородностей ионозондами DPS-4 базируется на возможности измерять доплеровские сдвиги (т. е. радиальные скорости перемещения) и угловое расположение на "карте неба" отдельных ионосферных неоднородностей. Если выбрать из всей совокупности неоднородностей три, не совпадающих между собой, то предполагая, что у них один и тот же вектор скорости, можно записать несложную систему уравнений, используя их угловое положение и их доплеровские сдвиги, и, решив эту систему, получить этот вектор скорости. Выбирая всевозможные подобные "тройки" получим массив векторов скорости в геомагнитных или географических координатах. На ионозонде DPS-4 этот алгоритм реализован автоматически. Если неоднородностей много (сотни или тысячи), то можно

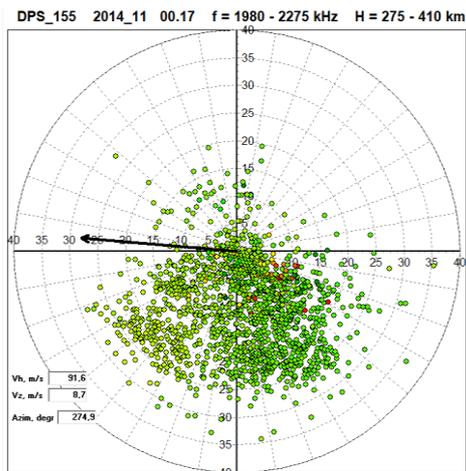
оценить средние значения скорости и дисперсию скоростей, определяющую точность измерений. Удовлетворительными можно считать измерения, где средние значения скоростей в 3–5 раз превышают среднеквадратичные отклонения. Ионозонд DPS-4 позволяет получать зависимости трех проекций скоростей движения неоднородностей от времени. В дневные часы, когда ионосферное рассеяние меньше (меньше число неоднородностей на "картах неба" и узок занимаемый ими конус вокруг зенита), точность измерения скоростей хуже. В ночных условиях, когда неоднородностей на "картах неба" сотни или тысячи, точность измерения скоростей повышается.

Опишем кратко метод определения параметров мелкомасштабных неоднородностей: α , β и Ψ_A . Наземным приемником в течение 18 минут нахождения спутника в зоне радиовидимости записывается радиосигнал, который искажается при прохождении через F-слой ионосферы, содержащий мелкомасштабные неоднородности. Если рассчитать дисперсию логарифма относительной амплитуды радиосигнала и представить её графически, то участок наибольшей сцинтилляции амплитуды радиосигнала имеет вид максимума, в несколько раз превышающего уровень фона. Путём аппроксимации экспериментального максимума теоретическим максимумом (моделью мелкомасштабных неоднородностей) можно определить параметры неоднородностей: α , β и Ψ_A . Ширина теоретического максимума зависит от величин α и β , а его пространственное положение – от величины Ψ_A , которая в большинстве случаев определяется с точностью 2–3°.

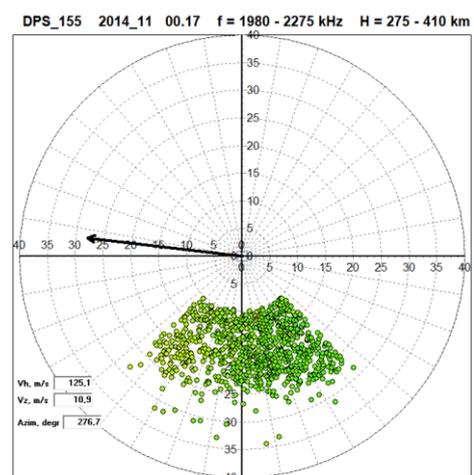
Рассмотрим выбранные 3 случая: 11, 15 и 26 января 2014 г. Для каждого из них на рис. 1 приведены карты неба ионозонда DPS-4.

Зелёные точки на всех шести графиках – области отраженного радиосигнала, по совокупности которых определено направление дрейфа (черный вектор с началом в центре каждого графика). Численно направление дрейфа Ψ_D приведено внизу каждого графика. В левом столбце карты неба показаны полностью. В правом столбце показаны суженные области, т. е. такие участки карты неба, которые пространственно близки к области регистрации мелкомасштабных неоднородностей. Сужение области наблюдения дрейфа в первых двух случаях не изменило величину Ψ_D . Но в третьем случае различие составило 46°, что указывает на изменчивость направления дрейфа в данном случае.

11 января 2014 г.

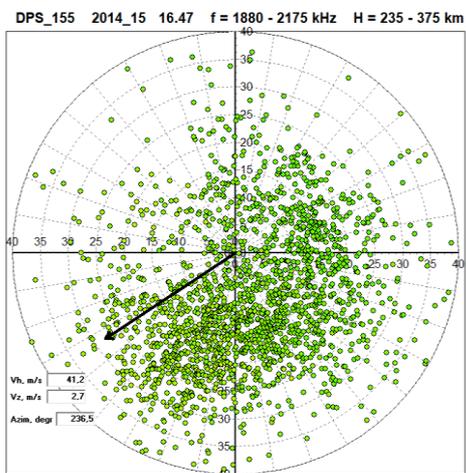


$\Psi_D = 275^\circ$

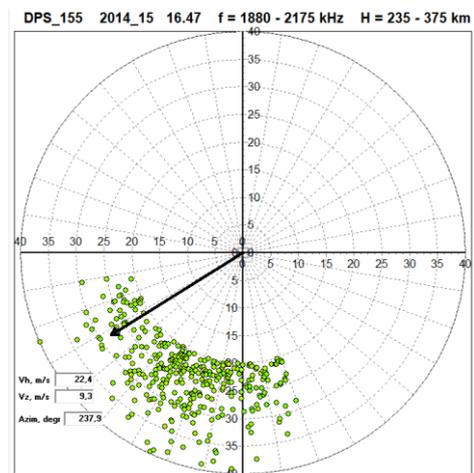


$\Psi_D = 275^\circ$

15 января 2014 г.

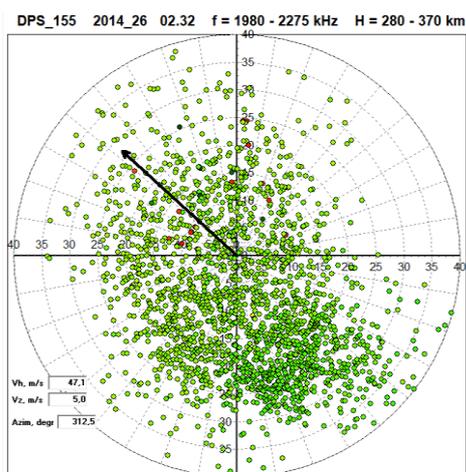


$\Psi_D = 237^\circ$

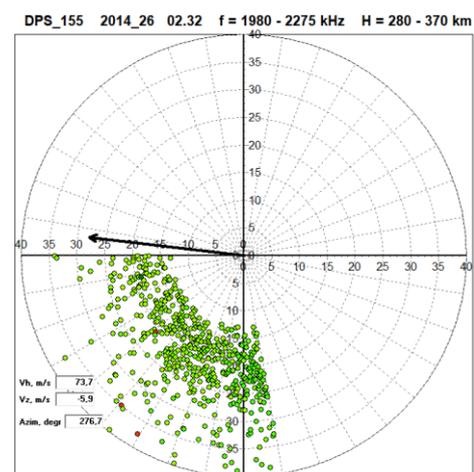


$\Psi_D = 237^\circ$

26 января 2014 г.



$\Psi_D = 313^\circ$



$\Psi_D = 267^\circ$

Рисунок 1 – Карты неба ионозонда DPS-4 для 11, 15 и 26 января 2014 г. с направлением дрейфа (черный вектор), рассчитанным по большому массиву данных (левый столбец) и по суженной области (правый столбец)

На рис. 2 приведены графики логарифма относительной амплитуды – экспериментальный и теоретический. Метод определения параметров неоднородностей предполагает их постоянство в области, охватываемой максимумом.

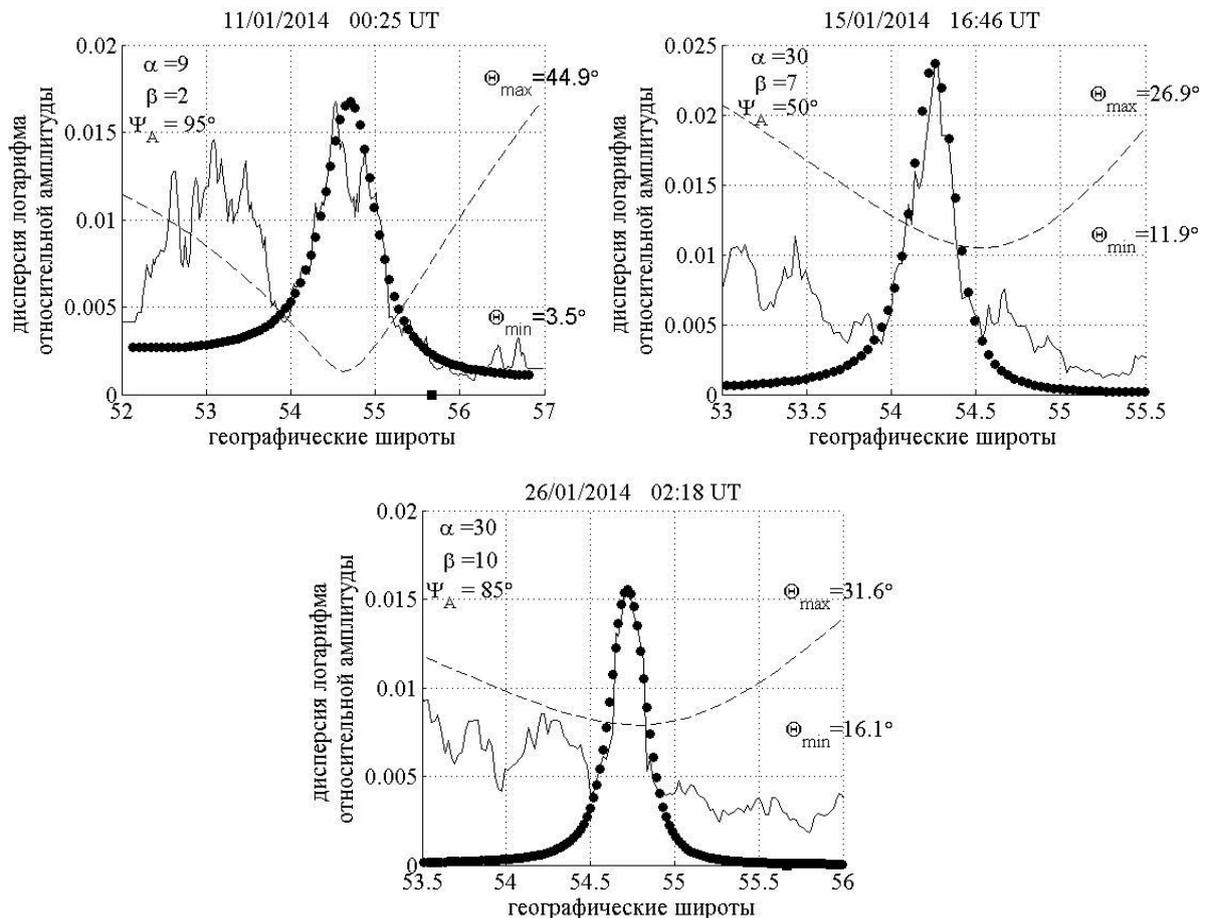


Рисунок 2 – Экспериментальный (тонкая сплошная кривая) и теоретический (черные кружки) графики дисперсии логарифма относительной амплитуды спутникового сигнала. Пунктиром показан график углов Θ спутника с магнитным полем относительно наблюдателя

Параметры неоднородностей α , β и Ψ_A приведены в левом верхнем углу каждого графика на рис. 2. Поскольку β – ось поперечной анизотропии, то при необходимости к значениям Ψ_A можно прибавить 180° . В нашем случае такая необходимость есть, она обусловлена направлением дрейфа. Поэтому, для 11 января $\Psi_A = 95^\circ (\equiv 275^\circ)$ и при $\Psi_D = 275^\circ$ различие $|\Psi_A - \Psi_D|$ составляет $\Delta\Psi = 0^\circ$. Для 15 января $\Psi_A = 50^\circ (\equiv 230^\circ)$ и при $\Psi_D = 237^\circ$ различие $\Delta\Psi = 7^\circ$. Для 26 января $\Psi_A = 85^\circ (\equiv 265^\circ)$ и при $\Psi_D = 267^\circ$ различие $\Delta\Psi = 2^\circ$. Очевидно, если пользоваться данными о направлении дрейфа, рассчитанного по полной карте неба, то различие составило бы $\Delta\Psi = 48^\circ$.

Заключение

Численное сравнение между направлением дрейфа в F-слое и ориентацией поперечной анизотропии мелкомасштабных неоднородностей показало их хорошее согласие. Различие между ними тем меньше, чем ближе расположены наблюдаемые области. Экспериментальные данные были получены в московском регионе в январе 2014 г. ионозондом DPS-4, установленном в ИЗМИРАН, и радиотомографическим приёмником ПГИ, установленном в МГУ.

Благодарность. Авторы благодарят сотрудников лаборатории радиопросвечивания Полярного геофизического института за проведение экспериментальных работ.

Библиографический список

1. Tereshchenko E. D., Khudukon B. Z., Kozlova M. O., Nygren 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>.

2. Романова Н. Ю. Взаимосвязь между направлением горизонтального ветра и ориентацией поперечной анизотропии мелкомасштабных неоднородностей в F-области среднеширотной ионосферы // *Геомагнетизм и Аэронавтика*. 2017. Т. 57, № 4. С. 463–471.

3. Козлова М. О. Исследование неоднородностей километрового масштаба в F-области высокоширотной ионосферы по данным о мерцаниях спутниковых радиосигналов : дис. канд. физ.-мат. наук : 25.00.29. М., 2002. 120 с.

4. Романова Н. Ю., Панченко В. А., Телегин В. А. Корреляция между направлением дрейфа и ориентацией поперечной анизотропии мелкомасштабных неоднородностей в ионосфере над Москвой // *Наука и образование в Арктическом регионе : материалы междунар. науч.-практ. конф. г. Мурманск, 2–6 апреля 2018*. Мурманск : МГТУ, 2018. С. 161–166.

**Вариации полного электронного содержания
в нижней ионосфере высоких широт во время солнечных затмений**

Черняков С. М. (г. Мурманск, ФГБНУ "Полярный геофизический институт",
e-mail: smcherniakov@gmail.com)

Аннотация. Рассмотрено поведение полного электронного содержания в нижней ионосфере высоких широт во время солнечных затмений. Показано, что во время солнечных затмений в вариациях полного электронного содержания присутствуют колебания с периодами от 20 до 60 минут.

Abstract. The total electron content behavior in the high-latitude lower ionosphere during solar eclipses was considered. It was shown that during solar eclipses total electron content variations had periods from 20 to 60 minutes.

Ключевые слова: полное электронное содержание, солнечное затмение, колебания
Key words: total electron content, solar eclipse, variations

Введение

Уже начиная с первых наблюдений солнечных затмений исследователи заметили, что в поведении ионосферных параметров не всегда наблюдается монотонный характер изменений, связанный с изменением солнечного излучения во время затмения. Mimno and Wang [1] при зондировании ионосферы на фиксированной частоте во время солнечного затмения 31 августа 1932 г. зафиксировали немонотонные изменения высоты слоя Кеннели-Хевисайда. Они указали на появление двух пиков на записи высоты отражения зондирующего сигнала от высот F-области. Этот эффект был также зарегистрирован Шафером во время подобных измерений [2], в дальнейшем эффект появления во время затмения двух максимумов в поведении минимальной частоты отражения был зафиксирован на ионозонде [см., например, 3].

В 1970 г. Chimonas and Hines [4] предположили, что во время солнечных затмений сверхзвуковое движение лунной тени в атмосфере Земли может генерировать появление атмосферных гравитационных волн, которые могут быть обнаружены наземными установками. Была выполнена масса наблюдений различных проявлений солнечного затмения, в том числе и волновых, которые подтвердили возможность их появления. В последние годы большинство исследований выполнено на основе данных по полному электронному содержанию (ПЭС), получаемых с помощью глобальных навигационных спутниковых систем. В этом случае основной вклад в ПЭС дает электронная плотность F-области и протоносферы. В силу сложностей эксперименталь-

ного получения двумерного распределения электронной плотности в нижней ионосфере исследований, посвященных поведению ПЭС в нижней ионосфере высоких широт во время солнечных затмений, практически нет [5].

1. Параметры установки

Установка частичных отражений для исследования нижней ионосферы расположена на радиофизическом полигоне "Туманный" (пос. Туманный, Мурманской обл., 69.0 с. ш., 35.7 в. д.). Основные параметры и методика обработки сигналов приведены в работе [6]. Значения электронной плотности, используемые при анализе результатов, получены с помощью регистрируемых каждую секунду амплитуд частично отраженных обыкновенной и необыкновенной волн. Рассчитанная из экспериментальных данных двумерная картина распределения электронной плотности позволяет рассчитать ПЭС между любыми выбранными высотами. Для выявления волновых эффектов в ПЭС использовался цифровой полосовой фильтр Кауэра и пакет программ по работе с вейвлетами языка программирования МАТЛАБ. Спектральные характеристики также рассчитывались с помощью МАТЛАБа.

2. Результаты спектрального анализа полного электронного содержания в нижней ионосфере

Для примера на рис. 1 и 2 приведены двумерные распределения электронной плотности, ПЭС нижней ионосферы, рассчитанное из этих распределений, а также вейвлет-спектры ПЭС для двух солнечных затмений в районе радиофизического полигона "Туманный" (69.0° с. ш., 35.7° в. д.): 11 августа 1999 г. и 1 августа 2008 г. Значения электронной плотности получены по данным установки частичных отражений.

2.1. Солнечное затмение 11 августа 1998 г.

Параметры затмения в пос. Туманный определены по данным сайта Национального управления по авиации и исследованию космического пространства (англ. National Aeronautics and Space Administration, сокр. NASA)⁴: начало – в 9:57:43 UT; максимум – в 10:54:26 UT; конец – в 11:50:17 UT. Максимальное покрытие диска Солнца Луной составило 32.7 %; высота Солнца над горизонтом в момент наибольшей фазы затмения равна 35.1°.

На рис. 1 приведено поведение ПЭС во время этого солнечного затмения. Красная линия внизу показывает промежуток времени затмения в месте наблюдения, зеленая – на всей Земле, буквы Н, М и К, соответственно, начало,

⁴ <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html>

максимум и конец солнечного затмения в месте наблюдения. На верхнем рисунке показано поведение ПЭС, на среднем – двумерная картина распределения электронной плотности и ПЭС, на нижнем – вейвлет-спектр волновых возмущений во время затмения. Общий ход ПЭС показывает его понижение к максимуму затмения. При этом видно, что ПЭС после 11:45 UT резко увеличивается. Можно отметить, что в районе наблюдения было зарегистрировано три области повышенного ПЭС. Повышенное ПЭС сопровождается усилением волновой активности в районе наблюдения.

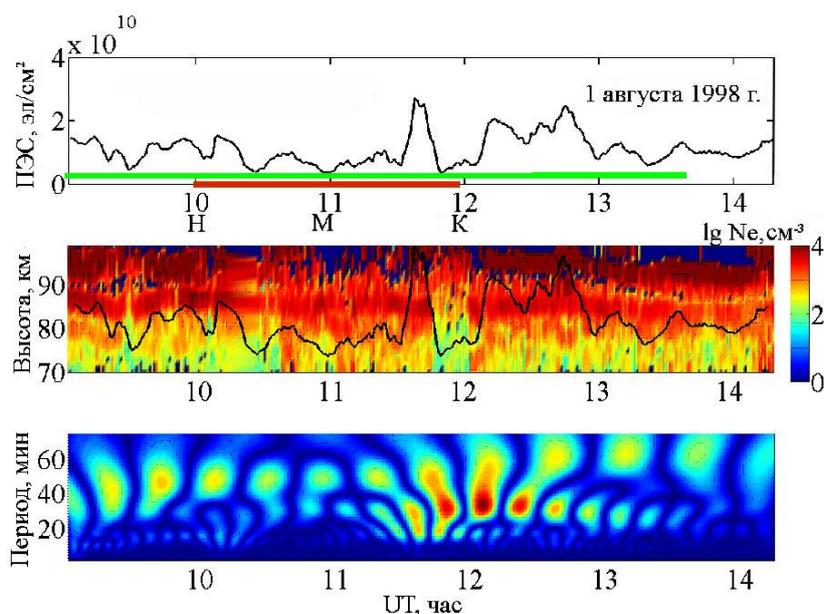


Рисунок 1 – Полное электронное содержание, затмение 11 августа 1999 г.

Несмотря на то, что высота Солнца над горизонтом была относительно небольшой и что в районе наблюдения покрытие диска Солнца Луной составило только треть от полного диска, изменение потока солнечного излучения все же оказало слабое, но, тем не менее, заметное, воздействие на поведение электронную плотность во время затмения. Из-за удаленности места наблюдения от области прохождения по атмосфере Земли полной лунной тени приход волновых возмущений в ПЭС был зафиксирован лишь к концу затмения.

2.2. Солнечное затмение 1 августа 2008 г.

Солнечное затмение 1 августа 2008 г. было полным. В пос. Туманный затмение было частным. Параметры частного затмения в месте наблюдения: начало – в 08:48:10 UT, максимум – в 09:54:08 UT, конец – в 10:59:28 UT; максимальное покрытие диска Солнца Луной составило 79.1 %; высота Солнца над горизонтом в момент наибольшей фазы затмения была равна 38.8°.

На рис. 2 приведено поведение ПЭС во время солнечного затмения. На верхнем рисунке показано поведение ПЭС, на среднем – двумерная картина распределения электронной плотности и ПЭС, на нижнем – вейвлет-спектр волновых возмущений во время затмения. Общий ход ПЭС показывает, что ПЭС после 09:00 UT резко увеличивается, а в зоне наблюдения наблюдается три области повышенного ПЭС.

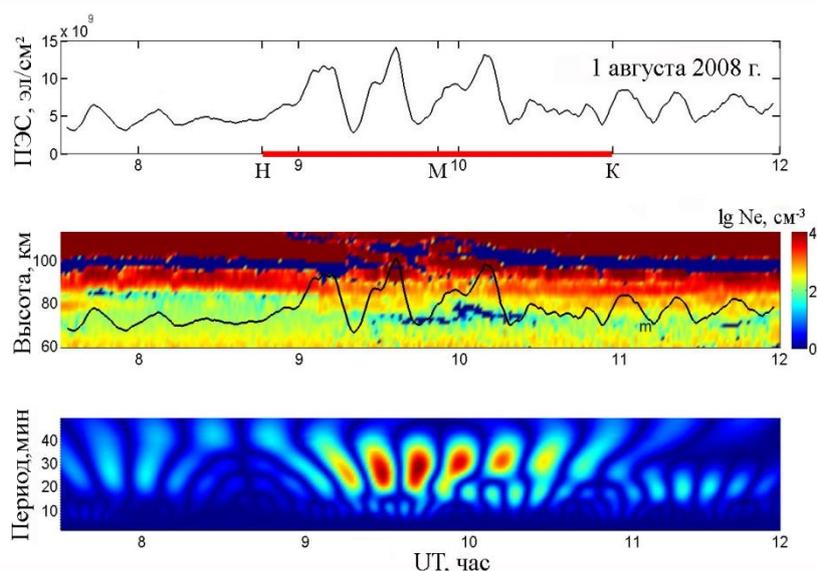


Рисунок 2 – Полное электронное содержание, затмение 1 августа 2008 г.

Заключение

Во время солнечных затмений в районе наблюдения ПЭС наряду с видимым уменьшением к максимуму затмения имеет явные признаки волнообразных изменений. Во всех рассмотренных случаях в ПЭС присутствуют волны с периодами от 20 до 60 минут. Периоды волновых возмущений совпадают с периодами акустико-гравитационных волн, появляющихся во время солнечных затмений. Вариации в ПЭС могут быть вызваны сверхзвуковым движением лунной тени в атмосфере Земли. Время появления волн не всегда совпадает со временем начала наблюдения затмения. Во время затмения наблюдаются три пика увеличения ПЭС. Их вид зависит от геометрии солнечного затмения в месте наблюдения.

Библиографический список

1. Mimno H. R., Wang P. H. Continuous Kenelly-Heaviside Layer Records of a Solar Eclipse // Proceedings of the Institute of Radio Engineers. 1933. Vol. 21, Iss. 4. P. 529–545. DOI: 10.1109/JRPROC.1933.227683.

2. Schafer J. P., Goodall W. M. Eclipse Effects in the Ionosphere // Proceedings of the Institute of Radio Engineers. 1935. Vol. 23, Iss. 11. P. 1356–1360. DOI: 10.1109/JRPROC.1935.227296.

3. Черняков С. М. Проявление атмосферных гравитационных волн в высокоширотной ионосфере во время солнечных затмений // Успехи современного естествознания. 2010. № 1. С. 36–39. URL: <https://www.researchgate.net/publication/318787175>.

4. Chimonas G., Hines C. O. Atmospheric gravity waves induced by a solar eclipse // Journal of Geophysical Research. 1970. Vol. 75, Iss. 4. P. 875. DOI: <https://doi.org/10.1029/JA075i004p00875>.

5. Tereshchenko V. D., Vasiljev E. B., Tereshchenko V. A., Ogloblina O. F., Cherniakov S. M. About the Polar Lower Ionosphere Behavior during the Solar Eclipse on 1 August 2008 // Physics of Auroral Phenomena : Proc. XXXII Annual Seminar, Apatity, Russia, 3–6 March, 2009. Apatity : KSC RAS, PGI, 2009. P. 185–188.

6. Терещенко В. Д., Васильев Е. Б., Овчинников Н. А., Попов А. А. Средневолновый радиолокатор Полярного геофизического института для исследования нижней ионосферы // Техника и методика геофизического эксперимента. Апатиты : Изд. КНЦ РАН, 2003. С. 37–46.

Использование метода частичных отражений для определения температуры в D-области ионосферы

Черняков С. М., Турянский В. А. (г. Мурманск, ФГБНУ "Полярный геофизический институт", e-mail: smcherniakov@gmail.com)

Аннотация. Представлены результаты наблюдений вариаций частично отражённых сигналов на высотах D-области ионосферы радаром частичных отражений Полярного геофизического института (69.0 с. ш., 35.7 в. д.). На основе теории акустико-гравитационных волн и экспериментальных данных определены значения нейтральной температуры на высотах мезосферы.

Abstract. Results of observations of variations of the partial reflection radar signals (the Polar Geophysical Institute, 69.0N, 35.7E) at the heights of the D-region of the ionosphere are given. On the basis of the theory of acoustic-gravity waves experimental data calculations of neutral temperature at the heights of the mesosphere were carried out.

Ключевые слова: метод частичных отражений, частота акустического обрезания, частота Бранта-Вяйсяля, температура, мезосфера

Key words: method of partial reflections, cut-off frequency, Brunt-Väisälä frequency, temperature, mesosphere

Введение

Теория акустико-гравитационных волн (АГВ) в атмосфере описывает многие из волнообразных колебаний в атмосфере, в том числе связанных с тем, что атмосфера представляет собой сжимаемый газ, который после сжатия и затем прекращения действия сжимающей силы начинает колебаться вблизи своего состояния равновесия. В случае плоско-стратифицированной, изотермической атмосферы и постоянства силы гравитации с высотой существуют две частотные области для атмосферных волн, где они могут распространяться как акустические и гравитационные волны. Эти области ограничены двумя резонансными частотами атмосферы: частотой акустического обрезания и частотой Бранта-Вяйсяля. Для D-области ионосферы периоды этих атмосферных резонансов меньше 6 минут [7].

В начале семидесятых Чимонас и Хайнз [4] предположили, что во время солнечного затмения должны наблюдаться атмосферные гравитационные волны, вызванные сверхзвуковым прохождением лунной тени через поверхность Земли и охлаждением атмосферы из-за резкого падения освещённости атмосферы в области тени. Идея генерации волн в атмосфере во время прохождения солнечного терминатора была сформулирована Биром [3].

Он предположил, что существует аналогия между процессами, являющимися результатом сверхзвукового движения лунной тени во время солнечного затмения и сверхзвукового движения солнечного терминатора. Вскоре были получены первые экспериментальные доказательства генерации волн на ионосферных высотах во время восходов и заходов Солнца. Прохождение солнечного терминатора выбрано в качестве регулярного источника возмущений в атмосфере.

В работе исследуется реакция нижней ионосферы на прохождение солнечного терминатора во время захода Солнца для дней, когда трехчасовой планетарный индекс геомагнитной активности K_p был меньше или равен единице в течение суток. По данным об амплитуде частично отражённой обыкновенной волны на высоте 75 км рассчитаны спектры временных вариаций амплитуды. По экспериментальным спектрам были идентифицированы, на основе теории АГВ и эмпирической модели атмосферы NRLMSISE-00, спектральные компоненты соответствующие атмосферным резонансам и рассчитана нейтральная температура на высотах мезосферы. Показано, что полученная температура имеет сезонный ход. Значения температур, полученные на основе данной методики, согласуются с данными других исследователей.

Установка частичных отражений

Метод частичных отражений, предложенный в начале 1950-х гг. Гарднером и Поси [5], является эффективным инструментом исследования D-области ионосферы. По своей сути – это радарное зондирование нижней ионосферы в диапазоне средних волн. Метод достаточно сложен для реализации, но позволяет получать информацию об амплитуде обыкновенной и необыкновенной волн, частично отражённых от неоднородностей электронной плотности, и рассчитывать вариации электронной плотности во времени с высотным разрешением до 0.5 км.

В основе метода лежит обратное рассеяние частично отражённых импульсов обыкновенной и необыкновенной радиоволн неоднородностями плазмы при вертикальном зондировании. В этом случае производится отдельный прием отражённых сигналов и измерение их амплитуд в зависимости от времени запаздывания, определяющего высоту отражения. Для определения электронной плотности используется отношение измеренных амплитуд или разность поглощения вдоль траекторий распространения обыкновенной и необыкновенной радиоволн (метод дифференциального поглощения) [1].

Таким образом, имеется возможность регистрации вариаций частично отражённых радиосигналов на выбранной высоте и выделения в них колебаний среды, вызванных различными источниками как естественного, так и искусственного происхождения.

Установка частичных отражений для исследования нижней ионосферы расположена на радиофизическом полигоне "Туманный" Полярного геофизического института (69.0 с. ш., 35.7 в. д.) (см. рис. 1). Она состоит из передатчика, приемника, приемно-передающей фазированной решетки и автоматизированной системы сбора данных. Основные параметры и методика обработки сигналов приведены в работе [2].

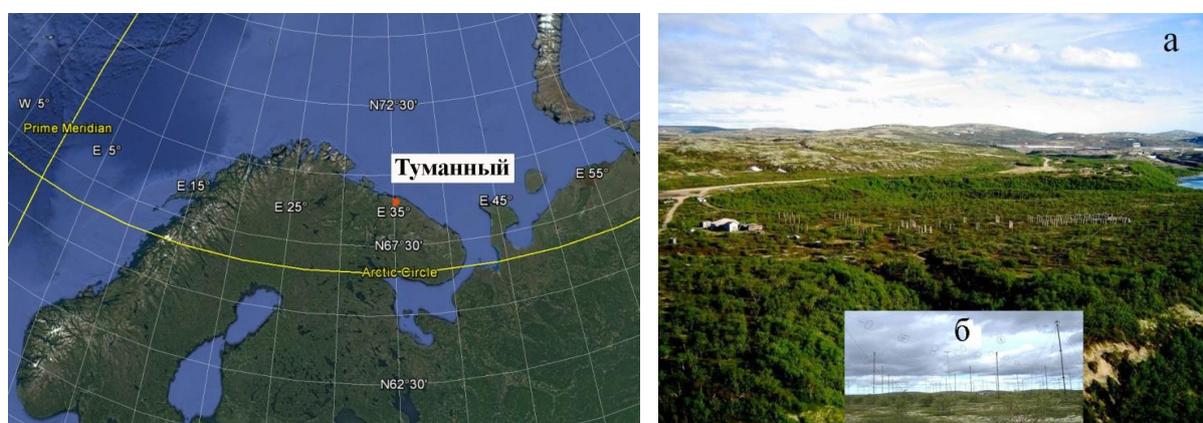


Рисунок 1 – (слева) Расположение обсерватории "Туманный"; (справа) рабочее здание обсерватории и антенное поле (а) и элементы антенной решетки (б)

Технические характеристики радиолокатора: рабочие частоты – 2.60–2.72 МГц; мощность передатчика в импульсе – около 60 кВт; длительность импульса – 15 мкс; частота зондирования – 2 Гц. Антенная решетка состоит из 38 пар скрещенных диполей, занимает площадь 10^5 м² и имеет ширину диаграммы направленности по уровню половинной мощности около 20°. Поочередно принимаются две круговые поляризации, которые усиливаются приемником прямого усиления с полосой 40 кГц. Регистрацию амплитуд сигналов можно проводить в интервале высот от 30 до 150 км в зависимости от гелиогеофизических условий.

Результаты анализа экспериментальных данных

Исследование влияния вечернего солнечного терминатора на ионосферу проводилось для тех дней из массива регистраций, когда планетарный индекс геомагнитной возмущенности $K_p \leq 1$ и в атмосфере не было иных источников сильных возмущений. Для анализа использовались данные измере-

ний амплитуды частично отражённой обыкновенной волны, из которых затем рассчитывалась спектральная плотность мощности вариаций амплитуды.

На рис. 2*a, b* показаны примеры вариаций отфильтрованной амплитуды отражённой обыкновенной волны на высоте 75 км при прохождении солнечного терминатора во время захода Солнца. Вертикальными пунктирными линиями отмечено время захода на высоте 75 км. Среднее значение вариаций отфильтрованной амплитуды для всех рассмотренных случаев равно нулю, но для того, чтобы можно было сравнить поведение этих вариаций в разное время и в разные даты, графики вариаций амплитуд смещены по вертикали относительно друг друга.

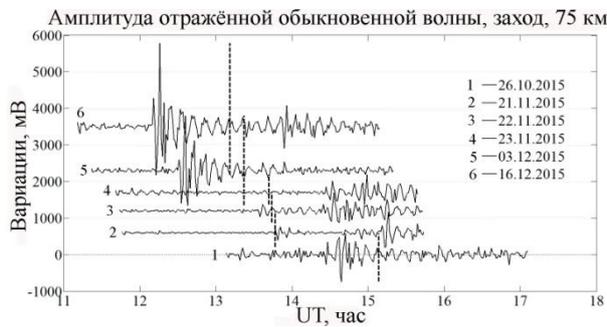


Рисунок 2, *a* – Зависимость амплитуды частично отражённой обыкновенной волны на высоте 75 км во время захода Солнца осенью и зимой

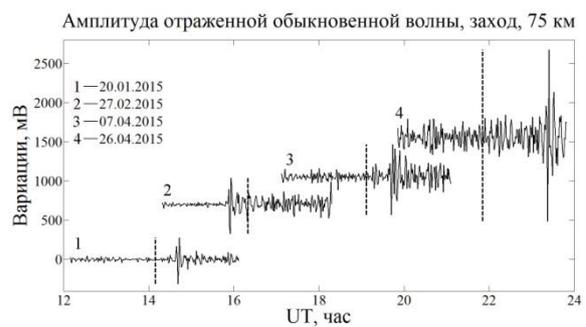


Рисунок 2, *б*. – Зависимость амплитуды частично отражённой обыкновенной волны на высоте 75 км во время захода Солнца зимой и весной

Из рис. 2 видно, что на высоте 75 км при прохождении солнечного терминатора проявляется волновая активность, что может приводить к усилению резонансных частот. В результате анализа в экспериментальном спектре отражённого сигнала находились периоды колебаний, соответствующие атмосферным резонансным периодам акустического обрезания τ_{ac} и Бранта-Вайсяля τ_{bv} [Hines, 1974]:

$$\tau_{ac} = 2\pi \sqrt{\frac{4kT}{\gamma M m_H g^2}}, \quad \tau_{bv} = 2\pi \sqrt{\frac{\gamma kT}{(\gamma - 1) M m_H g^2}}, \quad (1)$$

где $\gamma = C_p/C_v$ – отношение теплоёмкостей при постоянном давлении и постоянном объеме, k – постоянная Больцмана, T – нейтральная температура,

$$M = \frac{m}{\sum (m_i/M_i)}, \quad m - \text{масса воздушной смеси; } m_i - \text{масса } i\text{-го компонента;}$$

M_i – отношение массы i -го компонента к атомной единице массы; m_H – масса

атома водорода; g – ускорение свободного падения. На рис. 3 показана зависимость спектральной плотности мощности (СПМ) амплитуды частично отражённой обыкновенной волны от ее периода на высоте 75 км во время захода Солнца 27 февраля 2015 г. СПМ амплитуды на рис. 3 содержит явно выраженные максимумы τ_{ac} и τ_{bv} . Спектральные максимумы, для которых периоды $\tau < \tau_{ac}$ и $\tau > \tau_{bv}$, могут принадлежать к акустическим модам (инфразвук) и к гравитационным модам, соответственно.

На рис. 4 представлен график значений нейтральной температуры на высоте 75 км, рассчитанных из экспериментальных данных τ_{ac} и τ_{bv} по формулам (1). При расчете использовались стандартные величины, типичные для нейтральной атмосферы. Заметно сезонное поведение температуры на высоте 75 км: уменьшение ее от 235 К в январе до 210 К в апреле и, наоборот, увеличение от 210 К в октябре до 270 К в декабре.

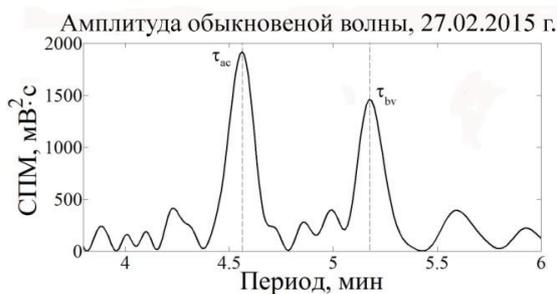


Рисунок 3 – Спектральная плотность мощности вариаций амплитуды частично отражённой обыкновенной волны на высоте 75 км во время захода Солнца

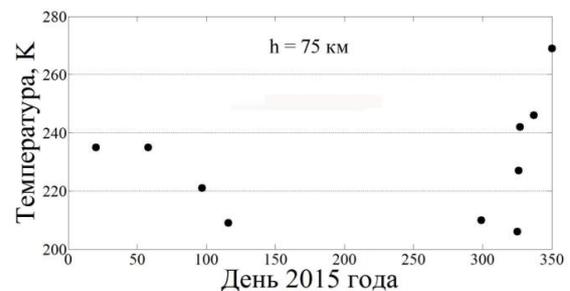


Рисунок 4 – Нейтральная температура на высоте 75 км для разных сезонов 2015 г.

Заключение

Представленные результаты анализа данных частичных отражений на основе теории АГВ с использованием эмпирической модели атмосферы NRLMSISE-00 показали возможность использования спектров плотности мощности частично отражённой обыкновенной волны для идентификации и определения резонансных периодов волн в атмосфере на высотах мезосферы, а также возможность вычисления нейтральной температуры в D-области ионосферы по этим данным. Для места наблюдения (69.0 с. ш., 35.7 в. д.) получено сезонное изменение нейтральной температуры на высоте 75 км: уменьшение ее от ~235 К в январе до ~210 К в апреле и, увеличение от ~210 К в октябре до ~270 К в декабре.

Библиографический список

1. Беликович В. В., Вяхирев В. Д., Калинина Е. Е. Исследование ионосферы методом частичных отражений // Геомагнетизм и аэрономия. 2004. Т. 44, № 2. С. 189–194.

2. Терещенко В. Д., Васильев Е. Б., Овчинников Н. А., Попов А. А. Средневолновый радиолокатор ПГИ для исследования нижней ионосферы // Техника и методика геофизического эксперимента = Instruments and methods of geophysical experiment : сб. науч. тр. Апатиты : Изд-во. КНЦ РАН, 2003. С. 37–46.

3. Beer T. Supersonic Generation of Atmospheric Waves // Nature. 1973. Vol. 242, Iss. 5392. P. 34. DOI: <https://doi.org/10.1038/242034a0>.

4. Chimonas G., Hines C. O. Atmospheric gravity waves induced by a solar eclipse // Journal of Geophysical Research. Space Physics. 1970. Vol. 75, Iss. 4. P. 875. DOI: <https://doi.org/10.1029/ja075i004p00875>.

5. Gardner F. F., Pawsey J. L. Study of the ionospheric D-region using partial reflections // Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics. 1953. Vol. 3, Iss. 6. P. 321 to 344. DOI: [https://doi.org/10.1016/0021-9169\(53\)90084-1](https://doi.org/10.1016/0021-9169(53)90084-1).

6. Hines C. O. Internal atmospheric gravity waves at ionospheric heights. The upper atmosphere in motion // The Upper Atmosphere in Motion. 1974. Vol. 18. P. 248–328. Geophysical Monograph Series. DOI: <https://doi.org/10.1029/GM018p0248>.

7. Knížová P. K., Mošna Z. Acoustic-Gravity Waves in the ionosphere During Solar Eclipse Events // Acoustic Waves – From Microdevices to Helioseismology / ed. by M. G. Beghi. Rijeka, Croatia : InTech, 2011. P. 303–320. DOI: <https://doi.org/10.5772/19722>.

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ
АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА**

**Актуальные проблемы освоения арктического шельфа США
в связи с американской национальной идентичностью**

Ставропольский Ю. В. (г. Саратов, ФГБОУ ВО "Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского", кафедра общей и социальной психологии e-mail: abcdoc@yandex.ru)

Аннотация. В США Арктика в качестве компонента национальной идентичности никогда не играла такой важной роли, как в Канаде, Норвегии или в России. Американская риторика резко изменилась в 2009 г., когда увидел свет документ под названием "Арктическая региональная политика", в котором прямо заявлено, что США являются арктической нацией.

Abstract. In the USA, the Arctic as a component of national identity has never played such an important role as in Canada, Norway or Russia. American rhetoric changed dramatically in 2009 when a document called "Arctic Regional Policy" was released, which explicitly stated that the United States is an Arctic nation.

Ключевые слова: Арктика, США, Аляска, американский, нефть, природный газ, идентичность, политика, шельф

Key words: Arctic, USA, Alaska, American, oil, natural gas, identity, politics, shelf

Арктику часто романтизируют как первозданный, далекий, даже мифический мир. В древних сказаниях первооткрыватели арктического региона предстают перед нами былинными героями, стремившимися на север в поисках приключений. Со времён классических философов Греции, Арктика манила западные цивилизации мистическим очарованием, под влиянием которого регион представлялся населённым мифическими и сказочными образами. Образ севера исторически приобрёл непостижимую ценность.

Сегодня целый ряд стран заявляет о своих приоритетных правах на ресурсы Арктики, мотивируя претензии особой арктической идентичностью и историческими связями с арктическим регионом. В данной связи необходимо, прежде всего, обратиться к проблематике арктической идентичности, к ощущению общности граждан государства, которое обусловлено территориально, исторически и культурно. Национальные идентичности образуются из сложного комплекса компонентов. В тех странах, где Арктика выступает одним из таких компонентов, заполярный север на протяжении столетий является местом постоянного проживания коренных северных народов. Соответственно, неосязаемая арктическая идентичность обладает историческим измерением. Изучение коренных северных народов, рассеянных по терри-

ториям различных государств, способствует подкреплению нынешних государственных претензий на арктические ресурсы.

Около 14,3 % населения Аляски составляют коренные северные народы инупики и юпики, которые живут охотой и рыболовством и зависят от природных ресурсов и от перемещений по льду. Изменение климата, вызывающее сокращение морских льдов, оказывает серьёзное влияние на их традиционный образ жизни. В 2013 г. Соединённые Штаты признали одним из своих центральных интересов в Арктическом регионе заботу о коренных народах севера [1].

Приобретя у Российской империи Аляску, США превратились в арктическую нацию. Однако, долгое время США не придавали собственной арктической идентичности большого значения. Американская риторика резко изменилась в 2009 г., когда увидел свет документ под названием "Арктическая региональная политика", в котором прямо заявлено, что США являются арктической нацией.

В США Арктика в качестве компонента национальной идентичности никогда не играла такой важной роли, как в Канаде, Норвегии или в России. США – мировая держава, имеющая глобальные интересы. На протяжении большей части истории страны, американское мировоззрение было обращено на международную арену. Можно проследить связь между американским мировоззрением и внешней политикой, ориентированными на международную арену, и американской национальной идентичностью. Американская идентичность – структурообразующая часть концепции американской исключительности, состоящей из представлений о том, что США представляют собой образец для всего остального мира и играют уникальную роль в мировой истории. Этими представлениями питалась и продолжает питаться американская внешняя политика, в которой сами американцы видят односторонний интернационализм. Можно соглашаться с таким пониманием американской национальной идентичности, можно против него возражать, но, так или иначе, президентский дискурс во внешнеполитических проектах США исторически всегда был обрамлён американским национальным нарративом об особой миссии США в мире.

Поскольку США – это сверхдержава, имеющая глобальные интересы, то очевидно, что в одних регионах, прежде всего, в Европе и на Ближнем Востоке, присутствие США более заметно, по сравнению с другими регио-

нами. До тех пор, пока США не обращали серьёзного внимания на Арктический регион, присутствие США в Заполярье представляло собой лишь некоторую часть более всеобъемлющего общемирового американского присутствия. В глобальном аспекте, Арктика не фигурирует в американском национальном нарративе. США не позиционируются в качестве "северной" нации. Арктике нет места среди системообразующих компонентов американской национальной идентичности – она где-то на периферии. Арктика неосвязаема и отделена от американского народа и от его политических лидеров.

В повседневном американском сознании Аляска остаётся глухоманью, никчёмной заснеженной пустошью. Об этом говорит то, что она приобрела статус сорок девятого штата спустя целых сто лет после своего присоединения к США, в действительности, знаменовавшего важный шаг на пути становления Соединённых Штатов в качестве великой державы Азиатско-Тихоокеанского региона. Во внутренней американской политике Аляске практически нет никакого места.

В США существует удивительная история полярных исследований, но она почти вся датируется XIX в. Государственный секретарь США Уильям Генри Сьюард (1801–1872) приобретением Аляски подготовил почву для территориальной экспансии США в Арктику. В конце XIX в., в эпоху золотых лихорадок, Аляска воспринималась территорией богатства и возможностей. Контр-адмирал Роберт Эдвин Пири (1856 – 1920), водрузивший на Северном полюсе звёздно-полосатый флаг в 1909 г., поднял освоение Арктики на уровень национального престижа. Однако, множество американцев разделяют отрицательное отношение к Аляске.

Главная тема внутриамериканских дебатов вокруг арктических нефти и природного газа – сохранение баланса между охраной природы и промышленной добычей энергоресурсов. На государственном уровне промышленная добыча определяется проблематикой изменения климата и загрязнения природы разливами нефти. Бурение нефтяных скважин в Арктике наталкивается в США на всё большую оппозицию.

15 мая 2012 г. в Белый дом была представлена петиция, подписанная более, чем миллионом американцев, с призывом принудить компанию Shell прекратить бурение нефтяных скважин в Арктике. Разлив нефти в Мексиканском заливе оказал прямое влияние на добычу арктической нефти [2]. Вследствие разлива нефти произошло сокращение рабочих мест, вынудив-

шее американскую администрацию перепроверить лицензии на арктическое бурение, выданные до инцидента в Мексиканском заливе.

В Мексиканском заливе на борьбу с разливом нефти удалось мобилизовать большое количество рабочих рук. На Севере рабочих рук всегда мало, инфраструктура неразвита, подобные инциденты с разливами нефти обойдутся недёшево и нефтедобывающим компаниям, и американскому государству, с сугубой осторожностью выдающему лицензии на арктическую нефтедобычу.

Во времена президента Д. Буша-младшего, демократическая и республиканская оппозиция в Конгрессе не позволила правительству США приступить к полномасштабной добыче арктической нефти. Барак Обама во время своего первого президентского срока проявлял заинтересованность в освоении арктической нефти и газа, видя в них средство уменьшения зависимости США от нефтяного импорта, однако, к концу своего второго президентского срока, он буквально запретил бурение новых нефтяных и газоносных скважин в американских территориальных водах в Атлантическом и в Северном Ледовитом океанах, мотивируя запрет отсутствием инфраструктуры и невозможностью справиться с возможным разливом нефти в суровом арктическом климате. Однако, следует отметить, что, наложенный Бараком Обамой запрет, может быть отменён Дональдом Трампом через суд. Этому мешает лишь то, что до сих пор отношение Дональда Трампа к шельфовой добыче арктической нефти и природного газа не определилось. В 2017 г. американское правительство разрешило добычу энергоресурсов на малой части национального заповедника "Дикая природа Арктики".

Во всяком случае, в США принятие решений о разрешении промышленной добычи энергоресурсов глубоко политизировано, ибо любая оптимизация управления шельфовыми ресурсами требует отражения в пятилетнем плане министерства внутренних дел. Штат Аляска существенно зависит от промышленной добычи нефти, и заинтересован в освоении новых шельфовых полей, прежде всего, в Чукотском море, но не обладает полномочиями санкционировать бурение шельфа. Полномочиями обладает американское федеральное правительство, которое заинтересовано весьма умеренно [3]. Сложилось положение, при котором федеральное правительство, и географически, и мысленно сильно удалённое от штата Аляска, озабочено сохранением баланса между региональными интересами и охраной окружающей

среды, поскольку оно несёт ответственность за любые принятые решения. Дальнейшие решения в отношении американской части арктического шельфа будут приниматься исходя из интересов энергетической безопасности США и из экономических факторов

Библиографический список

1. Attanasi E. D., Freeman P. A. Evaluation of Development Options for Alaska North Slope Viscous and Heavy Oil // Natural Resources Research. 2015. Vol. 24, Iss. 1. P. 85–106. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11053-014-9240-1>.
2. Busenberg G. J. Oil and Wilderness in Alaska: Natural Resources, Environmental Protection, and National Policy Dynamics. Washington D. C. : Georgetown University Press, 2013. 168pp.
3. Miller J. M. The Last Alaskan Barrel: An Arctic Oil Bonanza that Never Was. New York : Caseman Publishing, 2010. 206 p.

**СТРОИТЕЛЬСТВО,
ЭНЕРГЕТИКА И ТРАНСПОРТ**

Перспективы развития автономности автомобилей в условиях Крайнего Севера

Баринов А. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра строительства, теплоэнергетики и транспорта, e-mail: barinovas@mstu.edu.ru)

Аннотация. В статье рассматривается понятие автономности автомобиля. Классификация автономности автомобилей SAE. Преимущества и недостатки от внедрения беспилотной транспортной системы. Возможность использования автономных автомобилей в условиях Крайнего Севера.

Abstract. The article discusses the concept of autonomy of the car. SAE autonomy classification. Advantages and disadvantages of the introduction of unmanned transport system. The possibility of using autonomous cars in the Far North.

Ключевые слова: автономность автомобиля, беспилотные автомобили, оценка автономности автомобиля

Key word: Car autonomy, unmanned vehicles, car autonomy assessment

Системы автоматизированного управления существуют уже довольно много лет. Автоматизация позволяет эффективно использовать технику без необходимости ручного вмешательства. Типичные задачи автоматизированного управления и настройки оборудования представляются в виде цепей управления, для которых создаются математические модели и которые реализуются в виде электронных приборов и программного обеспечения.

Автономный транспорт – это вид транспорта, основанный на автономной системе управления. Управление автономным транспортным средством полностью автоматизировано и осуществляется без водителя при помощи оптических датчиков, радиолокации и компьютерных алгоритмов. Основное назначение автономного транспорта заключается в перемещении пассажиров или грузов.

Транспортные средства, доступные для потребителей в настоящее время, содержат функции вождения на базе компьютерных технологий, такие как парковочный автопилот или круиз-контроль. Эти особенности рассматриваются как базовый уровень автономии. К стандартным функциям добавляется способность предупреждать водителей об опасности, контроль тормозов, рулевого управления и т. д. [2].

Стандарты SAE дают описание шести уровней автоматизации: от абсолютного отсутствия до полностью автоматизированной системы управления, которая в любой ситуации ведет себя как квалифицированный водитель.

Прежде всего, система "автономного управления автомобилем" – это та, которая позволяет транспортному средству безопасно ездить по общественным дорогам без участия человека. Такие термины, как "автономное вождение", "без водителя" и "самоуправляемый автомобиль" описывают одну и ту же технологию: компьютерное управление и датчики, которые могут управлять транспортным средством вместо человека, по крайней мере, при некоторых условиях.

Ключевые понятия автоматизированных систем вождения:

– Продвинутое системы "drive-assist" и "без водителя" опираются на несколько типов датчиков, включая камеры, радар и лидар (сенсор, который использует невидимые лазерные лучи для точного измерения расстояний), чтобы помочь компьютерному блоку управления понять, где находится транспортное средство относительно его окружения.

– Количество используемых датчиков, количество вычислительной мощности, требуемое для корректного управления системой, и общая стоимость системы, как правило, возрастают по мере увеличения уровня автоматизации.

– Система автопилота – это форма искусственного интеллекта. Он подразумевает наличие машинного обучения, т. е. алгоритмы, которые могут корректировать себя и повышать свою эффективность по мере получения большего количества данных.

– Полностью беспилотные системы в процессе движения с места на место собирают огромное количество данных и постоянно сталкиваются с новыми ситуациями дорожного движения. Система на каждом транспортном средстве обычно делится этими данными с удаленным центром обработки, который, в соответствии с извлеченными уроками, обновляет поведение всех остальных транспортных средств [3].

Стандарты SAE начинаются с Уровня 0: отсутствие автоматизации. Водитель-человек несет 100 процентов ответственности за то, что SAE называет "динамической задачей вождения", что означает работу по фактическому вождению транспортного средства на постоянной основе.

SAE определяет систему Уровня 1 как систему контроля либо над рулевым управлением, либо над ускорением/торможением на постоянной основе, но только при ограниченных конкретных обстоятельствах.

Функции автоматизации при первом уровне: автоматика уже не просто уведомляет водителя, а вмешивается в управление и оказывает помощь.

К системам помогающим управлять транспортным средством на этом уровне автоматизации относятся адаптивный круиз-контроль, парктроник, систем предупреждения выезда из полосы.

Адаптивный круиз-контроль – держит безопасное расстояние между вашим авто и участниками движения спереди, замедляет и ускоряет авто, когда этого требует дорожная обстановка.

Парктроник – активная система безопасности, особенно эффективна при движении задним ходом, в стесненных условиях, в темное время суток.

Система предупреждения выезда из полосы – помогает в случае усталости водителя.

Уровень 2 – "частичная автоматизация". Это касается систем ассистентов водителя, обеспечивающих контроль над рулевым управлением и ускорением/торможением, но опять же, только при определенных обстоятельствах.

SAE определяет Уровень 3 как "условный автопилот". Разница между Уровнем 2 и Уровнем 3 – в степени автоматизации.

Функции автоматизации при третьем уровне:

При третьем уровне автономности машина временами будет брать на себя полную ответственность за управление. Это уже применение не только лидаров, радаров, камер и датчиков, но и искусственного интеллекта.

SAE говорит, что Уровень 4 – это "высокая автоматизация вождения": системе вообще не нужен резерв в виде человека, если она функционирует в пределах своего "рабочего пространства разработки".

Функции автоматизации при четвертом уровне:

Полностью самостоятельный автомобильный автопилот, берущий на себя контроль над управлением. При этом от водителя не требуется никакого вмешательства в управление автомобилем. Автомобиль будет управляться автопилотом в определенных условиях, в более сложных ситуациях (в городе, в пробках) управление должно переходить к человеку [1].

Уровень 5 – безусловное (т. е. без ограничений) автоматическое вождение, без ожидания того, что водитель когда-либо будет вынужден вмешиваться. Внедрение этого уровня подразумевает наличие развитой транспортной системы, в которой доля полностью автономных автомобилей должна быть значительной.

Функции автоматизации при пятом уровне:

Полностью автономный автомобиль, которому вообще не требуется водитель и органы управления.

Таблица 1 – Уровни автоматизации вождения

Уровень автоматизации	Работа автомобильных систем помощи	Автомобильные системы помощи
Уровень 0	Предупреждение	Предупреждение о слепых зонах, предупреждение о покидании полосы
Уровень 1	Помощь в ускорении, торможении или управлении	Система удержания автомобиля в полосе движения или адаптивный круиз-контроль
Уровень 2	Помощь в ускорении, торможении и управлении	Система удержания автомобиля в полосе движения и адаптивный круиз-контроль
Уровень 3	Управление автомобилем при нахождении в заданных условиях	Ассистент движения
Уровень 4	Управление автомобилем при нахождении в заданных условиях	Помощники для автономного движения
Уровень 5	Управление движением автомобиля в любых дорожных условиях	Помощники для автономного движения в любых дорожных условиях

Разработки в области автоматизации движения транспортных средств могут помочь в решении задач обеспечения более безопасного и экономичного передвижения.

Преимущества и недостатки, которые выделяются при внедрении беспилотной транспортной системы.

Преимущества:

– Беспилотные автомобили позволят доставлять грузы в районы бедствий, не подвергая опасности жизни водителей;

– Для компаний, осуществляющих перевозку грузов, снизятся транспортные расходы на доставку за счет экономии заработной платы водителей и более экономичного потребления топлива за счет управления потоком машин из единого центра;

– Люди с ослабленным зрением и другими проблемами со здоровьем получат возможность передвигаться на личных автомобилях;

– Аварии на дорогах и человеческие жертвы сведутся к минимуму.

Недостатки:

– Достаточно сложно разработать законодательную базу, позволяющую однозначно определить ответственных при нанесении ущерба;

– Водители потеряют рабочие места;

– Достаточно сложно разработать надежное программное обеспечение;

– Достаточно сложно разработать надежные средства защиты автомобиля от внешнего вмешательства;

– Этический вопрос: как машине рационально выбрать модель поведения при неизбежном столкновении (например, сбить пешехода или направить автомобиль в кювет, где могут погибнуть пассажиры).

Внедрение автономных автомобилей для использования в условиях Крайнего Севера затруднено в связи с неблагоприятными погодными условиями в результате чего, и параметры дорожного движения больше половины годового времени не соответствуют необходимым для движения автономного автомобиля. Изменение состояния дорожного покрытия, видимости, ширины проезжей части, а также отсутствие точной информации о техническом состоянии всех участников движения делают возможность эксплуатации автономного автомобиля затруднительной. Работа систем обеспечения автономного движения автомобиля может менее эффективно работать в условиях плохой видимости.

Наиболее перспективным для внедрения транспортных средств с автономным управлением являются автомобили, используемые на промышленных объектах.

На территории предприятия представляется возможным реализовать модель движения и работы транспорта взаимодействующего между собой. Кроме того, это даст возможность снизить негативное воздействие на водителей, которые работают в тяжелых условиях труда.

Библиографический список

1. Уровни автономности автомобилей. URL: <https://www.autocentre.ua/ua/news/bespilotnye-avtomobili-korotko-i-vnyatno-o-pyati-urovnyah-avtopilota-605997.html>
2. Автономный транспорт. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
3. Беспилотные автомобили. URL: <https://vc.ru/transport/48947-bespilotnye-avtomobili-obyasnenie-6-urovney-avtonomnosti>

Исследование стойкости уртитов в жидких средах

Белогурова Т. П. (г. Апатиты, ИХТРЭМС КНЦ РАН, отдел технологии силикатных материалов, e-mail: t.belogurova@ksc.ru)

Аннотация. В работе проведены исследования коррозионной стойкости уртитов и заполнителей на их основе в различных агрессивных средах. Результаты испытаний уртитов и уртитового щебня в средах с повышенным содержанием ионов Cl^- , SO_4^{2-} и NO_3^- свидетельствуют о достаточной стойкости этих материалов в жидких агрессивных средах.

Abstract. In work researches of corrosion resistance of urtites and fillers on their basis in various aggressive environments are carried out. The results of tests of urtites and urtite crushed stone in environments with a high content of Cl^- , SO_4^{2-} and NO_3^- ions indicate sufficient resistance of these materials in liquid corrosive environments.

Ключевые слова: вскрышные породы, уртит, свойства, коррозионная стойкость, жидкие агрессивные среды, микроскопические исследования

Key words: overburden, urtite, properties, corrosion resistance, liquid aggressive media, microscopic examination

Основными источниками образования отходов в Мурманской области являются предприятия Кольского горнопромышленного комплекса. В 2017 г. образовалось почти 211 млн т отходов горнодобывающей промышленности, что составляет 99.9 % от всех видов отходов производства в области. Общая площадь загрязненных земель составляет около 19250 км² или 22 % Мурманской области [1].

Примером нерационального природопользования в Кольском регионе является практически не используемые вскрышные породы рудников АО "Апатит". Препятствием для применения данных пород в строительстве является повышенное содержание в их составе нефелина, относящегося к вредным примесям. Ранее проведенные исследования вскрышных пород позволили рекомендовать их для получения бетонных изделий, эксплуатирующихся в неагрессивных условиях [2].

Уртиты характеризуются выдержанностью минерального состава. Среднее содержание основных породообразующих минералов в породах – нефелина, пироксена и полевого шпата составляет 71.3, 16.4 и 6.2 %, соответственно. По физико-механическим свойствам уртиты относятся к плотным (2.75–2.79 г/см³), прочным (160–230 МПа) породам, с низкими значениями водопоглощения (0.10–0.15 %) и истираемости (0.12–0.20 г/см²). Щебень из уртитов обладает высокими физико-механическими показателями, соответствующая маркам: М1000 – по прочности, И-II – по истираемости, F200 – по морозостойкости, что позволяет использовать его в качестве заполнителей бетонов.

В работе были проведены исследования коррозионной стойкости уртитов и заполнителей на их основе в различных агрессивных средах.

При выборе агрессивных сред в лабораторных условиях руководствовались оценкой коррозионной стойкости уртитов и заполнителей в растворах, имитирующих жидкие среды, аналогичные рудничным водам, но с повышенным содержанием агрессивных составляющих.

Главными химическими составляющими рудничных вод являются сульфаты, нитраты и хлориды. Для проведения исследований в лабораторных условиях были выбраны 3 среды с наиболее распространенными в сточных водах химическими элементами, концентрацию которых увеличили в 100 раз: сульфатная с концентрацией ионов $SO_4^{2-} = 1500$ мг/л, азотнокислая с концентрацией ионов $NO_3^- = 3500$ мг/л и хлористая с концентрацией ионов $Cl^- = 150$ мг/л. В качестве неагрессивной среды применяли дистиллированную воду.

Для контроля за изменением массы образцов при воздействии агрессивных сред с течением времени из уртитов были изготовлены и взвешены 20 кубиков с ребром 40 мм (по 5 штук для каждой среды).

Прочностные испытания уртитов проводились на образцах-кубиках с ребром 25 мм. Перед закладкой в агрессивные среды партия образцов была испытана на прочность при сжатии в водонасыщенном состоянии. Контрольное значение прочности уртитов как среднее из 20 образцов, составляло 150 МПа.

В табл. 1 приведены результаты изменения массы и прочности образцов уртитов после 6 месяцев испытаний в лабораторных агрессивных средах.

Таблица 1 – Изменение массы и прочности образцов уртитов

№ среды	Средние значения потери уртитов							
	по массе				по прочности			
	m_0 , г	$m_{0.5}$, г	$\Delta m_{0.5}$, г	$\Delta m_{0.5}$, %	R_0 , МПа	$R_{0.5}$, МПа	$\Delta R_{0.5}$, %	коэф. размягч.
I – д. в.	188.80	188.75	0.05	0.03	150	144	4.0	0.96
II – Cl^-	191.13	191.06	0.07	0.04	150	142	5.3	0.95
III – SO_4^{2-}	196.30	196.23	0.07	0.04	150	141	6.0	0.94
IV – NO_3^-	188.52	188.43	0.09	0.05	150	141	6.0	0.94

Результаты исследований показали, что через 6 месяцев наблюдается тенденция небольшого снижения массы во всех жидких средах, в том числе и в дистиллированной воде. Максимальные потери массы образцов-кубиков из уртитов за полгода составили 0.09 % в азотнокислой среде и не превысили допустимые 0.15 %.

Прочностными испытаниями образцов уртитов установлено, что в течение 6 месяцев испытаний во всех жидких средах у пород наблюдалось незначительное снижение показателей прочности. Наибольшее снижение прочности уртитов наблюдается у образцов, хранившихся в сернокислой и азотнокислой средах (6.0 %), меньше – в дистиллированной воде (4.0 %). Максимальное снижение прочности обеспечивает коэффициент размягчения пород $K_{разм.} = 0.94$ при допустимом $K_{разм.} = 0.8$, что позволяет судить о достаточной стойкости уртитов в жидких агрессивных средах. Визуальных признаков разрушения образцов ни в одной из сред не наблюдалось.

Исследование микроструктуры уртитов, подвергшихся воздействию агрессивных сред, проводилось на поляризационном микроскопе Ахиорplane. Изучение минералов в отраженном и проходящем поляризованном свете осуществлялось на шлифах и полированных аншлифах уртитов, хранившихся 6 месяцев в жидких средах. В качестве примера на рисунке приведены фото основного минерала уртитов – нефелина до воздействия реагентов и после воздействия в течение 0.5 года раствора соляной кислоты.

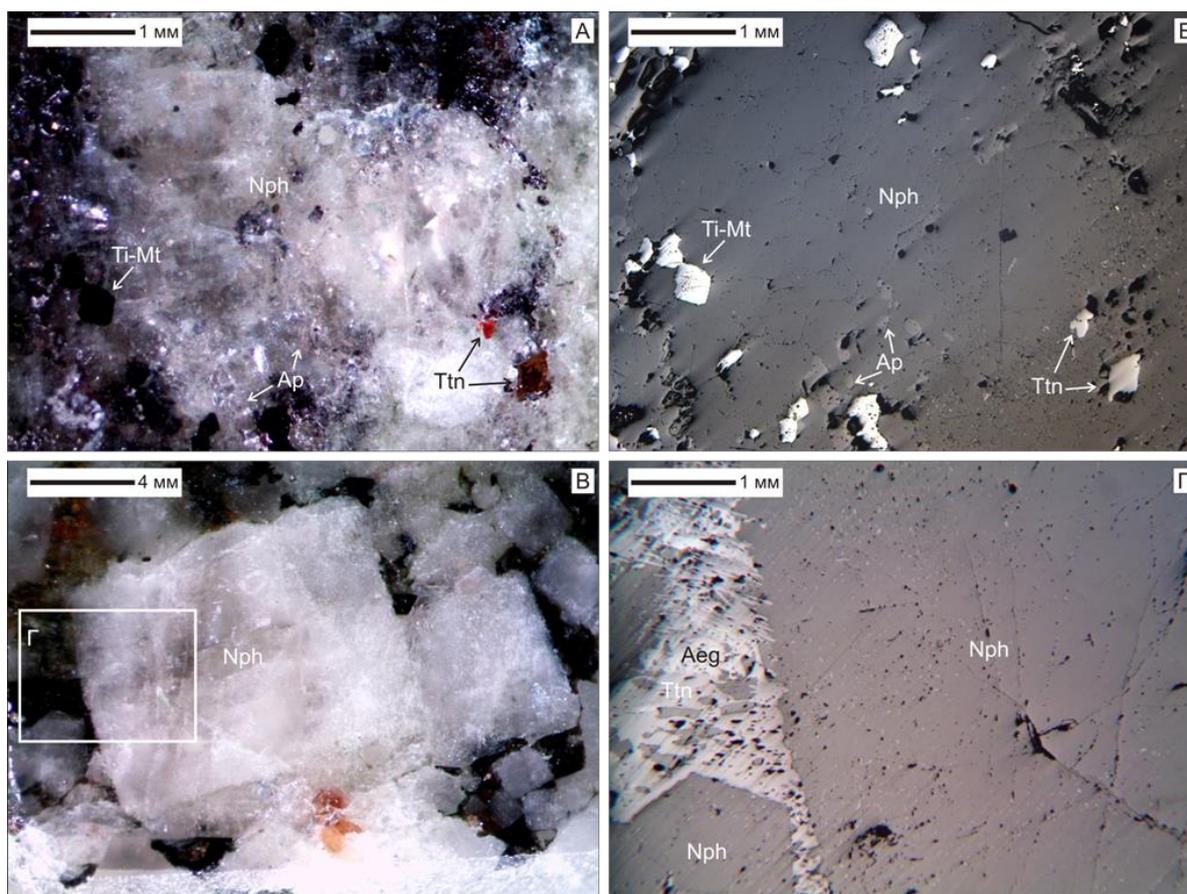


Рисунок 1 – Нефелин (Nph) до воздействия реагентов (А-Б) и после воздействия соляной кислоты (В-Г). А, В – макрофото; Б, Г – снимки в отраженном поляризованном свете

Микроскопическое изучение нефелина, подвергнутого воздействию реактивов, не выявило существенных различий от его первоначального вида. Например, на рисунке (В-Г) показан кристалл нефелина после воздействия соляной кислоты. Поверхность среза достаточно гладкая, небольшая пористость может быть связана с дефектами полировки. Границы с другими минералами четкие, на границах и в трещинах в нефелине не наблюдается следов коррозии или вторичного минералообразования. То же характерно и для других минералов, ассоциирующих с нефелином – титанита, апатита, эгирина, титаномагнетита и др. Аналогичным образом ведут себя нефелин и породообразующие минералы в образцах, изготовленных из уртитов, находившихся под действием других жидких сред. Таким образом, микроскопическими исследованиями установлено, что в образцах уртитов после 6 месяцев хранения в агрессивных средах, признаков коррозии не обнаружено.

В целом, испытания образцов из уррита в жидких агрессивных средах показали, что данные породы являются достаточно стойкими по отношению ко всем использованным жидким средам.

Исследование коррозионной стойкости заполнителей из уртитов проводилось в условиях воздействия 4-х указанных выше жидких сред на щебне фракции 10–20 мм. Для определения потерь массы в каждую среду были заложены по 6 проб массой в сухом состоянии около 400 г. Первоначальные значения дробимости щебня из уррита определялись как среднее из 6 испытаний. Средние значения дробимости уртитов составляли 16.15 %.

В табл. 2 представлены результаты изменения массы и дробимости щебня за первые 0.5 года испытаний в жидких средах.

Таблица 2 – Изменение массы и дробимости щебня из уррита

№ среды	Средние значения потери щебня						
	по массе				по дробимости, %		
	m_0 , г	$m_{0.3}$, г	Δm , г	Δm , %	Dr_0	$Dr_{0.3}$	ΔDr
I – д. в	400.00	399.25	0.75	0.19	16.15	17.65	1.5
II – Cl ⁻	400.18	399.52	0.96	0.24	16.15	18.45	2.3
III – SO ₄ ²⁻	400.00	398.61	1.39	0.35	16.15	18.75	2.6
IV – NO ₃ ⁻	400.02	398.28	1.74	0.43	16.15	18.25	2.1

Результаты испытаний показали, что через 6 месяцев хранения во всех жидких средах у исследуемых проб щебня имеются определенные потери массы. Наиболее агрессивной средой для заполнителей является раствор с повышенным содержанием ионов NO₃⁻ – $\Delta m = 0.43$ % при допустимых 5 %. По сравнению с показателями, полученными на параллельных образцах

в дистиллированной воде, потери массы в агрессивных средах различаются не более, чем на 0.24 %. На этом основании можно сделать вывод о достаточной стойкости щебня из уртита в исследованных жидких средах.

Сравнивая показатели дробимости проб щебня, полученные для каждой агрессивной среды через 6 месяцев испытаний с исходными значениями видно, что показатели дробимости, т. е. потери по массе при испытании щебня на сжатие в цилиндре, во всех средах увеличились, достигнув в сернокислой среде максимального значения потери массы при дробимости в 2.6 %. Дробимость проб щебня, помещенных в дистиллированную воду, не отличалась от дробимости проб щебня из других агрессивных сред более чем на 1.1 %. Несмотря на потери, щебень во всех средах через 6 месяцев испытаний показал ту же марку по прочности, что и до испытаний (M1000). На этом основании можно сделать вывод о стойкости щебня из уртита во всех лабораторных жидких средах.

Дальнейшие коррозионные испытания уртитов, заполнителей из уртитов и бетонов на их основе позволят сделать более точные выводы для научного обоснования вовлечения в производство техногенных месторождений апатито-нефелинового сырья.

Библиографический список

1. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2017 г. URL: <https://gov-murman.ru/region/environmentstate>
2. Белогурова Т. П., Крашенинников О. Н. Утилизация вскрышных пород Хибинских апатитонепелиновых месторождений в строительстве // Строительные материалы. 2004. №6. С. 32–35.

Автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии

Билоус Д. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электроэнергетики на базе филиала ПАО "МРСК Северо-Запада" "Колэнерго", e-mail dvbilous@kolenergo.ru)

Аннотация. Статья освещает перспективы внедрения автоматизированных систем учета электроэнергии. Рассмотрены виды систем учета и защита от несанкционированного доступа к системам учета.

Abstract. The article highlights the prospects for the introduction of automated electricity metering systems. Types of accounting systems and protection against unauthorized access to accounting systems are considered.

Ключевые слова: энергоресурсы, системы учета, энергоэффективность

Key words: energy resources, accounting system, energy efficiency

Использование и применение достоверного учета энергоресурсов в настоящее время способствует снижению энергозатрат, повышая энергоэффективность производства.

Применение автоматизированных систем контроля и учета во всех областях народного хозяйства и промышленности помогает осуществлять непрерывный контроль за использованием электроэнергии, оптимизируя существующие затраты на потребление энергоресурсов.

Внедрение автоматизированных систем учета электроэнергии позволят:

– Осуществлять автоматический сбор, исключить "ручной" съем показаний. Что позволит получать информацию на единый временной срез, исключая ошибки при снятии, так называемый "человеческий фактор".

– Осуществлять обработку и хранение данных.

– Рассчитывать балансы электроэнергии по районам и предприятиям (многоквартирным домам);

– Перейти на выгодный тариф оплаты за потребленную электроэнергию. Выбор оптимальной ценовой категории.

– Получать информацию обо всех неисправностях учета.

Предприятия и бизнес могут выбирать для расчетов разные ценовые категории при оплате за потребленную электроэнергию. Выбор оптимальной ценовой категории может позволить снизить стоимость электроэнергии до 30 %.

Для жителей многоквартирного дома установка автоматизированных систем учета электроэнергии позволит осуществлять контроль снизить объем

потребление на общедомовые нужды. Сводятся к минимуму возможности безучетного потребления энергии недобросовестными жителями.

При этом переходят к использованию системы АСКУЭ промышленные предприятия и юридические лица, и даже садоводческие товарищества, ТСЖ и многоквартирные дома.

Автоматизированная система учёта электроэнергии – это система для удалённого считывания показаний и другой информации с электросчётчиков для использования в расчетах и контроля электропотребления.

В состав систем учёта электроэнергии входят:

- Измерительные каналы (измерительные трансформаторы, счётчик, вторичные цепи);
- Устройства сбора и передачи данных от измерительных каналов на Верхний уровень.
- Верхний уровень (сервер сбора данных или "информационно-вычислительный комплекс")
- Каналы и сети обмена данными.
- Автоматизированные места клиентов-пользователей (АРМ).

Виды систем коммерческого учёта:

- для закупок электроэнергии на оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ) – АИИС КУЭ (автоматизированные информационно-измерительные системы коммерческого учёта электроэнергии).
- для закупок на розничном рынке электроэнергии – АСКУЭ (автоматизированные системы коммерческого учёта электроэнергии).

Системы учёта подразделяются:

По виду данных, передаваемых из счётчика:

- Аналоговые (телеметрические);
- Цифровые (на аналоговых и/или цифровых измерительных комплексах);

По назначению:

- Коммерческие (для коммерческих расчётов на оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ), на розничном рынке).
- Технические (для контроля и балансов некоммерческих потребностей. АСТУЭ).

Наиболее экономически эффективными можно считать комбинированные (*коммерческо-технические*) системы учёта, объединяющие достоинства АСКУЭ и АСТУЭ. Комбинированные системы учёта позволяют оптими-

зирать затраты на потребление электроэнергии по тарифам и стоимости и по потреблению внутри предприятия.

Чем более энергоёмкое предприятие, тем больший эффект принесёт система АСТУЭ. Ещё больший результат принесут комплексные системы учёта различных энергоресурсов (электроэнергия + вода + кол-во теплоты + газа и т. п.).

Защита от несанкционированного доступа к системам коммерческого учета

Для обмена со счётчиком изготовители разрабатывают внешнее программное обеспечение (ПО) и устройства сопряжения (например, оптическая головка). ПО устанавливается на компьютере. Порт компьютера (например, USB), через устройство сопряжения соединяют с портом связи счётчика (например, с оптопортом). Счётчик, его внешнее ПО и устройство сопряжения составляют единый комплекс, позволяющий наиболее эффективно контролировать учёт, параметры и события в счётчике и в измерительных цепях.

Указанный комплекс может подвергаться "атакам" со стороны лиц, пытающихся, воздействуя на счётчик, снизить расходы на электроэнергию. Поэтому изготовители приборов учёта и поставщики электроэнергии стремятся защитить измерения, учёт и настройки счётчиков.

Также выполняется защита от контрафактной продукции (подделок) путем создания онлайн баз производителей, где по заводскому номеру продукции можно отследить ее путь от производства и поставщика до конечного потребителя.

На функциональном и аппаратном уровне производится защита приборов учёта с фиксацией данных в журнале событий:

- защита от электромагнитных воздействий;
- защита оптопорта и электрических портов обмена;
- защита от проникновения внутрь корпуса в том числе фиксация времени и даты снятия клеммной крышки;
- хранение данных в памяти;
- контроль времени программирования;
- трехуровневая защита ПО счётчика.

**Перспективы применения систем мониторинга
и диагностики состояния электротехнического оборудования
в условиях цифровой трансформации электроэнергетики**

*Дзюба А. М., Забодаев Д. П. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электроэнергетики на базе филиала ПАО "МРСК Северо-Запада" "Колэнерго",
e-mail dzubaam@mstu.edu.ru)*

Аннотация. Статья освещает перспективы, направления и особенности применения систем мониторинга и диагностики состояния электротехнического оборудования, учитывающая утвержденную Советом Директоров ПАО "Россети" Концепцию "Цифровая трансформация 2030".

Abstract. This article provides coverage of aspects, courses and characteristics of implementation of systems of condition monitoring and diagnostics of electrical facilities considering approved by committee of directors of PAO Rosseti Conception "Digital transformation 2030".

Ключевые слова: система мониторинга и диагностики, цифровая трансформация, мониторинг, диагностика, цифровизация, контроль состояния электрооборудования

Key words: system of monitoring and diagnostics, digital transformation, monitoring, diagnostics, digitalization, condition monitoring of electrical facilities

Во исполнение указов Президента Российской Федерации Путина В. В. от 09.05.2017 № 203 "О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 гг." и от 07.05.2018 № 204 "О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 г.", в которых определены национальные цели и стратегические задачи развития Российской Федерации на период до 2030 г., а также распоряжения Правительства Российской Федерации от 28.07.2017 № 1632р, утверждающего программу "Цифровая экономика Российской Федерации", была разработана и утверждена Советом Директоров ПАО "Россети" Концепция "Цифровая трансформация 2030" (далее – Концепция) [1].

Одним из краеугольных камней Концепции является переход от системы планово-предупредительного ремонта, действующей на сегодняшний день практически на всех объектах электроэнергетики и других промышленных предприятиях, к системе ремонта оборудования по текущему состоянию или по потребности на основе полученных текущих данных его мониторинга и диагностики.

Применение такого подхода приводит к существенному снижению операционных затрат (ОРЕХ) предприятия по следующим причинам:

– своевременная диагностика состояния оборудования позволяет выявлять отклонения от нормативных параметров задолго до возникновения аварийных ситуаций, связанных с нарушением электроснабжения и выхода оборудования из строя, устранение последствий которых, как правило, требует значительных финансовых вложений по сравнению с текущим ремонтом оборудования;

– в зависимости от условий работы (величина и характер нагрузки, отклонения напряжения, параметры качества электроэнергии и т. п.) продолжительность межремонтных интервалов оборудования может превышать установленную заводом-изготовителем;

– система диагностики оборудования позволяет выявлять конкретные места повреждения оборудования или его частей без необходимости проведения дополнительной комплексной диагностики;

– выявление отклонений от нормативных параметров позволяет оперативно разработать комплекс оперативно-технологических мероприятий по сохранению требуемых условий надежности электроснабжения потребителей, снижая также SAIDI и SAIFI.

Одним из вариантов оптимизации ремонтно-эксплуатационного обслуживания основного электротехнического оборудования в условиях текущего уровня цифровизации является использование трехуровневой системы контроля состояния электрооборудования [2]:

1) Первый технологический уровень – автоматизированный контроль состояния основного электрооборудования по результатам мониторинга параметров нормальных и аварийных режимов работы. На данном этапе нет необходимости установки дополнительных датчиков, так как уже существующие системы сбора и передачи информации, АИИС КУЭ и т. п., передают необходимый объем информации. Основное направление на данном уровне – это создание автоматизированной системы, осуществляющей анализ, преобразование, расчеты, хранение полученных данных и контроль выходных величин.

2) Второй технологический уровень – периодический контроль параметров работающего в нормальном режиме оборудования под рабочим напряжением с использованием уже существующих современных методов и аппаратуры. Применяются как инструментальные ручные методы (переносные

приборы, датчики и т. п.), так и мобильные измерительные комплексы, основным преимуществом которых является возможность быстрого подключения к новому оборудованию для проведения его обследования.

3) Третий технологический уровень – проведение испытаний и измерений на отключенном оборудовании. Данный метод применяется в случае невозможности получения необходимой информации от двух предыдущих уровней.

Следующим шагом в направлении цифровой трансформации является оснащение первичного оборудования полноценными системами мониторинга и диагностики состояния. Данные системы должны отвечать следующим требованиям:

- измерять и передавать (на низком уровне – например, на уровне подстанции) полный объем необходимой для оценки текущего состояния оборудования информации – аппаратная часть системы;

- вычислять расчетные величины, преобразовывать, хранить и передавать на следующие уровни полученные данные и результаты расчетов;

- иметь возможность интеграции в системы более высокого уровня в целях обеспечения централизованного сбора, хранения, анализа данных.

Разумеется, оснащение подобными системами потребует значительных первичных капитальных затрат (CAPEX), поэтому по каждому отдельному случаю на данном этапе реализации Концепции необходимо проводить технико-экономическую оценку результатов применения.

Переход к полноценным комплексным системам следует осуществлять постепенно в порядке и объеме в соответствии с приоритетностью и важностью того или иного электротехнического оборудования. Так, оснащение системой мониторинга и диагностики силового трансформатора имеет гораздо больший синергетический эффект, по сравнению, скажем, с ОПН. Кроме того, необходимо помнить об универсализации (применении однотипного универсального оборудования, протоколов передачи данных и т. п.), автоматизации (с учетом возможности внесения корректировок и анализа компетентным специалистом) и централизации подобных систем в рамках как одного предприятия, так и в целом по стране.

Реализация пилотных проектов и НИОКР в данном направлении позволит получить российским компаниям, эксплуатирующим электрооборудование, так необходимый опыт в данной области цифровой трансформации. На сегодняшний день ПАО "Россети" уже получило результаты точечных

НИОКР [3] и их опытно-промышленной эксплуатации. Лавинообразное увеличение количества подобных объектов и систем в ближайшем будущем, а также тиражирование уже существующих, приведет к снижению затрат на их разработку и применение, что, в перспективе, снизит финансовую нагрузку компаний их применяющих, послужит появлению и развитию новых направлений разработок в данной сфере, обеспечит наличие конкуренции и повышения качества.

Анализ существующих технических решений в данной сфере в мире показывает значительное отставание российского рынка от общемирового. Учитывая направление на импортозамещение в целом по стране, возникает потребность и, как следствие, предложения от отечественных производителей и научно-исследовательских центров по разработке и внедрению данных систем, не уступающих зарубежным аналогам.

Безусловно, путь отечественных компаний в данном направлении будет сложен и тернист. Необходимо учитывать уже имеющуюся общемировую практику, трансформируя и применяя ее в условиях российской действительности – действующих НТД, законодательных актов, стандартов организаций и т. д. Полноценная работа в этом направлении при взаимодействии с органами исполнительной власти на всех уровнях – одна из первостепенных задач Концепции.

Параллельно разработке и внедрению новых все усложняющихся систем и аппаратно-программных комплексов необходимо учитывать все возрастающую потребность в специализированных кадрах для их эксплуатации, а также возможность и перспективы появления новых специализаций на стыке существующих в электроэнергетике.

Библиографический список

1. Концепция "Цифровая трансформация 2030" ПАО "Россети" [Электронный ресурс]. URL: http://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf.
2. Технологический реестр по основным направлениям инновационного развития ПАО "Россети" [Электронный ресурс]. URL: http://www.rosseti.ru/investment/introduction_solutions/doc/reestr_2018.pdf.
3. Реестр внедренного ПАО "Россети" инновационного оборудования и технологий, полученных в результате НИОКР [Электронный ресурс]. URL: http://www.rosseti.ru/investment/introduction_niokr/reestr/.

**Техническая эксплуатация, монтаж, ремонт и обслуживание
(обеспечение электробезопасности) трансформаторов.**

Оптимизация работы двухтрансформаторных подстанций

Васильева Е. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электроэнергетики на базе филиала ПАО "МРСК Северо-Запада" "Колэнерго", e-mail vasilevaev@mstu.edu.ru)

Аннотация. Статья освещает технологию монтажа и эксплуатацию силовых трансформаторов, возможный вариант сокращения потерь мощности на двухтрансформаторной подстанции за счет оптимизации загрузки трансформаторов.

Abstract. The article highlights the technology of installation and operation of power transformers, a possible option to reduce power losses at the two-transformer substation by optimizing the load of transformers.

Ключевые слова: трансформатор, монтаж, ремонт

Key words: transformer, installation, repair

Введение

Одним из важнейших преимуществ переменного тока перед постоянным является легкость и простота, с которой можно преобразовать переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения. Достигается это посредством простого и остроумного устройства – трансформатора, созданного в 1876 г. замечательным русским ученым Павлом Николаевичем Яблочковым.

П. Н. Яблочков предложил способ "дробления света" для своих свечей при помощи трансформатора. В дальнейшем конструкцию трансформаторов разрабатывал другой русский изобретатель И.Ф. Усагин, который предложил применять трансформаторы для питания не только свечей Яблочкова, но и других приемников.

Важная роль в развитии электротехники принадлежит М. О. Доливо-Добровольскому. Он разработал основы теории многофазных и, в частности, трехфазных переменных токов и создал первые трехфазные электрические машины и трансформаторы. Трехфазный трансформатор современной формы с параллельными стержнями, расположенными в одной плоскости, был сконструирован им в 1891 г. С тех пор происходило дальнейшее конструктивное усовершенствование трансформаторов, уменьшалась их масса и габариты, повышалась экономичность. Основные положения теории трансформаторов были разработаны в трудах Е. Арнольда и М. Видмара.

Итак, трансформатором называется статический электромагнитный аппарат, преобразующий переменный ток одного напряжения в переменный

ток другого напряжения той же частоты. Трансформаторы позволяют значительно повысить напряжение, вырабатываемое источниками переменного тока, установленными на электрических станциях, и осуществить передачу электроэнергии на дальние расстояния при высоких напряжениях (110, 220, 500, 750 и 1150 кВ). Благодаря этому сильно уменьшаются потери энергии и обеспечивается возможность значительного уменьшения площади сечения проводов линий электропередачи.

В местах потребления электроэнергии высокое напряжение, подаваемое от высоковольтных линий электропередачи, снова понижается трансформаторами до сравнительно небольших значений (127, 220, 380 и 660 В), при которых работают электрические потребители.

Кроме трансформаторов, применяемых в системах передачи и распределения электроэнергии, промышленностью выпускаются трансформаторы: тяговые, для выпрямительных установок, лабораторные с регулированием напряжения, для питания радиоаппаратуры и др. Все эти трансформаторы называют силовыми.

Трансформаторы используют также для включения электроизмерительных приборов в цепи высокого напряжения (их называют измерительными), для электросварки и других целей.

Монтаж трансформатора и сдача его в эксплуатацию

Установка трансформаторов осуществляется в соответствии с ПУЭ и нормами технологического проектирования подстанций.

Монтаж трансформатора производят на специально оборудованной монтажной площадке вблизи его собственного фундамента (целесообразно на фундаменте), а также на ремонтной площадке ТМХ или на постоянном или переменном торце машинного зала электростанции. Монтажную площадку обеспечивают источником электроэнергии необходимой мощности и связью с емкостями масла со стороны стационарного маслохозяйства (либо емкости располагаются вблизи площадки). Территория монтажной площадки должна предусматривать работы подъемно-технологического оборудования, а также свободное размещение вблизи бака трансформатора подготовленных к установке комплектующих узлов.

При работе на открытом воздухе вблизи трансформатора устанавливают инвентарное помещение для персонала, хранения инструмента, приборов материалов. Площадку оборудуют средствами пожаротушения, телефоном. Освещенность сборочной (монтажной) площадки должна обеспечивать работу в три смены. Монтаж крупных трансформаторов следует производить

по проекту организации работ, разработанному с учетом конкретных условий. В объем монтажных работ входит подготовка комплектующих узлов и деталей.

При подготовке к установке на трансформатор вводов проверяют отсутствие трещин и повреждений фарфоровых покрышек, поверхность которых очищают от загрязнений; затем ввод испытывают испытательным напряжением переменного тока, соответствующим классу напряжения ввода. Для маслонаполненных вводов 110 кВ и выше объем подготовительных работ обусловлен способом защиты масла ввода от соприкосновения с окружающим воздухом.

Герметичные маслонаполненные вводы проверяют внешним осмотром на отсутствие течи и на целостность фарфоровых покрышек и других элементов конструкции, располагаемых с внешней стороны ввода, при этом давление масла измеряют по показаниям манометра. Согласно инструкции завода-изготовителя приводят давление во вводе до требуемых значений в зависимости от температуры окружающего воздуха. При необходимости производят долив или слив масла из ввода. Долив масла может производиться с помощью ручного маслонасоса. Перед присоединением маслонасоса перекрывают вентили со стороны ввода и бака давления, а в переходник вместо пробки вворачивают штуцер с резьбой М 14х1,5. Затем приоткрывают вентиль бака давления и под струей масла из переходника надевают шланг на штуцер. Насосом подают масло в бак давления, следя за показаниями манометра. Отсоединение насоса производят в следующей последовательности: перекрывают вентиль со стороны бака давления, выворачивают штуцер на переходнике и, приоткрыв вентиль со стороны бака давления, под струей масла вворачивают пробку. Открывают вентили на вводе и баке давления. При регулировании давления во вводе, замене манометра или замене поврежденного бака давления и других операциях нельзя допускать проникновения окружающего воздуха во ввод. Подпитку ввода производят дегазированным маслом необходимого качества. Аналогично производят операции по частичному сливу (доливу) масла в герметичные вводы, не имеющие бака давления. Маслонаполненные вводы негерметичной конструкции проверяют внешним осмотром на отсутствие повреждений наружной поверхности фарфора и других элементов конструкции. При сложных повреждениях ввод заменяют на резервный, а поврежденный ввод, требующий полной разборки, отгружают в централизованные мастерские. После устранения течи устанавливают уровень масла по маслоуказателю: при температуре 15–20 °С уро-

вень масла составляет примерно $2/3$ высоты трубки маслоуказателя. Заменяют также масло в гидрозатворе, для чего через сливное отверстие полностью сливают из затвора отработанное масло, а затем заливают в затвор через "дыхательное" отверстие свежее, сухое масло до уровня контрольного отверстия. Перед установкой на бак проверяют изоляцию маслонеполненных вводов ($\text{tg } \delta$, электрическую емкость основной изоляции), у негерметичных вводов также измеряют характеристики масла. Измерение $\text{tg } \delta$ и других характеристик изоляции производят при температуре окружающего воздуха не ниже $+5\text{ }^\circ\text{C}$. Если температура окружающего воздуха ниже $+5\text{ }^\circ\text{C}$, то перед измерением характеристик изоляции вводы предварительно прогревают при помощи воздуходувок в специальном инвентарном помещении ("тепляке"), при этом скорость подъема температуры воздуха в "тепляке" не должна превышать $5\text{--}7\text{ }^\circ\text{C}$ в час, Поток горячего воздуха не должен быть направлен на фарфоровые крышки ввода. При прогреве вентили герметичных вводов с баками давления должны находиться в открытом положении. При прогреве негерметичных вводов постоянно контролируют уровень масла по масломерному стеклу.

Если измерения показали несоответствие характеристик масла требуемым нормам, масло ввода заменяют, как правило, под вакуумом. Через сливные отверстия масло полностью сливают, ввод герметизируют и выдерживают при остаточном давлении не более $0,65\text{ кПа}$ в течение времени в соответствии с классом напряжения ввода. После этого под вакуумом подают трансформаторное масло, нагретое до температуры $35\text{--}40\text{ }^\circ\text{C}$. Допускается замена масла без вакуумирования способом вытеснения. Для этого верхнюю часть ввода присоединяют через промежуточный кран к вспомогательному (инвентарному) бачку емкостью, в $3\text{--}3,5$ раза большей, чем объем масла ввода. Инвентарный бачок располагается над вводом. Полностью заполняют расширитель ввода трансформаторным маслом. К нижней части ввода присоединяют через шланг емкость не менее двукратного объема масла ввода. Открывают маслоотборное устройство в нижней части ввода и производят слив забракованного масла из ввода с одновременным заполнением ввода свежим маслом. При этом следят, чтобы ввод был постоянно заполнен маслом. После слива двух объемов во вводе устанавливается требуемый для нормальной работы уровень масла. Выдерживают ввод под вакуумом при остаточном давлении $1,3\text{ кПа}$ в течение времени, соответствующего классу напряжения. Все операции по доливке масла, а также измерения изоляционных

характеристик производят в вертикальном положении ввода, для чего он устанавливается на подставку.

Встроенные трансформаторы тока в период хранения должны быть полностью залиты трансформаторным маслом. Подготовка к монтажу установки встроенного трансформатора тока состоит в осмотре его наружных и внутренних поверхностей, а также в производстве измерений в следующей последовательности: проверка масла (на пробивное напряжение), полярности, коэффициента трансформации, активного сопротивления на всех отпайках вторичной обмотки; испытания изоляции приложенным напряжением; измерения вольтамперной характеристики. Перечисленные измерения производят, если значение пробивного напряжения масла соответствует нормам. Если же значение пробивного напряжения значительно снизилось в период хранения, то перед измерением характеристик изоляции и параметров трансформаторов тока необходимо произвести сушку трансформаторов тока при температуре 100–110 °С в течение 8–10 ч. Нагрев трансформаторов тока производят в специальной печи или воздуходувкой. После сушки проверяют состояние опорных клиньев и при необходимости производят расклиновку.

Охлаждающее устройство типов Д, ДЦ трансформаторов, прибывших на подстанцию (станцию) с завода-изготовителя или полученных с другой подстанции, проверяют внешним осмотром на отсутствие механических повреждений, а затем промывают изнутри сухим прогретым маслом по схеме на рис. 1. Промывку охладителя и его испытание на герметичность производят в контуре, в который входят элементы 1, 2, 4, 5, 9 и 13. После промывки при закрытой задвижке 13 испытательное избыточное давление до 0,21 МПа в этом контуре обеспечивают с помощью маслонасоса 5. При закрытой задвижке 12 и отключенном маслонасосе избыточное давление выдерживают в течение 30 мин. Если по истечении 30 мин внешним осмотром не обнаружена утечка масла в элементах конструкции, то охладитель считается выдержавшим испытания и его герметичность подтверждена.

Одновременно с охладителем промывают маслопроводы системы охлаждения в течение 1 ч маслом, нагретым до 50–60 °С, с пробивным напряжением не менее 45 кВ. Контур, в который входят элементы 15, 2, 3 и 14, необходим для прогрева и очистки масла.

Вентиляторы проверяют внешним осмотром на отсутствие механических повреждений и касания лопаток вентилятора внутренней поверхности диффузора (обечайки) при вращении от руки. При необходимости произво-

дят статическую балансировку на валу двигателя. При проверке лопасти вентилятора должны останавливаться в любом положении. Балансировку крыльчатки осуществляют на специальном стенде. Значение вибрации не должно превышать 0,06 мм.

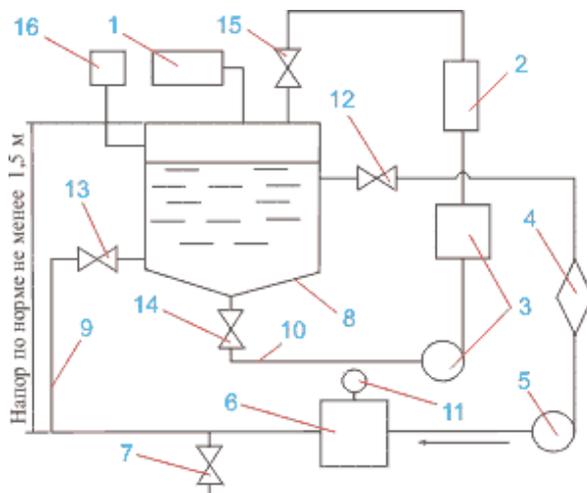


Рисунок 1 – Схема промывки охлаждающих устройств типа ДЦ: 1 – воздухоосушитель; 2 – маслоподогреватель; 3 – маслоочистительная установка с насосом; 4 – сетчатый фильтр; 5 – масляный насос ЭЦТ (рабочий); 6 – промываемые элементы системы охлаждения; 7 – кран отбора проб масла; 8 – бак объемом не менее 3,5 м³; 9 – маслопровод диаметром 120 мм в системе промывки; 10 – маслопровод в системе подогрева и очистки масла; 11 – манометр; 12–15 – задвижки; 16 – маслоуказатель

Подшипники вентиляторов заполняют смазкой. У электронасосов после слива и снятия заглушек и коробки выводов проверяют состояние токопроводящих выводов и сопротивление изоляции обмотки статора. Сопротивление изоляции выводов при их нормальном состоянии должно быть не менее 4 мОм при температуре 20 °С. Если сопротивление изоляции не соответствует нормам, то производят сушку изоляции обмоток одним из доступных способов, например путем включения двигателя с заторможенным ротором на напряжение, равное 10–15 % номинального. При достижении нормированного сопротивления изоляции продолжают сушку еще 2–3 ч. Практика показывает, что в течение этого времени сопротивление стабилизируется.

Охладители системы охлаждения типа Ц проверяют на плотность как масляной, так и водяной полостей. В процессе испытания проверяют отсутствие течей масла в узлах конструкции охладителя. При проверке водяной полости не должно быть утечки воды в масло, что определяют по результатам испытания по пробивному напряжению или влагосодержанию пробы масла, взятой из полостей охладителя. При испытании на герметичность давление воды в водяной камере в течение 30 мин выдерживают равным 0,6 МПа.

Термосифонные и адсорбционные фильтры после очистки и промывки заполняют свежим адсорбером (силикагелем).

Расширители с пленочной защитой отличаются большим объемом подготовительных работ. Эластичную емкость перед установкой в расширитель проверяют на маслоплотность путем заполнения емкости воздухом до избыточного давления 3 кПа, при этом внешнюю поверхность покрывают раствором мыльной пены для обнаружения мест утечек. После проверки внешняя поверхность должна быть тщательно промыта.

Одновременно проверяют на герметичность расширитель избыточным давлением воздуха 25 кПа. Пленку в расширитель устанавливают на монтажной (ремонтной) площадке до установки расширителя на трансформатор. После закрепления и уплотнения оболочки расширитель устанавливают на подставки высотой не менее 300 мм, предварительно уплотняя верхние патрубки и открывая пробки в них для выпуска воздуха (рис. 2).

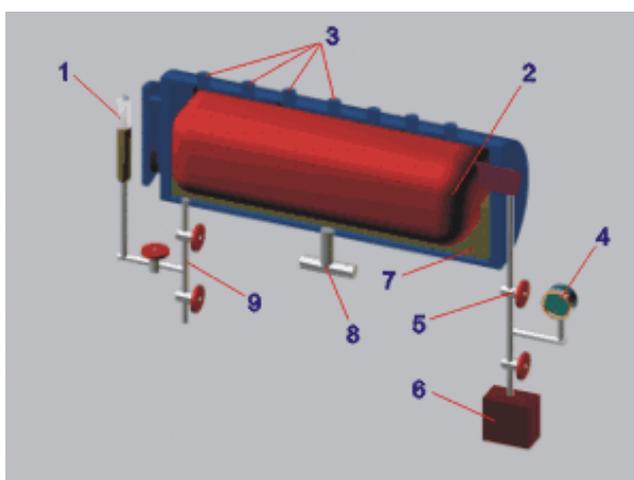


Рисунок 2 – Схема удаления воздуха из расширителя с пленочной защитой масла:
1 – стеклянный маслоуказатель; 2 – эластичная емкость; 3 – патрубок; 4 – манометр;
5 – кран; 6 – источник подачи сжатого воздуха; 7 – трансформаторное масло;
8 – отсечной клапан; 9 – маслопровод

К расширителю подсоединяют отсечной клапан в закрытом состоянии, маслопровод со стеклянной трубкой и воздухопровод с манометром. Заполняют расширитель маслом необходимого качества с температурой 10 °С до 50–70 % его объема. Удаляют воздух из отсечного клапана, открывая ручную заслонку клапана на 5–10 с. При закрытом кране подачи масла в расширитель заполняют гибкую оболочку сухим воздухом до избыточного давления 15 кПа. При появлении масла временно уплотняют верхние пробки заглушек и выдерживают расширитель в таком состоянии 30 мин. Вновь открывают пробки и после выхода воздуха снова их уплотняют. Сни-

жают давление воздуха в оболочке до атмосферного, при этом оболочка в результате удаления воздуха будет прилегать к стенкам расширителя и поверхности масла. Операции по созданию давления в оболочке и выпуску воздуха повторяют несколько раз, добиваясь полного прекращения выделения воздуха и плотного прилегания оболочки, после чего сливают масло из расширителя до уровня 100 мм от низа, при этом контроль уровня масла в расширителе осуществляют при помощи стеклянной трубки. После слива масла через люк для указателя уровня масла в расширителе проверяют состояние внутренней поверхности оболочки, применяя лампы напряжением не выше 36 В. При правильной сборке оболочка плотно прилегает к стенкам расширителя и поверхности масла, не имеет перегибов и складок в нижней части, которые могли бы нарушать работу указателя уровня масла. После проверки оболочки устанавливают маслоуказатель, рычаг которого имеет шаровой оконцеватель.

Расширитель, не имеющий пленочную защиту, проверяют внешним и внутренним осмотром и при необходимости очищают, а затем проверяют на плотность путем создания избыточного давления воздуха так же, как и при проверке на плотность расширителя с пленочной защитой.

Подготовка устройств азотной защиты здесь не рассматривается, так как в настоящее время в эксплуатации этот вид защиты рекомендовано заменять на пленочную защиту, а заводы-изготовители прекратили выпуск трансформаторов с азотной защитой.

В период сборки (монтаж) трансформатора производят проверку и подготовку устройств автоматического управления системой охлаждения, а также контрольно-измерительных устройств в соответствии с требованиями соответствующих инструкций.

При ревизии с полным сливом масла из бака и подъемом колокола осматривают доступные узлы активной части:

– положение активной части в поддоне проверяют по состоянию фиксирующих шипов на дне бака (на отсутствие следов сдвига), состоянию ярмовых балок и распорных винтов, а также других элементов креплений активной части в баке;

– магнитопровод проверяют на отсутствие повреждения электротехнической стали в доступных местах (измеряют сопротивление изоляционного покрытия по пакетам) прессующих полубандажей и шпилек, на отсутствие разрывов и повреждений бандажной изоляции;

– встроенное переключающее устройство проверяют на отсутствие повреждений изоляционных и других конструктивных деталей и надежность их крепления; на отсутствие перекосов приводных валов и чрезмерного натяжения отводов; поврежденные контакты избирателя обнаруживаются путем переключения;

– отводы и обмотки проверяют в доступных местах на отсутствие повреждений их изоляции, разрыва проводников и демпферов, поломок и ослаблений их крепления; обнаруженные недостатки устраняют. При осмотре изоляционных барьеров следует внимательно проверить расположение линейного отвода обмотки ВН относительно барьера (не должно быть касаний края барьера с отводом);

– проверяется опрессовка обмотки и элементов конструкции магнитопровода. Значения усилий опрессовки обмоток, выполненной с помощью градуированных ключей, приводятся в технической документации на трансформатор. При необходимости опрессовку обмоток целесообразно производить с использованием гидродомкратов и только после опрессовки ярм. При опрессовке обмоток выполняют затягивание прессующих винтов равномерно по всей окружности. Обмотки мощных трансформаторов, требующих создания значительных усилий, рекомендуется спрессовывать с применением гидродомкратных устройств. Независимо от способа опрессовку следует начинать с обмотки, требующей наибольшего усилия опрессовки;

– проверяют схему заземления трансформатора и состояние изоляции узлов магнитопровода с применением мегаомметра. Поврежденные элементы изоляции заменяют. В некоторых случаях, если места замыкания невозможно устранить, в схему заземления устанавливают дополнительный резистор для ограничения тока в контуре (для большинства трансформаторов сопротивлением около 3000 Ом). Для правильной, установки резистора необходимо точно определить место нарушения изоляции и оценить геометрию возможного контура.

После окончания ревизии активную часть трансформатора промывают струей горячего сухого масла, сливают полностью остатки масла и насухо вытирают дно, а затем устанавливают у мощных трансформаторов съемную часть бака. У трансформаторов с верхним разъемом (крышкой) опускают активную часть в бак.

Маслостойкую резину в местах разъема и в фланцевых соединениях необходимо заменить на новую. Затяжка мест разъема считается нормальной, если прокладка зажата до 2/3 первоначальной толщины. Операции по гер-

метизации производят оперативно без излишнего нахождения активной части на воздухе.

Установку вводов ВН следует производить крайне внимательно, строго выдерживая угол наклона относительно бака трансформатора. При креплении бакелитовых цилиндров к фланцам кожуха трансформатора тока нужно обратить внимание на расположение среза в цилиндре по отношению к обмотке.

После установки вводов проверяют правильность расположения отвода обмотки ВН – расстояние отвода до края изоляционных цилиндров и перегородок следует выдерживать не менее 20 мм для классов напряжения 110–500 кВ и 30 мм для класса напряжения 750 кВ.

Трансформаторы тока и вводы 110–330 кВ устанавливаются на бак, как правило, после заполнения его маслом, а вводы напряжением 500 кВ и выше – до заполнения бака трансформатора маслом.

При наклонном расположении ввода на баке трансформатора газоотводный патрубок и пробка должны быть расположены на опорном фланце в крайнем верхнем положении, а стекло указателя уровня масла негерметичных вводов – в полости, перпендикулярной плоскости наклона.

Трансформаторы тока 6–35 кВ устанавливают на баке трансформатора вместе с предварительно закрепленными на них вводами 6–35 кВ. В этом случае подсоединение токоведущих шпилек вводов к отводам обмоток производят после фиксации установок трансформаторов тока. Вводы НН мощных трансформаторов имеют сложную контактную часть. При болтовом соединении таких контактов с них необходимо тщательно удалять с применением салфеток появляющуюся металлическую пыль.

После установки вводов, герметизации и подготовки трансформатора к вакуумированию продолжают работы по установке (присоединению) системы охлаждения, расширителя, газоотводной системы. При вакуумировании маслonaполненные вводы ВН и СН должны быть соединены с баком трансформатора, чтобы внутренние полости вводов и бака находились под одним давлением, иначе возможно повреждение вводов. Расширитель не выдерживает вакуума, и его в процессе вакуумирования отсоединяют от бака трансформатора. После завершения процесса вакуумирования производят заполнение трансформатора маслом. Заполнение маслом системы охлаждения производят отдельно или совместно. Совместную заливку применяют главным образом при заполнении системы охлаждения навесного или группового исполнения.

Одновременно с работами по вакуумированию и заполнению бака маслом производят работы по монтажу отдельных узлов трансформатора, располагаемых с внешней стороны трансформатора. Устанавливают шкафы управления охладителями типа ШАОТ. Производят также монтаж силовых и контрольных кабелей, предназначенных для питания двигателей и насосов системы охлаждения. Проводят проверку сопротивления изоляции всех электрических цепей, которое должно быть не менее 0,5 мОм. Кроме того, проверяют поочередно работу вентиляторов и маслонасосов (направление вращения крыльчатки вентиляторов, отсутствие касания лопаток вентилятора обечайки и отсутствие вибраций). Направление вращения вентилятора должно соответствовать направлению нанесенной на нем стрелки. Для изменения направления вращения вентилятора необходимо поменять местами подключения двух любых фаз питающего кабеля.

Перед включением в работу систему охлаждения проверяют. Проверку систем охлаждения типа ДЦ и Ц производят при открытом кране на всасывающем маслопроводе и при закрытом кране на нагнетающем. Включают насос и проверяют создаваемое им давление по показаниям установленного на нем манометра. Электронасосы типа ТЭ проверяют в течение не более 1 мин. Маслонасосы в нормальном состоянии работают без шума и вибрации. После проверки работы вентиляторов и маслонасосов включают систему охлаждения и проверяют ее работу в течение 3–72 ч в зависимости от класса напряжения трансформатора. При необходимости устраняют течь масла, подсосы воздуха во всасывающем маслопроводе, устанавливают пробки охлаждающих устройств маслопровода и пластинчатых фильтров. Осматривают и при необходимости очищают фильтрующий пакет пластинчатых фильтров.

После окончания сборки и заливки маслом на трансформаторе производят в определенной последовательности предпусковые испытания, в объем которых входят:

- измерение потерь холостого хода при пониженном однофазном напряжении;
- измерение активного сопротивления обмоток (на постоянном токе);
- измерение коэффициента трансформации;
- проверка группы соединения обмоток;
- испытание изоляции приложенным напряжением.

Кроме того, по ходу сборки трансформатора производят измерения и испытания комплектующих узлов и арматуры. При этом следует помнить,

что постоянное напряжение может вызвать дополнительное намагничивание магнитной системы трансформатора и, как следствие, будет получено завышенное значение потерь холостого хода, поэтому потери холостого хода при малом возбуждении измеряют до нагрева трансформатора постоянным током и до измерения активных сопротивлений обмоток.

Активное сопротивление обмоток измеряют, как правило, при установившейся температуре трансформатора.

Испытание изоляции приложенным напряжением проводят после измерений и оценки ее состояния.

Результаты измерений и испытаний оформляют соответствующими протоколами.

Перекатку трансформатора на фундамент производят на собственных катках в соответствии с требованиями инструкций, приведенных в технической документации завода-изготовителя.

На фундаменте в зависимости от конструкции трансформатора при необходимости создают уклон по направлению к газовому реле, равный 1–1,5 %, путем установки металлических прокладок под катки трансформатора. После создания уклона катки фиксируют на рельсах специальными упорами, а затем к трансформатору присоединяют выносную систему охлаждения.

Полностью собранный трансформатор проверяют на маслоплотность избыточным давлением столба масла высотой 0,6 м над высшим рабочим уровнем масла в расширителе в течение 3 ч при температуре масла не ниже 10 °С. Производят отбор пробы масла для проверки после полной сборки трансформатора.

Вводы, не участвующие в работе, присоединяют к разрядникам. Допускается присоединять к разряднику только две вершины неиспользуемой обмотки НН, а третью вершину присоединяют металлическими шинами к общему контуру заземления подстанции. Через общий контур заземляют и бак трансформатора. Для подсоединения заземляющей шинки на баке трансформатора имеется болт заземления.

Настраивают и проверяют действие газовой защиты на отсутствие ложных срабатываний при включении и отключении системы охлаждения и на срабатывание реле при вытеснении из его полости масла.

Готовность включения трансформатора в работу оформляют технической документацией, допускающей трансформатор к эксплуатации.

После монтажа нового или отремонтированного трансформатора оформляют техническую документацию. Техническая документация впервые вводимого в работу трансформатора включает в себя:

- акт приемки трансформатора после транспортировки;
- о хранении трансформаторов (в нем отмечаются особенности хранения);
- акты о проверке 1 герметичности и об оценке увлажнения изоляции трансформатора с заключением о допустимости его включения без сушки,
- акты о выполнении отдельных работ по установке комплектующих узлов трансформатора и сборке системы охлаждения,
- протоколы по проверке приборов и аппаратуры по испытанию трансформатора, наладке, проверке и испытанию комплектующих узлов (вводов, насосов, трансформаторов тока и т. п.).

Акты подписывают представители организаций, участвующих в приемке, хранении и монтаже трансформатора, и утверждает руководство эксплуатационной организации, которой передается основной экземпляр акта и сдаточная документация.

Перед пробным включением трансформатора на холостой ход внешним осмотром проверяют отсутствие повреждений и посторонних предметов, течи масла. Внешняя поверхность, особенно фарфоровых покрышек вводов, должна быть чистой. Необходимо также проверить уровень масла в маслоуказателе, расширителе, негерметичных маслонаполненных вводах, в контакторе, а также наличие давления в герметичных вводах.

Проверяют работу термометров и термосигнализаторов. Проверку цепей термосигнализаторов производят переводом стрелок (уставок) максимальной и минимальной температуры.

Устанавливают в рабочее положение краны и задвижки системы охлаждения и кран расширителя.

Проверяют состояние и качество заземлений.

Фиксируют в нужном положении указатели переключателей напряжения типа ПБВ.

Кроме того, проверяют:

- узлы подсоединения к линейным выводам и нейтрали разрядников;
 - состояние подсоединения всех цепей силовых и контрольных кабелей.
- Цепи вторичных обмоток трансформаторов должны быть постоянно замкнуты на приборы или закорочены, так как размыкание цепи приведет к повреждению трансформаторов тока;
- действие механизмов блокировки выключателей;

- действие всех установленных защит;
- отсутствие воздуха в газовом реле.

Включение трансформатора на номинальное напряжение производят только после подтверждения его готовности и утверждения сдаточной технической документации.

Техническое обслуживание трансформаторов

При техническом обслуживании трансформаторов в процессе эксплуатации производят осмотры и мелкий ремонт трансформатора, не требующий его остановки и отключения от сети и потребителя, а также текущий ремонт отключенного трансформатора без его вскрытия.

Периодические осмотры трансформаторов производятся в следующем объеме:

1. проверка состояния фарфоровых изоляторов и покрышек вводов (наличие или отсутствие трещин, сколов фарфора, загрязнений, течи масла через уплотнения);

2. целости и исправности манометров в системе охлаждения, азотной защиты и на герметичных вводах;

3. проверка термосигнализаторов и термометров, маслоуказателей, газовых реле, мембраны выхлопной трубы;

4. положения автоматических отсечных клапанов на трубе к расширителю, состояния индикаторного силикагеля в воздухоосушителях, состояния фланцевых соединений маслопроводов системы охлаждения, бака и всех других составных частей;

5. отсутствия течей масла и механических повреждений на трансформаторе и его составных частях: проверка исправности действия системы охлаждения и нагрева трансформатора по показаниям приборов, уровня масла в расширителе бака и расширителях вводов, давления масла в герметичных вводах, показаний счетчика переключений у трансформаторов, снабженных устройством РПН, отсутствия постороннего шума в трансформаторе; у трансформаторов, имеющих охлаждение с принудительной циркуляцией масла (ДЦ или Ц) – периодический контроль по манометрам давления масла и воды в системе охлаждения.

Осмотр трансформаторов производится в следующие сроки:

– главных понижающих трансформаторов подстанций с постоянным дежурством персонала – 1 раз в сутки;

– остальных трансформаторов электроустановок с постоянным и без постоянного дежурства персонала – 1 раз в месяц;

- на трансформаторных пунктах – не реже 1 раза в месяц.
- Внеочередные осмотры трансформаторов производятся:
- после неблагоприятных погодных воздействий;
 - при работе газовой защиты на сигнал, а так же при отключении трансформатора от газовой или дифференциальной защиты.

Текущий ремонт трансформаторов

Текущий ремонт силового трансформатора с отключением его от питающей сети производят в порядке реализации планово-предупредительного ремонта.

Периодичность текущих ремонтов силовых трансформаторов зависит от их технического состояния и от условий эксплуатации. Сроки текущих ремонтов устанавливаются в местных инструкциях предприятия техническим руководителем. Однако такие ремонты надо производить не реже одного раза в год.

Текущий ремонт трансформаторов производится в следующем объеме:

- наружный осмотр и устранение дефектов, поддающихся устранению на месте;
- чистка наружной поверхности изоляторов и бака;
- спуск грязи из расширителя, доливка масла, проверка маслоуказателя;
- смена сорбента в фильтрах;
- проверка спускного крана и уплотнений;
- осмотр и чистка охлаждающих устройств, проверка (замена) подшипников двигателей системы охлаждения и вентиляторов, их балансировка;
- проверка защит и разрядников на трансформаторах с устройством РПН и контрольно-измерительных приборов;
- проверка гидравлического затвора, мембраны выхлопной трубы, отсекавателя, осмотр и проверка вводов;
- отбор и проверка проб масла из бака трансформатора, негерметичных и при необходимости герметичных вводов;
- осмотр, проверка маслопроводности верхнего контактного узла вводов и при необходимости замены уплотнений;
- проверка устройств защиты масла от старения и окисления и замена поврежденных элементов этих устройств;
- проведение измерений и испытаний.

У трансформаторов с РПН ежегодно производятся внеочередные ремонты регулирующего устройства в соответствии с указаниями заводских инструкций.

У маслonaполненных негерметизированных вводов при ремонте производится отбор пробы масла, замена масла в масляном затворе, доливка масла, смена сорбента в воздухоосушительном фильтре и измерение тангенса угла диэлектрических потерь ввода, и при необходимости выполняется полная замена масла.

При текущем ремонте трансформаторов с принудительным охлаждением проверяется герметичность охладителей и замена уплотнений, состояние подшипников электронасосов и двигателей вентиляторов и производится их замена с одновременной балансировкой электродвигателей. Герметичность маслoводяных охладителей проверяется согласно инструкции завода-изготовителя путем создания избыточного давления поочередно со стороны масляной и затем водяной системы, при этом заменяются дефектные уплотнения и производится завальцовка и глушение некоторого количества (двух-трех) трубок трубного пучка.

При текущем ремонте восстанавливаются сварные швы и устраняется течь масла. Течь масла в местах поврежденных швов бака устраняется сваркой под вакуумом (если бак рассчитан и испытан на вакуум) с отключением трансформатора.

Технологические операции текущего ремонта являются частью типового капитального ремонта (иначе называемого средним ремонтом).

С целью выявления возникающих дефектов в активной части трансформатора на ранней стадии развития рекомендуется применять анализ растворенных газов в масле с помощью хроматографии.

Капитальный ремонт с заменой обмоток

Ремонты трансформаторов с заменой обмоток (частичной или полной), включая ремонт магнитопровода, выполняются в условиях баз (заводов) энергосистем или на заводе-изготовителе трансформатора. Вызвано это тем, что подстанции и большинство электростанций не предназначены для проведения таких ремонтов, так как требуются специальные помещения, оснащенные технологическим и испытательным оборудованием. Ремонты без таких помещений допускаются при тщательной подготовке в исключительных случаях по разрешению вышестоящей организации и должны проводиться под руководством шеф-персонала завода-изготовителя с привлечением персонала специализированных ремонтных организаций, имеющих необходимую квалификацию.

Капитальный ремонт трансформаторов проводится в зависимости от их состояния и результатов диагностического контроля, а для трансформато-

ров 110 кВ и выше мощностью 125 МВ А и более не позднее чем через 12 лет после ввода в эксплуатацию.

Испытания силовых трансформаторов

Измерения и испытания масляных силовых трансформаторов, авто-трансформаторов, масляных реакторов и заземляющих дугогасящих реакторов (в дальнейшем, трансформаторов) в процессе подготовки и монтажа, проведении приемо-сдаточных испытаний производятся в соответствии с требованиями гл.1.8 ПУЭ, РТМ 16.800.723-80, ОАХ.458.000-73 и гл. 6 "Нормы испытания электрооборудования".

Измерения и испытания трансформаторов, находящихся в эксплуатации, производится в соответствии с требованиями "Нормы испытания электрооборудования и аппаратов электроустановок потребителей" (приложение 1 ПЭЭП). Измерения и испытания проводятся при капитальном ("К") и текущем ("Т") ремонтах, а также в межремонтный ("М") период (профилактические испытания, не связанные с выводом электрооборудования в ремонт).

Оптимизация работы двухтрансформаторных подстанций

Передача мощности через трансформатор сопровождается потерями мощности в его сердечнике и обмотках. Потери в сердечнике принимают приблизительно равными потерям холостого хода, они не зависят от нагрузки, а зависят от напряжения сети. Потери в обмотках в свою очередь зависят от нагрузки и называются нагрузочными.

На двух трансформаторных подстанциях всегда стоит вопрос: что выгоднее держать в работе два трансформатора или один и как зависят потери активной мощности от коэффициента загрузки трансформатора? Определим: при каком условии с точки экономии потерь активной мощности на подстанции необходимо держать в работе один трансформатор. Для этого запишем через неравенство потери активной мощности при работе одного и двух трансформаторов на подстанции.

$$\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} * S^2 / 2S_{нт}^2 \leq 2 * \Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} * S^2 / 2S_{нт}^2$$

где ΔP_{xx} – потери активной мощности при холостом ходе трансформатора;

$\Delta P_{кз}$ – потери активной мощности при коротком замыкании трансформатора;

S – нагрузка, подключенная к трансформаторной подстанции;

$S_{нт}$ – номинальная мощность трансформатора

Произведя математические преобразования, определим при каком условии потери активной мощности при работе одного трансформатора на под-

станции будут меньше, чем при одновременной работе двух трансформаторов.

$$\Delta P_{кз} * S^2 / 2S^2_{нт} \leq \Delta P_{хх} + \Delta P_{кз} * S^2 / 2S^2_{нт}$$

$$\Delta P_{кз} * S^2 / S^2_{нт} - \Delta P_{кз} * S^2 / 2S^2_{нт} \leq \Delta P_{хх}$$

$$\Delta P_{кз} * S^2 / 2S^2_{нт} \leq \Delta P_{хх}$$

$$\Delta P_{кз} * S^2 \leq 2 * \Delta P_{хх} * S^2_{нт}$$

$$S^2 \leq 2 * \Delta P_{хх} * S^2_{нт} / \Delta P_{кз}$$

$$S \leq \sqrt{2 * \Delta P_{хх} * S^2_{нт} / \Delta P_{кз}}$$

$$S \leq \sqrt{2 * \Delta P_{хх} / \Delta P_{кз}} * S_{нт}$$

Из неравенства видно, что условие будет выполняться, если нагрузка трансформаторной подстанции будет составлять менее $\sqrt{2 * \Delta P_{хх} / \Delta P_{кз}}$ от номинальной мощности трансформатора $S_{нт}$, и в этом случае экономичнее держать на подстанции в работе один трансформатор.

Для примера определим, при какой подключенной мощности нагрузки рекомендуется работать на одном трансформаторе:

Трансформатор	$S_{\text{ном}}$, кВ · А	$U_{\text{вн}}$, кВ	$U_{\text{нн}}$, кВ	$\Delta P_{\text{х}}$, кВт	$\Delta P_{\text{к}}$, кВт	$u_{\text{к}}$, %	$i_{\text{х}}$, %	$\sqrt{\frac{2 \Delta P_{\text{хх}}}{\Delta P_{\text{кз}}}}$
ТДН-16000/110	16000	115	11	18	85	10.5	0,7	0,65
ТРДН-25000/110	25000	115	10,5	25	120	10.5	0,65	0,645
ТРДН-32000/110	32000	115	10,5	44	145	10.5	0,75	0,779

Библиографический список

1. Китаев В. Е. Трансформаторы. М. : Высшая школа. 1974. 207 с.
2. Грумбина А. Б. Электрические машины и источники питания радиоэлектронных устройств. М.: Энергоатомиздат. 1990 368 с.
3. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей 2003г.
4. ПУЭ: правила устройства электроустановок. 7 изд. 2006.
5. Нестеренко В. М., Мысьянов А. М. Технология электромонтажных работ. М. : Академия. 2004. 295 с.
6. Соколов Б. А., Соколова Н. Б. Монтаж электротехнических установок. Москва : Энергоатомиздат. 1991. 592 с.

Развитие системы управления инновациями и инновационной инфраструктуры

Горбатенко Н. А., Севастьянов В. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электроэнергетики на базе филиала ПАО "МРСК Северо-Запада" "Колэнерго", e-mail: gorshkevichev@mstu.edu.ru)

Аннотация. Описана концепция развития системы управления инновациями и инновационной инфраструктурой на базе программы инновационного развития ПАО "Россети" на период 2016–2020 гг. с перспективой до 2025 г. Рассмотрена предложенная модель информационного обеспечения инновационной деятельности.

Abstract. Description of the concept of development of the innovation and innovation infrastructure management system based on the innovation network development program of PJSC Rosseti for the period 2016–2020. with the prospect of up to 2025 . The proposed model of information support for innovation is considered.

Ключевые слова: инновации в электроэнергетике, Россети, развитие

Key words: innovations in the electric power industry, Rosseti, development

Введение

В настоящее время остро стоит вопрос дальнейшего развития энергосистемы Российской Федерации. Решения этого вопроса непосредственно отразится на долгосрочном обеспечении доступного, качественного и надёжного электроснабжения потребителей по всей стране [1].

К решению такой задачи комплексно подошла ведущая электросетевая компания страны ПАО "Россети". В 2016 г. была принята программа инновационного развития на период 2016–2020 гг. с перспективой до 2025 г. Наряду с оценкой текущего состояния, характеристикой основных направлений и существующих инновационных технологий и концепций в области электроэнергетики большое внимание уделено и принципа дальнейшего развития. Неотъемлемой частью такого развития является система управления инновациями и инновационной инфраструктурой для их развития и внедрения в энергосистему.

Предпосылки создания программы инновационного развития

Текущее состояние электросетевого комплекса ставит нелегкие задачи перед теми, кто собирается их решить. Среди прочих можно выделить несколько основных проблем производственного направления:

– высокая доля оборудования выработавшего больший, чем нормативный срок службы (в магистральных и распределительных сетях этот показатель достигает 50–60 %);

- относительно высокие потери при передаче электроэнергии (с средним на несколько процентов выше, чем в зарубежных аналогичных компаниях);
- длительность восстановления электроснабжения (показатели средней продолжительности передачи электроэнергии выше, чем среднемировой примерно в 2 раза);
- высокие удельные капитальные затраты (затраты на строительство энергообъектов на 1 МВт установленной мощности почти в 2 раза выше, чем в странах с аналогичным климатом);
- низкий уровень клиентоориентированности (деятельность энергетических компаний практически закрыта от глаз потребителей, отсутствуют современные сервисы и т. д.) [2].

Развитие механизмов управления и организационной структуры программы инновационного развития

В период с 2011 по 2014 гг. проходил первый этап разработки и начала реализации программ инновационного развития, в этот период были организованы структуры и механизмы, обеспечивающие саму возможность создания и внедрения инноваций. Среди прочих были организованы управленческие структуры, в зону ответственности которых входят технологическое и инновационное развитие:

- комитет по стратегии при Совете директоров ПАО "Россети" (несет ответственность за разработку самой программы инновационного развития общества);
- комитет по инвестициям, технической политике, надежности, энергоэффективности и инновациям при Совете директоров ПАО "Россети" (курирует реализацию программы);
- научно-технический совет с привлечением внешних независимых экспертов;
- создание специализированного подразделения, обеспечивающего управление инновационным развитием – Департамент технологического развития и инноваций.

Программа инновационного развития ПАО "Россети" предусматривает планомерное развитие организационных механизмов инновационного развития, в том числе:

- четкое распределение функций, полномочий и ответственности между управленческими структурами, созданными на первом этапе, включая предо-

ставление полномочий по обеспечению реализации программы инновационного развития специализированному структурному подразделению организации с государственным участием, отвечающему за инновационное развитие, и директору, отвечающему за развитие инновационной деятельности;

– достижение более тесной увязки программы инновационного развития с другими стратегическими, программными и плановыми документами ПАО "Россети";

Совершенствование, повышение эффективности, а также унификация основных элементов и механизмов системы управления инновационной деятельностью по всем дочерним предприятиям ПАО "Россети" необходима, несмотря на то, что они уже были созданы.

Основанный на поэтапном мониторинге хода выполнения реализации инновационных проектов передовой метод управления ими будет внедрен для совершенствования механизмов управления инновационной деятельностью.

Для успешного развития предприятия в области инноваций деятельности организация в этом направлении стремится к реализации алгоритма разработки, апробации и последующего повсеместного применения инновационных решений и технологий, позволяющих преобразовать энергосистему в высокотехнологичную, единую структуру, отвечающую современным требованиям и мировым стандартам. Алгоритм имеет следующие основные этапы:

1. Определение потребности в той или иной технологии, продукции, материалах в соответствии с целями и задачи программы инновационного развития.

2. Проведение тщательного анализа существующего по отечественного и зарубежного рынка.

3. В случае наличия предложений на рынке – организация пилотного внедрения. При отсутствии соответствующих предложений на рынках – организация выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и так же проведение пилотного опробования.

4. Инновационные решения с рынка и результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ включаются в Реестр инновационных решений ПАО "Россети" на 3 года (срок инновационности может быть изменен на основании решения Комиссии по инновациям ПАО "Россети").

5. За период опытно-промышленной эксплуатации должны быть решены вопросы:

- разработки нормативно-технической документации для стадий: проектирования, монтажа, наладки, эксплуатации, ремонта;
- отработаны технологические карты;
- отработаны локальные сметы.

6. После завершения опытно-промышленной эксплуатации производится оценка всех технико-экономических характеристик продукции. В том случае, если все характеристики подтвердят расчётные показатели, то продукция может быть запущена в а в тираж неограниченно. Одновременно с этим, такое оборудование может быть включено в качестве базового технического решения в Единую техническую политику ПАО "Россети", такие решения впоследствии будут использоваться как типовые в составе проектов строительства или же реконструкции объектов электроэнергетики.

Информационное обеспечение инновационной деятельности

Успешная реализация задач инновационного развития категорически невозможна без комплексного и непрерывного информационно-аналитического обеспечения.

Развитие информационной структуры, поскольку это не является основной производственной задачей предприятия, планируется осуществлять с использованием существующих на рынке, современных информационно-коммуникационных сервисов в симбиозе с собственными ресурсами и компетенциями.

В качестве основных следует рассматривать следующие мероприятия:

- непрерывный мониторинг перспективных технологий в России и за рубежом и их развитие, включая их внедрение и практику применения ведущими мировыми компаниями;
- отыскание и определение новых технологий, инновационных решений, применение которых могло бы быть успешным в деятельности ПАО "Россети", в том числе на самых ранних стадиях их разработки и развития, производя оценку возможностей и необходимости их непосредственного приобретения.

Также планируется к реализации система управления знаниями, суть которой заключается в систематизации, унификации и обеспечении доступности для работников предприятия. Для выполнения этих задач необходимо обеспечение оперативного, широкого и бесперебойного доступа сотрудников компании ко всем необходимым ресурсам.

Разработка и внедрение инноваций

Среди наиболее важных показателей инновационного развития является количество внедренных в производство инновационного оборудования и технологий. Подбор необходимых технологий может производиться несколькими путями:

- внедрение технологий, существующих непосредственно на внутреннем рынке;
- адаптация импортных технологий для нужд и условий работы предприятия;
- выполнение собственных наработок посредством научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также изобретательской и рационализаторской деятельности сотрудников компании.

Все вышеперечисленные проблемы и задачи предстоит решить, в том числе и при помощи высокоорганизованной системы управления инновациями и развитой инновационной инфраструктуры.

Пример ПАО "Россети" задаёт положительный вектор в энергетического сектора в области инновационных технологий. Адекватная оценка текущего уровня развития науки и техники помогает прийти к прагматичным выводам, позволяющим при верном толковании и надлежащем исполнении создать отрасль соответствующую мировым стандартам.

Рассмотренная программа инновационного развития ПАО "Россети" может быть, в широком смысле, применена не только в топливно-энергетическом комплексе, но и во всех других отраслях, в которых возможно применение слова "инновация".

Библиографический список

1. Ушаков В. Я. Современные проблемы электроэнергетики : учеб. пособие. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 448 с.
2. Программа инновационного развития ПАО "Россети" на 2016–2020 гг. с перспективой до 2025 г. М. : ПАО "РОССЕТИ", 2016. 320 с.

Анализ надежности типовых схем распределительных устройств 110 кВ в системах электроснабжения

Забодаев Д. П., Дзюба А. М. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра электроэнергетики на базе филиала ПАО "МРСК Северо-Запада" "Колэнерго",
e-mail dpzabodaev@kolenergo.ru)

Аннотация. Описан критерий технико-экономического сравнения различных вариантов схем электрической сети. Рассмотрена математическая модель надежности простейшей восстанавливаемой системы без резервирования. Произведены сравнение и анализ типовых схем распределительных устройств 110 кВ.

Abstract. A criterion for the technical and economic comparison of various variants of electrical network schemes is described. The mathematical model of reliability of the simplest recoverable system without redundancy is considered. Comparison and analysis of typical 110 kV switchgear circuits are made.

Ключевые слова: математическая модель надежности, надежность электроснабжения, схемы распределительных устройств

Key words: mathematical model of reliability, reliability of power supply, switchgear circuits

Введение

Типовые проектные решения компоновок распределительных устройств позволяют обеспечить надежность и живучесть подстанций, а также достичь унифицированных экономических решений.

Основным требованием при выборе схемы распределительных устройств является надежность работы РУ исходя из условий электроснабжения потребителей в соответствии с категориями электроприемников и транзитных потоков мощности по межсистемным и магистральным связям в нормальном режиме без ограничения мощности и в послеаварийном режиме при отключенных нескольких присоединениях с учетом допустимой нагрузки оставшегося в работе оборудования [1].

Технико-экономическое сравнения различных вариантов схем электрической сети

При проектировании сетей выбирается уровень надежности электроснабжения потребителей, и производится технико-экономическое сравнение различных вариантов схем сети. При сравнении вариантов определяется ожидаемое количество недоотпущенной электрической энергии потребителям при возможных перерывах электроснабжения:

$$W_{нд} = q_{ав} \cdot W_{год}, \quad (1)$$

где $q_{ав}$ – коэффициент аварийного простоя;

$W_{год}$ – количество энергии, получаемой в течение года потребителями, присоединенными к данной линии, МВт·ч.

Для определения количества энергии, получаемой в течении года потребителями, необходимо перевести показания электросчетчиков действующей подстанции за год в значения потребляемой мощности.

Коэффициент простоя является комплексной характеристикой, и зависит от ряда показателей надежности элементов, являющихся объектами исследования в электроэнергетической системе.

Для количественного описания надёжности системы электроснабжения необходимо обследовать достаточно большое количество однотипных элементов с помощью исследовательского или контрольного методов в лабораторных или эксплуатационных условиях. Ускоренные испытания на надежность можно осуществить с помощью математического моделирования.

Модель надежности простейшей восстанавливаемой системы

Математическая модель – это количественное соотношение между исследуемыми критериями и другими значимыми факторами, с определенной степенью точности описывающее реальный процесс. Для математического моделирования системы электроснабжения целесообразно использовать модель надёжности – математическое описание процессов восстановления и профилактики оборудования, позволяющих снизить вероятность возникновения отказа системы электроснабжения.

Отличие математической модели надежности от реального процесса состоит в том, что из всевозможных параметров надежности рассматриваемого объекта отбираются лишь самые характерные, влияние которых на частоту отказов оборудования наиболее велико.

Рассмотрим модель надежности простейшей восстанавливаемой системы без резервирования, которая может находиться в двух состояниях: работоспособном и неработоспособном. Если параметр потока отказов восстанавливаемой системы равен ω , а интенсивность восстановления μ ($\mu = 1/\tau$), то переход из одного состояния в другое можно представить в виде графа, представленного на рис. 1.

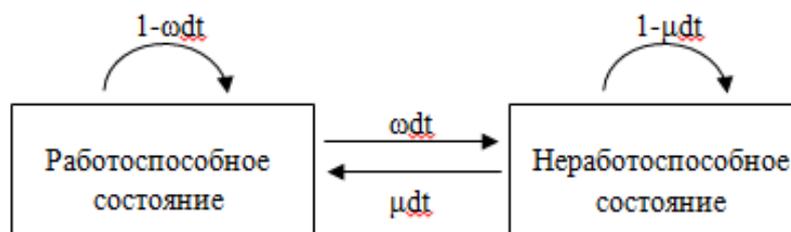


Рисунок 1 – Модель надежности простейшей восстанавливаемой системы

Дифференциальные уравнения относительно вероятностей переходов имеют вид:

$$\frac{dP_1}{dt} = -\omega P_1(t) + \mu P_0(t), \quad (2)$$

$$\frac{dP_0}{dt} = \omega P_1(t) - \mu P_0(t), \quad (3)$$

где $P_1(t)$ – вероятность работоспособного состояния системы;

$P_0(t)$ – вероятность неработоспособного состояния системы.

Примем начальными условиями состояния системы $P_1(0) = 1, P_0(0) = 0$ и с учетом того, что работоспособное и неработоспособное состояния системы являются полной группой событий, решение дифференциальных уравнений примет вид:

$$P_1(t) = \frac{\mu}{\omega + \mu} * \left(1 + \frac{\omega}{\mu} \exp[-t(\omega + \mu)] \right), \quad (4)$$

$$P_0(t) = \frac{\omega}{\omega + \mu} * (1 - \exp[-t(\omega + \mu)]). \quad (5)$$

Рассмотрим некоторые частные случаи модели надежности простейшей восстанавливаемой системы (рис. 2):

- при мгновенном автоматическом восстановлении система является абсолютно работоспособной в любой произвольный момент времени;
- при отсутствии восстановления вероятность работоспособного состояния равна вероятности безотказной работы;
- при достаточно большом t вероятность работоспособного состояния системы перестает зависеть от времени.

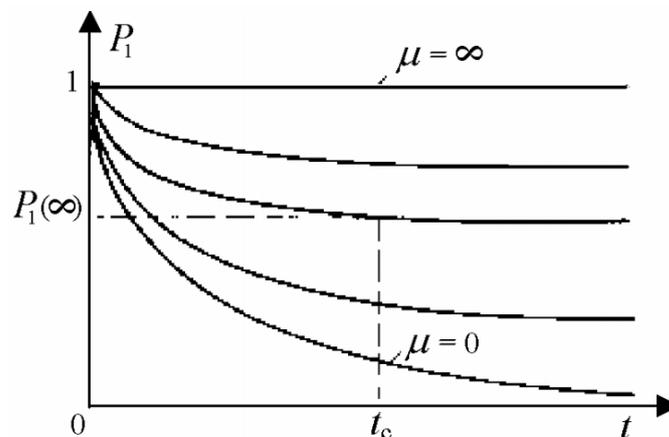


Рисунок 2 – Зависимость вероятности работоспособного состояния от времени при различной интенсивности восстановления

Типовые схемы электроснабжения 110 кВ

Линии 110 кВ могут являться линиями связи между отдельными частями энергосистемы или между различными энергосистемами. Отключение таких линий приведет к снижению устойчивости параллельной работы или к нарушению её, что может развиться в крупную системную аварию. Важным критерием является гибкость схемы электроснабжения, т. е. схема должна позволять отключение аппаратов, частей схемы для проведения ремонта, при этом обеспечивая нормальную работу потребителей, не допуская снижения общей надежности подстанции. Для удобства эксплуатации вывод в ремонт должен производиться при минимальном количестве операций коммутационной аппаратурой. Наибольшая оперативная гибкость характеризуется наличием автоматики для всех оперативных переключений. Гибкость схемы выражается также возможности деления установки на части, что широко практикуется для снижения токов короткого замыкания.

Из возможных схем [2], можно использовать следующие: 110-4Н – Два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий; 110-5АН – Мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой в цепях линий и 110-5Н – Мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой в цепях линий.

В схеме два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий отказ линии или выключателя приводит к отключению по одному трансформатору на всех смежных подстанциях, подключенных к данной линии. Рассматриваемые отказы не должны приводить к ограничению электроснабжения потребителей при достаточной нагрузочной способности оставшихся в работе трансформаторов, а также действию автоматического ввода резерва на стороне низшего напряжения трансформатора. Является лучшей схемой с позиций надежности и экономичности для тупиковых или ответвительных двухтрансформаторных подстанций.

В схема мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий при отказе нормально включенного "среднего" выключателя существует вероятность полного погашения распределительного устройства с потерей транзита мощности через сторону высшего напряжения подстанции, однако потеря транзита не приводит к ограничению электроснабжения потребителей на смежных подстанциях. Кроме этого, транзит мощности будет потерян и при отказе выключателя в цепи линии. Транзит

мощности прерывается и при отказе силового трансформатора. Однако этот перерыв непродолжительный и определяется временем оперативных переключений в схеме. По причине низкой частоты отказов трансформаторов рассматриваемого класса напряжен (параметр потока отказов равен 0,005–0,02 1/год) данное событие принимается во внимание при выборе схем лишь при наличии достаточных технико-экономических обоснований с учетом фактора надежности. Является лучшей схемой с позиций надежности и экономичности для проходных подстанций при использовании современных элегазовых выключателей с пружинными приводами для подстанций 35–220 кВ [2].

В схеме мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов при отказе нормально включенного "среднего" выключателя возможно полное погашение распределительного устройства с потерей транзита мощности через сторону высшего напряжения подстанции. Однако при двустороннем питании потеря транзита не приводит к ограничению электроснабжения потребителей на смежных подстанциях. Транзит мощности будет потерян и при отказе выключателя в цепи (авто)трансформатора.

Транзит мощности по присоединенным линиям в случае вывода в ремонт секционного выключателя сохраняется через ремонтную перемычку, как и работа двух трансформаторов. В отличие от схемы мостика с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий, коммутация линии выполняется двумя выключателями. Поэтому схему мостика с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов следует использовать в случаях значительной неравномерности графика нагрузки, когда может быть оправданы частые включения-отключения трансформаторов для снижения потерь мощности и электроэнергии в них [2].

Сравнив и проанализировав три варианта схем, приходим к выводу, что применяя схему мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов и схема мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий, снижается частота кратковременных отключений подстанции за счет включения в цепь секционного выключателя, который необходимо рассматривать как восстанавливаемый элемент резервируемой системы. Кроме того, схема два

блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий уступает по эксплуатационным критериям, оперативной гибкости и не осуществляет транзит мощности.

Библиографический список

1. Типовые технические решения подстанций 6–110 кВ. Стандарт организации : СТО 34.01-3.1-002-2016. Введ. 2016-09-19. М. : ПАО "РОССЕТИ", 2016. 152 с.

2. Рекомендации по применению 35–750 кВ: СТО 5694700729.240.30.010-2008. : утв. ОАО "ФСЕ ЕЭС" 20.10.2007 : ввод. в действие с 20.12.2007. М. : ОАО "ФСК ЕЭС", 2007. 132 с.

Автоматизация очистки сточных вод

Иванникова Н. Ю.,¹ Сазыкин В. Г.,¹ Багметов А. А.² (¹г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет, кафедра электроэнергетики на базе филиала ПАО "МРСК Северо-Запада" "Колэнерго", ²г. Краснодар, Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, кафедра применения электрической энергии, e-mail: nuivannikova@kolenergo.ru)

Аннотация. В статье рассмотрены особенности расхода чистой и технической воды на рыбообработывающих предприятиях, приведена классификация методов очистки сточных вод, рассмотрен технологический процесс очистки сточных вод. Показана двухуровневая архитектура системы управления очисткой сточных вод.

Abstract. The article discusses the features of the flow of clean and industrial water at fish processing enterprises, provides a classification of wastewater treatment methods, and considers the technological process of wastewater treatment. The two-tier architecture of the wastewater management system is shown.

Ключевые слова: сточные воды, методы очистки воды, автоматизация технологических процессов

Key words: wastewater, water purification methods, automation of technological processes

В настоящее время проблема загрязнения гидросферы, особенно поверхностных вод является актуальной. Это связано, в первую очередь, с деятельностью промышленности, которое сопровождается образованием значительного количества сбросов, так как на производство промышленной продукции расходуется всего 1/3 потребляемых сырьевых ресурсов, а 2/3 утрачивается в виде побочных продуктов и отходов. Одними из основных загрязнителей являются предприятия пищевой промышленности, к которым относят различные перерабатывающие заводы и фабрики.

На рыбообработывающих предприятиях основное количество чистой воды (до 90 % общего объема недопотребления) расходуется на производственные нужды: дефростации сырья (мороженой рыбы), на операции разделки и мойки рыбы, приготовление посолочного рассола, мойки банок, тары, оборудования, инвентаря и др. На хозяйственно-бытовые нужды потребляется до 10 % воды. Частично применяется последовательное использование воды для гидротранспортирования сырья или отходов производства, а также на заводах по переработке водорослей. Вода из систем оборотного водоснабжения применяется преимущественно для охлаждения конденсаторов холодильных установок. Канализация предусматривается тремя сетями: производственных, бытовых и производственно-дождевых стоков. Производ-

ственные стоки загрязнены органическими веществами (кусочки сырья или продукта) и перед сбросом в водоем подвергаются очистке [3].

На рыбообрабатывающих предприятиях вода, применяемая для технологических нужд и вступающая в контакт с продуктом, должна удовлетворять требованиям ГОСТ на питьевую воду. Использование технической воды допускается лишь в тех производственных процессах, где исключается соприкосновение воды с продуктом (для охлаждения конденсаторов холодильных установок и т. п.). Для отдельных предприятий органами санитарного надзора допускается использование воды повышенной солености, цветности, мутности и жесткости. Характеристика сточных вод от рыбообрабатывающих предприятий представлена в (табл. 1).

Таблица 1 – Состав сточных вод рыбообрабатывающих предприятий [2]

Показатели	Концентрация загрязняющих веществ (мг/л)
рН	7
Взвешенные вещества	1430
Сухой остаток	4450
БПК полн.	2000
ХПК	2940
Масла	1800
Фенолы	0,16
Фосфор	14
Азот общий	121

Методы очистки сточных вод можно разделить на механические, химические, физико-химические, термические и биологические (рис. 1). В случае, когда же они применяются вместе, то метод очистки и обезвреживания сточных вод называется комбинированным. Применение того или иного метода в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степенью вредности примесей [4].



Рисунок 1 – Классификация методов защиты водных объектов от загрязнения сточными водами

Сточные воды предприятия относятся, как отмечалось ранее, к производственным. На основе различных технологических схем и существующих аппаратов для очистки сточных вод рыбообработывающих предприятий, технологию очистки воды можно рассмотреть в виде структурной схемы (рис. 2).



Рисунок 2 – Структурная схема технологии очистки воды

Комплекс очистных сооружений, являющийся объектом автоматизации, включает в себя [1]:

- систему трубопроводов для подачи промышленных стоков на очистные сооружения;
- систему запорных ручных органов управления, обеспечивающих распределение стоков определенного состава по усредняющим емкостям;
- систему приготовления и дозирования реагентов;
- узлы проведения реакций (обезвреживания шестивалентного хрома, корректировки pH);
- узел обработки флокулянтном обезвреженных и нейтрализованных стоков с перемешиванием сжатым воздухом в насадочных аппаратах;
- узел осветления, представляющий прямоточный и противоточный отстойники с илоуплотнителем;
- узел сорбционной фильтрации (в случае необходимости доочистки стоков при сбросе в природные водоемы рыбохозяйственного назначения).

Автоматизация ТП очистки промышленных сточных вод позволяет освободить обслуживающий персонал от рутинных операций, связанных с отбором проб для химического контроля, дозированием реагентов, переключением насосов и запорно-коммутационной арматуры, дает возможность оперативного контроля, анализа и управления процессом очистки сточных вод. Она обеспечивает автоматизированный и автоматический режимы работы оборудования, улучшает информационное обеспечение руководящего

и оперативного персонала, снижает вероятность экологических аварий из-за ошибок персонала.

Автоматизация комплекса очистных сооружений предусматривает сигнализацию об изменении уровня воды в водонапорной башне, регулирование давления промывной водой в трубопроводах и сигнализацию о его изменении, подачу сигналов об изменении уровня коагулянта в баке и уровня воды в фильтре, программное управление работой фильтров, местное и дистанционное управление электродвигателями насосов и исполнительными механизмами.

Система управления очисткой сточных вод имеет двухуровневую архитектуру с контроллерами на нижнем уровне и рабочей станцией на верхнем (рис. 3).

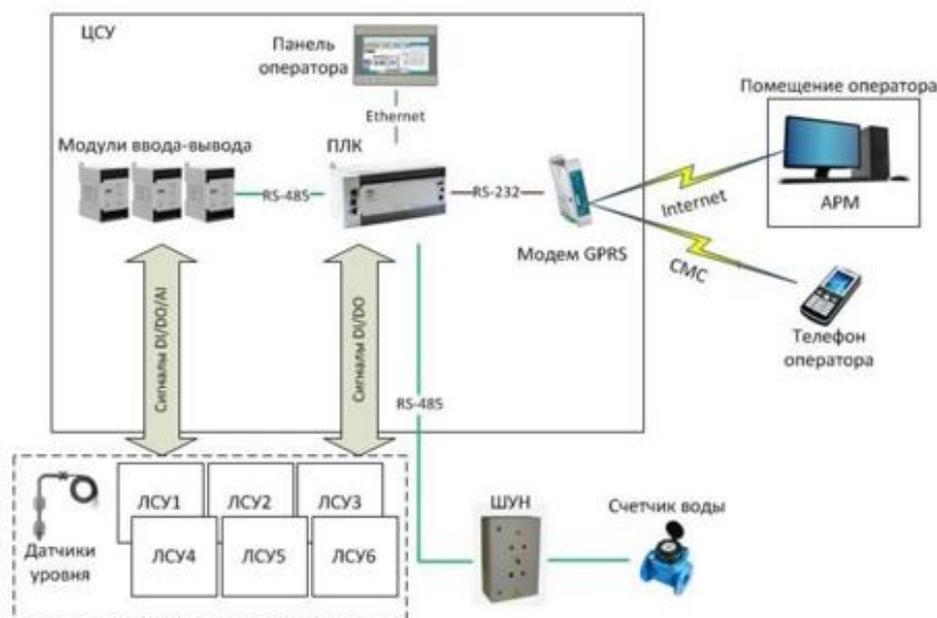


Рисунок 3 – Система управления очисткой сточных вод

На нижнем уровне осуществляется обработка сигналов датчиков (масштабирование, нормализация, линеаризация и пр.), автоматическое управление процессом с помощью контроллеров, управляющие сигналы с которых поступают на исполнительные механизмы (дозировочные насосы, перекачивающие насосы, задвижки). Вывод информации о состоянии процесса осуществляется на дисплей рабочей станции, находящейся на верхнем уровне системы управления (АРМ оператора). АРМ оператора обеспечивает выполнение следующих функций: отображение и контроль текущего состояния ТП; задание параметров управления технологическим процессом; предупреждение

тельная и аварийная сигнализация; архивирование и просмотр текущих и архивных трендов. В качестве УСО в системе используются модули аналогового и дискретного ввода/вывода. Все управление ТП сосредоточено на уровне управления, что предъявляет жесткие требования к надежному функционированию аппаратного и программного обеспечения системы.

Автоматизация установок очистки сточных вод позволит повысить культуру производства, сократить количество обслуживающего персонала и использование производственной площади, что очень важно для малотоннажных производств. Использование современных методов и оборудования для обезвреживания позволяет повысить надежность и качество очистки сточных вод.

Библиографический список

1. Бакалец Д. В., Овечко Н. А., Харазов В. Г., Харламова Н. А. Автоматизация процессов очистки сточных вод гальванохимических производств. Автоматизация в промышленности. 2004. № 1. С. 11–14.
2. Инженерная экология и экологический менеджмент : учеб. / ред. Н. И. Иванов, И. М. Фадин. 3-е изд. М. : Логос, 2011. 518 с.
3. Автоматическое регулирование: Учебник / А. А. Рульников, И. И. Горюнов, К. Ю. Евстафьев, 2-е изд., стер. – М.: НИЦ ИНФРА–М, 2016. – 219 с.
4. Саинова В. Н. Новые технологии и режимы процессов очистки сточных вод пищевых производств : монография. Астрахань : Изд-во. Сорокин Роман Васильевич, 2011. 102 с.

Автоматизация холодоснабжения

Иванникова Н. Ю.,¹ Сазыкин В. Г.,¹ Багметов А. А.² (¹г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет, кафедра электроэнергетики на базе филиала ПАО "МРСК Северо-Запада" "Колэнерго", ²г. Краснодар, Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, кафедра применения электрической энергии; e-mail: nuivannikova@kolenergo.ru)

Аннотация. В статье изложены принципы и технологический процесс искусственного охлаждения, приведены особенности работы холодильных установок, рассмотрена классификация холодильного оборудования по степени автоматизации. Показана эффективность применения средств автоматизации.

Abstract. The article outlines the principles and process of refrigeration, describes the features of the operation of refrigeration units, discusses the classification of refrigeration equipment according to the degree of automation. The effectiveness of the use of automation equipment is shown.

Ключевые слова: искусственное охлаждение, холодильное оборудование, автоматизация технологических процессов

Key words: artificial cooling, refrigeration equipment, automation of technological processes

Искусственное охлаждение может осуществляться периодически и непрерывно. Периодическое охлаждение происходит при плавлении льда либо при сублимации твердого диоксида углерода (сухого льда). Недостаток этого способа заключается в том, что в процессе плавления и сублимации хладагент теряет свои охлаждающие свойства; при длительном хранении продуктов трудно обеспечить определенные температуру и влажность воздуха в холодильной камере. Непрерывное охлаждение происходит в холодильных установках с использованием хладагентов.

Холодильные установки различаются типом холодильных машин, применяемыми в них хладагентами, способами отбора теплоты от охлаждаемой среды [3].

Хладагенты кипят при определенном давлении, зависящем от температуры, поэтому, изменяя давление в емкости с хладагентом, можно изменить температуру в холодильной камере.

Холодильная установка (рис. 1) предназначена для непрерывного получения холода с помощью замкнутого кругового процесса испарения и конденсации постоянного объема хладагента. Жидкий хладагент кипит в испа-

рителе, отбирая теплоту у хладоносителя. Пары хладагента отсасываются и сжимаются компрессором и затем охлаждаются в конденсаторе, где хладагент переходит в жидкое состояние в результате охлаждения его водой. Из конденсатора жидкий хладагент через ресивер и дросселирующие устройства подается обратно в испаритель.

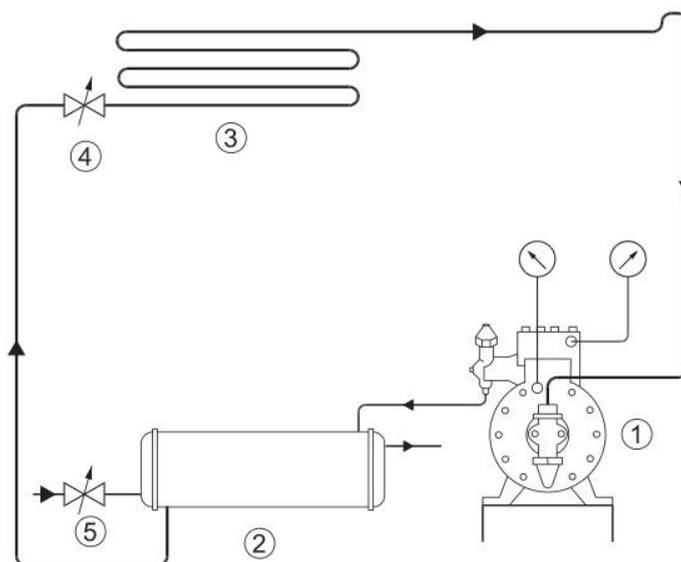


Рисунок 1 – Простейшая холодильная установка:
1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – испаритель; 4, 5 – вентили

Холодопроизводительность и точность поддержания температуры охлаждаемой среды определяют эффективность работы холодильной установки. Эти параметры зависят от многих причин, к которым относятся сопротивление трубопроводов подаче газа в конденсатор, мощность компрессора, расход и температура воды, охлаждающей пары хладагента, тепловая нагрузка потребителей холода. Соответствие между тепловой нагрузкой потребителей и холодопроизводительностью холодильной машины осуществляется при наилучших условиях работы холодильной установки.

При длительном превышении холодопроизводительности снижается ниже допустимого значения температура охлаждаемой среды и может произойти замерзание хладоносителя, а в некоторых случаях хладагента. При недостаточной холодопроизводительности из-за повышенной тепловой нагрузки повышается температура охлаждаемой среды, появляется вероятность гидравлического удара в системе циркуляции хладагента. Точность поддержания температуры охлаждаемой среды зависит от многих возмущающих воздействий. Стабилизация одного из них – температуры промежуточного

хладоносителя – позволяет повысить точность поддержания выходного параметра и улучшить условия работы холодильной установки.

Опасные условия работы холодильной установки могут быть вызваны как внутренними возмущениями, так и внешними воздействиями. В различных элементах установки при работе могут возникнуть опасные явления (утечка хладагента, гидравлические удары, перегрузка компрессора и др.).

Оснащение холодильной техники надежными и многофункциональными приборами автоматизации позволяет производителям холодильного оборудования предлагать потребителю все более сложные машины (рис. 2), не требующие постоянного обслуживания и специально обученного персонала. Холодильная техника сегодня поставляется во многие труднодоступные районы, что позволяет производить готовый продукт на месте, тем самым повышая его ценность.

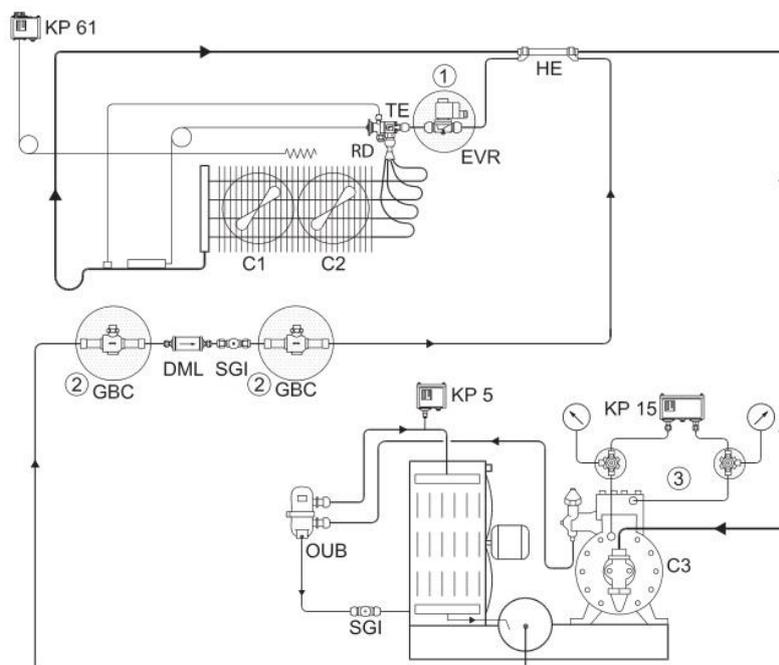


Рисунок 2 – Установка для больших холодильников: KP61 – реле температуры, TE – терморегулируемый вентиль, RD – распределитель жидкости, KP15 – реле высокого и низкого давления, SGI – смотровое стекло, OUB – маслоотделитель, EVR – соленоидный вентиль, GBC – ручной запорный вентиль

По степени автоматизации холодильное оборудование подразделяется на следующие группы:

1. Холодильное оборудование с ручным управлением.
2. В частично автоматизированном холодильном оборудовании некоторые процессы автоматизированы, но оборудование должно работать при

постоянном присутствии персонала; в таких машинах чаще всего пуск происходит вручную, а остановка автоматизирована.

3. Полностью автоматизированное холодильное оборудование. В основном полностью автоматизированными бывают пароэжекторные и абсорбционные холодильные агрегаты из-за отсутствия в них движущихся механизмов.

Основным элементом, который контролирует приборы систем автоматизации холодильной установки, является щит управления холодильным агрегатом. На щите управления размещены устройства автоматического управления, регулирования и защиты, а также средства сигнализации, благодаря которым обеспечивается нормальное функционирование холодильной системы [1].

Приборы автоматического управления, размещенные на щите управления холодильным агрегатом, регулируют работу насосов и компрессоров при изменении нагрузки. При понижении температуры хладагента, а также при понижении давления в испарителях ниже предельного значения компрессоры автоматически останавливаются; при повышении температуры в испарителе компрессоры автоматически включаются. Иногда для автоматического управления компрессорами используется реле времени, которое программируют на определенное время включения агрегатов.

С помощью приборов автоматического регулирования на щите управления поддерживаются на оптимальном уровне ключевые параметры работы холодильной установки – температура и давление. При понижении тепловой нагрузки температура хладонносителя поддерживается на заданном уровне благодаря плавному автоматическому регулированию холодопроизводительности установки, которое может осуществляться такими путями:

1. Дросселированием паров хладагента перед компрессором, в результате чего понижается давление.
2. Перепуском части паров из нагнетательной линии во всасывающую.
3. Увеличением мертвого пространства в поршневом компрессоре, в результате чего снижается отсос паров хладагента из испарителя [2].

С помощью приборов автоматического регулирования, которые изменяют подачу хладагента в испаритель, также обеспечивается безопасная работа компрессора и его защита от гидравлического удара.

Применение средств автоматизации позволяет сократить расход электроэнергии на 20–25 %, по сравнению с неавтоматизированными установ-

ками. Агрегаты и аппараты защищаются, насколько возможно, от переко-сов фаз, выпадения фаз, повторных пусков, низкого давления всасывания, высокого давления нагнетания, отсутствия смазки, отсутствия протока и др. Это позволяет уберечь оборудование от поломки. В пищевой, химической и прочих областях промышленности есть множество процессов, где для обеспечения должного качества продукции необходимо поддержание температурного режима с точностью до $0,5^{\circ}$ С. Только применение средств автоматизации позволяет добиться этого.

Библиографический список

1. Селевцов Л. И., Селевцов А. Л. Автоматизация технологических процессов. 3-е изд., стер. М. : Академия, 2014. 352 с.
2. Полевой А. А. Автоматизация холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. СПб. : Профессия, 2010. 244 с.
3. Ужанский В. С. Автоматизация холодильных машин и установок. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. 304 с.

Анализ типов малоэтажных зданий, строящихся в Мурманской области

Караченцева Я. М. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра строительства, теплоэнергетики и транспорта, e-mail: karachentsevayam@mstu.edu.ru)

Аннотация. В данной статье произведено исследование малоэтажных зданий, построенных в Мурманске и области, выполнен анализ типов домов. Исследованы последние данные по городскому малоэтажному строительству и сделаны выводы по применяемым в настоящее время технологиям.

Abstract. In this article, a study was made of low-rise buildings built in Murmansk and the region, and an analysis of the types of houses was carried out. The latest data on urban low-rise construction has been studied and conclusions have been drawn on the technologies currently used.

Ключевые слова: малоэтажные здания, индивидуальное жилищное строительство, деревянные конструкции, каркасная технология

Key words: low-rise buildings, individual housing construction, wooden structures, frame technology

В настоящее время в Мурманске и области в сфере жилищного строительства наблюдается активный рост. В большинстве случаев, новые постройки относятся к индивидуальному жилищному строительству (ИЖС). В сфере городского строительства преимущественно строятся малоэтажные здания. Причинами данного роста являются значительное снижение строительства многоквартирных домов, отток населения и рост цен на жилищно-коммунальные услуги, что говорит об актуальности проводимого исследования.

Объектом исследования стали малоэтажные дома, зарегистрированные и введенные в эксплуатацию в Министерстве строительства и территориального развития Мурманской области в 2019 г. [1]. Кроме того, исследовались данные полученные с сайта Федеральной службы государственной статистики с 2012 по 2018 гг. [2].

Предметом проведенного исследования являлось определение основных типов малоэтажных зданий и технологий, применяемых при их возведении.

За период с 2000 по 2019 гг. доля общего городского жилищного строительства многоквартирных домов снизилась более чем в 7 раз по сравнению с периодом 1990–1999 гг. (рис. 1).

Всего в период с 2012–2018 гг. введено 271,962 тыс. кв. м общей площади жилья, в том числе 220,085 тыс. кв. м стандартного жилья. В 2018 г. по оперативным данным в Мурманской области за счет всех источников финансирования введено 46,311 тыс. кв. м общей площади жилья, что состав-

**Международная научно-практическая конференция
"Наука и образование в Арктическом регионе"**

ляет 78,8 % к уровню прошлого года, и в 1,32 раза больше планового показателя, в том числе 35,564 тыс. кв. м стандартного жилья.

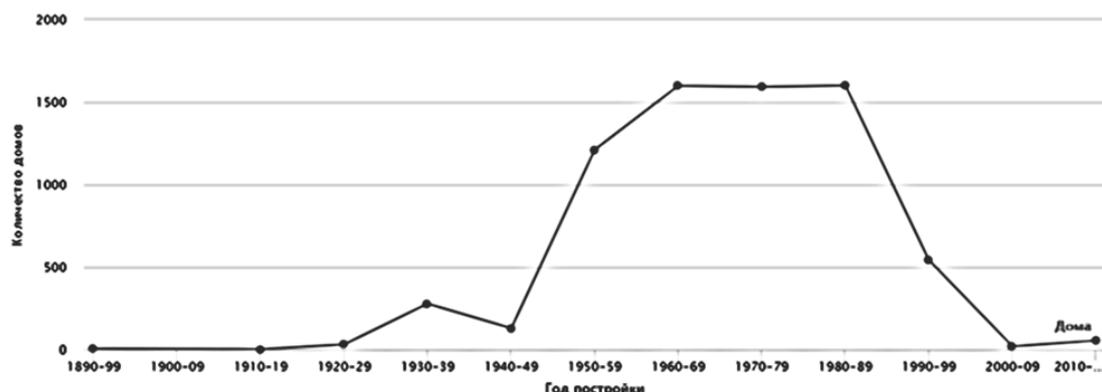


Рисунок 1 – Количество построенных многоквартирных домов в Мурманской области по годам

Качественными изменениями последних лет в жилищном строительстве на территории региона является значительное увеличение доли индивидуального жилищного строительства в общем объеме ввода жилья до 25 % ежегодно (в 2018 г. введен 241 индивидуальный жилой дом общей площадью 30,087 тыс. кв. м, что составляет 64,97 % в общем объеме ввода жилья).

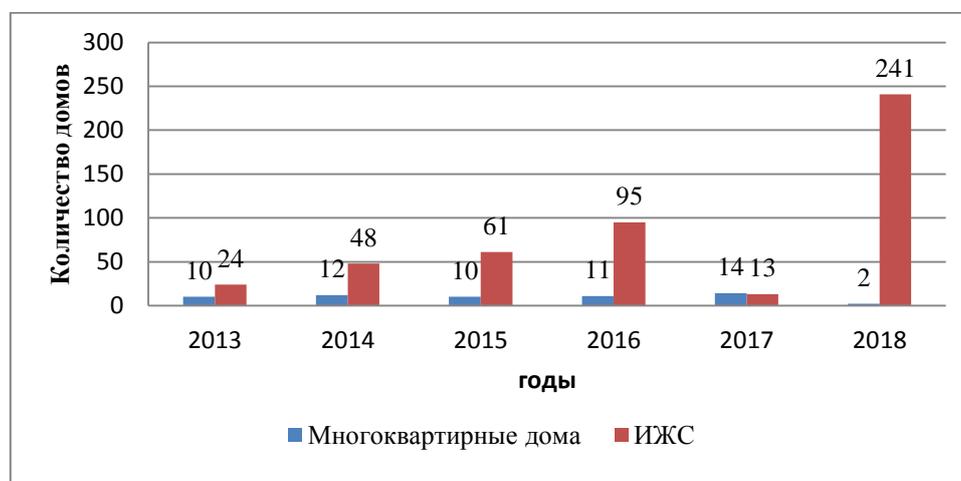


Рисунок 2 – Ввод в эксплуатацию многоквартирных домов и ИЖС

Статистика ввода жилья в Мурманской области приведена ниже в табл. 1.

Таблица 1 – Ввод жилья по Мурманской области за 2012–2018 гг.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Всего за 2012–2018 гг.
Мурманская область (тыс. м ²),	24,326	24,843	25,1	33,365	59,237	58,78	46,311	271,962

**Международная научно-практическая конференция
"Наука и образование в Арктическом регионе"**

Окончание табл. 1

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Всего за 2012–2018 гг.
Многokвартирные дома	19,701	12,517 10 шт.	17,613 12 шт.	25,188 10 шт.	46,834 11 шт.	42,404 14 шт.	16,224 2 шт.	180,481
ИЖС	4,625	2,913 24 шт.	7,488 48 шт.	8,177 61 шт.	12,403 95 шт.	15,46 13 шт.	30,087 241 шт.	81,153
Стандартное жилье	19,701	16,897	17,613	29,289	46,834	54,187	35,564	220,085

С 2010 г. большую долю построенных зданий составляют малоэтажные, данные по вводимым в последнее время в эксплуатацию зданий приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Новостройки в Мурманске

№	Адрес	Площадь, м ²	Год	Этажей
1	ул. Генералова, д. 23	1161,85	2017	3
2	ул. Генералова, д. 23/1	1636,52	2017	3
3	ул. Декабристов, д. 20	1273,75	2017	3
4	ул. Декабристов, д. 22	1144,35	2017	3
5	ул. Генералова, д. 6/24	1259,49	2016	3
6	ул. Фрунзе, д. 18	1864,53	2016	3
7	пр-кт Героев Североморцев, д. 22	2678,70	2015	3
8	пр-кт Героев Североморцев, д. 26	2678,70	2015	3
9	пр-кт Героев Североморцев, д. 28	2699,20	2015	3
10	ул. Генералова, д. 19	1527,70	2014	3
11	ул. Генералова, д. 19, к. 1	1518,70	2014	3
12	ул. Генералова, д. 21	1580,40	2014	3
13	ул. Полярные Зори, д. 50	828,00	2014	3
14	ул. Фрунзе, д. 22	2899,50	2014	3
15	ул. Фрунзе, д. 22/1	1924,40	2014	1

За текущий 2019 г. были введены в эксплуатацию 69 малоэтажных домов площадью 8033 кв. м, с различными материалами несущих стен. Дома построены в 2002, 2008, 2011, 2013, 2015, 2016, 2018, 2019 в таких населенных пунктах как Молочный, Кильдинстрой, Мурмаши, Полярные Зори, Верхнетуломский, Апатиты и т. д.

Как видно из диаграммы (рис. 3), абсолютным лидером являются деревянные конструкции – 56,5. На втором месте по популярности оказались конструкции из смешанных материалов – 17,4 %. И третье место занимают каркасно-обшивные конструкции – 13 %.

Древесина имеет относительно небольшую плотность, высокие теплозащитные свойства, легко поддается механической обработке и сборке, за-

траты на строительство деревянных домов на 20–30 % меньше, чем домов из кирпича и бетона, при одной и той же расчетной температуре наружного воздуха. Именно поэтому за деревянным домостроением в Арктике стоит большое будущее.

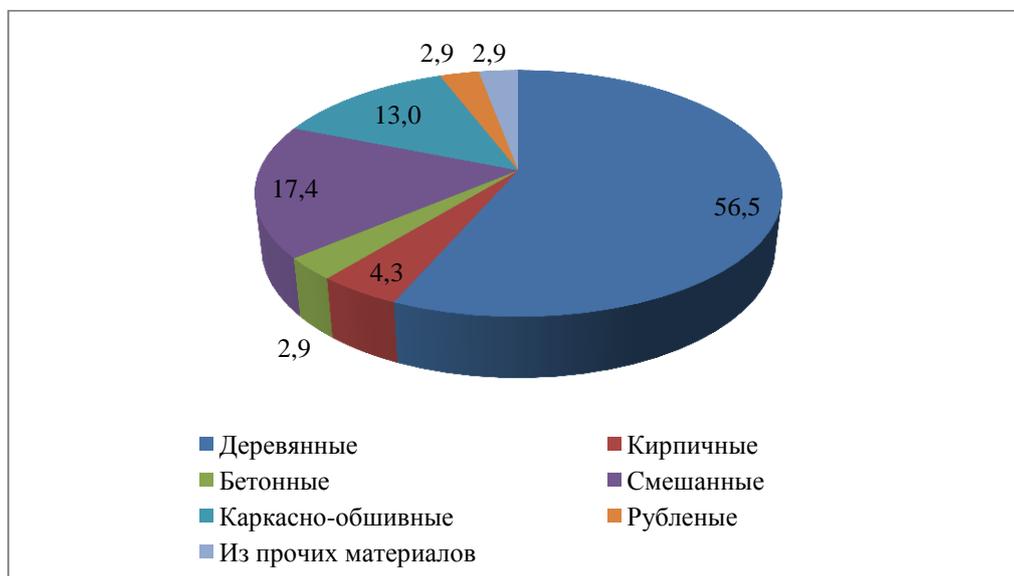


Рисунок 3 – Процентное соотношение типов малоэтажных зданий по материалам несущих стен

Каркасная технология подходит для сооружения загородных домов среднего ценового сегмента. Преимуществами каркасной технологии является низкая стоимость, высокая скорость строительства, низкие затраты на эксплуатацию, облегченный фундамент, низкая теплопроводность ограждающих конструкций.

Выводы:

ИЖС в Мурманской области имеет стабильный рост и является наиболее перспективным направлением в строительстве.

По результатам исследования наиболее распространенными материалами являются дерево и конструкции из смешанных материалов.

Среди деревянных конструкций чаще всего применяют брус и каркасную технологию.

Библиографический список

1. URL: <https://minstroy.gov-murman.ru>.
2. Мурманская область в цифрах / Федеральная служба государственной статистики, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Мурманской области. Мурманск, 2019. 138 с.

Использование ветрогенераторов для обеспечения собственных нужд в условиях Крайнего Севера

Моисеенко К. А. (г. Томск, ФГБОУ ВО "Томский политехнический университет", Инженерная школа энергетики, e-mail: kostya-1024@mail.ru)

Аннотация. В статье говорится о возможности применения альтернативных источников энергии, а именно ветрогенераторов. Автором рассмотрена целесообразность и возможность внедрения альтернативных источников энергии на объектах добычи и транспорта нефти и газа в районах Крайнего севера.

Abstract. The article talks about the possibility of using alternative energy sources, namely wind turbines. The author has considered the feasibility and the possibility of introducing alternative energy sources at oil and gas production and transport facilities in the regions of the Far North.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии (ВИЭ), ветрогенератор, солнечная энергия, энергоснабжение

Key words: renewable energy sources (RES), wind generator, solar energy, energy supply

Нефтегазовое производство является одним из важнейших для экономики Российской Федерации. Ежегодно объемы экспортируемой нефти и газа увеличиваются, в связи с этим нельзя недооценивать влияние извлекаемых углеводородов на экономику и благополучие страны в целом.

Большие объемы извлечение ресурсов их транспортировки и переработки связано с большим количеством потребляемой энергии. В связи с чем возникает потребность в повышении энергоэффективности производства и решения проблем энергоснабжения. Вопросы энергосбережения и ресурсосбережения ставятся на каждом из этапов производства.

Большая часть газопровода расположена удаленно от электрических сетей. Строительство линий электропередач имеет высокую стоимость и не всегда реализуемо в условиях местности. Поэтому рассматривают пути использования вторичного сырья, а так же возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Перспективным районом для внедрения ВИЭ является Мурманская область. Отсутствие подвода электроэнергии осложняет электроснабжение собственных нужд газопровода. Большое применение в таких условиях получили дизельные электростанции, которые в свою очередь имеет недостатки. Такие как, сложность доставки дизельного топлива и его высокая стоимость. Использование возобновляемых источников энергии может стать решением данной проблемы.

Узлы запорной арматуры потребляют электроэнергию. Потребление представлено в табл. 1.

Таблица 1 – Энергопотребление по месяцам года [1]

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Потребление, кВт·ч	7550	7550	7550	7550	7550	1450
Месяц	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Потребление, кВт·ч	1450	1450	7550	7550	7550	7550

На рис. 1 представлен график требуемой электроэнергии узла задвижек запорной арматуры а течение года.

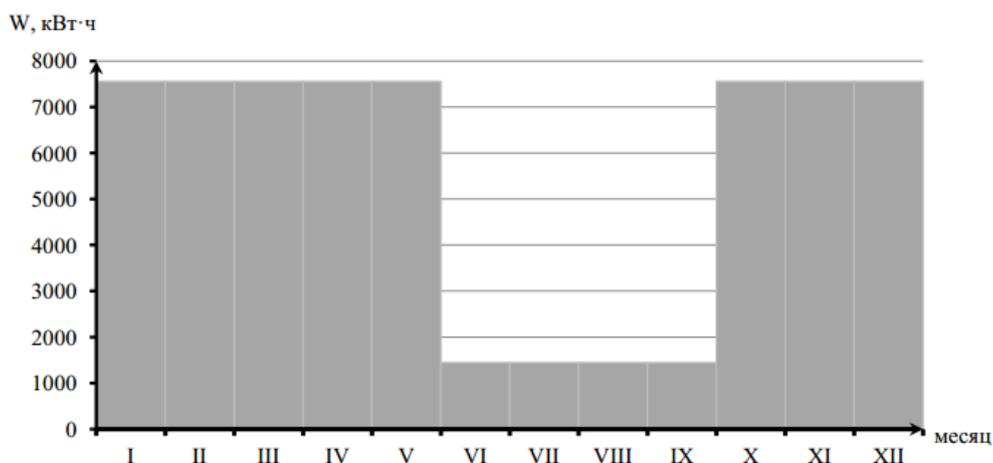


Рисунок 1 – Месячное потребление электроэнергии

Из всех возможных вариаций наиболее применимыми для Мурманской области являются источники, использующие энергию солнца или энергию ветра. Проведем анализ их возможного применения, выберем и рассчитаем наиболее целесообразный для этой области.

Для оценки потенциала солнечных батарей, определим количество потребляемой электроэнергии по месяцам и месячные инсоляции на горизонтальную поверхность в Мурманской области. Данные представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Месячные инсоляции для панелей 45°

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
кВт·ч/м ²	102.2	132.7	175.4	149.1	153.7	142.2	136.6	131.5	130.4	124.2	94.8	87.2

Проанализируем представленные данные и формулу расчета количества энергии вырабатываемое одним модулем солнечной батареи [2]:

$$W_m = S_m \cdot E \cdot k \cdot \eta, \text{ кВт·ч}, \quad (1)$$

где S_m – площадь солнечного модуля, E – значение инсоляции в выбранный период, η – КПД, k – коэффициент, учитывающий потери. Величину k примем 0,5 для летнего периода, и 0,7 для зимнего. Из представленного выше видим, что использование солнечной энергии в области для обеспечения собственных нужд газопровода не целесообразно.

Предлагаем использовать ветрогенераторы для выработки напряжения для собственных нужд. Проведем анализ средней скорости ветра за пределами полярного круга в течение года.

Таблица 3 – Средняя скорость ветра (м/с)

	Высота 10 м	Зима	Весна	Лето	Осень	Максимум
Мурманск	4,9	5,5	4,9	4,2	4,9	38

Исходя из полученных результатов приходим к выводу о необходимости использования ветрогенераторов.

Ветер является бесконечным и экологически чистым источником энергии. Для максимального значения ветра равного 4,5 м/с, рассчитываем удельную мощность ветра, равную 57,9 Вт/м².

Рассчитаем мощность ветрогенератора на валу ветротурбины по формуле:

$$N = V^3 \cdot d^2 \cdot \xi / 2080, \quad (2)$$

где N – мощность ветрогенератора на валу ветротурбины без учета потерь в подшипниках, передачах (кВт); V – скорость ветра (м/сек); d – диаметр ветроколеса (м); ξ – коэффициент использования энергии ветра (показывает какую часть мощности воздушного потока может превращать в механическую энергию конкретный ветрогенератор).

$$N = 2 \text{ кВт.}$$

Подбираем ветрогенератор от отечественных поставщиков. Оптимальным вариантом является ветрогенератор 2 KW-48V STORM USE с лопастями с автоматически изменяемым углом атаки (табл. 4).

Таблица 4 – Характеристики ветрогенератора

Диаметр ветроколеса:	3,8 м
Регулировка угла лопастей:	Автоматическая
Номинальная скорость ветра:	9 м/сек
Номинальное напряжение:	48 В
Номинальная/максимальная мощность:	2000/3000 Вт
Генератор:	трехфазный, постоянные магниты

Номинальная скорость вращения:	380 об/мин
Стартовая скорость ветра:	3 м/сек
Рекомендуемая высота мачты:	от 9.0 м
Передача:	прямая
Рекомендуемые аккумуляторы	12В 200Ач – 4 шт. или 8 шт.
Срок эксплуатации	15 лет
Вес	120 кг

При использовании энергии ветра различают ветродвигатели, ветроэнергетические агрегаты и ветроэнергетические установки. Ветродвигатель – устройство, предназначенное для преобразования кинетической энергии ветра в механическую энергию. Ветроэнергетический агрегат – совокупность ветродвигателя и технологической машины (электрогенератора, насоса, компрессора), привод которой осуществляется с помощью ветродвигателя.

Ветроэнергетическая установка включает в себя ветроэнергетический агрегат и ряд дополнительных устройств, необходимых для бесперебойной работы технологических машин в период безветрия и обеспечения высокого КПД эксплуатации ветродвигателя при любом направлении и силе ветра. К таким устройствам относятся резервный (дублирующий) двигатель, включаемый в штормовую погоду, аккумулятор энергии, системы автоматического регулирования ориентации ветродвигателя в потоке воздуха при различном направлении ветра и частоте вращения ротора [2].

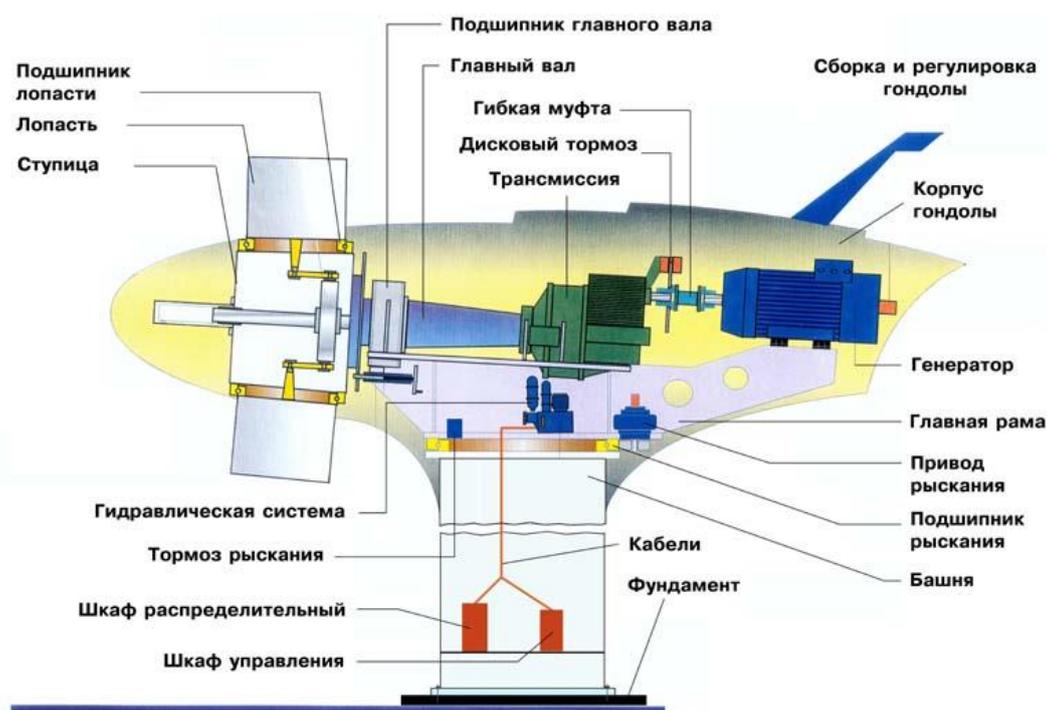


Рисунок 2 – Устройство ветрогенератора

Преимущества:

1. Энергия ветра – возобновляемая энергия, что означает, что Земля производит ветер постоянно, бесплатно и без ущерба для окружающей среды.
2. Дешевизна.
3. Уменьшение выбросов парниковых газов.
4. Ветрогенераторы не производят вредных выбросов в процессе эксплуатации.
5. Ветряные турбины расположены на мачтах, и занимают очень мало места, что позволяет размещать их совместно с другими строениями и объектами.

Недостатки:

1. Сила ветра весьма переменчива и зачастую непредсказуема, что требует использования дополнительного буфера для накапливания избыточной электроэнергии или дублирования источника для подстраховки.
2. Многие люди считают, что ветряки, торчащие здесь и там, портят природный вид местности.
3. При строительстве ветряных электростанций необходимо предварительное исследование и разработка карты ветров.
4. Высокая начальная стоимость. Стоимость установки производящей 1 МВт составляет сегодня 1 млн долларов.
5. Сохранение избыточной энергии, выработанной ветряными турбинами, требуют дополнительных решений: аккумуляторов или преобразователей в другие виды энергии.
6. Ветряные турбины создают шум сравнимый с шумом автомобиля движущегося со скоростью 70 км/ч.
7. Турбины могут создавать помехи ухудшающие прием радио- и телепередач.

Максимальная удельная мощность наблюдается в переходные периоды сезонов. Первичный минимум выпадает на летний период, вторичный на зимний. Так же распределение мощности будет зависеть от местоположения флюгеров и их высоты.

Анализируя потенциал энергии солнца и ветра, мы можем сделать вывод о том, что энергия ветра более перспективна. При грамотном проектировании схемы электроснабжения данный вид энергии можно рассматривать как альтернативу дизельным генераторам.

Библиографический список

1. Лукутин Б. В. Возобновляемы источники энергии : учеб. пособие. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 184 с.
2. Ветроэнергетика. Руководство по применению ветроустановок малой и средней мощности [Электронный ресурс]. URL:
<http://www.intersolar.ru/wind>.
3. Глушко Е. В., Егоров Д. К., Гурова С.А., Котов М. М. Ветрогенератор с вертикальной осью // Вологдинские чтения. 2007. № 65. С. 52–54.

Относительная интегральная жесткость статически неопределимых железобетонных балок с трещинами

Овсянникова Ю. А., Котов А. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра строительства, теплоэнергетики и транспорта, e-mail: akot53@yandex.ru)

Аннотация. Распределение усилий в статически неопределимых стержневых системах зависит от соотношений жесткостей их элементов. Изгибная жесткость железобетонной балки с трещинами существенно меньше, чем без трещин. Следовательно, еще до выполнения расчета сооружения необходимо знать, насколько трещины уменьшают изгибную жесткость железобетонной балки. Исследованию этого вопроса и посвящена настоящая работа.

Abstract. The distribution of forces in statically indeterminate rod systems depends on the stiffness ratios of their elements. The bending stiffness of a reinforced concrete beam with cracks is significantly less than without cracks. Therefore, even before the calculation of the structure, it is necessary to know how the cracks reduce the bending stiffness of the reinforced concrete beam. This work is devoted to the study of this issue.

Ключевые слова: статически неопределимая система, железобетонная балка, метод конечных элементов, интегральная жесткость

Key words: statically indefinable system, reinforce-concrete beam, method of eventual elements, integral inflexibility

Настоящая статья является логическим продолжением работы [1] в области исследования интегральной жесткости железобетонных балок с трещинами методом конечных элементов. Главной целью этих исследований является разработка рекомендаций для уточнения норматива [2], посвященного правилам расчета статически неопределимых каркасных железобетонных систем с изгибаемыми элементами. В отличие от предыдущей работы здесь рассматриваются статически неопределимые балки типа "заделка – заделка", работающие с распором в составе многопролетного каркасного сооружения.

Относительная интегральная жесткость балки с трещинами определяется как отношение максимального прогиба в виртуальной балке без трещин к максимальному прогибу в реальной балке с трещинами. Чтобы получить это отношение, необходимо выполнить моделирование процесса образования трещин. В настоящей работе это осуществляется методом конечных элементов.

Схема исследуемого изгибаемого элемента в составе железобетонного каркаса представлена на рис. 1.

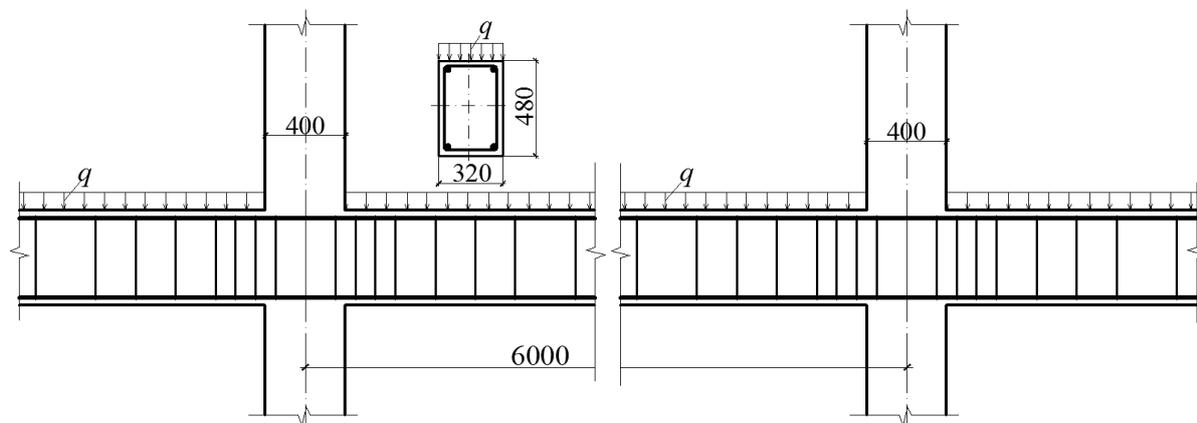


Рисунок 1 – Исследуемый изгибаемый элемент в составе многопролетного каркаса

Исследуются балки с различными коэффициентами армирования, в качестве которого принято отношение площади сечения растянутой арматуры к площади железобетонного сечения без трещин:

$$\mu = A_s/bh.$$

Растянутая арматура нижняя в пролете и верхняя над опорами принята одинаковой. Для всех рассматриваемых балок физические свойства арматуры и бетона, а также внешние габариты сохраняются неизменными. В зависимости от степени армирования может меняться количество арматурных стержней в растянутой зоне. Для всех балок бетон принят класса В25, арматура продольная – А400, поперечная – А240. Согласно [3] нормативное сопротивление бетона осевому растяжению: 1,55 МПа = 158 Т/м², сжатию: 18,5 МПа = 1886 Т/м². Сопротивление бетона растяжению при изгибе в соответствии с [4] принимаем в 1,7 раза больше осевого: 269 Т/м².

В конечноэлементной расчетной схеме в среде SCAD бетон моделируется объемными восьмиузловыми элементами размерами 50×40×40 мм, арматура – стержневыми длиной 40 и 50 мм. Полезная нагрузка, равномерно распределенная по верхней грани, реализована в виде малых сосредоточенных сил, приложенных к узлам этой грани, а собственный вес элементов учитывается автоматически.

Состояние каждой балки рассматривается во всем диапазоне увеличения нагрузки от нулевой до разрушающей. На начальном этапе нагружения напряжения в элементах возрастают пропорционально нагрузке, до тех пор,

пока наиболее растянутые бетонные элементы не исчерпают своего нормативного сопротивления растяжению при изгибе. На рис. 2 показано состояние торцевой и средней части одной из балок в момент исчерпания сопротивления растяжению при изгибе 269 Т/м².

269	264	254	242	228	213	198	183	-141	-143	-144	-145	-145	-145	-145	-145	-144	-143	-141	
214	211	204	195	184	172	161	149	-115	-116	-117	-118	-118	-119	-119	-118	-118	-117	-116	-115
165	162	157	149	141	132	123	115	-90	-90	-91	-92	-92	-92	-92	-92	-91	-90	-90	
119	116	111	105	99	92	86	81	-64	-65	-65	-66	-66	-66	-66	-66	-65	-65	-64	
75	72	67	62	57	53	50	46	-39	-39	-39	-40	-40	-40	-40	-40	-39	-39	-39	
33	29	24	19	15	14	13	13	-13	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-13	
-9	-14	-21	-25	-26	-25	-23	-21	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
-51	-59	-67	-70	-68	-63	-58	-53	37	37	38	38	38	38	38	38	38	37	37	
-94	-108	-117	-115	-108	-100	-92	-85	62	63	63	64	64	64	64	64	63	63	62	
-143	-167	-171	-158	-146	-135	-125	-116	88	89	89	90	90	90	90	90	89	89	88	
-211	-243	-213	-194	-180	-168	-157	-147	114	115	116	116	117	117	117	116	116	115	114	
-395	-257	-233	-220	-210	-199	-188	-177	140	141	142	143	143	144	144	143	143	142	140	

Рисунок 2 – Нормальные напряжения, Т/м², в бетоне торцевого и среднего участков при узловой нагрузке 0,00754 Т (перед началом образования первой трещины на торце)

По напряжениям на рис. 2 видно, что трещина образуется сначала в торцевом сечении (симметрично в двух торцевых сечениях). Считая непреложно доказанным [5–7], что трещина растет скачкообразно при неизменной нагрузке, пока не будет остановлена сжимающими напряжениями в области ее вершины, формируем в соответствии с этим трещину в торцевом сечении, контролируя при этом ситуацию в центральной части и в зоне сцепления арматуры с бетоном над трещиной. Если напряжения в бетоне в зоне сцепления с арматурой становятся превышающими предельное сопротивление растяжению, уменьшаем здесь модуль деформации бетона вдвое при каждом наступлении за предельного состояния, моделируя тем самым процесс микротрещинообразования в бетоне зоны сцепления. На следующем рисунке показано состояние балки в торцевой и средней зонах после завершения роста первых трещин при узловой нагрузке 0,00754 Т. Это стабильное состояние было достигнуто в результате девяти расчетных итераций с изменяемой в каждой итерации расчетной схемой.

После этого балка снова становится способной воспринимать дальнейшее увеличение нагрузки. Увеличиваем ее до тех пор, пока напряжения в наиболее растянутых бетонных элементах не достигнут предельного сопротивления растяжению при изгибе. Это происходит снова в торцевой зоне на рас-

стоянии трех элементов от края. Здесь осуществляем моделирование двух трещин второго уровня путем корректировки расчетной схемы, как это было описано для трещин первого уровня. Стабильное состояние балки с трещинами первых двух уровней показано на рис. 4.

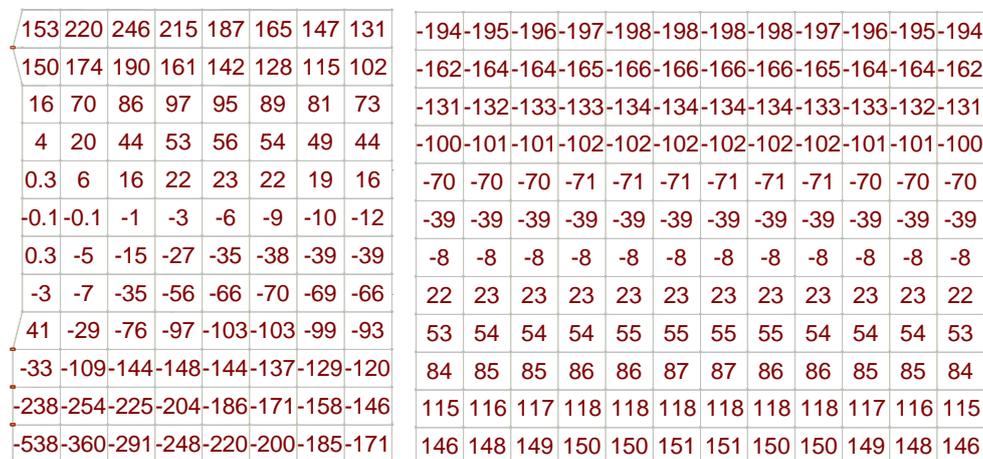


Рисунок 3 – Нормальные напряжения в бетоне торцевого и среднего участков по завершении роста трещин первого уровня при узловой нагрузке 0,00754 Т

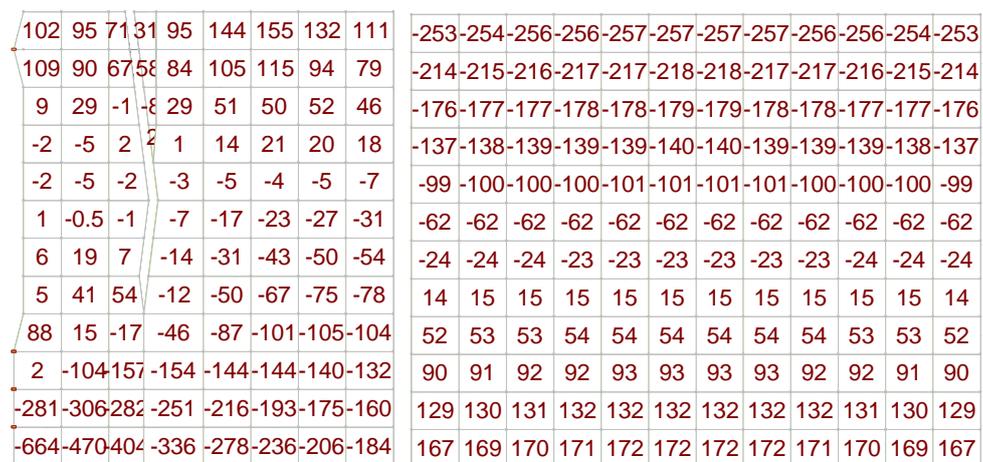


Рисунок 4 – Состояние балки с трещинами первых двух уровней; узловая нагрузка 0,00850 Т

Трещины следующих двух уровней образуются в центральной части балки. Ее стабильное состояние с трещинами первых четырех уровней показано на следующем рисунке (в средней части центральная трещина строго вертикальна).

Аналогичным образом моделируются все последующие трещины. На всех этапах догрузки и трещинообразования контролируются напряжения в бетоне сжатой зоны и напряжения в арматуре. Момент исчерпания прочности либо сжатым бетоном, либо растянутой арматурой, считается предель-

ным состоянием балки, и на этом процедура ее исследования под нагрузкой завершается. Эксплуатационным состоянием балки считается ее состояние, наблюдаемое в промежутке от момента завершения образования трещин последнего уровня до ее предельного состояния. На рис. 6 показано предельное состояние одной из рассмотренных балок.

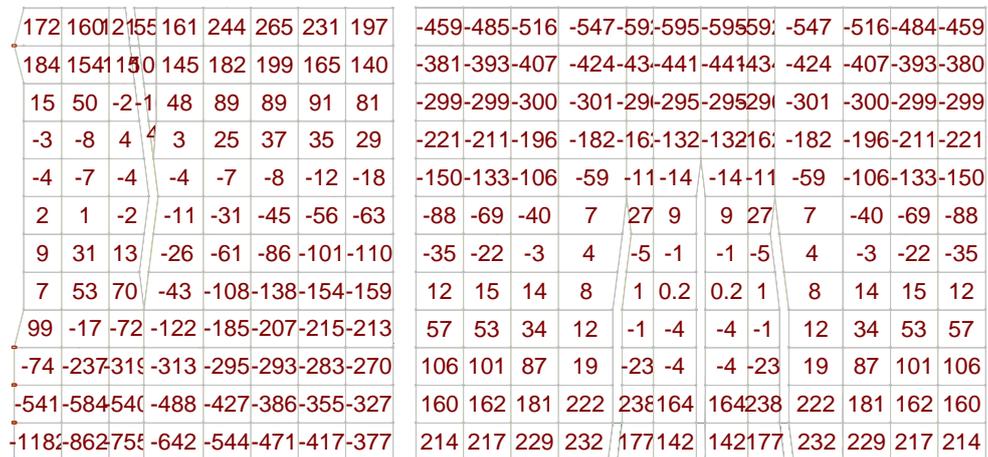


Рисунок 5 – Состояние балки с трещинами первых четырех уровней;
узловая нагрузка 0,01634 Т

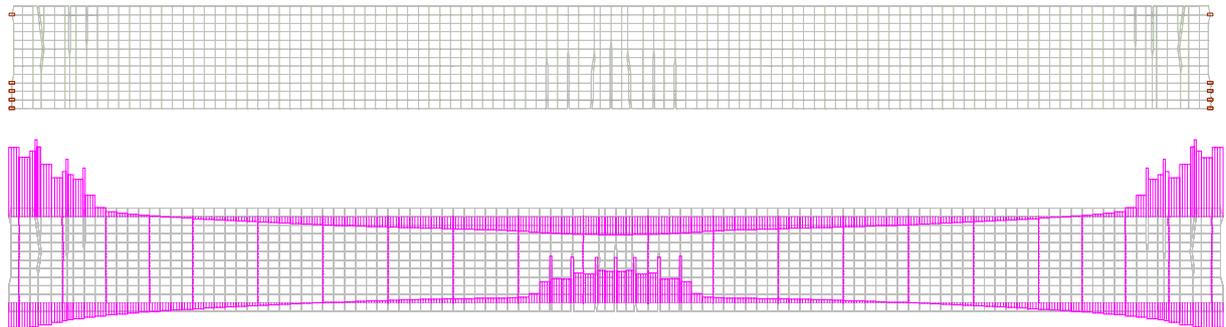


Рисунок 6 – Предельное состояние балки с трещинами восьми уровней.
Узловая нагрузка 0,02645 Т. Нормальные напряжения в бетоне
продольные усилия в арматуре

В эксплуатационном состоянии с трещинами, т. е. при нагрузке, имеющей некоторый запас прочности по отношению к предельной, фиксируются прогибы геометрической оси балки. Эти прогибы сравниваются с прогибами при той же самой нагрузке аналогичной виртуальной балки без трещин, анализируемой в предположении, что бетон сопротивляется растяжению неограниченно. Отношение прогибов характеризует относительную интегральную жесткость балки с трещинами:

$$\beta = w_{6T}/w_T.$$

Например, для балки с армированием $2\text{Ø}16$ ($\mu = 0,00262$) максимальный прогиб в виртуальном состоянии без трещин составил $w_{\text{бт}} = 1,36$ мм, а в реальном состоянии трещинами при той же нагрузке – $w_{\text{т}} = 2,72$ мм. Таким образом ее относительная интегральная жесткость составила $\beta = 1,36 / 2,72 = 0,500$.

Всего таким образом было исследовано шесть балок с разными коэффициентами армирования в диапазоне от 0,00145 ($2\text{Ø}12$) до 0,00818 ($4\text{Ø}20$). По результатам исследования построена зависимость относительной интегральной жесткости от коэффициента армирования; она представлена на рис. 7.

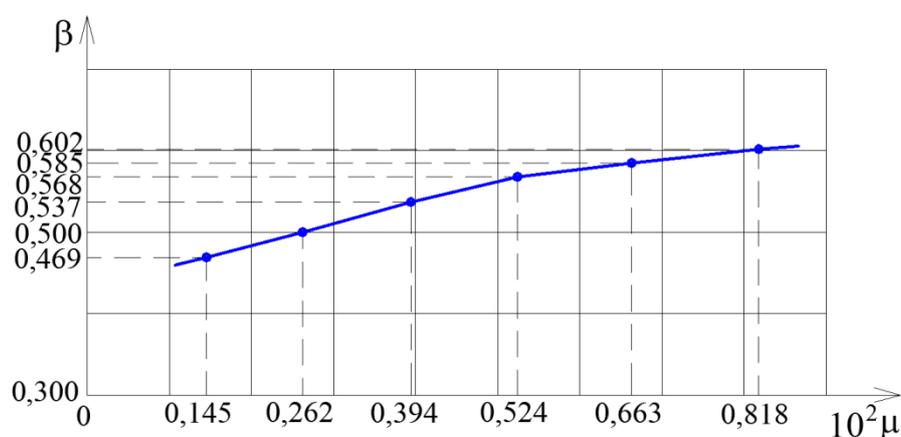


Рисунок 7 – График зависимости относительной интегральной жесткости от коэффициента армирования

Среднее значение интегральной жесткости в данном исследовании составило величину 0,544. Этот результат целесообразно сравнивать с рекомендациями норматива [2], где для изгибаемых статически неопределимых плит с трещинами (балки в этом нормативе явным образом не рассматриваются) рекомендован понижающий жесткость коэффициент 0,3. Разница получается существенная. Однако если учесть, что в [2] рекомендуется понижать жесткость не только изгибаемых, но и сжатых элементов (коэффициентом 0,6), и что распределение усилий в статически неопределимых системах зависит не от абсолютных значений жесткостей, а от их соотношения, то по этой логике в [2] относительная интегральная жесткость получается $0,3 / 0,6 = 0,5$, что весьма близко к результатам настоящей работы.

По отношению к относительным интегральным жесткостям для статически определимых балок, средняя величина которых в работе [1] установлена в размере 0,377, настоящий результат 0,544 для защемленных балок выглядит вполне логично.

Библиографический список

1. Иванова Е. И., Котов А. А. Жесткость железобетонных балок в конечноэлементных расчетных моделях каркасных сооружений // Современное строительство и архитектура. 2019. № 1 (13). С. 19–24.
2. СП 52-2007. Железобетонные монолитные конструкции зданий. М. : ФГУП "НИЦ Строительство", 2007. 22 с.
3. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. М. : ФАУ "ФЦС", 2012. 155 с.
4. Безгодов И. М. О соотношениях прочностных и деформативных характеристик бетона при сжатии, растяжении и растяжении при изгибе // Бетон и железобетон. 2012. № 2. С. 2–5.
5. Карабаш В. Г. Экспериментально-теоретическое исследование работы арматуры изгибаемых железобетонных элементов : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М : 1953. 17 с.
6. Немировский Я. М., Кочетков О. И. Влияние работы растянутой и сжатой зон бетона на деформации обычных изгибаемых железобетонных элементов // Особенности деформаций бетона и железобетона и использование ЭВМ для оценки их влияния на поведение конструкций. М. : Стройиздат, 1969. С. 106–156.
7. Котов А. А. Влияние первой трещины на жесткость железобетонного изгибаемого элемента // Строительная механика и расчет сооружений. 2014. № 4 (255). С. 48–53.

Исследование влияния формовой оснастки на структурообразование и прочностные свойства газобетона

Пак А. А., Сухорукова Р. Н. (г. Анапиты, ФИЦ КНЦ РАН, отдел технологии силикатных материалов, e-mail: pak@chemy.kolasc.net.ru)

Аннотация. С целью совершенствования технологии газобетонных изделий предлагается затворять газобетонные смеси холодной водой и формировать изделия в закрытых формах. Выдвинутые предложения позволяют получать слоистое изделие с бесшовным соединением конструктивных слоев, повысить прочность газобетона на 39 % и сократить технологический процесс на 3–5 ч.

Abstract. In order to improve the technology of aerated concrete products, it is proposed to shut the aerated concrete mixtures with cold water and mold the products in closed forms. The advanced proposals allow to obtain a layered product with a seamless connection of structural layers, to increase the strength of aerated concrete by 39 % and reduce the technological process by 3–5 hours.

Ключевые слова: технология, открытая и закрытая форма, затворение газобетонной смеси, прочность газобетона

Key words: technology, open and closed form, mixing of aerated concrete mix, strength of aerated concrete

Технология газобетонных изделий имеет свои специфические особенности, связанные с вещественным составом бетонной смеси, механизмом образования пористой структуры, способами формования, условиями твердения изделий. Наиболее характерными, отличительными особенностями технологии газобетонных изделий являются: приготовление бетонной смеси без крупного заполнителя (щебня или гравия); литая консистенция (распływ смеси по цилиндру Сутгарда 12–35 см); затворение смеси горячей водой с температурой 50–70 °С (для получения после перемешивания бетонной смеси с температурой 40 ± 5 °С, являющихся оптимальными для газообразования и вспучивания смеси) [1, 2]. Для приготовления газобетонной смеси могут эффективно использоваться местные природные кварцевые пески и мелкозернистые техногенные отходы [3]. При формовании изделий газобетонная смесь наливается в форму не на всю ее высоту, так как в результате газообразования бетонная смесь вспучивается, увеличиваясь в объеме на 20–70 %, заполняя при этом оставшийся объем формовочной полости с поднятием излишка смеси над бортами формы и образуя т. н. "горбушку" с опущенными по периметру краями. Этот излишек газобетонной смеси необходим для пол-

ного заполнения углов и краев изделия в форме. После набора бетонной смесью необходимой "критической" прочности "горбушка" срезается и направляется на бетоносмесительный узел на повторное использование либо удаляется в отход. Газобетонная смесь после заливки в форму вспучивается (увеличивается в объеме) без внешнего воздействия за счет выделения в смеси газа – водорода, образующегося в результате химической реакции между газообразователем (алюминиевой пудрой) и известью, содержащейся в вяжущем веществе. Для улучшения структурообразования и интенсификации газообразования широко используется на практике вибровспучивание газобетонной смеси пониженной консистенции (11–13 см). После окончания вспучивания смеси и срезки "горбушки" всякие внешние воздействия на форму с изделием не рекомендуются (встряхивания, толчки, удары и пр.) во избежание "подсадки" смеси.

Такие технологические операции осуществляются только с газобетонной смесью. Другие бетонные смеси (тяжелые на плотных и легкие на пористых заполнителях) укладываются в форму на всю ее высоту и подвергаются виброуплотнению. После виброуплотнения объем этих бетонных смесей остается неизменным. Другая разновидность ячеистобетонной смеси – пенобетонная – также укладывается на полную высоту формы уже в вспененном состоянии; в дальнейшем объем пенобетонной смеси в форме не увеличивается и даже нередко "подсаживается" на 1–3 % из-за разрушения пены.

Общим для любых технологий сборных бетонных и железобетонных изделий из всех видов бетонов, в том числе и ячеистобетонных, является то, что они формируются в подавляющем большинстве случаев в открытой сверху формовой оснастке.

К недостаткам традиционной газобетонной технологии в открытых формах можно отнести:

- затрата энергии на подогрев воды до 50–70°С для затворения бетонной смеси;
- необходимость в выдержке отформованных изделий в течение 3–5 ч (если температура окружающей среды в камере дозревания 40±5°С – то 1.0–1.5 ч) для набора бетоном "критической" прочности;
- образование "горбушки" (10–15 % от массы изделия), которую необходимо срезать и утилизировать. Известная технология "прикатки горбушки" для вдавливания ее в тело изделия и уплотнения поверхностного слоя не-

достаточно эффективна (одностороннее уплотнение только верхней плоскости) и требуется специальное оборудование;

– необходимость в предварительной выдержке заформованных изделий перед началом термовлажностной обработки и плавного подъема температуры в тепловом агрегате во избежание температурных градиентов и деформаций в бетоне;

– свободное (нестесненное) развитие газовых пор не обеспечивает получение пористой структуры бетона с одинаковыми сферическими порами и уплотненными межпоровыми перегородками.

С целью устранения перечисленных недостатков *нами предлагается:*

– затворять газобетонную смесь холодной (неподогретой) водой;
– изготавливать газобетонные изделия в формах, закрываемых сразу после заливки бетонной смеси жесткой крышкой, фиксируемой с бортами или поддоном формы. Технология формования газобетонных изделий в закрытой формовой оснастке известна под названием автофреттаж [4];

– начинать термовлажностную обработку изделий *сразу* после закрытия формы крышкой; во время термовлажностной обработки происходит вспучивание газобетонной смеси с последующим прижатием и выравниванием по плоскости крышки с заполнением углов и краев изделия без формирования "горбушки";

– ставить заформованные изделия в пропарочную камеру, предварительно разогретую до 40–45 °С;

– подъем температуры в пропарочной камере до температуры изотермической выдержки осуществлять за 1.0–1.5 ч, чтобы газобетонная смесь не успела остыть; возможные температурные деформации в бетоне будут сдерживаться жесткими стенками формовой оснастки.

Благодаря формованию газобетонных изделий в закрытой форме, достигается:

– уплотнение всех поверхностных слоев изделия, что ведет к улучшению эксплуатационных свойств бетона: повышение поверхностной твердости изделия, снижение водопоглощения, получение качественной поверхности изделия под отделку и т. д.;

– ускоренный разогрев изделия без опасения развития деструктивных процессов в бетоне.

Помимо снижения расхода бетонной смеси, затрачиваемой на "горбушку", а также тепловой энергии на подогрев воды затворения, сокращается тех-

нологический цикл изготовления изделий на 3–5 ч за счет исключения выдержки на "созревание горбушки" и сокращения периода подъема температуры в пропарочной камере.

С целью проверки эффективности сформулированных предложений был выполнен цикл экспериментов путем изготовления газобетонных образцов-кубов размерами 7.07x7.07x7.07 см в открытой и закрытой формах. Расход материалов на 1 м³ газобетонной смеси, % масс.: портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н – 40, известково-песчаное вяжущее – 10, золошлаковая смесь – 50, алюминиевая пудра – 0.06. В табл. 1 приведены результаты прочностных испытаний газозобетона после пропаривания при 85±5°С в открытой и закрытой формах и высушивания до постоянной массы при 105–110°С.

Таблица 1 – Прочность газобетона в зависимости от вида формы и высоты заливки бетонной смеси

Вид формы	Высота заливки бетонной смеси, см	Плотность, кг/м ³			Прочность, МПа	
		расчетная	фактическая	средняя	фактическая	средняя
открытая	5	500	462	472	1,5	1,6
			482		1,7	
	6	700	699	702	3,4	3,7
			696		3,8	
		710		3,9		
закрытая	5	500	582	609	2,3	2,4
			649		3,1	
			596		1,9	
	4	500	533	552	1,9	2,0
			564		2,1	
			560		2,1	
	6	700	760	805	5,9	6,1
			804		5,8	
			852		6,5	
	5	700	660	676	3,5	3,9
681			3,9			
686			4,2			

Как видно из таблицы, при заливке в формы одинакового количества смеси в закрытой форме получается газобетон плотнее, чем в открытой форме на 100–130 кг/м³. Объяснением этому может служить то, что в закрытой форме материал "горбушки" не удаляется, а вдавливается в тело изделия. Опыты показали, что для получения бетона одинаковой плотности, нужно в закрытую форму наливать газобетонную смесь на 20 % меньше, чем в открытую

форму. При этом, как показали испытания, при равенстве плотностей прочность бетона как в открытой форме, так и в закрытой, также практически одинакова. Отсюда можно предположить, что для получения бетона повышенной прочности необходимо обеспечить в закрытой форме обязательный подпор, подпрессовывание газобетонной смеси, приводящее, вместе с повышением плотности, к увеличению прочности газобетона. Иными словами, без подпора, плотного прижатия бетонной смеси к стенкам закрытой формы прочность газобетона не увеличивается.

Для создания внутреннего напряжения структуры бетона образцы в открытой форме формовали из газобетонной смеси расчетной плотностью 700 кг/м^3 , а в закрытой форме – из смеси плотностью 600 кг/м^3 . При этом смеси наливали в формы одинаковое количество, чтобы избежать существенного увеличения плотности газобетона (рис. 1), в табл. 2 – результаты прочностных испытаний.

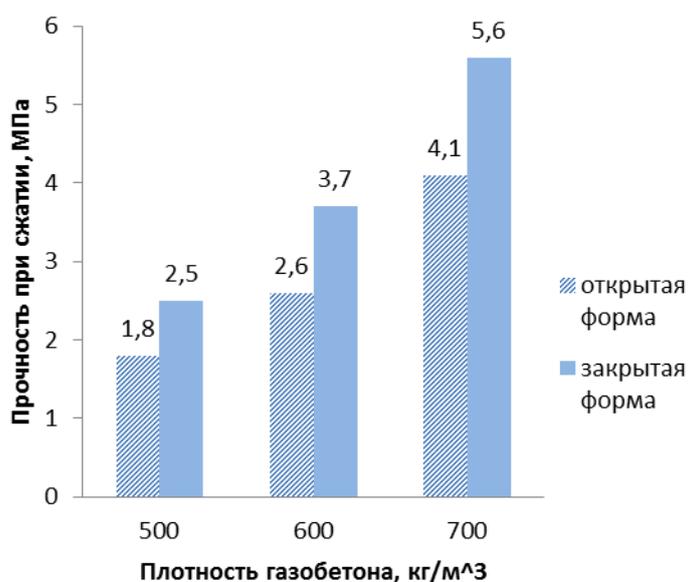


Рисунок 1 – Прочность газобетона в зависимости от вида формы и расчетной плотности газобетона

Таблица 2 – Результаты прочностных испытаний газобетона, полученных в открытой и закрытой формах

Номер образца	Плотность, кг/м^3			Прочность, $\text{кг/см}^2/\%$			Вид формы
	расчетная	образца	средняя	образца	средняя	приведенная к $\gamma = 700 \text{ кг/м}^3$	
1–1	700	679	684	35	36	38/100 %	открытая
1–2		693		39			
1–3		681		35			

Номер образца	Плотность, кг/м ³			Прочность, кг/см ² /%			Вид формы
	расчетная	образца	средняя	образца	средняя	приведенная к $\gamma = 700 \text{ кг/м}^3$	
2-1	600	768	722	68	56	53/139 %	закрытая
2-2		706		51			
2-3		692		49			
3-1	600	625	631	29	33	37/97 %	открытая
3-2		634		33			
3-3		633		38			

Из рисунка видно, что при достаточной подпрессовке прочность газобетона в закрытой форме выше на 39 %, чем в открытой.

Таким образом, предложенные технологические решения – затворение газобетонной смеси холодной водой и формование изделий в закрытых формах упрощает технологический процесс и повышает прочность газобетона.

Библиографический список

1. Боженков П. И. Технология автоклавных материалов. Л. : Стройиздат. 1978. 364 с.
2. Кривицкий М. Я., Левин Н. И., Макаричев В. В. Ячеистые бетоны (технология, свойства конструкции). М. : Стройиздат. 1972. 137 с.
3. Лесовик В. С. Состояние и перспективы использования техногенного сырья // Бюллетень строительной техники. 2014. № 7 (969). С. 59–60.
4. Чернов А., Аминов Г. Автофреттаж в технологии газобетона / Строительные материалы. 2003. № 11. С. 22–23.

Анализ развития канализационной системы и условий водоотведения города Мурманска

Рожок О. А.,¹ Степанова Н. Л.,² Васильева Ж. В.¹ (г. Мурманск, ¹ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра техно-сферной безопасности, e-mail: kichugira@mail.ru, ²ГОУП "Мурманскводоканал")

Аннотация. В статье сделан краткий исторический обзор развития системы канализации города Мурманска. Проанализированы условия водоотведения города.

Abstract. The article provides a brief historical overview of the development of the sewerage system in Murmansk. Conditions of city water disposal are analyzed.

Ключевые слова: канализационная система, условия водоотведения, строительство, бассейн канализования

Key words: Sewerage system, drainage conditions, construction, sewerage basin

Развитие канализационной системы города Мурманска началось в 1940 г., до этого г. Мурманск не имел общей канализации. Имелись отдельные участки канализационной сети от единичных домов, стоки от которых сбрасывались в ближайшие овраги. Общая протяженность системы канализации исчислялась сотнями метров и была выполнена из деревянных труб.

С расширением города развивалась и канализация города. В июле 1978 г. распоряжением Совета Министров РСФСР N 1051-р был утвержден представленный Мурманским облисполкомом технический проект на реконструкцию и расширение канализации (I очередь) города Мурманска, разработанный ДО "Гипрокоммунаводоканал" Минжилкомхоза РСФСР и рассмотренный Госстроем РСФСР.

1985 г. ЛО "Гипрокоммунаводоканал" была выполнена корректировка проекта "Расширение и реконструкция канализации города Мурманска", который включал в себя три очереди строительства:

- первая очередь – строительство Северных канализационных очистных сооружений (КОС) производительностью 100 тыс. м³/сут;
- вторая очередь – строительство главной насосной станции (ГНС) перекачки сточных вод центрального района города на Северные КОС с увеличением их пропускной способности до 200 тыс. м³/сут;
- третья очередь – строительство Южных канализационных очистных сооружений производительностью 60 тыс. м³/сут.

Строительство канализационных очистных сооружений Северного района было начато в 1986 г. Почти одновременно был выполнен нулевой цикл второй и третьей очередей строительства. К 1995 г. проект должен был быть полностью завершен. Окончательным этапом должно было быть введение в эксплуатацию механической очистки на Южных КОС. Но вместе с развалом СССР рухнул и Госплан.

В 1999 г. работы были возобновлены. Генеральным подрядчиком выступал ГОУП "Мурманскводоканалстрой", заказчиком – Администрация Мурманской области, застройщиком – ООО "Квадрат". И только в конце 2005 г. были пущены в эксплуатацию Северные КОС, и тем самым была завершена первая очередь строительства.

Система канализации города Мурманска претерпевала реконструкцию в 1941, 1959, 1977, 2005 гг. Схема канализования – полная раздельная. Приемниками сточных вод являются Кольский залив и река Роста.

Площадь города – 138,98 км². Город Мурманск расположен на сопках, с сильными перепадами высоты, что определяет особенности планировки и застройки. Город разделен на 3 внутригородские административно-территориальные единицы: Ленинский, Октябрьский и Первомайский административные округа [1].

Указанные округа включают исторически сложившиеся микрорайоны Мурманска: Центр города, Больничный городок, Жилстрой, Петушинка, Планерное Поле, Гвардейский, Новое Плато, Скальный (Восточный), Роста, Зеленый Мыс, Промзона, Северное Нагорное, Южное Нагорное (Южный), Каменное Плато, Долина Уюта, Три Ручья, Дровяное, Абрам-Мыс, Росляково.

Многие дома, стоящие на склонах, имеют ступенчатый фундамент и переменную этажность. Большинство домов в городе не превышают высоты в 9 этажей. Самым высоким зданием является восемнадцатэтажный гостинично-деловой центр "Арктика". Основная застройка Первомайского района и восточной части Октябрьского (неофициально выделяемого в отдельный, "Восточный" район) – это панельные девятиэтажные здания. В центре города преобладают дома сталинской застройки, основная часть Ленинского округа состоит из "хрущевок", в некоторых местах можно обнаружить послевоенные деревянные одноэтажные и двухэтажные дома-полубараки. В настоящее время жилой фонд города имеет разную степень благоустройства.

Современные особенности развития Мурманской области в целом и города Мурманска в частности наиболее ярко характеризуют демографиче-

ские показатели, имеющие устойчивые тенденции ухудшения в сравнении с советским периодом. В связи с продолжающимся оттоком населения и, как следствие, ликвидацией ряда крупных промышленных предприятий города, сброс производственных сточных вод в г. Мурманске постепенно снижается. Основной объем сбрасываемых сточных вод тяготеет к хозяйственно-бытовым.

Основным водоприемником города является Кольский залив Баренцева моря, в который осуществляется сброс основного объема стоков. Предприятиями, оказывающими наибольшее влияние на качество природных вод Кольского залива в пределах города являются ГОУП "Мурманскводоканал" (сброс преимущественно неочищенных хозяйственно-бытовых сточных вод), АО "Мурманский морской рыбный порт", АО "Мурманский морской торговый порт", АО "82 СРЗ" МО РФ [2].

Из-за сложного рельефа местности город Мурманск разделен на 3 естественных крупных бассейна канализования: Северный, Центральный и Южный [3], не совпадающих с границами административных округов города. Северный бассейн канализования расположен от съезда с проспекта Г. Североморцев на Верхне-Ростинское шоссе до Северного въезда в город (за исключением района Роста, расположенный ближе к заливу, после железнодорожного переезда по ул. Лобова). Сточные воды собираются коллекторами, районной насосной станцией подаются на очистные сооружения и после очистки сбрасываются в водный объект. Центральный бассейн канализования занимает весь Октябрьский, половину Первомайского и часть Ленинского административных округов – от р-на Кооперативный включительно до съезда с пр. Г. Североморцев на Верхне-Ростинское шоссе (включая Восточный район застройки города). Сточные воды собираются самотечными коллекторами и главным коллектором. Южный бассейн канализования расположен от южного въезда в город до р-на Кооперативный. Сточные воды собираются самотечными коллекторами.

Рельеф местности в Южном бассейне канализования – крутоуклонный, террасный (3 террасы), схема канализации – веерная, система канализации – неполная раздельная (часть ливневой канализации представлена не трубами, а лотками). Район можно отнести к "спальным", но к канализации подключены промышленные объекты: сельскохозяйственное предприятие – совхоз "Пригородный", расположенный за чертой города с полным циклом выращивания и убоя свиней и заготовки мяса, Южная котельная; в районе функ-

ционируют торговые комплексы, в состав которых входят крупные пищевые точки, предприятие по производству пенопласта, несколько АЗС, прачечные, в том числе – одна специализированная и др. По этим причинам состав стоков является сложным и высококонцентрированным и режим водоотведения отличается высокими коэффициентами неравномерности.

Кроме того, в силу исторически сложившихся условий в городе также имеется 4-й бассейн канализования – район Роста (зоны СТМ-1, СТМ-12). Выпуски сточных вод организованы в Кольский залив Баренцева моря. Район "Роста", ограниченный рекой Роста с северной стороны, ул. А. Невского – с правой, с восточной стороны – железной дорогой на 35-й Судоремонтный завод, с западной – застройкой припортовой зоны, являющейся естественным продолжением Нижнеростинского шоссе.

Организации застройки приморской территории города и предприятия, расположенные в долине реки Роста самостоятельно канализуются через ведомственные выпуски, не подключенные к общегородской хозяйственно-бытовой сети.

Ливневая канализация города устроена самостоятельно (система водоотведения – неполная раздельная, когда часть ливневой канализации представлена не трубами, а лотками).

Город Мурманск в настоящее время имеет одни сооружения очистки, на них очищается порядка 23 % всех сбрасываемых сточных вод. Остальные сточные воды сбрасываются без очистки. Год начала эксплуатации Северных КОС – 2005 г.

Библиографический список

1. Устав Муниципального образования город Мурманск, утвержденный решением Совета депутатов города Мурманска от 10.03.2006 № 20-235 // Консультант-плюс (дата обращения: 18.03.2019).

2. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2017 г. URL: [https://gov-murman.ru/upload/iblock/a35/Doklad_zh-2017-god_ITOG_1.pdf].

3. Генеральный план муниципального образования город Мурманск (ОАО "Научно-исследовательский и проектный институт по разработке генеральных планов и проектов застройки городов" ОАО "НИИПГрадостроительства". URL: [<https://murmansovet.ru/pageplan.php>] (дата обращения: 18.03.2019).

Сравнительный анализ программных комплексов, применяемых для расчета строительных конструкций

Юзвенко А. Ю. (г. Гродно, "Гродненский государственный университет им. Я. Купалы", инженерно-строительный факультет, кафедра технической механики, e-mail: uzvenkoangelina@mail.ru)

Аннотация. В настоящее время для проведения расчетов строительных конструкций существует множество программ. В данной работе к рассмотрению представлен вопрос о выборе расчетного программного комплекса для выполнения расчетов строительных конструкций зданий и сооружений.

Abstract. Currently, there are many programs for the calculation of building structures. In this paper, the question of the choice of the calculation software to perform calculations of building structures of buildings and structures is presented for consideration.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, расчетный программный комплекс, BIM-технологии, информационное моделирование

Key words: computer-aided design system, calculation software, BIM-technologies, information modeling

Под системой автоматизированного проектирования (САПР) понимают автоматизированную систему, реализующую информационную технологию выполнения функций проектирования [1, с. 3].

К преимуществам САПР можно отнести:

1. Значительное упрощение действий по проектированию.
2. Снижение (в некоторых случаях) стоимости проектных работ.
3. Интеграция различных видов информации.
4. Возможность подбора наиболее оптимального решения и др.

По назначению САПР классифицируют следующим образом:

1. Программы общего назначения (пакет прикладных программ Microsoft Office, MathCAD, Statistica и др.).

2. Программы архитектурного проектирования (ArchiCAD, ArCon, Ситис: ТРАК, GeoCalck и др.).

3. Программы расчетно-конструктивного проектирования (Autodesk Robot Structural Analysis Professional, Stark_Es, NormCAD, Scad Office, "ЛИРА-САПР", "Мономах" и др.).

4. Программы проектирования технологических процессов в строительстве и организации строительно-монтажных работ (RillSoft Project, Across, "Раскрой", Cutting и др.).

5. Программы метрологии, экологического контроля, ведения контроля качества (Advanced Grapher, Graph2Digit, Internal Control, EcoSewages и др.).

6. Мультимедийные программы в строительстве. Программы работы с Internet (Nero Burning ROM, Photoshop, Fine Reader, Flash Get и др.) [2, с. 8–12].

7. Система автоматизированного управления строительной организацией (Microsoft Access и др.).

Приведем некоторые, наиболее распространенные программные комплексы (ПК), используемые при выполнении расчетов строительных конструкций.

ЛИРА-САПР – ПК, предназначенный для автоматизированного выполнения процессов конструирования, который обеспечивает исследование пространственных стержневых и оболочечных систем, массивных тел, комбинированных систем (рамно-связевые конструкции зданий, ребристые плиты, многослойные конструкции и др.) [3, с. 27].

BASE – программа включает в себя шесть самостоятельных блоков (расчета фундаментов, рам и элементов каркаса, плит и балок на упругом основании, специальных расчетов, архитектурных расчетов, справочник-калькулятор), которые могут приобретаться независимо друг от друга.

SCAD Office – ПК, который позволяет проводить расчет и проектирование стальных и железобетонных конструкций. В состав данного комплекса входят универсальная программа конечно-элементного анализа SCAD, а также ряд функционально независимых проектно-расчетных и вспомогательных программ. Данная программа предназначена для расчета сооружения в целом, в отличие от множества других программ.

COSTRUC (Composite STRUCture) – пакет прикладных программ предназначенных для прочностных расчетов, конструирования металлических и железобетонных конструкций, анализа огнестойкости и др. В данной программе реализованы такие типы конструкций как балки, колонны, плиты перекрытий, сечения элементов.

Model Studio CS – программный продукт, предназначенный для создания промышленных и гражданских зданий и сооружений, выпуска проектной документации. К основным возможностям можно отнести создание 3D-модели конструкций, компоновку железобетонных конструкций, создание типовых металлических конструкций, проработка узлов.

МОНОМАХ-САПР – данный ПК предназначен для расчетов, проектирования, подготовки рабочих чертежей и схем армирования конструкций

многоэтажных каркасных зданий, выполненных из монолитного железобетона, зданий с кирпичными стенами.

Статика – пакет программ, предназначенных для расчета и конструирования железобетонных и стальных конструкций, фундаментов и подпорных стен и ориентированных на получение комплекса документов по расчетам и конструированию различных конструкций [4, с. 18–19].

Autodesk Robot Structural Analysis Professional (RSA) представляет собой ПК, объединяющий в себе все этапы проектирования конструкций – от создания расчетной схемы до реализации отчетов и чертежей. Данная программа позволяет проводить расчеты методом конечных элементов (КЭ) и даёт следующие возможности выполнять расчеты в линейной и нелинейной постановке, определять напряженно деформированное состояние конструкции от статических и динамических нагрузок, анализировать потерю устойчивости схемы и отдельных её элементов, назначать и проводить проверки конструкций разных материалов в соответствии с набором действующих международных норм проектирования, производить генерацию проектной документации и чертежей. Открытый интерфейс позволяет пользователям устанавливать связи с внешними программами или создавать различные приложения для дальнейшей обработки данных, например, специальные кодифицированные расчеты для стальных, бетонных, деревянных и алюминиевых конструкций.

Довольно большое количество программ, предназначенных для расчета строительных конструкций, привязаны к определенным регионам. В отличие от этих программ, RSA позволяет пользователям работать в многоязычной среде (самостоятельно настраивать рабочий язык, язык печати и региональные настройки).

Также следует отметить, что интерфейс программы может быть полностью подстроен под требования пользователя, начиная от выбора необходимых единиц измерения и заканчивая выбором норм проектирования и методов расчета конструкций.

В программном комплексе RSA доступно создание различных типов конструкций: стержневых, поверхностных, конструкций из объемных элементов и смешанных конструкций.

Стоит также упомянуть, что пользовательский графический интерфейс очень наглядный и позволяет создать конструкцию любой формы и параметров, а также провести ее расчет с учетом реальной геометрии.

База данных сечений позволяет использовать типы сечений разных стран, однако возможно создание нестандартного (уникального) сечения в конструкторе сечений.

Программа предлагает очень широкие возможности по выбору материалов, как стандартных (библиотечных), так и пользовательских. Помимо этого, существует возможность использования типовой библиотечной конструкции для моделирования плоских и пространственных ферм, рам, плит и оболочек различной геометрии.

Различные варианты определения и приложения нагрузок позволяют задавать на конструкции статические, динамические, гармонические, температурные и подвижные нагрузки. Следует отметить возможность программы автоматически учитывать собственный вес конструкции, генерирования снеговых/ветровых нагрузок на плоские и пространственные конструкции, согласно требуемым нормам. После создания нагрузок возможно использование как ручных, так и автоматических сочетаний нагрузок, согласно выбранным нормам [5, с. 41].

Важнейшим из преимуществ RSA является автоматизированное разбиение сетки КЭ. Для поверхностных элементов выполняется разбиение на треугольные и четырехугольные сетки КЭ, а для поверхностных – четырехугольные и восьмиугольные.

Также весьма многообразны и типы выполняемых расчетов, среди которых статический, динамический и анализ предельного равновесия.

Результаты проведенных расчетов RSA позволяет анализировать с помощью эпюр, карт, таблиц, а также анимации. Многообразие настроек фильтрации дает возможность исследовать только ту информацию, которая интересует пользователя. Полученные результаты расчетов можно в дальнейшем использовать в модулях проектирования с применением национальных норм.

В модуле проектирования стальных конструкций возможно выполнить проверку, оптимизировать и подобрать сечения элементов конструкций на основе внутренних усилий, а также выполнить расчет узлов соединения элементов, в результате чего можно вывести на печать соответствующие чертежи и пояснительные записки.

В модуле проектирования железобетонных конструкций возможно определение теоретической площади армирования железобетонных балок, колонн, плит, фундаментов и помимо этого выполнить их расчет фактического

армирования, результаты которого можно вывести на печать в качестве заключительного чертежа.

В модуле деревянных конструкций, как и в модуле металлических конструкций, можно проверить, оптимизировать и подобрать сечения элементов конструкций.

Результирующую пояснительную записку формируют по заданным настройкам с возможностью редактирования и фильтрации интересующей информации [5, с. 42].

Важной отличительной особенностью RSA является то, что данный продукт позволяет реализовать концепцию BIM (Building Information Modeling). BIM (Информационное моделирование сооружений) – это основанный на информационных технологиях подход к процессам проектирования зданий и сооружений, который предполагает глобальный сбор и комплексную обработку всей архитектурной, конструкторской, технологической, экономической информации, вместе с её взаимосвязями и зависимостями. Иными словами, можно рассматривать здание и всё, что к нему относится, как единый объект.

В настоящее время существует достаточное количество примеров применения данной технологии. Все больше стран внедряют планы и программы развития BIM-технологии. На сегодняшний день Великобритания лучше остальных продвинулась в этой сфере, хотя США начали внедрение гораздо раньше (2003 г.). В России государственная поддержка применения данной технологии началась в 2014 г. В Республике Беларусь переход осуществляется только с 2018 г., согласно приказу Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь №70 от 16 марта 2018 г. "О внедрении технологии информационного моделирования" [6].

Применение технологии BIM использовалось при проектировании:

1. Стадиона Casement Park в городе Белфаст (Великобритания). Это позволило на 52 % уменьшить стоимость проектно-конструкторских работ, и в результате сократило стоимость стадиона из расчета на одно зрительское место. Стоит отметить, что компания так же создала технологию Steps, которая позволила смоделировать людской поток. Применение технологии Steps в паре с BIM дало возможность оптимизации пешеходного и транспортного движения на проектируемом объекте.

2. "Зенит Арены" в городе Санкт-Петербурге (Россия) институтом "КБ ВиПС", который отметил, что применение BIM-технологии при проекти-

ровании объектов повышенной сложности позволяет уменьшить затраты на строительство объекта в целом на 15 %.

3. Нового корпуса Музея искусств в Денвере (США). Применение BIM-технологии сократило срок строительства на 14 месяцев и сметную стоимость объекта на 400 тыс. долларов (при общей стоимости в 70 млн. долларов).

По данным зарубежных компаний, экономия времени при выполнении проекта в среднем составляет около 20–50 %. Экономия времени при внесении изменений в проект возрастает до 90 %. В этом случае очевидно, что экономия времени равносильна экономии средств. Пока технология BIM в нашей стране распространена не очень сильно, чтобы говорить о достоверности приведенной статистики, но опыт проектных фирм, использующих BIM и вышедших на конвейерный выпуск проектов BIM, подтверждает эти цифры [5, с. 42–43].

Данная технология является относительно новой в сфере строительства, и по этой причине появляется множество противоречий, связанных с ее внедрением и применением. Поэтому к главной задаче современного строительства можно отнести осознание значимости BIM-технологий и решение проблем, связанных с их внедрением и развитием.

На основании вышеизложенного можно сказать, что программа Robot Structural Analysis Professional представляет собой современный программный комплекс, имеющий все необходимые инструменты для работы над проектами любой сложности. Нельзя не отметить экономию времени и явное преимущество в плане наглядного отображения результатов, коллективной работы и меньшего количества технических ошибок при работе с применением данной программы.

Библиографический список

1. Муленко В. В. Компьютерные технологии и автоматизированные системы в машиностроении : учеб. пособие. М. : Изд-во РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2015. 73 с.
2. Василевский А. В. Основы автоматизированного проектирования в строительстве : учеб.-метод. комплекс. Новополюцк : ПГУ, 2005. 104 с.
3. Самохвалова Е. О. Стык колонны с плоской плитой в монолитном железобетонном здании : дис. магистра техники и технологии. СПб, 2009. 85 с.

4. Кабаков М. В. Способы моделирования сборных железобетонных конструкций с учетом податливости узлов : дис. магистра техн. наук. СПб., 2014. 86 с.

5. Юзвенко А. Ю. Анализ возможностей программного комплекса Autodesk Robot Structural Analysis Professional для динамического расчета многоэтажного здания // Веснік ГрДУ імя Янкі Купалы. Сер. 6, Тэхніка. 2019. Т. 9. № 1. С.40–49.

6. О внедрении технологии информационного моделирования [Электронный ресурс] : приказ МАиС Респ. Беларусь, 16 марта 2018 г., N 70 // Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. URL: http://www.upload.rstc.by/new/pr_2018_70.pdf – Дата доступа: 21.04.2019.